

Міністерство освіти і науки України  
Національна академія наук України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Західний науковий центр НАН України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі Сорбона Париж (Франція)  
Вища школа промислової фізики і хімії міста Париж (Франція)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедімінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукачевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Наукове товариство імені Шевченка  
Науковий парк «Інноваційно-інвестиційний кластер Тернопілля»  
Асоціація випускників ТНТУ

**Матеріали Міжнародної науково-технічної  
конференції  
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ  
ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
*до 100 річчя з дня заснування НАН України  
та на вшанування пам'яті Івана Пулюя  
(100 річчя з дня смерті)*

**22-24 травня 2018 року**



**Тернопіль  
2018**

### ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

**Голова: Ясній П.В.**, ректор ТНТУ ім. І. Пулюя.

**Співголова** (за згодою): **Назарчук З.Т.**, голова Західного наукового центру НАН України.

**Науковий секретар: Золотий Р.З.**

**Члени:** **Андрейків О.Є.** (Україна); **Андрійчук В.А.** (Україна); **Андрушків Б.М.** (Україна); **Богданович А.** (Республіка Білорусь); **Брезінова Ж.** (Словаччина); **Бхаскар А.** (Великобританія); **Гевко Б.М.** (Україна); **Дмитрах І.М.** (Україна); **Кушнір Р.М.** (Україна); **Лапуста Ю.** (Франція); **Ловейкін В.С.** (Україна); **Луців І.В.** (Україна); **Майстренко А.Я.** (Україна); **Марущак П.О.** (Україна); **Меноу А.** (Марокко); **Никифорчин Г.М.** (Україна); **Петрик М.Р.** (Україна); **Підгурський М.І.** (Україна); **Позняков В.Д.** (Україна); **Покотило О.С.** (Україна); **Прентковскіс О.** (Литва); **Приймак М.В.** (Україна); **Рибак Т.І.** (Україна); **Рогатинський Р.М.** (Україна); **Стахович Ф.** (Польща); **Тот Л.** (Угорщина); **Фресар Ж.** (Франція); **Харченко В.В.** (Україна); **Шяджювене Н.** (Литва); **Яворський Б.І.** (Україна); **Яковелло Ф.** (Італія).

### ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

**Голова: Рогатинський Р.М.**, проректор з науки ТНТУ.

**Члени:** Ковалюк Б.П., Лешук Р.Я., Баран І.О., Ціх Г.В., Яськів В.І., Марущак П.О., Окіпний І.Б., Дзюра В.О., Лазарюк В.В., Рокіцький О.М.

**Науковий секретар: Золотий Р.З.**

Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Ф 94 Міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті), (Тернопіль, 23–24 травня 2018 року) / Науковий секретар : Золотий Р.З. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 368 с.

**ISBN 978-966-305-093-5**

### НАПРЯМКИ РОБОТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- феномен Івана Пулюя, роль особистості в становленні Української науки;
- фізико-технічні основи розвитку нових технологій;
- нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій;
- сучасні технології в машино- та приладобудуванні;
- моделювання в наукоємних технологіях;
- комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку;
- електротехніка та енергозбереження;
- фундаментальні проблеми харчових біо- та нанотехнологій;
- економічні та соціальні аспекти нових технологій.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001.

**E-mail: tntukonf@gmail.com**

*Роботи друкуються в авторській редакції. Видавець не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.*

**ISBN 978-966-305-093-5**

©Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, ..... 2018

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**  
**National Academy of Sciences of Ukraine**  
**Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ukraine)**  
**Western Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine**  
**Pierre and Marie Curie University, Sorbonne University (France)**  
**ESPCI Paris (France)**  
**Technical University of Kosice (Slovakia)**  
**Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)**  
**Šiauliai State College (Lithuania)**  
**Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza (Poland)**  
**Belarusian State Technological University (Republic of Belarus)**  
**Mohammed VI International Academy of Civil Aviation (Morocco)**  
**National University of Bioresources and Natural Resources Use of Ukraine**  
**Shevchenko Scientific Society**  
**Scientific Park “Innovation-Investment Cluster Ternopil”**  
**Alumni Association of TNTU**

**International scientific and technical conference**  
**“FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS**  
**OF MODERN TECHNOLOGIES”**  
*to the 100th anniversary of the foundation of the National Academy of*  
*Sciences of Ukraine and to the commemoration of Ivan Puluj*  
*(100th anniversary from the day of death)*

**May 22-24, 2018**



**Ternopil, Ukraine**  
**2018**

### PROGRAM COMMITTEE

**Chair:** Yasniy P.V., rector of TNTU.

**Co-chair:** Nazarchuk Z.T., western Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine/

**Vice-chair:** Andreikiv O.Ie. (Ukraine); Andriichuk V.A. (Ukraine); Andrushkiv B.M. (Ukraine); Bohdanovych A. (Republic of Belarus); Brezinova Zh. (Slovakia); Bkhaskar A. (Great Britain); Hevko B.M. (Ukraine); Dmytrakh I.M. (Ukraine); Kushnir R.M. (Ukraine); Lapusta Yu. (France); Loveikin V.S. (Ukraine); Lutsiv I.V. (Ukraine); Maistrenko A..Ia. (Ukraine); Marushchak P.O. (Ukraine); Menou A. (Morocco); Nykyforchyn H.M. (Ukraine); Petryk M.R. (Ukraine); Pidhurskyi M.I. (Ukraine); Pozniakov V.D. (Ukraine); Pokotylo O.S. (Ukraine); Prentkovskis O. (Lithuania); Pryimak M.V. (Ukraine); Rybak T.I. (Ukraine); Rohatynskyi R.M. (Ukraine); Stakhovych F. (Poland); Tot L. (Hungary); Fresar Zh. (France); Kharchenko V.V. (Ukraine); Shiadzhiuvne N. (Lithuania); Yavorskyi B.I. (Ukraine); Yakovello F. (Italy).

### ORGANISING COMMITTEE

**Chair:** Rohatynskyi R.M., vice-rector, TNTU.

Kovalyuk B.P., Leshchuk R.Ja. Baran I.O. Tsih G.V. Jaskiv V.I. Marushchak P.O. Okipnyi I.B. Dzyura V.O. Lazaryuk V.V.

**Scientific Secretary:** Roman Zoloty.

Φ94 Fundamental and applied problems of modern technologies. book of abstracts of the International scientific and technical conference (Ternopil, 22-24 of May 2018.) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2018. – 368 c.

— ISBN 978-966-305-093-5

### CONFERENCE PROGRAM OVERVIEW

- **physical and technical bases of the new technologies development;**
- **new materials, strength and durability of structural elements;**
- **modern technologies in machine and instrumentation;**
- **computer-information technologies and communication systems;**
- **electrical engineering and energy preservation;**
- **fundamental problems of food bio- and nanotechnologies;**
- **economic and social aspects of new technologies.**

Authors are entirely responsible for the Content of their contributions.

**Секція: ФЕНОМЕН ІВАНА ПУЛЮЯ, РОЛЬ ОСОБИСТОСТІ В СТАНОВЛЕННІ  
УКРАЇНСЬКОЇ НАУКИ**

**Голови:** д. фіз-мат. н., проф. Л.Д. Дідух, д. фіз-мат. н., проф. В.А. Кривень

**Вчений секретар:** к.т.н., О.А. Сіткар

**УДК 32.001**

**Василь Ніконенко, к. ф. н, проф., Оксана Потіха, к. і. н., ст. викл.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

**ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОЛІТИЧНИХ ЕЛІТ**

**Vasyl Nikonenko, Ph.D., Prof., Oksana Potiha, Ph.D., Prof.**

**THE PROBLEMS OF OPTIMASATION OF THE TOP POLITICAL  
ESTABLISHMENT FORMATION**

Із зміною політичних режимів, як свідчить світовий досвід, відбувається й зміна правлячих еліт. Не є винятком і процес демократичної трансформації суспільства, перехід від тоталітарного чи авторитарного режиму до демократії, коли на зміну старим елітам, які вже не в змозі виконувати свої функції, приходять нові, які виражають інтереси певних соціальних груп чи політичних сил і виступають захисниками демократичних цінностей. Безпосереднє й постійне здійснення всім народом владних функцій, що передбачалось комуністичною доктриною, неможливе як із суто організаційно-технічного боку, так і з точки зору його неефективності. Саме тому в будь-якій, навіть найдемократичнішій державі, владу безпосередньо здійснює не весь народ, а лише його незначна меншість, верхівка, тобто еліта. Звичайно ж, еліти демократичного суспільства відрізняються від інших еліт плюралістичною моделлю їх існування та функціонування, системою їх формування, рекрутування, а також рівнем контролю за ними з боку населення.

Складні процеси державотворення, національного відродження і демократизації, які відбуваються нині в Україні, не обминули й нашу політичну еліту. Нові правлячі еліти посттоталітарного періоду в ідеологічному, інтелектуальному, віковому, ментальному та інших вимірах істотно відрізняються від "номенклатурної" еліти радянської доби. До їх складу ввійшли лідери партій та рухів, керівники державних органів влади, представники наукової і художньої інтелігенції, вихідці з бізнесових структур, а також ряд відомих політичних дисидентів. Проте стара еліта частіше всього не сходить повністю з арени, а частково інтегрується в нову. В ряді випадків стара еліта, своєчасно змінивши лозунги та орієнтацію, рекрутувала в свої ряди багатьох конформістських лідерів колишньої контреліти, зберігши завдяки цьому реальну владу.

Процес оновлення еліт має відбуватися постійно, а не тільки при зміні політичних режимів, оскільки механізм соціальної рівноваги функціонує нормально лише за умови циркуляції, перманентного переміщення, входження до правлячої еліти представників контреліти і виведення із неї тих, хто перестав відповідати потребам. Припинення такої циркуляції неминуче веде до занепаду, деградації правлячих еліт, що негативно позначається на всіх аспектах життєдіяльності держави і суспільства.

Оновлення керівного складу владних структур відбувається повільно, еліта важко пристосовується до нових умов і обставин. Наслідком цього є ослаблення позицій владних еліт, їх ізольованість від суспільства та послаблення ефективності влади в цілому. Перехід від тоталітарного режиму до демократичного передбачає і перехід від закритого типу політичної еліти до відкритого, оскільки саме відкритість сприяє їх оновленню. Саме у відкритих елітах має місце досить динамічна циркуляція, а у закритих елітах - вона є повільною чи навіть загальмованою. На жаль, і нині вибір оптимальної моделі відтворення політичної еліти, її рекрутування і формування все ще

залишається серйозною проблемою в Україні. І це в той час, коли в арсеналі світового історичного досвіду є ціла система відбору до еліт найкращих представників суспільства, дієвий механізм і процедури рекрутування, а також набір надійних критеріїв, за допомогою яких відбувається селекція елітарних претендентів. Така увага до механізмів і процедур формування і рекрутування еліт зумовлена тим, що від цього залежить їх якісний склад і ефективне виконання ними своїх функцій, а в кінцевому рахунку і динаміка позитивних змін у розвитку суспільства.

Формальне засудження “номенклатурної” системи формування еліт, яка існувала за компартійного режиму, поєднується на практиці з використанням методів і процедур, які були характерними для минулого. Не зменшується роль адміністративних ресурсів “входження до влади”. При призначенні на посаду і вирішенні кар’єрного просування на вищі ешелони владних структур особлива увага звертається на відданість лідеру чи іншому керівнику, на особисті і родинні зв’язки, “готовність віддячити” за позитивне вирішення кадрового питання. Таке ставлення до формування еліт є деструктивним, а єдиним надійним і продуктивним критерієм кадрового відбору, як свідчить вся історія людства, є професійні якості. Тільки за рахунок найздібнішої до управління, творчої та активної частини суспільства, в якій воно вбачає своїх представників, має відбуватися оновлення складу еліт.

Це представництво аж ніяк не повинно безпосередньо відображати соціально-класову структуру населення. Звичайно, соціальне походження впливає на політичні орієнтації вихідців з тих чи інших класів чи соціальних груп. Не варто заперечувати й те, що вихідцям із середовища селян, робітників, певних етнічних чи конфесійних груп легше зрозуміти специфічні запити, інтереси відповідних груп. Але це зовсім не означає, що інтереси робітників повинні захищати тільки робітники, а інтереси пенсіонерів тільки пенсіонери та ін. Часто це зможуть набагато краще зробити професійні політики, що є вихідцями з інших груп населення. І, як свідчить практика і спеціальні дослідження, у справі відбору керівних елементів суспільство має враховувати перш за все особисті якості, а не приналежність до класів, груп чи корпорацій. Лише компетентність, професіоналізм, моральність і патріотизм лідера чи іншого політичного функціонера, безвідносно до його соціального походження, забезпечує ефективну діяльність в інтересах як усіх верств населення, так і тієї соціальної групи, вихідцем з якої є суб’єкт діяльності.

В сучасних демократичних суспільствах нагромаджений чималий досвід боротьби з тенденціями до відособлення еліти від суспільства та їх прагненням до самоізоляції. Для цього використовуються як державні, так і громадські інститути та процедури: правоохоронні органи, партії та рухи, вибори, засоби масової інформації, опитування громадської думки, групи тиску, масові акції протесту та ін. Досить ефективним може бути вплив економічної еліти, якщо вона вбачатиме у діях політичної еліти загрозу для своїх бізнесових інтересів. Зрештою поведінка політичної еліти є лише наслідком зіткнення, співпадіння, компромісів, балансу сил між її складовими частинами, а також результатом впливу на неї суспільства.

Незважаючи на певні позитивні зрушення в справі формування нової демократичної еліти, технологія соціальної селекції все ще потребує істотного вдосконалення. За роки існування незалежної української держави так і не вдалося виробити ефективний механізм пошуку консенсусу між представниками різних ідеологій і різних регіонів, між місцевою елітою і центральною, між різними групами всередині самої центральної еліти, що ведуть постійну боротьбу за монопольне панування на політичній арені. Неадекватний вимогам часу рівень професійності і компетентності наших еліт послаблює її потенціал і поглиблює відчуження політичної влади від переважної більшості населення.

**УДК. 32.001**

**Василь Ніконенко, к. ф. н, проф., Наталія Габрусєва, асистент**  
Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

**ПРОБЛЕМИ МІЖНАЦІОНАЛЬНИХ ВІДНОСИН В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

**Vasyl Nikonenko, Ph.D., Prof., Natalia Gabruseva, assistant**  
**INTER-NATIONAL RELATION PROBLEMS IN MODERN CONDITION**

Історичний досвід свідчить, що в основі міжнаціональних проблем, є причини як об'єктивного характеру, так і ті, що пов'язані з помилковими політичними рішеннями і прорахунками суб'єктів політичної діяльності. При цьому, якщо суб'єктивні причини при правильній політиці можна звести до мінімуму, то об'єктивні причини, що породжуються протиріччями, які властиві будь-якому процесу, необхідно своєчасно виявляти і знаходити шляхи розв'язання. Серед таких діалектичних суперечностей можна виділити протиріччя між: соціальним і етнічним у національному; між інтернаціоналізацією суспільного життя і стійкістю національного; між динамічним процесом розвитку націй і консерватизмом форм їх національно-державного устрою; між зростанням національної самосвідомості і поглибленням інтегративних процесів та ін.

Вихід на поверхню проблем і суперечностей в сфері міжнаціональних відносин, рано чи пізно відбувається, оскільки ніхто не в змозі їх вічно приховувати і загнати всередину. Більшість таких проблем породжується саме або ж, коли національний фактор взагалі ігнорується, або ж тоді, коли національна політика є помилковою чи злочинною. Як правило, це стосується тоталітарних режимів, хоча і в умовах демократії мають місце прорахунки і помилки у цій сфері, що неминуче породжує певні колізії і навіть серйозні конфлікти.

Численні міжнаціональні проблеми пов'язані з формальним підходом до них в сфері національно-державного будівництва. Ігнорування специфіки етнонаціональних аспектів політичного життя і запізнення у вирішенні існуючих проблем породжують напруженість і ведуть часто до переростання у міжетнічні конфлікти деструктивного характеру із трагічними наслідками.

У клубку проблем, зокрема, виділяється питання про спірні території та кордони між ними. Зрозуміло, що ставати на шлях тотального перегляду адміністративно-територіальної карти держав досить небезпечно, але якщо така проблема все-таки десь виникає, її необхідно розв'язувати. Адже ці кордони були встановлені в умовах колоніальних імперій та недемократичних режимів без врахування етнічного складу населення. До того ж, як свідчить світовий досвід, територіальні суперечки самі по собі не затухають, а, навпаки, залишаються постійним вогнищем міжнаціональної напруги.

Гострі проблеми можуть виникати і в соціальній сфері, Оскільки незбалансована стимуляція міграційних процесів нерідко істотно змінює в деяких регіонах співвідношення між корінним населенням і "мігрантами", "іногородцями", в результаті чого може бути значно перевищений критичний рубіж, за яким з'являється небезпека для етнонаціональної самобутності, традиційного укладу життя корінного населення. Значна частина мігрантів часто ігнорує традиції, культуру і мову того етносу, який їх прийняв. В умовах, коли корінні жителі перестають відчувати себе господарями на своїй землі, неминуче виникають проблеми і напруженість у міжнаціональних відносинах.

На жаль, в процесі суверенізації, і розбудови національної державності у багатьох країнах не звертається належна увага до “іногородців”, тобто представників некорінного населення. Більше того, останнім часом у ряді країн прийняті правові акти, в яких є відверто дискримінаційні положення стосовно нетитульних етносів. Якщо врахувати, що мільйони людей живуть за межами своїх національно-державних утворень або ж їх не мають взагалі, то стає зрозумілим особливе значення і актуальність проблеми врахування потреб та інтересів таких категорії населення. В умовах, коли людство вже давно відмовилось від спроб створити етнічно “чисту” державу, стає необхідністю створення такої суспільної атмосфери, за якої людина будь-якої національності не була б дискримінованою. Це, зокрема, вимагає прийняття відповідних законів про гарантії прав громадян, що є представниками національних меншин.

Оскільки незалежність держави ще не є еквівалентною свободі її громадян, то встановлення на уламках колишніх імперій етнократичних диктатур, де ігноруються загальноприйняті в цивілізованому світі права і свободи людини, є історичним анахронізмом. Виникає парадоксальна ситуація, коли нові національні держави відмовляють етнічним меншинам у тому ж самому, чого вони в недалекому минулому вимагали для себе. При такому розумінні державної незалежності великі імперсько-колоніальні “тюрми народів” можуть перетворюватись в окремі національні “камери для народів”. Сучасна політична культура ґрунтується на пріоритеті прав людини над правами нації. Дотримання цього визнаного на міжнародному рівні положення є важливою і необхідною умовою здійснення ефективної і конструктивної національної політики.

Цілий комплекс проблем міжнаціональних відносин зумовлений прорахунками при виробленні і реалізації культурної політики, помилками і неправильними діями в справі виховання, іншими деформаціями в духовній сфері. Спрощене розуміння національного, його приниження, ототожнення лише із формою, святковою бутафорією вже давно не спрацьовують. Потрібні не патетичні, лозунгові фрази про “дружбу народів”, не декларативні пропагандистські кампанії, а продумана постійно діюча система виховання у людей культури міжнаціонального спілкування.

Надзвичайно важливим є вироблення відповідного механізму і процедур розв’язання міжнаціональних конфліктів на основі законів та інших нормативно-правових актів, що відповідали б загальноприйнятим міжнародним документам. Необхідною умовою розв’язання проблем і суперечностей, що виникають у відносинах між націями і народностями, є взаємоповага і готовність до компромісів. Без цього, як свідчить історичний досвід, міжнаціональні проблеми цивілізовано не розв’язуються.

Тільки формування правової держави і демократизація суспільного життя дає можливість успішно розв’язувати проблеми міжнаціональних відносин. У свою чергу, без розв’язання цих проблем неможливо перейти до демократичної моделі суспільного устрою і громадянського суспільства. Вищою ціллю етнополітики є гармонізація міжнаціональних відносин і створення сприятливих умов для вільного розвитку народів, перетворення багатонаціонального складу країни із фактору слабкості у фактор сили.



**УДК 001(477.84)(09)**

**Рокіцький О. М., к. і. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **ЖИТТЯ ПРИСВЯЧЕНЕ НАУЦІ ТА УКРАЇНІ**

**Rokitsky O. M., Ph.D., Assoc. Prof.**

### **DEDICATED LIFE FOR SCIENCE AND UKRAINE**

У листопаді місяці цього року НАН України святкуватиме свій 100-літній ювілей, а вже наступного місяця у грудні будемо відзначати 145 років від дня заснування Наукового Товариства імені Тараса Шевченка. Ця інституція в умовах української бездержавності успішно репрезентувала українську націю перед світовою науковою громадськістю. Про її високий міжнародний авторитет говорить закордонне членство таких видатних вчених, як для прикладу, серед фізиків: Макс Планк та Альберт Айнштайн. Серед українських науковців одним із перших дійсних її членів був Іван Пулюй, пам'ять про якого ми вшанували 31 січня 2018 року з нагоди 100-річчя від дня його смерті.

Починаючи від заснування І.Пулюєм гімназіальної «Громади» у Тернополі, підготовки духовної україномовної та освітньої літератури, перекладу Біблії і завершуючи активною безкомпромісною громадсько-політичною діяльністю – все було спрямовано на формування і утвердження української національної ідеї, що стала провідною у житті вченого.

Так зокрема, І. Пулюй часто звертався до урядових кіл з настійливою вимогою відкриття на українських землях українських шкіл та гімназій, був одним з найактивніших ініціаторів відкриття українського університету у Львові. У 1904 році опублікував у цій справі низку статей у газеті “Діло”, що вийшла також у вигляді окремої збірки «О руський університет у Львові». У 1904-1906 роках опублікував серію публіцистичних статей з гострою критикою злочинної політики Росії щодо України, зокрема щодо заборони української мови. Вже тоді своїми публіцистичними виступами він виявляв глибоку обізнаність з політичною ситуацією в межах обох імперій, гостро і блискавично реагував на важливі політичні зміни як в Австро-Угорщині, так і в Росії, обстоюючи національні інтереси Українців по обидва боки Збруча.

З вибухом першої Світової війни І. Пулюй видав низку статей і брошур німецькою мовою, в яких обґрунтував тезу про необхідність створення самостійної української держави як запоруки миру і стабільності в Європі. Так у статті «Україна і її міжнародне політичне значення» (1915 р.), що була однією із перших німецькомовних публікацій з геополітики України, автор не лише дохідливо окреслив суть і мету споконвічних прагнень українського народу, обґрунтував їх історичну необхідність і справедливість, але й висловив свіже, оригінальне бачення регіонального та глобального геополітичного положення України, його впливу на стабілізацію політичної обстановки у Східній та Центрально-Східній Європі.

З позиції сьогодення можемо належно оцінити глибину суджень і політичну прозорливість автора, а його відданість українській національній ідеї є взірцем для сучасної національної еліти.

Ім'я І.Пулюя увійшло в історію світової науки і техніки як ім'я видатного фізика і електротехніка, конструктора і винахідника. Його праці в галузі молекулярної фізики послужили утвердженню молекулярно-кінетичної теорії в області реальних газів, а дослідження катодних променів торувало шлях до епохального відкриття Х-променів та електрона. В енциклопедіях та словниках про І.Пулюя згадують як про першого електротехніка Європи. Українці вшановують його ім'я у зв'язку з жертвовною працею вченого як на ниві світової науки, так і для добра рідного народу.

**УДК 316**

**П.І. Сівчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПРОБЛЕМИ СОЦІАЛІЗАЦІЇ МОЛОДІ В УМОВАХ СОЦІАЛЬНО-ПОЛІТИЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ**

**P.I.Sivchuk**

### **PROBLEMS OF YOUTH SOCIALISATION IN SOCIAL AND POLITICAL TRANSFORMATION CONDITIONS**

Соціальні і політичні зміни, що бурхливо відбуваються в сучасному українському суспільстві відображаються на усіх сферах суспільного життя. Виникають суперечності, напруження, конфлікти, нестабільність. Соціально-політичні процеси так стрімко міняють сучасний образ суспільства, що значна частина громадян неспроможна адаптуватись до нових умов, сприймає інновації насторожено і критично. Якщо соціальні перетворення більш-менш прогнозовано здійснюються з моменту набуття Україною незалежної державності, то політичні перетворення настільки стрімкі і радикальні, що різко змінили весь політичний ландшафт і устрій. Революція Гідності відкрила гігантський потенціал державотворення, але і покликала до життя такі явища як нестабільність, конфліктність, розчарування, апатія, конформізм. Якщо взяти до уваги ще і зовнішню та внутрішню агресію, економічну кризу, низький рівень життя, бюрократизацію органів державної влади, то стає очевидним кризовий стан суспільства в цілому.

Процес соціально політичної трансформації породжує суперечливі явища кризи і прогресу, сплеску традиціоналізму і модернізації, соціального протесту і підтримки. Трансформація не передбачає вектора змін.

Однією з актуальних проблем сучасного суспільного розвитку є формування молодого покоління, спроможного адекватно відповісти на всі виклики часу і активно включитися в процес державотворення. Мова йде про молодь не тільки як соціально-демографічну групу, але і як покоління молодих людей, від яких залежить майбутнє української держави. Процеси, що відбуваються в молодіжному середовищі сьогодні, достатньо тривожні і неоднозначні. Молодь як і суспільство в цілому достатньо неоднорідна і поведінка її достатньо неоднозначна. Значна частина молодих людей достатньо активно включилися в процес державотворення, захищаючи інтереси і суверенітет держави в східних регіонах. Інша частина покинула межі держави в пошуках кращого життя, дбаючи про власні інтереси, багато байдужих і ображених.

Неоднозначне ставлення молодих людей до проблем держави є свідченням ще однієї важливої проблеми - соціалізації молоді в умовах соціально-політичних трансформацій в сучасній Україні. Проблеми і труднощі соціалізації молоді є важливими і актуальними, а результат відобразиться на характері змін сучасного суспільства.

В широкому розумінні соціалізація розглядається як процес формування соціальних якостей людини як представника певного суспільства, як втілення соціально значимих рис суспільства в конкретній людині через її адаптацію, інтеріоризацію і соціальну активність. Соціальна сутність людини позначається поняттям особистість. Людина повинна пройти складний і тернистий шлях включення її у соціальний світ, щоб стати повноцінним і повноправним членом суспільства. Соціалізація окремої молодої людини і молоді як соціальної групи є вирішальною з точки зору важливості формування особистості, її соціальних якостей, світогляду, ціннісних якостей і пріоритетів. На індивідуальному рівні вирішальними факторами соціалізації молодої людини виступають сім'я, школа, установи, заклади, армія, засоби масової інформації, соціальні мережі тощо. Їх роль в залежності від стану суспільства постійно змінюється. Одні, як наприклад сім'я, втрачають свою виховну роль і навпаки вплив соціальних мереж значно посилюється. Ті ж самі фактори впливають на соціалізацію як окремої людини, так і молоді як соціальної групи.

Соціалізація молоді відбувається шляхом засвоєння загально прийнятих у суспільстві соціальних норм і правил, які регулюють поведінку. Суспільство вибудовує усталену систему, складний механізм, що дозволяє охопити всі аспекти і напрямки виховних і організаційних форм процесу соціалізації. У відносно спокійні періоди розвитку суспільства, цей механізм функціонує злагоджено і цілеспрямовано. Проблеми виникають в періоди суспільної смуги (революції, війни, громадянські протистояння, кризи, аномія), коли механізм соціалізації порушується.

Фактори, які негативно впливають на процес соціалізації молоді:  
відсутність чітких орієнтирів соціально-політичного і економічного розвитку;  
зміна культурних парадигм;  
криза традиційних інститутів навчання і виховання;  
політична турбулентність і протистояння;  
низький рівень життя і безробіття;  
переорієнтація розвитку суспільства, криза ідеологій, цінностей і норм.

В умовах коли навколишній світ стрімко змінюється, а суспільні механізми відповідальні за соціалізацію молоді самі знаходяться в кризовому стані, виникають і формуються негативні тенденції в молодіжному середовищі. Низький рівень життя, відсутність перспективи працевлаштування, цікавої роботи, гідного заробітку, самореалізації, радикалізують свідомість, породжують міграційні настрої, незадоволення, песимізм, і конформізм.

Неоднозначний вплив на процес соціалізації молоді має зміна ролі традиційних факторів соціалізації, їх невідповідність задачам суспільного розвитку.

Традиційним основним інститутом соціалізації в суспільстві виступає сім'я. Вона є носієм стабільності, усталеності, стійкості, традиційності і консерватизму. Тут здійснюється первинна соціалізація. Протягом тривалого часу вона є єдиним джерелом інформації для дитини про існуючу систему цінностей у суспільстві, формує характер, моделі поведінки, самосвідомість. Сімейне виховання забезпечує поступальність розвитку суспільства, зв'язок поколінь, формує основи свідомості, культури, ціннісних орієнтацій особистості молодої людини. Одна останнім часом роль сім'ї суттєво зменшується у виховному процесі. Надмірна занятість батьків роботою або її пошуком, міграція і заробітчанство, конфлікт поколінь, консерватизм у підходах до виховання, агресивний вплив «інформаційної» революції та і нерозуміння батьками суті того що відбувається в суспільстві, не тільки породжує сімейні конфлікти, але і значно зменшує роль сім'ї в соціалізації дитини.

Багато проблем в системі освіти України. Постійне експериментаторство ні на користь самій освіті, ні молодим людям, ні взагалі процесу соціалізації в суспільстві. Система освіти в Україні стала експериментальним майданчиком, де кожна політична сила, любий суб'єкт політики вважає своїм обов'язком щось змінити, залишити після себе «слід», а в кінцевому рахунку руйнівні наслідки такої політики очевидні. Престижність особливо вищої освіти настільки впала, що значна частина молодих людей мріє вчитися за кордоном і не бачить себе в Україні. Не може освіта ефективно виконувати роль інституту соціалізації в суспільстві, сама перебуваючи в ситуації постійних перманентних змін, відсутності достатнього фінансування, перспектив працевлаштування по спеціальності для випускника, гідного заробітку і умов самозанятості.

Одним із найбільш впливових факторів соціалізації молоді в сучасних умовах є інтернет. Прості, доступні соціальні мережі стають основним джерелом інформації, не знаючи ні кордонів, ні табу, ні приписів і взагалі будь яких форм контролю: батьківського, суспільного, державного, морально-етичного і навіть правового. Проблема в тому, що найактивнішими споживачами інтернет ресурсів в суспільстві є молоді люди підліткового віку, в яких ще не сформована в достатній мірі свідомість і самосвідомість, світогляд, морально-етичних запобіжників і переконаня. Інтернет технології і ресурси велике надбання людства, яким люди ще не навчилися раціонально користуватися, тому в цій сфері ще так багато проблем. Крім поширення надбань цивілізації, це сфера поширення серед молоді екстремістських ідей, суїцидальних настроїв, пропаганди насильства, расизму, всездозволеності, культу сили і гомофобії.

УДК 811.161.2'276.6:62

С.А. Федак к. ф. н, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## УКРАЇНСЬКОМОВНА ФІЗИЧНА ТЕРМІНОЛОГІЯ В НАУКОВО- ПОПУЛЯРНИЙ КНИЖЦІ ІВАНА ПУЛЮЯ «НОВІ І ПЕРЕМІННІ ЗВІЗДИ»

S.A. Fedak, Ph.D.; Assoc. Prof.

### UKRAINIAN PHYSICAL TERMS IN POPULAR SCIENCE BOOK OF IVAN PULUI "NEW AND VARIABLE STARS"

Питання становлення та формування української фізичної термінології є досі актуальним. Дослідження лексики науково-популярної праці Івана Пулюя може дати змогу доповнити й удосконалити сучасну мову природничих наук, повернути до життя питоми українські термінологічні одиниці, які вдало відображали певні феномени, але були несправедливо затрачені, а також знайти засоби для творення нових лексем.

У Пулюєвій книжці «Нові і перемінні звізди», за нашими спостереженнями, домінують власне українські наукові терміни з незначною часткою діалектних елементів. Серед фізичних термінів переважають прості іменники. Декотрі з них є загальнонауковими, але мають своє специфічне значення у фізиці. Такими є слова *проява (явище), вісь, воздух (повітря), праця (робота)* тощо. Багато понять виражено за допомогою засобів, яких немає в сучасній українській мові. Наприклад, на позначення поняття «прискорення» у праці вжито слово **розгін**, «швидкість» позначено словом **скорість** (як пропонують словники української мови початку ХХ ст.), «звук» - спільнозахіднослов'янським **гук**, «струм» діалектним **пруд**, фізичне поняття «робота» виражається словом **праця**. Як синонімічні одиниці співіснують слова **ядро** та **осередок**, **поклад** і **шар**. Цікавим є те, що багато лексем утворено за допомогою форманта **-нне** (він активно вживається в сучасних подільських діалектах): **численне, появленне, новонастанне, дрожанне, ворушанне, движенне, напруженне, віддаленне, промінне**. З-поміж вербальних утворень варто виокремити розмовне **ворочатися** в розумінні «обертатися», абсолютним синонімом якого в тексті є діалектизм **точитися**.

У книжці також вжито складені терміни, такі як **рівновага, кругобіг**. До речі, слові **кругобіг** відсутній інтерфікс **-о-**, що, на нашу думку, виражає питоми українськомовні риси, а саме: відповідність одному з законів милозвучності, згідно з яким у нашій мові, за окремими винятками, немає збігу голосних (порівняймо зі загальновідомим сучасним терміном «**кругообіг**»).

Складні терміни Іван Пулюй часто творить за допомогою дієприкметникових формантів **-уч-, -юч-**, хоча в українському мовознавстві щодо доцільності вживання таких утворень точаться постійні дискусії. У Пулюя зустрічаємо утворення на кшталт **притягаюча сила** та його антонім — **відпихаюча сила** (а інколи – вагота), **зупиняюча сила** тощо. Цікавими з семантичної та дериваційної точки зору є конструкції, якими вчений позначає закон збереження енергії – **закон непропащої сили, закон не пропащого руху**.

Отож серед фізичних термінів, використаних у книзі, переважають питоми українські одиниці. Автор послідовно дотримується принципу мінімального використання запозичень, тому вживає слова, які побутують у народнорозмовному узусі або співзвучні з аналогічними лексемами в польській, чеській та словацькій мовах, а також утворені за допомогою типових українськомовних формантів. Термінологічні словосполучення здебільшого є короткими і семантично наповненими.

## **Секція: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Голови:** д. фіз-мат. н., проф. Л.Д. Дідух, д. фіз-мат. н., проф. В.А. Кривень

**Вчений секретар:** к.т.н., О.А. Сіткар

**УДК 621.82**

**Ів.Б. Гевко, д. т. н., проф., В.З. Гудь к. т. н, О.А. Круглик, асп.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ПОШУК НОВИХ СПОСОБІВ НАВИВАННЯ СПІРАЛЕЙ ШНЕКІВ**

**Iv.B. Nevko, Dr., Prof., V.Z. Hud, Ph.D., A.A. Kruglik**

#### **A SEARCH OF NEW METHODS OF PURPOSE OF SPIRALS OF AUGERS**

Здійснюючи пошук нових способів навивання спіралей шнеків (СШ) ми постаралися узагальнити існуючі напрацювання в даній сфері і вибудувати певні правила з врахуванням окремих обмежень. Для цього ми провели кодування поверхонь СШ при навиванні: ліва бічна – Л; права бічна – П; зовнішня – З; внутрішня – В. Правила при навиванні СШ, специфіка формульованого інструменту та їх кодування:

1. Контакт формульованого інструменту із предметом праці (полоса чи спіраль): точковий (лінійний, кодування Т); по площині (поверхневий, кодування М).

2. Кількість задіяних поверхонь в процесі навивання по яких проходить формування спіралі: 3 (Л, П, З) або 4 (Л, П, З, В).

3. Навивання: щільним пакетом (кодування Ш) або на крок (кодування К).

4. Формульований інструмент (оправа, ролик, обертова втулка):

а) для всіх видів формульованого інструменту:

- профіль формульованої поверхні: циліндрична поверхня (кодування г); конічна поверхня (кодування t); еліпсоподібна поверхня (кодування h); фігурна поверхня (кодування u);

- напрям руху: рухомий в осьовому напрямі (кодування b); нерухомий в осьовому напрямі (кодування m);

б) оправа (кодування О): гладкий вал (кодування q); різьбовий вал (кодування w); зі спіральною опорою (кодування s);

в) ролик (кодування Р):

- розташування: паралельне оправі чи обертовій втулці (кодування g); перпендикулярне оправі чи обертовій втулці (кодування z); нахилене до оправі чи до обертової втулки (кодування v);

- формульована поверхня: одноступінчата (кодування е); двоступінчата (кодування о); із внутрішнім пазом (кодування х);

г) обертова втулка (кодування Ф: формоутворення зовнішньої З і притиск бічною стороною правої бічної П поверхонь СШ);

д) опорна (кодування У) і кріпильна (кодування І) втулки (використовуються тільки при використанні обертової втулки): опорна рухома в радіальному напрямі (кодування d), а кріпильна рухома в радіальному (кодування d) та осьовому (кодування b) напрямках; опорна повністю нерухома (кодування n), а кріпильна рухома в радіальному (кодування d) та осьовому (кодування b) напрямках; опорна рухома в радіальному (кодування d) та осьовому (кодування b) напрямках, а кріпильна рухома в радіальному (кодування d) напрямі.

Метою проведення синтезу конструктивних ознак та елементів процесу навивання СШ методом ієрархічного групування за допомогою морфологічного аналізу [1, 2] є здешевлення процесу і отримання конструкцій з покращеними техніко-економічними характеристиками. В таблицю 1 включено конструктивні ознаки та необхідні елементи, що використовуються при навиванні СШ. Зокрема такі, як використовуваний формульований інструмент, його тип, кількість і розташування, напрям руху (кодування Н), форма заготовки (кодування К).

Таблиця 1

Морфологічна таблиця конструктивних ознак та елементів процесу навівання спіралей шнеків

| 1. Оправа, О                            | Ролик, Р   |                         |                  | 5. Обертлова втулка, Ф | 6. Опорна втулка, У                                     | 7. Крипильна втулка, І                                  | 8. Рухомість формувального інструменту | 9. Профіль формуючої поверхні | 10. Напрям руху системи, Н | 11. Форма заготовки, К                            |
|---|--|-------------------------|------------------|------------------------|---|---|--|-------------------------------|----------------------------|---|
|   | 2. Розташування                                    | 3. Формування поверхні  | 4. Кількість     |                        |   |   |  |                               |                            |   |
| 1.1. Гладкий вал з крипильним вузлом, q | 2.1. Паралельне оправі чи обертовій втулці, g      | 3.1. Одноступінчаста, e | 4.1. 1           | 5.1. Є                 | 6.1. Рухома в радіальному (d) та осьовому (b) напрямках | 7.1. Рухома в радіальному (d) та осьовому (b) напрямках | 8.1. Рухомий в осьовому напрямі, b     | 9.1. Циліндрична поверхня, r  | 10.1. Уліво, <             | 11.1. 3 вирізами по внутрішній формуючій поверхні |
| 1.2. Різбовий вал, w                    | 2.2. Перпендикулярне оправі чи обертовій втулці, z | 3.2. Двоступінчаста, o  | 4.2. 2           |                        | 6.2. Рухома в радіальному напрямі, d                    | 7.2. Рухома в радіальному напрямі, d                    | 8.2. Нерухомий в осьовому напрямі, m   | 9.2. Конічна поверхня, t      | 10.2. Управо, >            | 11.2. 3 вирізами по зовнішній формуючій поверхні  |
| 1.3. Зі спіралювою опорою, s            | 2.3. Нахилене до оправи чи до обертової втулки, v  | 3.3. 3 пазом, x         | 4.3. Більше 2, N |                        | 6.3. Повністю нерухома, n                               |   |  | 9.3. Еліпсна поверхня, h      |                            | 11.3. Фігурна                                     |
|   |  |                         |                  |                        |   |   |  | 9.4. Фігурна поверхня, u      |                            | 11.4. Кругла                                      |
|   |  |                         |                  |                        |   |   |  |                               |                            | 11.5. Прямокутна                                  |
|   |  |                         |                  |                        |   |   |  |                               |                            | 11.6. Квадратна                                   |

Враховуючи накладені обмеження розроблено синтезовану модель конструктивних ознак та елементів процесу навівання СШ ієрархічним групуванням за допомогою морфологічного аналізу. Кількість згенерованих альтернатив при використанні даного методу буде меншим у 87 разів у порівнянні з кількістю згенерованих альтернатив при використанні традиційного методу:

$$N_{сн1} = \begin{vmatrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 2.1 & 3.1 \\ 2.2 & 3.2 \\ 2.3 & 3.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 8.1 \\ 8.2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 5.1 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 6.1 \\ 6.2 \\ 6.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 7.1 \\ 7.2 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 8.1 \\ 8.2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2.1 & 3.1 & 4.1 \\ 2.2 & 3.2 & 4.2 \\ 2.3 & 3.3 & 4.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 5.1 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 7.1 \\ 7.2 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 8.1 \\ 8.2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 2.1 & 3.1 \\ 2.2 & 3.2 \\ 2.3 & 3.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 5.1 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 6.1 \\ 6.2 \\ 6.3 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 7.1 \\ 7.2 \end{vmatrix} \cap \begin{vmatrix} 8.1 \\ 8.2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 9.1 \\ 9.2 \\ 9.3 \\ 9.4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 10.1 \\ 10.2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 11.1 \\ 11.2 \\ 11.3 \\ 11.4 \\ 11.5 \\ 11.6 \end{vmatrix} = 534.$$

В результаті проведеного дослідження встановлено, що навівання СШ може здійснюватись чотирма основними способами при використанні наступного формувального інструменту: оправа і ролик (класичні варіанти); оправа і обертова формувальна втулка; ролик і обертова формувальна втулка; оправа, ролик і обертова формувальна втулка. На основі проведеного синтезу отримано значну кількість раціональних способів навівання СШ, на ряд з яких отримано патенти на корисну модель, а на частину з яких подано заявки на винахід.

### Література:

1. Гевко І.Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05. 02.02 «Машинознавство» / І. Б. Гевко. – Львів, 2013. – 42 с.
2. Гевко Ів. Синтез способів навівання гвинтових заготовок / Вісник ТНТУ // Ів. Гевко, О. Катрич – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 80. – № 4. – Ст. 153-160.

**УДК 621.397.13:612.82:519.21**

**Олена Гевко, к. м. н, доц., Микола Хвостівський к. т. н, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ІЗ ВРАХУВАННЯМ АЛЬФА- ТА БЕТА-АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ**

**Olena Hevko, Mykola Hvostivskyi**

### **METHOD RESTORATION OF PSYCHOEMOTIONAL STATE HUMAN WITH ACCOUN OF ALPHA AND BETA ACTIVITY OF THE MAIN BRAIN**

Під емоціями психологи розуміють рефлексорну психо вегетативну реакцію, яка пов'язана з проявами суб'єктивного пристрасного відношення (у вигляді переживання) до ситуації [Дмитроца О., Швайко С., Журавльов О.]. Незважаючи на той факт, що емоції беруть участь у підтримці гомеостазу організму, існують численні дані про негативний вплив негативних емоцій на особистість та позитивний – позитивних.

Емоційні стани людини можна досліджувати різними методами: опитуванням, реєстрацією показників активності вегетативної нервової системи (шкірно-гальванічна реакція, електрокардіограма, плетизмограма), проте все більше дослідників надають перевагу електроенцефалограмі [Костюнина М.Б., Лапин М.А., Алфимова М.В., Лапшина Т.Н.]. Існують дані, що точність класифікації емоційних реакцій за даними електроенцефалографії сягає 80 % [Bratsas С., Papadelis С., Konstantinidis E., Pappas С.].

Особливої уваги заслуговує динаміка альфа- та бета-ритмів на тлі різнобарвних емоцій. Відомо, що альфа-ритм реєструється у 85-95 % здорових людей. Частота його складає 8-13 Гц, амплітуда – 30-70 мкВ. Зокрема, найбільшої амплітуди він досягає у потиличних відділах в стані спокійної бадьорості, при закритих очах, блокується або послаблюється при відкриванні очей, при підвищеній увазі (особливо зоровій), при розумових навантаженнях [Поворинский А.Г., Заболотных В.А.]. У здорової дорослої людини в лобних ділянках домінуючою є бета-активність, що представлена хвилями частотою 18-30 Гц, напругою 5-30 мкВ і виникає у стані активної бадьорості.

За результатами окремих науковців, депресія альфа ритму найчастіше має вияв при емоціях страху, тривоги та розпачі, тоді як зростання альфа ритму характерне для радості. Страх, в свою чергу, викликає десинхронізацію альфа-2 та бета-1 ритмів [Lang P.J., Bradley M.M., Cuthbert B.N.]. Так, у обстежуваних з помірним рівнем тривожності, спостерігаються негативні зв'язки між рівнем особистісної тривожності та потужністю альфа- та бета-ритмів, а у обстежуваних з високим рівнем - позитивні зв'язки [Дмитроца О., Швайко С., Журавльов О.]. При помірному рівні особистісної тривожності під час фоновій проби переважає потужність альфа-ритму у потиличних та тім'яних ділянках мозку, а при високому рівні особистісної тривожності – бета-ритму. Бета-ритм також, може значно посилюватися при різних видах діяльності [Gemignani A.]. Вище наведені дані, зумовили доцільність моніторингу альфа- та бета-активності енцефалограми з метою подальшої її корекції шляхом підбору картинок з позитивним вмістом.

Загальну схему експерименту дослідження психоемоційного стану людини (ПЕСЛ) за альфа- та бета хвилями зображено на рис.1.

Для дослідження було підібрано 20 слайдів та сформовано їх у вигляді бази даних (рис.1,б) : 10 – позитивного змісту тривалістю t2, 10 – негативного тривалістю t3. У якості емоційно-нейтрального стимулу з тривалістю t1 застосовано сірий екран. З апіорно визначеними часовими тривалостями t1, t2, t3 відбувається вплив слайдів з бази даних (рис.1,б) на психоемоційний стан людини через зоровий аналізатор (рис.1,в).

За допомогою 16-канального електроенцефалографа «NeuroCom» виробництва ХАІ-Медика здійснено процедуру монополярної реєстрації ЕЕГ-сигналів (рис.1,г) як індикаторів зміни стану ПЕСЛ. Накладання електродів здійснено відповідно до міжнародної системи «10-20». В експерименті взяло участь 10 студентів (юнаків) віком 19-22 роки.

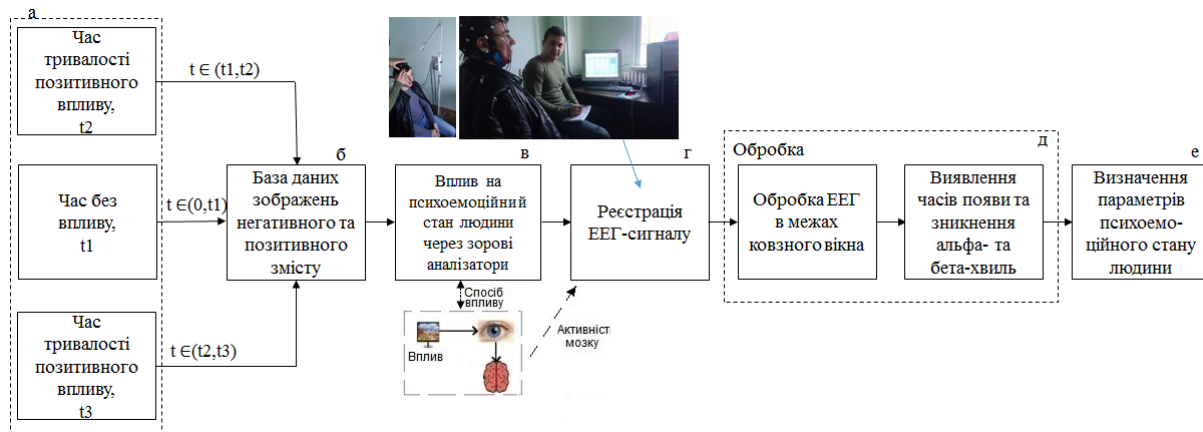


Рис.1. Загальна схема експерименту

Експериментально зареєстровану реалізацію ЕЕГ-сигналу при психоемоційних навантаженнях та його структуру зображено на рис.2.

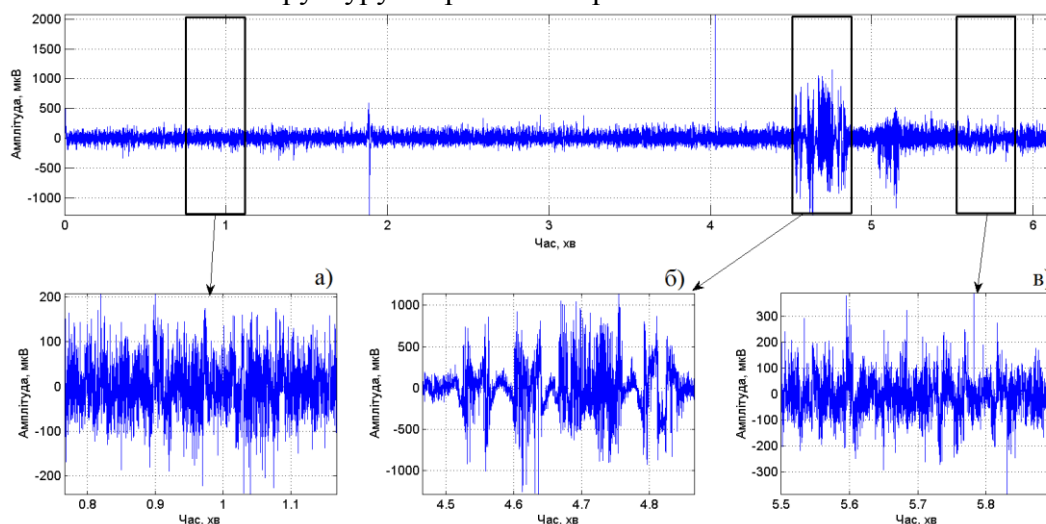


Рис. 2. Експериментально зареєстрований ЕЕГ-сигнал при психоемоційних навантаженнях (відведення F1): (а) стан спокою, (б) стан позитивних емоцій, (в) стан негативних емоцій

У реалізаціях ЕЕГ-сигналу (рис.2) спостерігається зміна його амплітудних параметрів в часі в залежності від впливу різних слайдів (зображень), що підтверджує факт зміни ПЕСЛ за зміною мозкової електричної активності.

За результатами спектрально-кореляційної обробки ЕЕГ-сигналу встановлено, що під впливом окремих позитивних емоцій виникало достовірне підвищення спектральної потужності альфа та бета-ритмів у відведенні О2, Т3 та F1 (рис.3). Відповідь на емоційний позитив, що проявлялась у збільшенні потужності ЕЕГ-сигналу в діапазоні альфа- та бета-хвиль, була значно сильнішою у лівій півкулі, ніж правій. Оскільки позитивні емоції оптимізують функціональний стан центральної нервової системи, то рекомендовано в подальших дослідженнях відбирати картинки, що викликають відповідні зміни, з метою психотерапевтичного впливу на пацієнта.



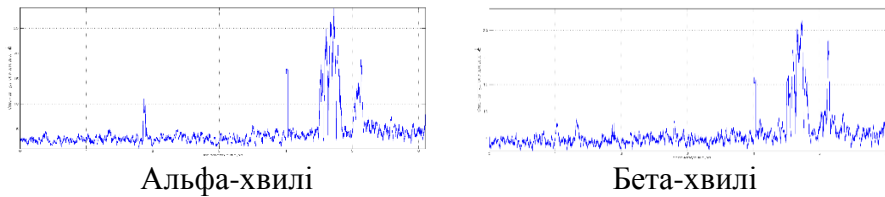


Рис.3. Реалізації спектру потужності ЕЕГ-сигналу (відведення F1)

Для того щоб відстежити моменти часу появи та тривалості альфа- та бета-хвиль з частотою  $f_m$  необхідно здійснити процедуру обробки ЕЕГ-сигналу (рис.1,д) в межах ковзного вікна, яке переміщується по реалізації з кроком дискретизації (рис.4).

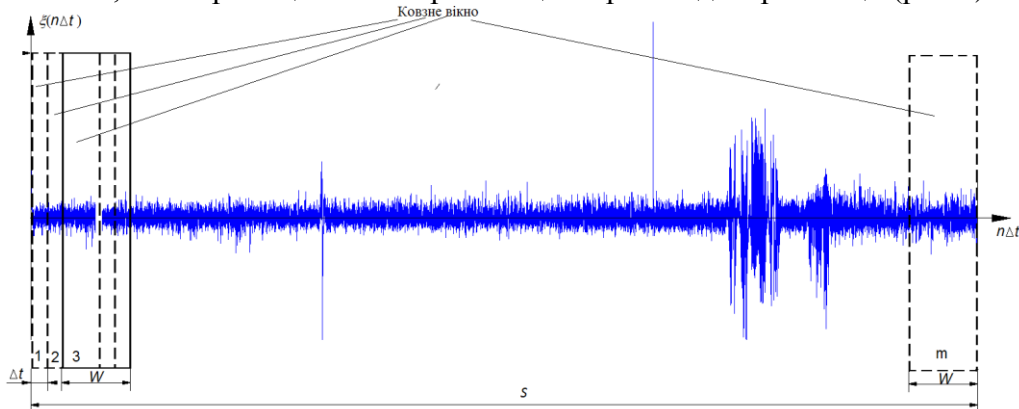


Рис. 4. Суть віконної обробки ЕЕГ-сигналу:  $W$  – тривалість ковзного вікна,  $m$  – номер вікна,  $\Delta t = \text{const}$  – крок зсуву ковзного вікна, рівний кроку дискретизації

В межах  $m$ -го ковзного вікна (рис.4) ЕЕГ-сигнал розглянуто як періодично-корельований випадковий процес (ПКВП), який має в своєму арсеналі методи (синфазний, компонентний) виявлення гармонічних складових з частотою  $f_m$  коливання, які є притаманними для альфа- та бета-хвиль. В такому випадку ПКВП як модель ЕЕГ-сигналу зображено через стаціонарні компоненти у вигляді виразу:

$$\xi_m(t) = \sum_{k \in Z} \xi_{mk}(t) e^{i2\pi f_m k t}, \quad (2)$$

де  $\xi_{mk}(t), k \in Z$  -  $k$ -та стохастична складова у вигляді стаціонарних компонент  $m$ -ої вибірки ЕЕГ-сигналу  $\xi_m(t)$ ;  $e^{i2\pi f_m k t}$  - гармонічні складові  $m$ -ої вибірки ЕЕГ-сигналу.

В основі синфазного та компонентного методів обробки ЕЕГ-сигналу в межах  $m$ -го вікна лежить процедура оцінювання кореляційних компонент  $\hat{B}_{km}(u)$  як енергетичних показників прояву потужності гармонічних (ритмічних) хвиль у реалізації згідно виразу:

$$\hat{B}_{km}(u) = \frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \hat{b}_{\xi_m}(t, u) e^{-i2\pi f_m k t} dt \quad (3)$$

де  $\hat{B}_{km}(u)$  – оцінки кореляційних компонент в межах  $m$ -ого ковзного вікна;  $u$  – зсув;  $\hat{b}_{\xi_m}(t, u)$  – оцінки параметричної кореляції, яка дає змогу охарактеризувати часову мінливість ЕЕГ-сигналу у межах  $m$ -ого ковзного вікна.

Отже, застосування теорії ПКВП до віконної обробки ЕЕГ-сигналу синфазним або компонентним методом уможливорює процедуру виявлення моментів часу (прояв, тривалість, заникання) гармонічних альфа- та бета-хвиль з частотою  $f_m$  за змінною кореляційних  $\hat{B}_{km}(u)$  компонент як кількісних показників відновлення ПЕСЛ (рис.1,е).

УДК 681.51, 621.3.07

Машталяр С.В., Пастернак В.С.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПЛАТФОРМИ СТЮАРТА

Stepan Mashtalyar, Vira Pasternak.

### MODERN TECHNOLOGY WHEN DESIGNING THE STEWART PLATFORM

Сучасне програмне забезпечення дозволяє пришвидшити процес проектування та моделювання роботи пристрою, а також дозволяє проаналізувати стан ключових показників, підбирати коефіцієнти та аналізувати великі об'єми даних, проводити метрологічний аналіз. Програми дають можливість побудувати як окремих елемент так і комплекс пристроїв. При проектуванні платформи Стюарта потрібно проаналізувати та побудувати кінематичну та динамічну модель гексаподу.

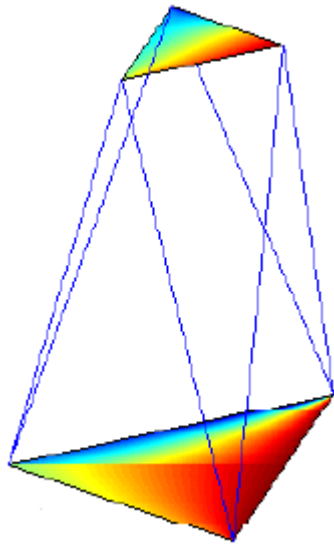


Рисунок 1.- Модель гексаподу в MatLab

Стійки гексапода змінюють свою довжину і конфігурацію. Щоб вони не стикались одна з одною під час експлуатації необхідно побудувати математичну модель пристрою за допомогою програмного комплексу MatLab. Результати моделювання дозволять попередньо оцінити значення кутів нахилу та визначити точність позиціонування антени. Змінюючи параметри стійок та їхнє положення в пристрої можна досягнути оптимальної геометрії системи. [1]

Побудова динамічної моделі дозволить визначити параметри, які забезпечать плавний рух та дасть можливість визначити максимальні кути нахилу конструкції. За допомогою SolidWorks можна побудувати 3-D модель платформи Стюарта та провести аналіз на міцність, стійкість та оцінити динаміку механізму, провести симуляцію руху стійки в потрібному діапазоні, враховуючи задані обмеження. Зробити аналіз різних видів шарнірів та обрати оптимальний, який буде забезпечувати оптимальні можливості руху дзеркала антен.

Керування такою системою вимагає застосування складних алгоритмів обчислення та синхронізації траєкторій обох гексаподів із використання високошвидкісних та продуктивних електронно-обчислювальних апаратних засобів.[2]

Сучасні технології дозволяють провести моделювання роботи вузлів приладу, скорочують час розробки, оптимізують ресурси затрачені на його конструювання. Потрібно розвивати технології які дозволяють створювати нові пристрої.

### Література

1. Frank Janse van Vuuren. Design of a Hexapod Mount for a Radio Telescope / Frank Janse van Vuuren.. – 119 с.
2. Паламар М. І., Пастернак Ю.В. ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО ПРИСТРОЮ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ЛІНІЙНИХ ПРИВОДІВ / Паламар М. І., Пастернак Ю.В. – Тернопіль, 2010.

**УДК 57.087.1**

**Ю.Б. Паляниця, Є.Б Яворська, к. т. н, доц., Г.М. Шадріна к. т. н., доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ФОНОКАРДИОСИГНАЛУ ЯК ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ**

**Y. Palaniza, E. Yavorska, H. Shadrina**

### **THE PHONOCARDIOSIGNAL AS A PERIODICALLY CORRELATED STOCHASTIC PROCESS PREPROCESSING ALGORITHM**

Існуючі на сьогоднішній день у профілактичній медицині системи віддаленого моніторингу стану серцево-судинної системи (ССС), зокрема за фонокардіосигналом (ФКС) вимагають застосування коректних апаратно-програмних засобів для опрацювання його. Як показано в працях Драгана Я.П., Паляниці Ю.Б., [1] ФКС паралельно зареєстрований з електрокардіосигналом (ЕКС) як періодично корельований випадковий процес (ПКВП) опрацюються синфазним методом як статистичним

Проте синфазний метод вимагає забезпечення однорідності статистичного матеріалу, що ускладнює дослідження, та визначення періоду корельованості вхідної послідовності, який у випадку ФКС, може бути представленим як середня тривалість серцевого циклу.

Класичним підходом до знаходження періоду корельованості є визначення періоду повторюваності автокореляційної функції [2]. Такий спосіб є чутливим до довжини вибірки та фазової структури серцевого циклу, що унеможливує забезпечення повторюваності результатів. Визначення тривалості одного серцевого циклу за тривалістю R-R інтервалу не дає змоги забезпечити вибірку однієї повної реалізації, тобто інтервалу між моментами прояву дії синусового вузла, що на ЕКГ виявляється Р-зубцем. Тому пропонується визначати кожен реалізацію серцевого циклу як інтервал Р-Р, оскільки Р-зубець відповідає моменту активації потенціалу дії (Шмидт-Фойгт). В клінічній практиці за тривалість серцевого циклу приймають R-R інтервал, однак це не відповідає природі досліджуваного об'єкта [3], оскільки початком кожної наступної реалізації циклу серцевого скорочення є момент прояву потенціалу дії синусового вузла, що на ЕКГ є Р-зубцем.

Оскільки значення амплітуди Р-зубця набагато менше, ніж R-зубця і форма його є більш плавною, то він більше спотворюється під впливом високочастотних шумів. При низьких значеннях відношення сигнал/шум встановити коректно локалізацію максимуму з високою точністю проблематично. Застосування фільтрів низьких частот є недопустимим, оскільки вони, окрім фазових спотворень, сильно розмивають стрімкі зубці та зсувають їх у часі.

У нашому випадку високочастотні шуми є некорельованими з корисним сигналом, тому доцільно використати згладжування.

Все більшого поширення набуває метод згладжування із застосуванням фільтра Савіцького-Голяя [4], при цьому: в околі кожної точки послідовності будують апроксимуючий поліном n-го порядку по методу найменших квадратів у вікні певної довжини; відтворюють послідовність обчисленням її із полінома меншої степеня, віддаючи молодші члени; здійснюють зсув вікна та повторення попередніх операцій. Згладжувальні фільтри Савіцького-Голяя (поліноміальні нерекурсивні фільтри) використовують для згладжування (у вузькому сенсі) зашумлених сигналів з широким спектром. Тоді такі фільтри дають набагато кращий результат у порівнянні зі звичайними нерекурсивними усереднюючими фільтрами, що мають тенденцію разом із

шумами видаляти й частину високочастотних корисних складових сигналу та вносити мінімальні фазові спотворення, що є критично важливою особливістю для опрацювання сигналу синфазним методом. Однак метод згладжування забезпечує дещо гірше ослаблення шуму порівняно зі звичайними нерекурсивними фільтрами, що вимагає більших затрат обчислювальної потужності системи. Оскільки така фільтрація забезпечує поліноміальну апроксимацію окремих кадрів вхідної послідовності по критерію мінімуму середньоквадратичної похибки, то в цьому сенсі він є оптимальним.

Таким чином застосування фільтра Савіцького-Голея не порушує форму корисного сигналу за умови оптимального підбору порядку полінома і ширини вікна згладжування.

Для ілюстрації процедури згладжування зашумлений ЕКС та згладжений за допомогою фільтра Савіцького-Голея зображено на рис. 1:

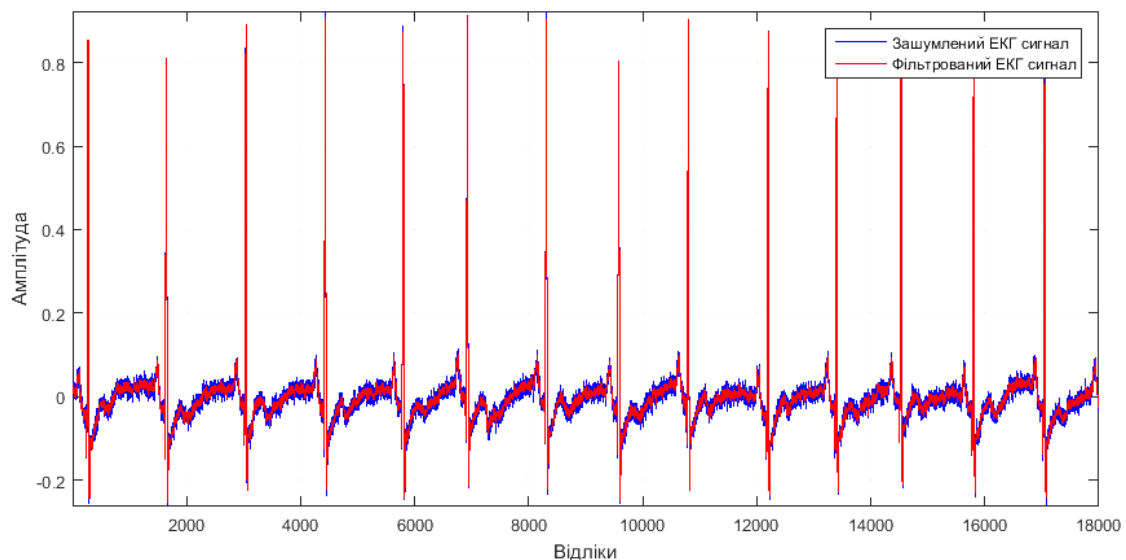


Рис. 1. Зашумлений та згладжений ЕКС фільтром Савіцького-Голея

Для пошуку Р-зубців у згладженому сигналі доцільно використати пороговий метод оскільки тоді відпаде потреба застосування різного роду процедур розпізнавання форми, пошуку патернів чи переходу в іншу область (наприклад, спектральну шляхом застосування перетворення Фур'є чи область масштабних вейвлет-коефіцієнтів).

### Література

1. Драган Я.П. Системний аналіз статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи і принципу шунтування / Я.П. Драган, Ю.І. Грицюк, Ю.Б. Паляниця // НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 25.10. – С.255-259.
2. Драган Я. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів: – Львів, Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. –XVI+333с.
3. Котельников С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак, Е.Б. Шустов, И.Ю. Коваленко, В.Ю. Давыденко // Физиология человека. 2002. № 1. С. 130–143.
4. Никонов А.В. Фильтрация методом Савицкого-Голея спектральных характеристик чувствительности матричных фотоприемных устройств / А.В. Никонов, Р.В. Давлетшин, Н.И. Яковлева, П.С. Лазарев // Успехи прикладной физики. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 198-205.

## УДК 627.15

Л. Романюк, к. т. н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОНИ ЗЛИТТЯ ВІДКРИТИХ ПОТОКІВ ВОДИ

L. Romaniuk

#### RESEARCH ON THE OPEN WATER STREAMS CONFLUENCE ZONE

Течія води в місцях розгалуження русл досліджується з метою вирішення завдань регульованої взаємодії потоків з об'єктами, що зводяться в річкових руслах та, відповідно, при оцінці і прогнозах руслових деформацій. Явища поділу і злиття вносять суттєві зміни в гідродинамічну структуру потоку, що призводить до появи значних вихрових ділянок, викривлення потоку в плані та розвитку внутрішніх течій поперечної циркуляції. У течії в зоні злиття потоків утворюється потужна поперечна циркуляція, відбувається деформація поля швидкостей, яка зростає із збільшенням співвідношення витрат потоків, які зливаються. Злиття потоків відбувається з викривленням ліній струменів при наявності відцентрових течій.

Можна зробити наступні висновки про процес злиття відкритих потоків:

- 1) у зоні злиття спостерігається явище відтиснення одного потоку іншим;
- 2) при кутах злиття понад 90° характер злиття подібний явищу набігання основного потоку на притоку (як обтікання рідинно-твердого тіла);
- 3) витрата притоки розподіляється переважно біля дна і незначно біля поверхні потоку. При наявності вторинних течій дотичні напруження не можуть бути наслідком тільки турбулентного переносу кількості руху. Для осередненого дотичного напруження при наявності поперечної циркуляції в турбулентному потоці, повне напруження визначається таким чином:

$$\tau = \tau_{ij}^{vt} + \bar{\tau}_{ij}^t = -\rho u_i u_j - \rho \overline{V_i V_j},$$

де  $\tau_{ij}^{vt}$ ,  $\bar{\tau}_{ij}^t$  – напруження, обумовлені внутрішніми течіями, і турбулентні поперечні напруження відповідно.

Якщо розглядати  $\tau$  напруження поблизу стінок, де відбувається зародження поперечних течій, то  $\bar{\tau}_{ij}^t$  прямує до нуля, зменшується складова пульсаційної швидкості, у той час як значення швидкості поперечної циркуляції збільшується. Сталі поперечні течії розвиваються в місцях значного викривлення струменів потоку і завжди мають характер замкнутих циркуляцій. Перший вид циркуляцій виникає не тільки на ділянках природних заокруглень потоку, а й у штучно стиснутих руслах, біля

голови струмененапряжених дамб, а другий, характерний для зони розгалуження, – при різномірній шорсткості і при різких змінах форми русла в поперечному перерізі. Внутрішні течії й анізотропний стан турбулентного потоку – це два взаємопов'язані явища, які обумовлюють:

- 1) однопорядковість трьох компонентів швидкості в певних часових і просторових полях і, як наслідок, перерозподіл дотичних напружень;
- 2) стрибкоподібну зміну швидкості дисипації кінетичної енергії турбулентності. Більшість моделей, які описують такі складні течії, враховують тільки частину перерахованих особливостей, тому використання для замикання вихідної системи руху моделі другого порядку – двопараметричної  $k$ - $\epsilon$  моделі турбулентності спільно з алгебраїчними рівняннями для рейнольдсових напружень – стає особливо актуальним, оскільки дозволяє врахувати анізотропію процесу перенесення в зонах злиття відкритих потоків.

Результати досліджень підтвердили наявність трьох характерних зон у вузлі злиття відкритих потоків:

- 1) зони транзитного потоку;
- 2) зони впадаючого в основний потік із водовпускної споруди притоку;
- 3) вихрової області.

УДК 53.05: 617.753

Тимків П.О.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВЕРИФІКАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ФІЛЬТРУ КАЛМАНА У НИЗЬКОІНТЕНСИВНІЙ ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЇ

Tymkiv P.O.

### VERIFICATION OF IMPROVED METHOD FOR DETERMINING KALMAN FILTER COEFFICIENTS IN LOW-INTENSIVE ELECTRORETINOGRAPHY

В працях Ткачука Р.А., для опрацювання ЕРС використано фільтр Калмана та проведене визначення коефіцієнтів математичної моделі шляхом прямого направленного перебору. Проте автоматизоване швидке переналаштування фільтру Калмана за умови такого визначення коефіцієнтів, для опрацювання низькоінтенсивного ЕРС, не можливе через значну часову складність. Тому, при удосконаленні методу визначення коефіцієнтів необхідно провести верифікацію, тобто оцінювання функціональної повноти, точності і достовірності. Тобто виконати статистичне випробування без нововведення і з нововведенням. Алгоритмом без нововведення вважатимемо алгоритм прямого направленного перебору коефіцієнтів фільтру Калмана для ЕРС запропонованого в роботах Ткачука Р.А..

Характеристика оптимальної обробки та коефіцієнти фільтру визначаються за мінімумом похибки середньоквадратичного відхилення відфільтрованого низькоінтенсивного ЕРС  $\hat{s}(n)$  від еталонного  $s(n)$ :

$$E = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (s(n) - \hat{s}(n))^2}, \quad (1)$$

де  $E|_{\min}$  – критерій оптимальності параметрів фільтру (визначених коефіцієнтів  $b$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ), мінімум середньоквадратичної похибки (СКП).

Для опрацювання візьмемо вибірку з 50 змодельованих сигналів ЕРС у середовищі Matlab (рис.1.).

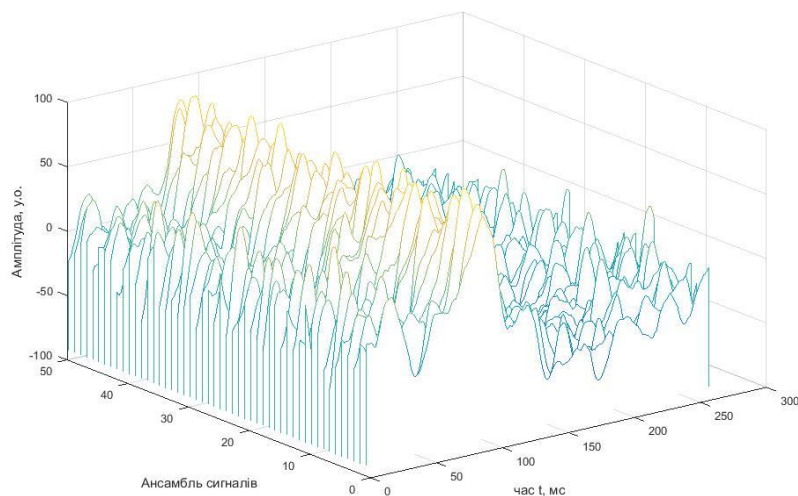
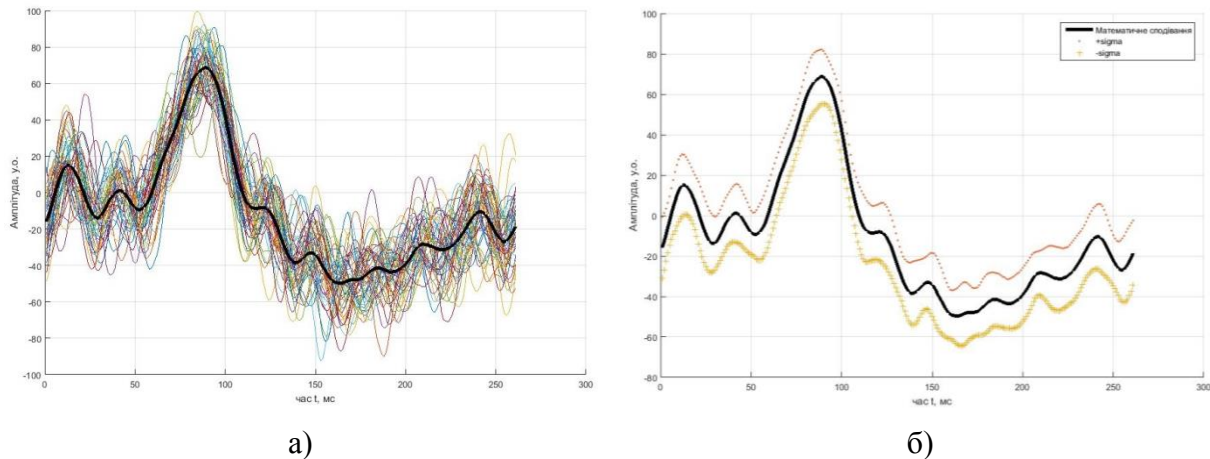


Рис.1. Ансамбль змодельованих ЕРС (n=50)

При цьому обчислимо математичне сподівання та дисперсію вибірки ЕРС (рис.2а та рис.2б.).



а) б)  
Рис2. Графік математично сподівання та дисперсію ансамблю змодельованих ЕРС (тут: товста лінія – математичне сподівання ансамблю ЕРС )

Обчислення СКП при переборі значень з малим кроком потребує значних обчислювальних затрат, тому у удосконаленому методі визначення коефіцієнтів, перебір виконується у декілька ітерацій із зміною кроку та звуженням діапазону значень  $a_1$  та  $v$  на кожній наступній ітерації:

$$\begin{aligned} a_1^{k+1} &\in [\hat{a}_1^k - \Delta a, \hat{a}_1^k + \Delta a], & \Delta a &= p \cdot (2 - |\hat{a}_1^k|) / k \\ v^{k+1} &\in [\hat{v}^k - \Delta v, \hat{v}^k + \Delta v], & \Delta v &= \begin{cases} p \cdot \hat{v}^k / k, & \hat{v}^k < 0.5, \\ p \cdot (1 - \hat{v}^k) / k, & \hat{v}^k \geq 0.5 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

де  $k$  – номер ітерації;  $\hat{a}_1^k, \hat{v}^k$  – значення коефіцієнту  $a_1$  та визначника  $v$  відповідно, знайдені для  $E|_{\min}$ ;  $p$  – коефіцієнт околу  $\hat{a}_1^k, \hat{v}^k$ ,  $p \in (0,1]$ . Значення коефіцієнтів в кожній ітерації розраховується методом поділу діапазону еквідистантними відрізками. Кількість ітерацій та кроків діапазону задаються фіксовано.

Для дослідження і верифікації методу визначення коефіцієнтів фільтру Калмана необхідно порівняти достовірності результатів визначення коефіцієнтів методом прямого направленного перебору та удосконаленим методом (методом прямого направленного перебору у декілька ітерацій і звуженням кроку перебору). Для цього проведемо визначення середнього середньоквадратичного відхилення (ССКВ) для  $n=50$  серій випробувань.

Таблиця  
Значення середнього середньоквадратичного відхилення (у.о.) при дослідженні серії змодельованих ЕРС

|            |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| №          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
| ССКВ(у.о.) | 14,6109 | 13,6811 | 14,3283 | 15,0171 | 14,2322 | 14,1950 | 13,9918 | 13,4960 | 14,6264 | 14,5276 |
| №          | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      |
| ССКВ(у.о.) | 13,7703 | 13,7276 | 14,0806 | 13,5806 | 15,0000 | 14,0610 | 14,4856 | 13,9274 | 14,8098 | 14,8987 |
| №          | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      |
| ССКВ(у.о.) | 14,3320 | 14,3624 | 14,2733 | 14,1446 | 14,3253 | 14,5915 | 14,5772 | 14,6076 | 15,0439 | 14,1158 |
| №          | 31      | 32      | 33      | 34      | 35      | 36      | 37      | 38      | 39      | 40      |
| ССКВ(у.о.) | 14,5298 | 14,4542 | 15,1291 | 14,3738 | 13,8736 | 15,0340 | 14,7158 | 14,3869 | 14,3924 | 14,1395 |
| №          | 41      | 42      | 43      | 44      | 45      | 46      | 47      | 48      | 49      | 50      |
| ССКВ(у.о.) | 13,8668 | 14,4161 | 14,5561 | 14,3982 | 14,1692 | 14,0570 | 13,5305 | 14,6773 | 14,0819 | 14,3778 |

Визначення розподілу ССКВ для удосконаленого методу визначення коефіцієнтів фільтру Калмана та методу-прототипу (прямого направленного перебору) дасть змогу в подальших дослідженнях провести верифікацію удосконаленого методу.

УДК 539.3

С.І. Федак, к. т. н, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ВИБІР ЯДРА ДЛЯ ОПИСУ ПОВЗУЧОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗА УМОВИ НАКЛАДАННЯ ЦИКЛІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ

S.I. Fedak, Ph.D., Assoc. Prof.

### CHOOSING OF MEMORY FUNCTION FOR DESCRIBING MATERIALS CREEP AT THE CONDITION OF CYCLIC COMPONENT STACK-UP

Експлуатація багатьох елементів конструкцій у машинобудуванні, авіатехніці, мостобудуванні супроводжується взаємодією високого рівня статичних навантажень та довготривалих низькоамплітудних циклічних напружень (турбіни, трубопроводи, посудини високого тиску, мостові конструкції та ін.). Службові та механічні властивості конструкційних матеріалів залежать від часу. В таких випадках необхідно врахувати повзучість за зміни структурних параметрів матеріалу.

Для розрахунків міцності застосовують теорії повзучості та довготривалої міцності з використанням ядра повзучості. Для моделі в'язко-пружного матеріалу найчастіше використовують закон спадкової пружності у формі Вольтерра:

$$\sigma_y(x, y) = E_1 \left[ \varepsilon_y(x, t) + \int_0^t K(t - \tau) \varepsilon_y(x, \tau) d\tau \right]$$

де  $K(t)$  – ядро релаксації;  $E_1$  – миттєвий модуль Юнга матеріалу.

Розглянемо два найбільш використовувані приклади в'язко-пружних матеріалів.

Тіло Кельвіна. Ядро повзучості має вигляд  $R(t - \tau) = \mu e^{-\beta(t - \tau)}$ ,  $\beta > 0$ ,  $\mu > 0$ .

Тіло Максвелла (матеріал зі степеневим ядром повзучості). Для такого матеріалу ядро повзучості має вигляд  $R(t - \tau) = \lambda(t - \tau)^{\beta - 1}$ ,  $0 < \beta < 1$ , де  $\lambda$ ,  $\beta$  – реологічні характеристики матеріалу.

Процеси релаксації напружень інтенсивніші у матеріалі Максвелла і з часом напруження у матеріалі можуть знизитись навіть до нуля.

Через здатність до повзучості однієї з фаз структурно неоднорідного матеріалу може суттєво змінюватися напружено-деформований стан у тілі, що перебуває під дією довготривалих статичних навантажень. Тоді, розраховуючи концентрацію напружень біля дефектів у часі, необхідно врахувати реологічні властивості матеріалів. Різниця в розрахунках, виконаних за пружної і в'язко-пружної постановок, може бути дуже суттєва.

У випадку накладання ще й циклічної складової за моделлю Максвелла, реологічні характеристики матеріалу можуть виступати як деякі часові функції, пов'язані зі змінами структури:  $\lambda(t)$  та  $\beta(t)$ .

При зміні характеристик циклічного навантажування (частота  $\omega$  та асиметрія циклу  $r$ ) також можуть відбуватись зміни у структурі матеріалу та відповідні зміни реологічних характеристик. Тому для опису процесу за моделлю в'язко-пружного матеріалу  $\lambda$  та  $\beta$  також будуть залежними від  $r$  та  $\omega$ .

Для дослідження функцій  $\lambda(r, \omega)$  та  $\beta(r, \omega)$  можна використати експериментальні дані зміни деформації на ділянці усталеної повзучості за відповідних характеристик циклічного навантажування.



**Секція: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ**

**Голови:** д.т.н., проф. П.В. Ясній, д.т.н., проф. П.Д. Стухляк, д.т.н., проф. П.О. Марущак

**Вчений секретар:** к.т.н., доц. І.Б. Окіпний

**УДК: 539.375;620.197**

**Олександр Андрейків<sup>1</sup>, д. т. н., член.-кор. НАНУ, Ірина Долінська<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н.,  
Володимир Кухар<sup>1</sup> асп., Орест Райтер<sup>2</sup> асп.**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна;

<sup>2</sup>Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка НАН України.

**ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИКИ І ПЕРІОДУ ДОКРИТИЧНОГО РОСТУ ТРІЩИН В  
МАТЕРІАЛАХ ТРУБОПРОВОДІВ ЗА ДІЇ СИЛОВИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ  
ФАКТОРІВ З ВРАХУВАННЯМ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ**

**Oleksandr Andreykiv, Dr., member-corr. NASU; Iryna Dolinska, Ph.D.;**

**Volodymyr Kukhar, g.s.; Orest RAITER, g.s.**

**DETERMINATION OF KINETICS AND PERIOD OF CRACKS SUBCRITICAL  
GROWTH IN MATERIALS OF PIPELINES UNDER ACTIONS OF POWER AND  
PHYSICAL-CHEMICAL FACTORS TAKING INTO ACCOUNT THEIR  
OPERATING DEGRADATION**

Магістральні нафтогазопроводи – це найважливіша складова частина енергетичного комплексу, чиє безперебійне функціонування має виняткове значення для держави. Тому їх надійність є однією із самих важливих задач державного рівня. Розв'язання цієї задачі ускладнюється тим, що термін служби більше 37% магістральних трубопроводів (МТ) від їх загальної протяжності перевищив термін амортизації лінійної частини (33 року), 38% трубопроводів експлуатуються від 20 до 33 років. В цілому система МТ, що має такий значний «вік», з погляду основних положень теорії надійності, вступила в III період життєвого циклу – період суцільної деградації металу і частих відмов.

На основі аналізу і синтезу досліджень зміни з часом механічних і міцнісних характеристик трубних сталей для нафтогазопроводів встановлено, що зміна з часом експлуатації механічних характеристик таких сталей є незначна і нею можна нехтувати, а зміна втомних і міцнісних характеристик є значна і суттєво залежить від дії зовнішнього середовища

Враховуючи вище сказане, в даній роботі запропоновані методи визначення ресурсу труб нафтогазопроводів з поверхневими тріщинами за дії довготривалого постійного тиску газу в газопроводах, змінного в часі тиску в нафтопроводах, наводнення, ґрунтової корозії і врахування деградації в часі їх матеріалів. Так як зміна з часом багатьох характеристик матеріалів труб є незначною, то аналітично вони описуються лінійними залежностями. Для визначення залишкового ресурсу труб з приведеними умовами експлуатації застосовується раніше розроблений авторами енергетичний підхід. На основі цього побудовані відповідні розрахункові моделі (диференціальні рівняння з початковими і кінцевими умовами). Проведені розрахунки залишкового ресурсу труб нафтопроводів і газопроводів для конкретних матеріалів (сталі X52, X60, X70) за довготривалих статичних і змінних навантажень, дії наводнення, ґрунтової корозії і врахування деградації їх матеріалів з часом до 30 років.

В результаті проведених обчислень на основі запропонованих методів показано, що деградація матеріалу під час експлуатації трубопроводу значно зменшує його залишковий ресурс приблизно від 5 до 10 років в залежності від розміру початкового дефекту і моменту його зародження.

**УДК 699.8 : 728**

**С. Балабан, к. т. н., доц., О. Якубишин**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАРІННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОЛІМЕРНІЙ ОСНОВІ**

**S. Balaban, Ph.D., Assoc. Prof.; O. Iakubyshyn**

### **INVESTIGATING OF THERMAL INSULATION BUILDING MATERIALS AGEING ON THE POLYMER BASIS**

Під час експлуатації будівель в Україні затрачається у два рази більше теплової енергії ніж у розвинених країнах світу. Для зменшення вказаних затрат в державі розробляють і впроваджують ряд законодавчих і практичних заходів. Так з 2007 року в Україні введені і діють ДБН В2.6-31:2006 “Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель” в яких, зокрема, передбачається збільшення опору теплопередачі зовнішніх будівельних конструкцій до  $2,2(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт})$ .

В якості теплоізоляційного матеріалу використовують пінополістирол, мінеральну вату, азбоцементні плити з вентиляційним шаром, базальтову вату. Для покращення повітряного і водяного захисту стиків теплоізоляційного шару використовують ефективні поліуретанові герметики і пінополіуретанові жгути. Для кріплення теплоізоляційних конструкцій використовують клеї і будівельні суміші основою яких є полімерні сполуки. Тому від фізичних та експлуатаційних властивостей полімерів, що є складовими вказаних будівельних виробів і матеріалів залежить їх якість і довговічність.

Вказані властивості полімерів погіршуються в результаті їх старіння. Під старінням полімерів розуміють необоротні зміни властивостей пов'язаних зі зміною хімічного складу і структури молекул. На процес старіння полімерів суттєво впливають тепловий режим експлуатації, хімічний склад середовища в якому експлуатується полімер, дія світлового і іонізуючого випромінювання.

В реальних умовах на руйнування полімеру впливає одночасно декілька чинників. Так полімерні матеріали, які використовують для утеплення зовнішніх стін, інтенсивно втрачають еластичність через негативну дію світлового випромінювання, вологи, кисню, озону і температурних перепадів. Полімерні матеріали з пониженою еластичністю покриваються мікротріщинами при зміні температури навколишнього середовища. В подальшому утворені мікротріщини заповнює конденсована волога, яка при замерзанні руйнує структуру теплоізоляційних будівельних конструкцій. В результаті розміри тріщин і площа контакту полімера з атмосферним повітрям зростають, що приводить до зростання швидкості руйнування структури будівельних конструкцій. За таких умов інтенсивність руйнування важко піддається розрахунку і прогнозуванню.

Аналіз процесів руйнування полімерних матеріалів показує, що на них крім параметрів навколишнього середовища впливають географічна положення і особливості клімату місцевості де експлуатують виріб чи об'єкт. Тому для збільшення точності розрахунку ефективності впровадження заходів енергозбереження, визначення ступеня руйнування чи надійності будівельної конструкції доцільно вести дослідження з використанням кліматичних камер, що дозволить максимально точно моделювати умови експлуатації будівельних конструкцій і матеріалів.

УДК 624.014.078.45

Басара М.А.

Тернопільський національний технічний університет ім.Івана Пулюя, Україна

## СТАТИЧНА МІЦНІСТЬ ВУЗЛІВ ЗВАРНИХ ФЕРМ

Basara M.A.

### STATIC STRENGTH OF WELDED TRUSSES NODES

В програмному пакеті ANSYS Workbench 17.1 виконано комп'ютерний моделюючий експеримент, який передбачає виявлення показників напружено-деформівного стану зварних ферм розмірами 4954 x 1596 мм при дії на них зосередженого навантаження на центральний вузол верхнього поясу. Елементи ферм виконані із профільних труб 100x100x6 мм для поясів і 80x80x4 для розкосів. Вузли одної із ферм виконані із безпосереднім приєднанням розкосів до елементів поясу (рис.1), а іншої із використанням вузлових фасонки (рис.2) при чому фасонкове з'єднання передбачає виконання у поясах ферми прорізів, у які вони будуть встановлені.

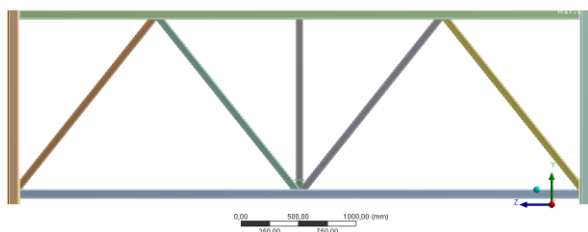


Рис.1 – Вузли ферми виконані встик

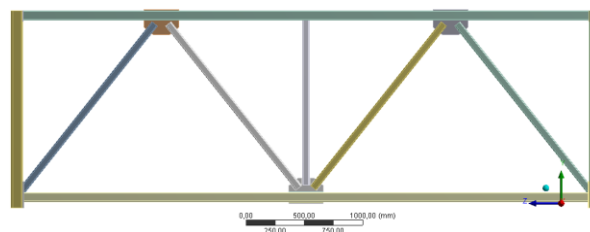


Рис.2 – Вузли виконані через фасонку

В результаті виконання моделюючого експерименту отримано інформацію про напруження у вузлах, а саме місця де зосереджені максимальні напруження. Для них побудовані відповідні діаграми деформування (рис.3) та (рис.4) із величиною прикладеного навантаження.

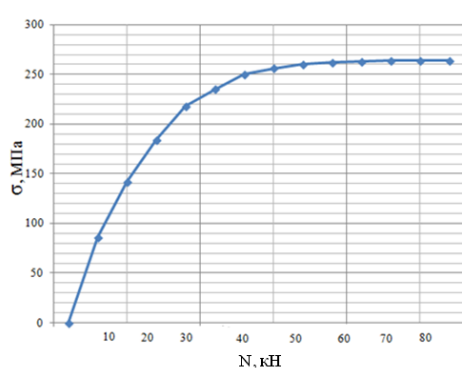


Рис.3 – Діаграма деформування для вузла виконаного встик

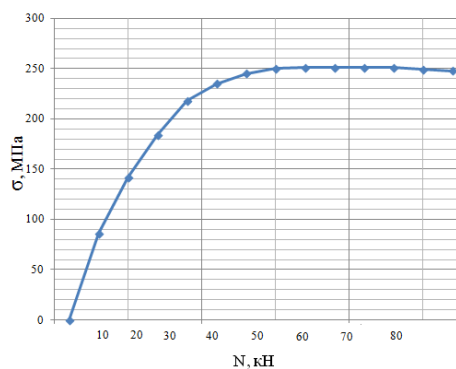


Рис.4 – Діаграма деформування для вузла з фасонками

Проаналізувавши результати експерименту можна зробити висновок, що при виконанні вузлів встик при масі конструкції 218,06 кг критичні напруження настають при навантаженні в 50 кН, а для фасонкового з'єднання при масі 222,57 кг при 54 кН. Отже при виконанні вузла із фасонкою його міцність в порівнянні із стиковим з'єднанням зростає на 8 %, що є кращим варіантом.

УДК 539.375

Наталія Блащак, Надія Крива

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ПРУЖНОЇ АНТИПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПІВПРОСТОРУ З ОДНОБІЧНО ВІДШАРОВаним ВКЛЮЧЕННЯМ

Nataliya Blashchak, Nadiya Kryva

### THE ANALYTICAL SOLUTION OF ELASTIC ANTIPLANE PROBLEM FOR A HALF SPACE WITH ONE-SIDED EXFOLIATING INCLUSION

Теорія напружено-деформівного стаціонарного стану (НДС) тіл з концентраторами напружень у фізично і геометрично лінійній постановці, можна сказати, є завершеною. Розроблено методи визначення НДС із довільною наперед заданою точністю у неоднорідних та кусково-однорідних тілах практично без обмежень на форму тіла та спосіб навантаження [1]. Проте залишаються актуальними аналітичні розв'язки таких задач, які можуть слугувати тестовими для порівняння та аналізу чисельних методів, а також можуть бути використані для дослідження квазістатичного розвитку пластичних зон в околі концентраторів напружень початкової стадії.

Тут дослідимо пружний антиплоский (НДС) півпростору

$$x > 0, -\infty < y < +\infty, -\infty < z < +\infty$$

із прямолінійним включенням нульової товщини  $x = a, |y| < b, -\infty < z < +\infty$  під впливом діючого на нескінченності навантаження  $\tau_{yz} = \tau_\infty, \tau_{xz} = 0$ . Тут  $a$  - відстань між включенням і межею півпростору,  $b$  - висота включення. Грань включення  $x = a - 0$  вважатимемо вільною від контакту із середовищем, а  $x = a + 0$  такою, що перебуває з ним у ідеальному зв'язку.

Для визначення НДС приходимо в області  $D$  (перший квадрант комплексної площини  $\zeta = x + iy$ , розрізаний вздовж відрізка  $x = a, 0 \leq y \leq b$ ) до такої крайової відносно аналітичної в  $D$  функції  $\tau(\zeta) = \tau_{yz}(x, y) + i\tau_{xz}(x, y)$ :

$$\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0, (\zeta = iy, 0 < y < +\infty); \quad \operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0, (\zeta = x, 0 < x < a);$$

$$\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0, (\zeta = a - 0, 0 < y < b); \quad \operatorname{Re} \tau(\zeta) = 0, (\zeta = a + 0, 0 < y < b); \quad (1)$$

$$\operatorname{Im} \tau(\zeta) = 0, (\zeta = x, a < x < +\infty); \quad \lim_{\zeta \rightarrow \infty} \tau(\zeta) = \tau_\infty.$$

Функція  $\tau(\zeta)$  конформно відображає область  $D$  на область  $G$  (перший квадрант) комплексної площини  $\tau$ , забезпечуючи таку відповідність їх границь:  $\{\zeta = iy, 0 < y < +\infty\} \cup \{\zeta = x, 0 < x < a\} \cup \{\zeta = a - 0, 0 < y < b\} \leftrightarrow \{\operatorname{Im} \tau = 0, \tau_\infty < \operatorname{Re} \tau < +\infty\}; \quad \{\zeta = a + 0, 0 < y < b\} \leftrightarrow \{\operatorname{Re} \tau = 0, 0 < \operatorname{Im} \tau < +\infty\}; \quad \{\zeta = x, a < x < +\infty\} \leftrightarrow \{\operatorname{Im} \tau = 0, 0 < \operatorname{Re} \tau < \tau_\infty\}.$

Оскільки конформний образ області  $D$  відомий, і області  $D$  та  $G$  є прямолінійними многокутниками, розв'язання задачі (1) звелось до побудови вказаного відображення, яке можна зреалізувати за допомогою перетворення Шварца-Крістоффеля:

$$\left\{ \begin{array}{l} \zeta(t) = a + ib + \frac{a}{\left( \int_{t_B}^{t_C} F(\eta) d\eta \right)} \int_0^t \frac{\eta d\eta}{\sqrt{(\eta - t_B)(\eta - t_C)(\eta - 1)}}, \\ \tau = \tau_0 \sqrt{\frac{t-1}{t}}, \quad \text{Im } t > 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $A = a \left( \int_{t_B}^{t_C} F(\eta) d\eta \right)$ ,  $F(\eta) = \left| \eta((\eta - t_B)(\eta - t_C)(\eta - 1))^{-1/2} \right|$ .

Під  $\sqrt{\eta + p}$  ( $p$  – дійсне число) розуміємо аналітичну у верхній півплощині функцію, що набуває дійсних додатних значень, коли  $\eta$  – дійсне і більше за  $-p$ .

Параметри  $t_C$ ,  $t_B$  визначаються як розв'язки системи рівнянь

$$\left\{ \begin{array}{l} b \int_{t_B}^{t_C} F(\eta) d\eta = a \int_{t_C}^0 F(\eta) d\eta, \\ \int_{t_C}^0 F(\eta) d\eta = a \int_0^1 F(\eta) d\eta. \end{array} \right.$$

Дослідимо асимптотику поля напружень у вершині включення. В околі точки  $\zeta = a + ib$  із рівностей (2) отримуємо

$$\tau(t) = \tau_\infty t^{-1/2} + o(t^{-1/2}),$$

$$\zeta(t) = a + ib + \frac{a}{2 \int_{t_B}^{t_C} F(\eta) d\eta} \frac{t^2}{\sqrt{t_C t_B}} + o(t^2)$$

$$\text{І, отже, } \tau = \frac{K}{\sqrt[4]{\zeta - a - ib}} + o(\zeta - a - ib)^{-1/4}, \quad K = \frac{\tau_\infty \sqrt[4]{a}}{\sqrt[4]{2 \sqrt{t_C t_B} \int_{t_B}^{t_C} F(\eta) d\eta}}.$$

Поле пружних напружень в околі вершин включення за умови його однобічного контакту з середовищем сингулярне з показником  $1/4$ , тоді як показник сингулярності поля такого ж включення, що перебуває у ідеальному зв'язку з середовищем, рівний  $1/2$  [2].

1. Хан Х. Теория упругости. Основы линейной теории и ее применения. Пер. з нім. під ред. Е. І. Григолюка, – М.: Мир, 1988. –344 с.
2. Панасюк В.В. Концентрация напряжений в трехмерных телах с тонкими включениями / В.В. Панасюк, М.М. Стадник, В.П. Силованюк. - К. : Наукова думка, 1986. – 216 с.

**УДК 699.822**

**Юрій Боднарчук, Галина Крамар, к.т.н., доц..**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ**

**Iurii Bodnarchuk., Halyna Kramar , Ph.D., Assoc. Prof.**

### **APPLICATION OF HYDRO-INSULATION MATERIALS IN BUILDING**

Одним із найважливіших факторів впливу на довговічність будівельних об'єктів є волога. Для будівель і споруд промислового і цивільного будівництва, які експлуатуються в умовах періодичного впливу води важливим завданням є захист фундаментів і дахів від впливу ґрунтових вод і атмосферних опадів для забезпечення виконання санітарно-гігієнічних та будівельних норм, а до матеріалів гідроспоруд, які зазнають дії води протягом усього періоду експлуатації висувають ще більш жорсткі вимоги щодо їх водонепроникності, міцності, корозійної, тепло- та біостійкості. Використання сучасних гідроізоляційних матеріалів дозволяє не лише забезпечити довговічність і комфорт будівлі у процесі експлуатації, але й зменшити витрати на матеріали та оплату праці робітників за рахунок зменшення трудовитрат у 2-3 рази.

Види гідроізоляції розрізняють за способом укладання гідроізоляційного матеріалу (вертикальне – для стін і фундаментів, горизонтальне – для даху), за типом небезпеки (легкого, середнього і важкого типу залежно від рівня залягання ґрунтових вод і тиску води), за використовуваними матеріалами (мінеральна ізоляція, бітумна і пластикова). Крім того, при виборі гідроізоляційного матеріалу необхідно враховувати тип вологи, від якого потрібен захист. Залежно від кількості води розрізняють капілярну, проступаючу, напірну та конденсуючу вологи. У будівництві використовують такі види гідроізоляції як: обмазочна, жорстка, фарбувальна, оклеувальна, просочувальна, проникаюча, ін'єкційна та вмонтована.

Враховуючи переваги і недоліки кожного виду гідроізоляції, обирають їх раціональну область застосування. Захист від вологи на високому рівні забезпечують сучасні надійні і практичні гідроізоляційні матеріали – мастики, які мають ряд важливих переваг, порівняно із класичними матеріалами. Вони однорідні за складом, прості у нанесенні, мають високий рівень поглинання вологи і гідроізоляційні властивості. Мастики відзначаються високою адгезійною здатністю до різних поверхонь – кам'яних, бетонних, дерев'яних і металевих.

Технологія нанесення мастик проста і ефективна, реалізується з допомогою валика, кисті чи прогресивної розпилюючої техніки. При цьому забезпечується її рівномірний розподіл по поверхні і висока якість покриття. Троє робітників протягом доби покривають площу 1000 м<sup>2</sup>.

Сучасні мастики забарвлюють у будь-який колір відповідно до вимог замовника завдяки домішкам. Після висихання у мастик відсутня усадка, вони, залишаючись еластичними, стають ударостійкими, діапазон робочих температур – від -40 до + 100 °С, грибки та ультрафіолетове випромінювання не впливають на їх експлуатаційні властивості.

Нанесені на поверхню мастики виключають можливість потрапляння вологи на внутрішні поверхні, ліквідовують невеликі тріщини, запобігають утворенню грибка, формуванню цвілі та вирішують проблему комплексного захисту будівлі. Мастики мають тривалий термін експлуатації без втрати гідроізоляційних властивостей – до 25 – 30 років.

УДК 667.64:678.026

А.В. Букетов<sup>1</sup>, д. т. н., М.В. Браїло<sup>1</sup>, к. т. н., С.В. Якущенко<sup>1</sup>, В.М. Яцюк<sup>2</sup> к. х. н.,  
М.Ю. Амелін<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Херсонська державна морська академія, Україна

<sup>2</sup>Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр при УМВС України в  
Тернопільській області

## ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИ-ПОЛІЕФІРНОГО МАТРИЦІ МОДИФІКОВАНОЇ МЕТИЛЕНДІФЕНІЛДІІЗОЦІАНАТОМ

A.V. Buketov, Dr.; M.V. Brailo Ph.D.; S.V. Yakushchenko; V.M. Yatsyuk Ph.D.;  
M.Yu. Amelin

### INVESTIGATION OF ADHESION AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF THE EPOXY-POLYESTER MATRIX MODIFIED WITH METHYLENE DIPHENYL DIISOCYANATE

На сьогодні існує значна кількість модифікаторів різної хімічної будови, які впливають на властивості полімерних матеріалів. Одним із таких компонентів, який широко розповсюджений та легкодоступний, є модифікатор метилендіфенілдіізоціанат (4,4–MDI), що є ізомером ароматичного діізоціанату. Слід зазначити, що в складі даного модифікатора наявні ізоціанатні групи, які, за рахунок їх взаємного розташування, взаємодіють із залишковими аміно-, гідрокси- та карбокси- групами. Тому використання подібного модифікатора є високоефективним, що дозволить створити багатокомпонентну матрицю з прогнозованими показниками експлуатаційних характеристик.

**Мета роботи** – дослідити адгезійні та фізико-механічні властивості епокси-поліефірної матриці модифікованої метилендіфенілдіізоціанатом.

Проведено дослідження адгезійних (матриця 1) та фізико-механічних властивостей КМ (матриця 2) за вмісту модифікатора  $q = 0,25 \dots 2,5$  мас.ч. Встановлено, що за вмісту  $q = 0,25$  мас.ч. 4,4–MDI адгезійна міцність при відриві зростає з  $\sigma_a = 47,0$  МПа до  $\sigma_a = 55,0$  МПа, залишкові напруження при цьому підвищуються з  $\sigma_z = 3,4$  МПа до  $\sigma_z = 4,1$  МПа. Виявлено закономірність поступового зниження показників адгезійних властивостей КМ за вмісту модифікатора  $q = 0,5 \dots 1,5$  мас.ч.: від  $\sigma_a = 55,0$  МПа до  $\sigma_a = 47,6 \dots 49,5$  МПа та від  $\sigma_z = 4,1$  МПа до  $\sigma_z = 2,7 \dots 3,9$  МПа. За вмісту модифікатора  $q = 2,5$  мас.ч. отримано наступні значення досліджуваних характеристик:  $\sigma_a = 46,2$  МПа та  $\sigma_z = 2,5$  МПа. Динаміка показників модуля пружності, руйнівних напружень при згинанні та ударної в'язкості матриці 2 має точки максимумів за концентрації 4,4–MDI  $q = 0,25$  мас.ч.:  $E = 3,7$  ГПа,  $\sigma_{z2} = 57,0$  МПа,  $W' = 8,9$  кДж/м<sup>2</sup>. Збільшення концентрації модифікатору до  $q = 0,5$  мас.ч. призводить до зниження показників властивостей КМ до:  $E = 3,4$  ГПа,  $\sigma_{z2} = 41,1$  МПа та  $W' = 6,1$  кДж/м<sup>2</sup>. Подальше збільшення вмісту модифікатора понад  $q = 0,5$  мас.ч. не забезпечує підвищення показників властивостей. Встановлено, що максимальним показником вмісту 4,4–MDI у КМ як для матриці 1, так і для матриці 2 є  $q = 0,25$  мас.ч.

**Висновки.** Досліджено адгезійні та фізико-механічні властивості епокси-поліефірних матриць за різного вмісту модифікатора 4,4–MDI. На основі результатів досліджень встановлено: 1) за концентрації метилендіфенілдіізоціанату (0,25 мас.ч.) показники адгезійної міцності модифікованої матриці при відриві підвищуються від  $\sigma_a = 47,0$  МПа (для вихідної матриці) до  $\sigma_a = 55,0$  МПа при незначному підвищенні залишкових напружень від  $\sigma_z = 3,4$  МПа до  $\sigma_z = 4,1$  МПа; 2) введення модифікатора у зв'язувач за такого вмісту дозволяє отримати матеріал, що характеризується підвищеними показниками фізико-механічних характеристик. Зокрема: модуль пружності при згинанні збільшується від  $E = 3,3$  ГПа (для епокси-поліефірної матриці) до  $E = 3,7$  ГПа, руйнівні напруження при згинанні – від  $\sigma_{z2} = 48,0$  МПа до  $\sigma_{z2} = 57,0$  МПа, а ударна в'язкість – від  $W' = 5,9$  кДж/м<sup>2</sup> до  $W' = 8,9$  кДж/м<sup>2</sup>.

УДК 667.64:678.026

А.В. Букетов, д. т. н., А.Г. Кулініч, С.О. Сметанкін, В.М. Яцюк, к. х. н.  
Херсонська державна морська академія, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ, МОДИФІКОВАНИХ 4-АМІНОБЕНЗОЙНОЮ КИСЛОТОЮ (4-AMINOBENZOIC ACID)

A.V. Buketov, Dr., A.G. Kulinich, S.A. Smetankin, V.M. Yatsyuk, Ph.D.  
INVESTIGATION OF ENERGY OF ACTIVATION THERMAL DESTRUCTION  
OF POLYMER COMPOSITES MODIFIED BY 4-AMINOBENZOIC ACID

Розвиток сучасної техніки постійно висуває вимоги щодо створення та виробництва нових матеріалів, які за своїми фізико-механічними характеристиками та іншими властивостями, такими як термостійкість і довговічність, перевершують традиційні. До числа перспективних можна віднести полімерні композитні матеріали (КМ). Полімерні матеріали все частіше застосовують в сучасному судно- та машинобудуванні, особливо важливо, що їх можна використовувати в тих випадках, коли інші матеріали не відповідають зростаючим вимогам до нової техніки. На сьогодні полімери та матеріали на їх основі ґрунтовно потіснили такі конструкційні матеріали, як метал, дерево, залізобетон. Потенціал КМ дуже великий завдяки різноманіттю мономерів і наповнювачів, невичерпної варіабельності сполук композитів на їх основі та методів їх модифікації.

**Мета роботи** – дослідити вплив модифікатора 4-амінобензойної кислоти на енергію активації термічної деструкції епоксидної матриці, яка призначена для формування покриттів з підвищеною термостійкістю і довговічністю.

На основі термогравіметричного аналізу із застосуванням методу подвійного логарифмування Бройдо у роботі досліджено енергію активації термічної деструкції КМ із вмістом модифікатора  $q = 0,10 \dots 2,00$  мас.ч. Введення модифікатора в кількості  $q = 0,10$  мас.ч. приводить до збільшення енергії активації до  $E = 128,4 \pm 0,2$  кДж/моль, що пояснюється початковою взаємодією реакційно здатних макромолекул модифікатора та їх частковою зшивкою з активними групами епоксидної діанової смоли ЕД-20 в присутності твердника ПЕПА. Максимальне збільшення досліджуваного параметра відбувається при введенні модифікатора в кількості  $q = 0,25$  мас.ч. та  $q = 0,50$  мас.ч., що призводить до зростання енергії активації до  $E = 152,1 \pm 0,2$  кДж/моль та  $E = 152,3 \pm 0,2$  кДж/моль відповідно. Це свідчить про утворення відносно термостійких внутрішньо- і міжмолекулярних зв'язків, що дозволяє стверджувати про стійкість фізико-хімічних зв'язків у процесі впливу температури. При подальшому збільшенні вмісту модифікатора до  $q = 1,00$  мас.ч. та  $q = 1,50$  мас.ч. значення енергії активації знижується до  $E = 113,6 \pm 0,2$  кДж/моль та  $E = 116,0 \pm 0,2$  кДж/моль відповідно, що практично відповідає значенню епоксидної матриці ( $E = 114,0 \pm 0,2$  кДж/моль). Найбільше зниження значення енергії активації спостерігали при введенні модифікатора в кількості  $q = 2,00$  мас.ч. ( $E = 69,1 \pm 0,2$  кДж/моль), що дозволяє стверджувати про погіршення ступеня зшивання макромолекул епоксидного композиту та зниження стійкості полімеру до термоокисної деструкції.

**Висновки.** Досліджено енергію активації термічної деструкції полімерних композитів з різним вмістом модифікатора 4-амінобензойної кислоти. Визначено, що максимальними показниками енергії активації термоокисної деструкції характеризуються композити із вмістом модифікатора у кількості  $q = 0,25$  мас.ч. та  $q = 0,50$  мас.ч. ( $E = 152,1 \pm 0,2$  кДж/моль та  $E = 152,3 \pm 0,2$  кДж/моль відповідно). Встановлені дані дозволяють стверджувати про збільшення ступеня зшивання композитів, утворення відносно термостійких внутрішньо- і міжмолекулярних зв'язків. Це свідчить про стійкість фізико-хімічних зв'язків за впливу температури, що, в свою чергу, вказує на ефективність у поліпшенні властивостей композитів за рахунок введення модифікатора у полімерний зв'язувач.



Ján VIŇÁŠ, Assoc. Prof., Ing., Ph.D. Janette BREZINOVÁ, Prof, Ing., Ph.D., Jakub BREZINA, Ing.,

## INVESTIGATION OF JOINING ZINC-COATED STEEL SHEETS BY LASER WELDING FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY

With the constantly growing volume of automobile production, the manufacturers are trying to reduce their consumption due to ever-increasing fuel prices. One way to save fuel is to reduce car mass. Weight can be reduced by application of high-strength steel grades (AHSS), respectively combination of composites and sandwich materials. Currently the number of used progressive high-strength steels (AHSS) is rising because they allow to reduce the weight of the vehicle and also fuel consumption, guaranteeing high passive crew safety especially at the points of deformation zones where they can absorb large amount of the impact power and also ensure stiffness of the bodywork. The group of AHSS materials includes dual phase steels (DP), transformed induced plasticity (TRIP), multi-phase steels (CP) and martensitic steel (M). Characteristic values are the slope values  $R_e > 300$  Mpa and high tensile strength  $R_m > 600$  Mpa. Highly perceptible are especially TRIP steels which are usually alloyed with C, Al, Mn, S, Si, P, B, Cr + Mo, Nb + Ti. Increased Al content causes an increase in C in residual austenite. Like Si, Al is also insoluble in cementite, which causes it slowing formation and at the same time increasing the rate of the bainitic transformation. In addition to these progressive types of steels that are able to reduce the weight of cars but they are still dominant for the production deep steel [1-4].

Selected types of steels were used to evaluate the bodywork and their components in the automotive industry. Samples made from HSLA steel double sided galvanized steel sheet were 0.79 mm thick and marked as A. Samples marked as B were made from double-hot galvanized steel plate DP 600 with thickness of 0.8 mm. Test samples made with galvanized steel sheet of TRIP thickness 0.78 mm were marked as C. Chemical composition evaluated by spectral analysis on the device Belec compact port of steel is in Table 1.

**Table 1.** Chemical composition of analysed samples (wt. %) ( $P < 0.002$ ,  $S < 0.002$ )

|   | C     | Mn    | Si    | Cr    | V     | Mo    | Al    | Cu    | Nb    | Ti    | W     | Fe   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| A | 0.005 | 0.408 | 0.127 | 0.031 | 0.006 | 0.007 | 0.033 | 0.015 | 0.035 | 0.033 | 0.037 | rest |
| B | 0.110 | 1.964 | 0.277 | 0.204 | 0.011 | -     | 0.031 | 0.018 | 0.020 | -     | 0.005 | rest |
| C | 0.086 | 1.488 | 0.184 | 0.040 | 0.012 | 0.022 | 2.245 | 0.020 | 0.022 | 0.007 | -     | rest |

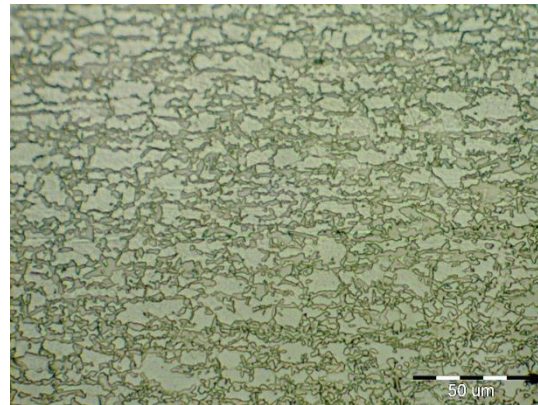
Laser welding was realised in First Welding Institute Bratislava on CO<sub>2</sub> laser (AF8P) with max. power 8 kW and wave length 10,6 $\mu$ m. Quality of welded joint made by laser was judged with help of : - visual inspection of the welds according to EN ISO 17637, - weld joint test in the transverse direction according to STN EN ISO 4136, - micro-hardness evaluation of welded joints on Vickers cross-sectional metallographic cuts according to EN ISO 9015-2 at load 981,0 Nm<sup>-1</sup>. Macroscopic and microscopic analysis using the light microscope Olympus SZ 61 and Olympus GX 71 was performed on metallographic cuts according to EN ISO 17639.

Welding quality analysis by visual inspection has not demonstrated the presence of external surface defects such as pores, cracks, flowing root, but the difference was recorded as thickness between the base material and the joint site that is documented on macrostructures. Based on results of the destructive tests for the individual evaluation methods it is possible to conclude that the maximum values of load capacity were C samples where the following average values  $R_e = 448$  MPa and  $R_m = 764$  MPa were measured with the values declared by manufacturer. The measured microhardness values correspond to the chemical composition of

the investigated materials and the observed structures. The maximum value of microhardness was shown to be C. The average value of the microhardness of the base material was 242 HV0.1, the mean value of 369 HV0.1 was measured in HAZ and the maximum value of 498 HV0.1 was measured in welding metal. The macroscopic analysis of the metallographic cuttings confirmed the results of the visual inspection of the weld joints. The surface of the welded metal made by the laser had a distinctive drawing in a well-readable direction of welding. Structural analysis was performed using light microscopy on transverse cuts. The macrostructure of the welding joint of the sample C of the TRIP steel sheet is shown in Figure 1. The laser welding has a characteristic drawing with a legible dihedral angle of the crystalline crystals. Weld metal is slightly overlaid. Macroscopic analysis did not show the presence of internal defects (cavities, pores). These occur fairly often in the center of welding lenses at resistance spot welding for this type of material. The area of welding as well as HAZ is narrow. The basic material has a fine-grained structure with an average grain size of G9 EN ISO 643. The TRIP steel microstructure (Figures 2) is multiphase composed of polyhedral ferrite, martensite, bainite and residual austenite. Laser welding is a suitable way of welding body panels of various material combinations such as DP and TRIP, BH (Bake Hardening) and DP, IF (Interstitial Free) and TRIP, and the like.



**Fig. 1** Macrostructure of sample C



**Fig. 2** Fine-grained multi-phase microstructure of base material sample C

#### **Acknowledgement:**

This work was supported by VEGA 1/0424/17 and APVV 16-0359.

#### **Reference**

- [1] Nayak S .S., Baltazar Hernandez V.H., Okita, Y., Zhou Y., Microstructure–hardness relationship in the fusion zone of TRIP steel welds. *Materials Science & Engineering: A* 551 (2012) 73-81.
- [2] Han T.K., et al.: CO<sub>2</sub> laser welding characteristics of 800 MPa class TRIP steel, *ISIJ International*, V. 45, I. 1. (2005) 60-65.
- [3] Viňáš J., Laser soldering of thin metal sheets. In: *TRANSCOM 2001*. University of Žilina, (2001) 193-196.
- [4] De Cooman, B.C.: Structure-properties relationship in TRIP steels containing carbide-free bainite. *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.* 8 (2004) 285.

**Ján Viňáč, Assoc. Prof., Ing., Ph.D., Dagmar Draganovská, Assoc. Prof, Ing., Ph.D.**

## **THE STUDY OF THE INFLUENCE OF SURFACE PRETREATMENT ON THE PROPERTIES OF PLASMA COATINGS**

Plasma-sprayed coatings are used in a wide range of industrial applications, primarily for wear resistance, thermal barrier and corrosive environment [1,2]. A thermal spray coating is built up and the microstructure is formed, when individual, fully or partially molten particles, traveling at a particular velocity, flatten, adhere and solidify on impact with the substrate [3-7].

Experimental works were aimed on the material bola Non-alloy quality structural steel S 235J2+N EN 10250-2-2000. The test plates were 200 mm wide, 250 mm long and 8 mm thick. In the experiment were made the following types of coatings:

- coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> granularity of 40-90 μm,
- coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with interlayer NiCr
- coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 5% Ni /Ni granularity 50-90 μm/
- coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 12% Ni /Ni granularity 50-90 μm/
- coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 20% Ni /Ni granularity 50-90 μm/.

Surface pre-treatment of test samples was realized by abrasive blasting using used steel granulate dG = 0.6 mm of an auteutectoid heat treated steel. Blasting medium has homogeneous structure of martensite and bainite (hardness 460 - 600 HV 30), which fulfills the condition of optimum reflective elasticity and resistance to material fatigue. Blasting medium was accelerated by compressed air and the air pressure was 0.4 MPa.

Plasma spraying of the coatings was realised using a water-stabilized Pal-160 plasma torch. The spacing of the samples from the mouth of the plasma torch was 350 mm. Plasma gas composed of dissociated molecules and ionized hydrogen and oxygen atoms was used in a 2: 1 ratio.

The microgeometry of the coatings was evaluated using stylus profilometer SurfTest SJ-301, Mitutoyo, Japan. Structure analysis of the coating structure was observed using REM JEOL JSM-7000 F with a micro analyser.

The evaluation of the coatings Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 5% Ni, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 12% Ni, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 20% Ni are found only minor differences. The highest coating thickness was coated with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + interlayer NiCr. It is a bilayer coating of 387 μm.

The average roughness values of Ra, Rz did not show large differences (Fig. 1). . The results of surface evaluation of the blasted base material confirmed the correct use of the blasting materials in terms of proper roughening of the surface before subsequent application of the coating and the blasted surface in terms of recommended roughness values (Ra = 8-12μm) matched the required interval. The surface at the end of the blasting was markedly segmented. The segmentation allows for a good mechanical anchoring of the coating to the surface of the base material.

The metallographic analysis results are documented in Fig. 2 to 4. Since all coatings were classified as satisfactory according to the metallographic evaluation, only some surfaces have been documented. The average thickness of the interlayer NiCr is 103 μm. The applied interlayer was compact without interruption between the substrate and the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating. All tested coatings have a clear interface between the base material and the layer. This fact is a sign of the good adhesion of the particles of the sprayed material to the unevenness of the pad.

The investigated coatings were classified as satisfactory in terms of the compactness of surface coverage of the samples examined, the morphology of surfaces, the low level of defects on the surface or in the individual layers. Among occurring defects can include pores or inadequately remelted particles. Their share in the samples examined was minimal.

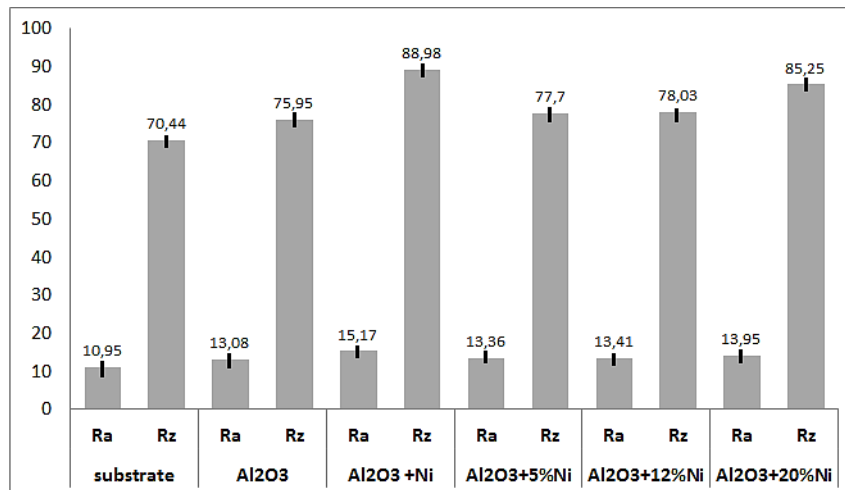


Fig.1 Average values of Ra a Rz in [µm] for rated surfaces

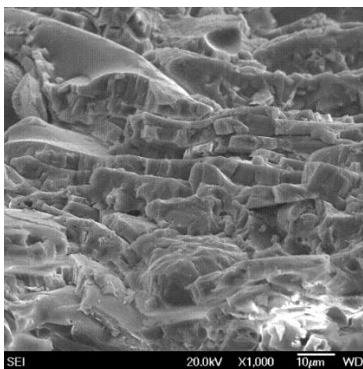


Fig.2 Lamellar structure of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating

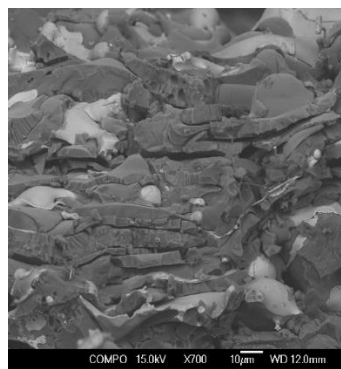


Fig. 3 Structure of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 12% Ni coating

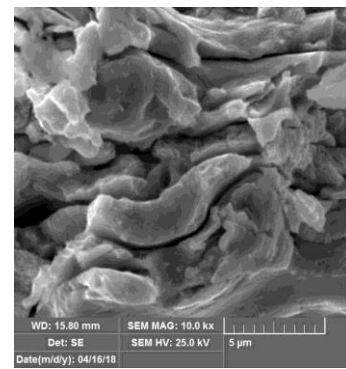


Fig. 4 Structure of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 20% Ni coating

### Acknowledgement:

This work was supported by VEGA 1/0424/17 Research of properties of newly conceived layers and coatings in tribological systems.

### Reference

1. Celik E., Sengil IA., Avci E., Effects of Some Parameters on Corrosion Behaviour of Plasma-Sprayed Coatings. Surf Coatings Technol, No. 97 (1997) 355 –360.
2. Ustel F., Soykan S., Celik E., Avci E., Plasma spray coating technology. Journal Metall No. 97 (1995) 31 –37.
3. Friis M., Persson C. and Wigren J., Influence of particle inflight characteristics on the microstructure of atmospheric plasma sprayed yttria stabilized ZrO<sub>2</sub>, Surf. Coat. Technol., Vol. 141 (2001) 115–127.
4. Matejicek J., Sampath S., Intrinsic residual stresses in single splats produced by thermal spray processes. Acta Materialia, No. 49 (2001) 1993-1999.
5. Krömmer, W., Heinrich, P., What is the meaning of technical gases under thermal spraying coatings. In.: 16th workshop, Progressive technologies of surface treatments. ČVUT Praha, 2000, pp. 28-36.

**УДК 536.24**

**Дмитро Вітенько, Андрій Сорочак, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**Dmytro Vitenko, Andriy Sorochak, Ph.D.**

### **ANALYSIS OF USE OF THERMOACCUMULATIVE DEVICES AT HEAT SUPPLY OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

Одним з найбільш ефективних заходів по підвищенню ефективності використання теплової енергії при теплопостачанні будівель і споруд є накопичення теплової енергії [1-3]. В останній час все частіше обговорюються умови, можливості та перспективи широкого впровадження електричного опалення, як альтернативи газовому. Важливою умовою використання електроенергії для цілей опалення є застосування теплоаккумуляційної (ТА) системи.

На сьогоднішній день досить широкого поширення набули ТА теплоємнісного типу [4]. Широке розповсюдження ТА з твердим теплоакмулюючим матеріалом (ТАМ) отримали завдяки застосуванню дещо дешевших акумулюючих матеріалів і простоти конструкції. Найбільш поширеним видом ТА з твердим ТАМ є ТА з нерухомою матрицею [1, 2]. Застосування нерухомою матриці забезпечує простоту конструкції, але вимагає великої маси ТАМ. Крім цього, температура теплоносія на виході з ТА непостійна, що вимагає додаткової системи підтримки постійних параметрів теплоносія. Акумулятори з пористою матрицею зазвичай використовуються в системах геліотеплопостачання [2, 5, 6]. Як ТАМ застосовуються найбільш дешеві матеріали – щебінь, цегла, залишки будівельних матеріалів. Такі ТА проектуються, як правило, з мінімальним аеродинамічним опором, що дозволяє використовувати принцип природної конвекції.

Системи сонячного теплопостачання можна розділити на активні та пасивні. Активні діляться на 3 типи [4]: 1. Комбіновані, в яких геліоколектор суміщений з ТА. 2. З природною циркуляцією теплоносія, коли теплота відводиться тепловими трубами або за рахунок природної конвекції. 3. З примусовою циркуляцією, коли теплоносій прокачується за рахунок вентилятора. Комбінований тип систем сонячного теплопостачання досить простий і описаний в [1, 2]. В системах геліотеплопостачання з природною циркуляцією застосовуються ТА з шаровою теплообмінною насадкою [4, 7]. У таких ТА використовується теплоємність шару акумулюючого матеріалу (галька, шамот, щебінь тощо), через який проходить теплоносій, наприклад, повітря, що віддає теплоту шару акумулюючого матеріалу при зарядці ТА і відбираючи теплоту при розрядці. Такі шарові насадки повинні мати високий коефіцієнт теплопровідності, високу теплоємність і низьку вартість ТАМ.

Розглянемо електротеплові акумулятори (ЕТА). При використанні нерегульованих статичних ЕТА виникає найбільше коливання температури приміщення. Тепловіддача випромінюванням становить близько 80%, а природною конвекцією близько 20%. У поверхнево-каналному (регульованому статичному) ЕТА акумуляційний блок має внутрішні канали, в яких розміщені нагрівальні елементи, і канали, по яких циркулює і нагрівається повітря. Процес віддачі тепла відбувається шляхом вільної конвекції і променистого теплообміну. Повітря з приміщення забирається через решітку в нижньої частини ТА і після нагріву в каналах виходить через ґрати, розташовані у верхній частині. На виході повітря встановлена регульована заслінка, яка дозволяє регулювати температуру повітря, що надходить в приміщення,

шляхом змішування гарячого і холодного потоків повітря. Є також регулятор заряду ТА і обмежувач температури нагріву.

Застосування програмованого терморегулятора для динамічного ЕТА дозволяє задавати і підтримувати необхідну температуру в приміщенні впродовж доби, наприклад, підтримувати мінімально допустиму температуру в приміщенні після закінчення робочого дня (черговий режим). Можливе застосування погодного регулятора, що дає можливість регулювати температуру внутрішнього повітря в приміщенні в залежності від температури зовнішнього повітря.

В [1, 2, 4] розглянуті види ТА фазового переходу, а також режими їх роботи. При даному способі акумулювання використовується прихована теплота плавлення, тому збільшується енергоємність ТА. При роботі підвищується щільність енергії, що запасається при використанні невеликих перепадів температур, а також забезпечується стабільна температура вторинного теплоносія на виході з ТА. Слід зазначити і недоліки таких ТА: більшість ТАМ в розплавленому стані є агресивними речовинами, в більшості своїй мають низький коефіцієнт теплопровідності, змінюють об'єм при плавленні і дещо дорогі. В роботі [8] проведено дослідження теплових процесів в плавких ТАМ, а також запропонована конструкція комбінованого ТА фазового переходу, який акумулює як теплоту, так і електроенергію.

Добре зарекомендували себе в якості плавких ТАМ органічні речовини, які менш корозійно-активні, не руйнують корпусу, забезпечують високу енергоємність ТА, мають хороші техніко економічні показники. До недоліків органічних ТАМ слід віднести те, що в процесі роботи відбувається зниження теплоти плавлення, а при порівняно низькому коефіцієнті теплопровідності органічних ТАМ потрібне створення і застосування розвинених поверхонь теплообміну.

Проведений аналіз робіт, присвячених проблемам акумулювання теплоти, дозволяє зробити висновок, що процеси теплового акумулювання досить добре вивчені в ТА з пористою матрицею, ТА рідинного типу, а також ТА з фазовим переходом. Також варто відзначити, що досить мало досліджені ТА каналного типу.

#### **Література:**

1. Бекман Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гилли; пер. с англ. В.Я. Сидорова, Е.В. Сидорова; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
2. Левенберг В.Д. Аккумулирование тепла / В.Д. Левенберг, М.Р. Ткач, В.А. Гольстрем. – К.: Техника, 1991. – 112 с.
3. Курис Ю.В. Исследование аккумулирования энергии как эффективного средства энергосбережения / Ю.В. Курис, С.И. Ткаченко, А.Н. Охрименко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2009. – №7. – С. 38-41.
4. Гольцман Д.А. Применение электроэнергии для горячего водоснабжения и отопления жилых зданий / Д.А. Гольцман, Л.В. Бончковская // Водоснабжение и санитарная техника. – 1976. – №1. – С. 30-33.
5. Ганжа Н.Г. Тепловое аккумулирование как способ повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения / Н.Г. Ганжа, А.В. Хищенко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – №3. – С. 16-21. – ISSN 2218-1849.
6. Денисова А.Е. Аккумулирование энергии в гелиосистемах теплоснабжения / А.Е. Денисова // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2002. – №2. – С. 9-14.
7. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У.А. Бекман. – М.: Мир, 1977. – 420 с.
8. Антипов Є.О. Система комплексного енергозбереження споживачів із застосуванням альтернативних джерел та комбінованих акумуляторів енергії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.03 "Електротехнічні комплекси та системи" / Є.О. Антипов. – Київ, 2016. – 25 с.

УДК 539.3

Г.В. Габрусєв, к.фіз.-мат. н., доц., Б.Г. Шелестовський, к.фіз.-мат.н., доц.,  
О.І. Панчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ ШТАМПА ТА ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЇ ПІВПЛОЩИНИ**

**H.V. Habrusiev, Ph.D., Assoc. Prof; B.H. Shelestovskii, Ph.D., Assoc. Prof; O.I. Panchuk**  
**CONTACT INTERACTION OF PUNCH WITH PRESTRESSED HALF-PLANE**

Дослідження контактної взаємодії жорстких штампів із пружною плитою є важливим завданням у проектуванні. А саме, при оцінці міцності залізобетонних перекриттів, монолітних фундаментних плит у будівництві, дорожнього покриття тощо. Щоб мінімізувати похибку розрахунків, необхідно враховувати максимальну кількість чинників, що впливають на контактну взаємодію, зокрема – початкові деформації.

Нехай в пружну півплощину з початковими напруженнями вдвлюється жорсткий штамп у вигляді криволінійної трапеції (рис.1). Навантаження, головний вектор якого позначимо через  $P$ , прикладене до верхньої сторони штампа так, що півплощина під штампом деформується в напрямку протилежному осі  $Oy_2$  на величину  $\varepsilon$ . Будемо вважати, що в початковому стані для півплощини існує випадок плоскої деформації, тобто  $\lambda_1 \equiv 1$  і виконується умова  $S_{22}^0 = 0$ .

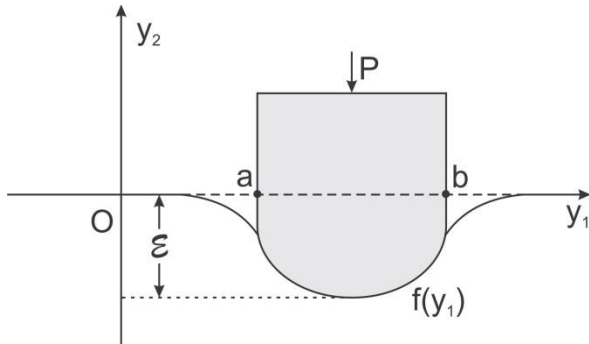


Рис.1. Схема контактної взаємодії

Граничні умови поставленої задачі мають вигляд

$$Q_{22}(y_1, 0) = 0, y_1 \notin [a, b]; \quad (1) \quad u_2(y_1, 0) = f(y_1) + \varepsilon; y_1 \in [a, b]; \quad (3)$$

$$Q_{21}(y_1, 0) = 0, y_1 \notin [a, b]; \quad (2) \quad Q_{21}(y_1, 0) = 0; y_1 \in [a, b]. \quad (4)$$

Функція  $f(y_1)$  описує переміщення точок пружної півплощини на ділянці її контакту з жорстким штампом.

Введемо нові аналітичні функції  $\omega_1(z)$  і  $\omega_2(z)$  комплексної змінної  $z = y_1 + iy_2$  у вигляді інтегралів Коші:

$$\omega_1(z) = U_1 - iV_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{22}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}; \quad \omega_2(z) = U_2 - iV_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{21}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}.$$

Застосовуючи до останнього співвідношення формулу Сохоцького-Племеля при  $z \rightarrow y_1 - i0$ , отримаємо співвідношення

$$U_1 - iV_1 = -i\pi Q_{22}(y_1, 0) + \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{22}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}; \quad U_2 - iV_2 = -i\pi Q_{21}(y_1, 0) + \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{21}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}.$$

Звідки отримуємо:

$$V_1 = \pi Q_{22}(y_1, 0); \quad V_2 = \pi Q_{21}(y_1, 0); \quad U_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{22}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}; \quad U_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{21}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1}. \quad (5)$$

Граничну умову (3) запишемо у вигляді  $\frac{\partial u_2}{\partial y_1} = \frac{\partial f}{\partial y_1}; y_1 \in [a, b]$ .

Застосувавши вираз для  $\frac{\partial u_2}{\partial y_1}$  лінеаризованої теорії пружності [1]

$$\frac{\partial u_2}{\partial y_1} = B_4^{(2)} Q_{21}(y_1, 0) + A_3^{(2)} \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} Q_{22}(t, 0) \frac{dt}{t - y_1},$$

де  $A_3^{(2)}$  та  $B_4^{(2)}$  коефіцієнти, що залежать від поля початкових деформацій, а також співвідношення (5), граничні умови задачі (1) – (4) запишемо у вигляді

$$V_1 = 0, y_1 \notin [a, b]; V_2 = 0, y_1 \notin [a, b]; \frac{B_4^{(2)}}{\pi} V_2 + \frac{A_3^{(2)}}{\pi} U_1 = \frac{\partial f}{\partial y_1}, y_1 \in [a, b]; V_2 = 0; y_1 \in [a, b].$$

Таким чином,  $V_2$  – уявна частина функції  $\omega_2(z)$  рівна нулю на всій осі  $Oy_1$ . Оскільки ця функція регулярна в нижній півплощині і веде себе на нескінченності як  $cz^{-1}$ , то з вказаної вище умови випливає, що вона повинна дорівнювати нулю всюди в півплощині. Отже,  $\omega_2(z) = 0$ , а для визначення  $\omega_1(z)$  матимемо умови

$$V_1 = 0, y_1 \notin [a, b]; U_1 = \frac{\pi}{A_3^{(2)}} \frac{\partial f}{\partial y_1}; y_1 \in [a, b].$$

Таким чином, для визначення  $\omega_1(z)$  отримуємо частковий і при цьому найбільш простий випадок задачі Рімана-Гільберта з розривними коефіцієнтами [2].

Функція  $\omega_1(z)$  задовольняє граничну умову на осі  $Oy_1$

$$a(y_1)U_1 + b(y_1)V_1 = F(y_1). \quad (6)$$

При чому при  $y_1 \notin [a, b]$  маємо  $a(y_1) = 1, b(y_1) = 0$ , при  $y_1 \in [a, b]$  –  $a(y_1) = 0, b(y_1) = 1$ , а права частина (6) визначена таким чином:  $F(x) = 0, y_1 \notin [a, b]; F(x) = \frac{\pi}{A_3^{(2)}} \frac{\partial f}{\partial y_1}, y_1 \in [a, b]$ .

Розв'язок поставленої задачі Рімана-Гільберта [2] матиме вигляд

$$\omega_1(z) = \frac{1}{A_2^{(3)}} \frac{1}{\sqrt{(z-a)(b-z)}} \int_a^b \frac{\partial f}{\partial y_1} \sqrt{(t-a)(b-t)} \frac{dt}{t-z} + \frac{C}{\sqrt{(a-z)(b-z)}}.$$

Для визначення контактних напружень переходимо в останньому співвідношенні до границі при  $z \rightarrow y_1 - i0$  та відділяємо уявну частину:

$$Q_{22}(y_1, 0) = \frac{1}{A_2^{(3)}} \frac{1}{\sqrt{(y_1-a)(b-y_1)}} \int_a^b \frac{\partial f}{\partial y_1} \sqrt{(t-a)(b-t)} \frac{dt}{t-y_1} + \frac{C}{\sqrt{(y_1-a)(b-y_1)}}. \quad (7)$$

Константа  $C$  визначається з умови рівноваги штампа, тобто  $P = \int_a^b Q_{22}(y_1, 0) dy_1$ .

Співвідношення (7) визначає розподіл контактних напружень під штампом довільної конфігурації. Так у випадку його прямолінійної основи матимемо:

$$\frac{\partial f}{\partial y_1} = 0, Q_{22}(y_1, 0) = \frac{C}{\sqrt{(y_1-a)(b-y_1)}}, P = \int_{-l}^l \frac{C}{\sqrt{(y_1-a)(b-y_1)}} dy_1, C = \frac{P}{\pi}.$$

### Література.

1. Гузь А. Н. Механика хрупкого розрушення матеріалів с начальними напруженями / Гузь А. Н. – К.: Наук. думка, 1983. – 296 с.
2. Шелестовський Б. Г. Задача Рімана-Гільберта для півплощини / Б. Г. Шелестовський, О. І. Панчук // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 179–181.



УДК 539.3

Г.В. Габрусєв, к.фіз.-мат. н., доц.; І.Ю. Габрусєва, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПОЧАТКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПЛИТИ НА ЇЇ  
ВЗАЄМОДІЮ ІЗ ПАРАБОЛІЧНИМ ШТАМПОМ

H.V. Habrusiev, Ph.D., Assoc. Prof.; I.Yu. Habrusieva, Ph.D.

INFLUENCE OF THE INITIAL DEFORMATION OF THE PLATE ON  
INTERACTION WITH PARABOLIC PUNCH

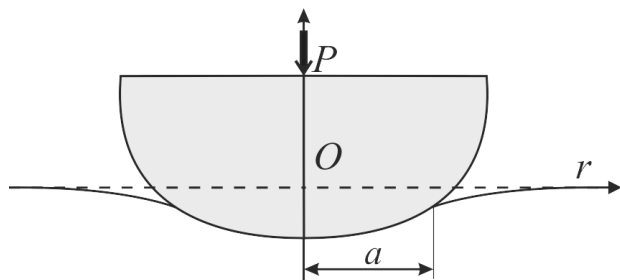


Рис. 1. Схема контактної взаємодії

Розглянемо задачу, про втиснення постійною силою  $P$  жорсткого штампа у попередньо напружену товсту плиту, яку моделюватимемо півпростором. Виберемо циліндричну систему координат  $Or\theta z$  так, щоб координатна площина  $rO\theta$  збігалася з граничною площиною півпростору, а вісь  $Oz$  – із лінією дії сили  $P$  (рис. 1).

Штамп доторкнувся до півпростору в точці  $O$ . Із збільшенням сили  $P$ , розміри ділянки контакту також збільшуються. Вважатимемо, що її радіус  $a$  відомий, тоді величина прикладеної сили визначається із умови

$$P = -2\pi \int_0^a r \sigma_{zz}(r, 0) dr. \quad (1)$$

Граничні умови поставленої задачі мають вигляд

$$\sigma_{rz}(r) = 0, \quad 0 \leq r < \infty; \quad (2)$$

$$\sigma_{zz}(r) = 0, \quad a \leq r; \quad (3)$$

$$u_z(r) = u_z(a) + \omega(r), \quad 0 \leq r \leq a. \quad (4)$$

Функція  $\omega(r)$  відповідає формі поверхні, що обмежує штамп.

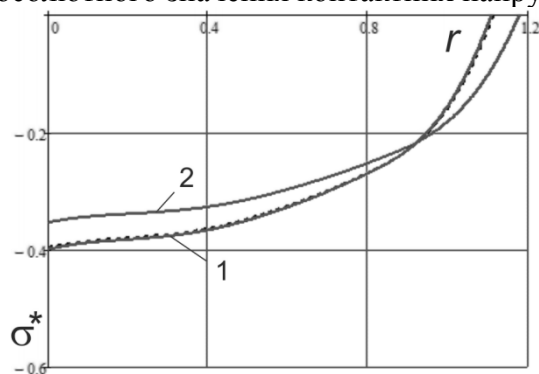
Для розв'язання поставленої задачі скористаємось основними співвідношеннями лінеаризованої теорії пружності та методикою побудови наближених розв'язків інтегральних рівнянь, суть якої полягає у представленні шуканої функції у вигляді відрізка ряду за лінійними комбінаціями функцій Бесселя з невідомими коефіцієнтами та подальшим отриманням скінчених систем лінійних алгебраїчних рівнянь для їх відшукування [1]. При цьому також використовувалась методика визначення невідомого радіуса ділянки контакту  $a$  [2].

На рис. 2-3 зображено графіки функції  $\sigma^*(r)$ , що описує розподіл контактних напружень під штампом, а на рис. 4-5 – графіки величини  $u^*$ , що описує вертикальні переміщення точок граничної площини півпростору.

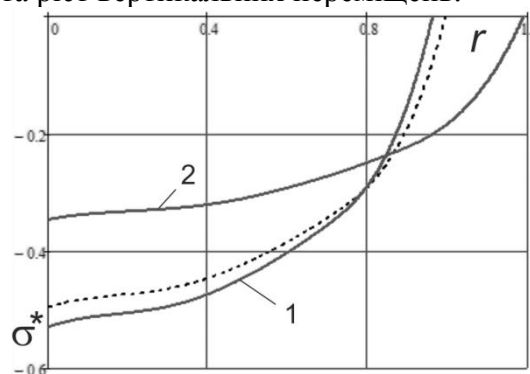
На рис. 2-5 пунктирна крива відповідає випадку відсутності у півпросторі залишкових деформацій ( $\lambda_1 = 1$ ), крива 1 – випадку наявних деформацій розтягу ( $\lambda_1 = 1.2$ ), а крива 2 – деформацій стиску ( $\lambda_1 = 0.8$ ).

Проведений числовий аналіз дає можливість стверджувати, що поява у тілі залишкових деформацій розтягу викликає звуження ділянки контакту, збільшення абсолютного значення контактних напружень та зменшення вертикальних переміщень.

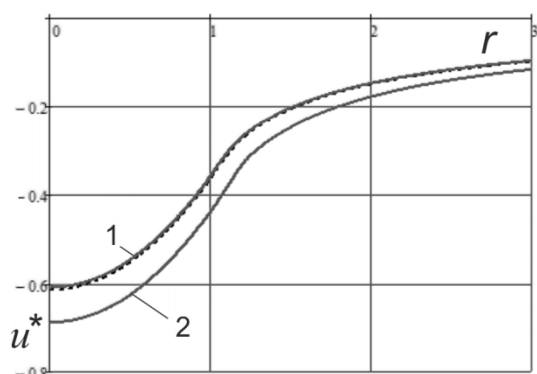
Виникнення деформацій стиску спричиняє розширення ділянки контакту, зменшення абсолютного значення контактних напружень та ріст вертикальних переміщень.



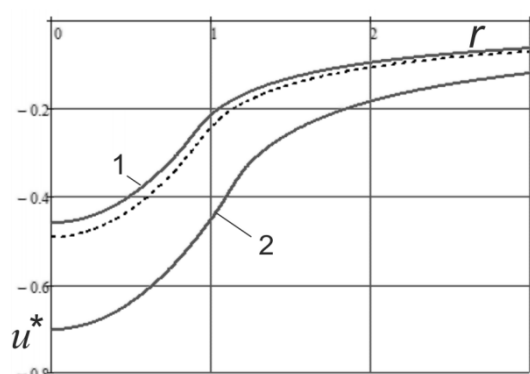
**Рис. 2.** Контактні напруження для випадку потенціалу гармонічного типу



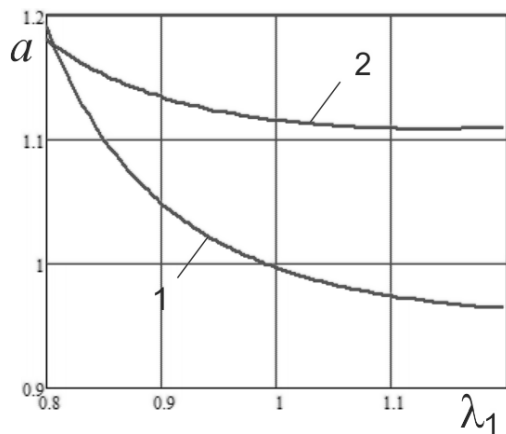
**Рис. 3.** Контактні напруження для випадку потенціалу Бартенєва-Хазановича



**Рис. 4.** Вертикальні переміщення для випадку потенціалу гармонічного типу



**Рис. 5.** Вертикальні переміщення для випадку потенціалу Бартенєва-Хазановича



**Рис. 6.** Залежність радіуса ділянки контакту від параметра  $\lambda_1$ , тобто від характеристик поля початкових деформацій, що базується на втисненні у досліджувану плиту параболічного штампа.

#### Література.

1. Габрусев Г. В. Вплив початкових деформацій товстої плити на її контактну взаємодію із параболічним штампом / Г. Габрусев, І. Габрусєва // Вісник ТНТУ. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 85. — № 1. — С. 29–37.
2. Габрусев Г. В. Методика визначення невідомої області контакту жорсткого штампу та попередньо напруженої плити / Г. В. Габрусев, І. Ю. Габрусєва // Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 178.

УДК 621.326

Надія Громосьяк, Ковальчук Я. О., к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СТІНОВОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ВІД ЗМІНИ ВОЛОГОСТІ

Nadiia Hromosiak, Ph.D., Assoc. Prof., Yaroslav Kovalchuk

#### DEPENDENCE OF THERMAL CONDUCTIVITY CERAMIC BRICK FOR WALL FROM CHANGING OF HUMIDITY

Метою роботи є виявлення залежності теплопровідності стінової керамічної цегли від зміни вологості.

Для проведення експериментальних досліджень використано 5 зразків суцільної одинарної стінової керамічної цегли марки 50 виробництва Бережанського цегельного заводу. Для визначення коефіцієнту теплопровідності будівельних матеріалів, дослідження проведені на експериментальній установці за методом плоского шару. Задля отримання стабільного значення маси дослідні зразки осушили перед початком робіт. Для досягнення відносної вологості за масою 0%, 0,2%, 3%, 5%, 7%, зразки насичували розрахунковою кількістю води.

Коефіцієнт теплопровідності дослідного зразка  $\lambda$  визначали за залежністю

$$\lambda = q \frac{\delta}{(t_1 - t_2)} \text{ Вт/(м К)}, \text{ де } q = \frac{\lambda^4}{\delta} (t_1^3 - t_2^3) \text{ Вт/м}^2$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності зразка (висушеної цегли), Вт/(м К);  $\delta$  - товщина зразка, (м);  $(t_1^3 - t_2^3)$  - різниця температур нижнього і верхнього температурного вимірювача.

Згідно отриманих результатів побудовано графік залежності коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$  стінової керамічної цегли від зміни вологості  $W$  (Рис 1) На рис. 1 бачимо, що при початковому зволоженні відбувається найбільш посилений приріст теплопровідності. При наступних підвищеннях вологості збільшення теплопровідності практично лінійне.

Оскільки вода, що потрапляє у пори, має значно більший коефіцієнт теплопровідності від повітря, яке вона витіснила, стає очевидним те, що при збільшенні вологості теплопровідність цегли буде підвищуватись. Також вода підвищує теплопередачу, за рахунок збільшення щільності матеріалу.

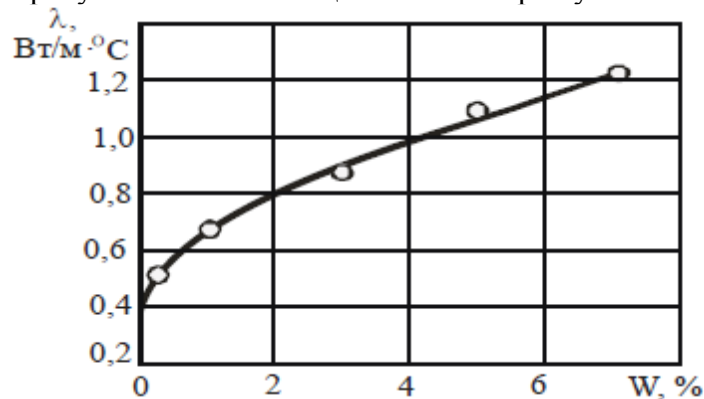


Рис 1 Залежність коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$  стінової керамічної цегли від зміни вологості  $W$

**УДК 693.542**

**Михайло Гудь., Галина Крамар., к.т.н., доц., Іван Гудь**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ БЕТОНУ**

**Mykhailo Hud, Halyna Kramar., Ph.D., Assoc. Prof., Ivan Hud**

### **FACTORS INFLUENCE ON STRENGTH AND EFFICIENCY OF CONCRETE**

Ефективність бетону є широким поняттям, яке стосовно бетону, що використовується у монолітних конструкціях, можна охарактеризувати такими основними складовими як:

- зміна НДС в часі під впливом механічних чинників;
- експлуатаційні властивості;
- довговічність.

Між наведеними складовими існує досить тісний взаємозв'язок. Так, підвищення рухливості бетонних сумішей дозволяє отримати більш виражену структуру бетону, що зумовлює підвищення його властивостей. Однак, бетони з високорухливих сумішей характеризуються підвищеними усадочними деформаціями і, відповідно, підвищеною схильністю до тріщиноутворенням при висиханні [1], а несумісність в системі цемент - пластифікатор може зумовити зниження ступеню гідратації цементу [2]. Наслідком цього є недостатня міцність бетону та зниження опірності корозійним впливам.

Зростання міцності бетону супроводжується зниженням його проникності і підвищенням морозостійкості, що дозволяє зменшити переріз конструкції та знизити ступінь її армування. Але підвищення активності цементу для забезпечення підвищеної міцності може призвести до погіршення деформативних властивостей бетону та підвищення температури його саморозігріву. Все це зумовлює збільшення ширини і глибини розкриття тріщин внаслідок власних термічних напружень бетону і призводить до зниження довговічності залізобетонної конструкції [3].

Важливою складовою ефективності та міцності бетону є довговічність. Вирішення питання підвищення довговічності бетону є комплексною задачею, яка передбачає покращення його морозостійкості, зниження проникності та температури саморозігріву і покращення деформативних властивостей. При цьому підвищення довговічності бетону досягається як регулюванням хімічного складу, так і вдосконаленням технології догляду за ним.

Фізичним фактором, що визначає експлуатаційні властивості і довговічність бетону є ступінь пористості. При цьому, якщо міцність бетону залежить від загальної пористості, то морозостійкість і, відповідно довговічність, визначаються, головним чином, капілярною пористістю. Капілярна пористість, в свою чергу, значною мірою зумовлюється відношенням в'язучого і цементу (В/Ц співвідношення), а також ступенем гідратації в'язучого.

Важливими факторами для визначення термонапруженого стану бетону монолітних конструкцій є питома тепловиділення цементу та його вміст у складі бетону, що безпосередньо впливає на його міцність. Збільшення міцності бетону з одного боку передбачає використання цементів вищих марок з вищим питомим

тепловиділенням, з іншого - підвищення вмісту цементу в складі бетону, що призводить до підвищення температури його розігріву.

Як у випадку питомого тепловиділення цементу, так і у випадку температури саморозігріву бетону спостерігається відхилення значень в межах 25% при відповідних значеннях міцності [3]. Це свідчить про можливість підвищення міцності бетону шляхом забезпечення мінімальних значень температури саморозігріву бетону при проектних значеннях міцності. При цьому мінімізація температури саморозігріву бетону забезпечується за рахунок використання цементів із низьким ступенем виділення теплоти і зниженням кількості цих цементів у складі бетону.

Ще одним важливим чинником, що призводить до тріщиноутворення на поверхні бетону є його усадочні деформації. Відомо, що усадка є залежністю вмісту води в бетоні та В/Ц співвідношення і ступеню гідратації цементу. Очевидно, що з підвищенням міцності спостерігається закономірне зниження В/Ц співвідношення та зниження загального вмісту води в бетонній суміші до мінімального значення. Підвищення міцності бетону у монолітних конструкціях при забезпеченні мінімальних значень рухливості суміші дозволяє одержувати бетони з мінімальними значеннями сумарних усадочних деформацій, а отже і мінімальним тріщиноутворенням внаслідок висихання бетонних конструкцій.

За приведеною інформацією можуть прийматись фундаментальні рішення, щодо кількісного складу компонентів для отримання високоефективних бетонів, а саме: вміст, марка, тип цементу, вміст води, В/Ц відношення, тип наповнювача і т.д. Також, важливим є можливість подальшого розвитку вищезгаданих даних, зокрема, в частині росту ефективності бетонів шляхом вдосконалення у значному об'ємі технологічних рішень.

### **Висновки.**

1. Визначено складові ефективності бетонних сумішей у монолітних конструкціях.
2. З'ясовано вплив підвищеної рухливості бетонної суміші на міцність та стійкість бетону до корозійних впливів.
3. Виявлено, що підвищення активності цементів має негативний вплив на деформативні властивості бетону, сприяє росту усадочних тріщин.
4. Визначено вплив пористості та морозостійкості бетону на довговічність.
5. З'ясовано взаємозв'язок між В/Ц співвідношенням і ступенем гідратації цементу та тріщиноутворенням на поверхні бетону.

### **Список використаної літератури**

1. Мещерин В., Храпко М.. Самоуплотняющийся бетон / СПб. 2009.
2. Троян В.В. Молекулярная архитектура суперпластификаторов как фактор, определяющий функциональность бетонов / М-лы 10-й Межд. научно-практ. конф. «Дни современного бетона». – Запорожье: «Планета», 2008. – с.162-179.
3. Троян В.В. Термонапруженный стан залізобетону як аспект довговічності монолітних конструкцій / Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». Вип. 35 Київ: Товариство "Знання" України 2010 р. – с. 119-124.

УДК 667.64:678.026

Петро Гузик, Павло Білоус, Юрій Микитів, Роман Золотий, канд. техн. наук  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРУЗІЇ ПРИ 3D ДРУЦІ

Petro Guxyk, Pavlo Bilous, Yuriy Mykytiv, Roman Zoloty, Ph.D.  
STUDYING OF EXTRUSION PROCESSES FOR 3D PRINT

При роботі FDM 3D-принтерів пластикова нитка (філамент) прошовується екструдером в друкувальну головку, де відбувається процес екструзії полімеру з подальшим видавлюванням у формі тонкої нитки. Мікроконтролер управляє рухом головки і робочого столу (на ньому розташовується друкований виріб) таким чином, що з цієї нитки формується виріб. У цьому процесі існує багато параметрів, тому дослідження процесів екструзії при технології 3D друку є актуальною задачею на сьогоднішній час

Метою роботи було дослідити екструзійні процеси в жрукувальній головці залежно від швидкості друку та температури нагріву.

Процес екструзії можна розділити на наступні зони – рис. 1.

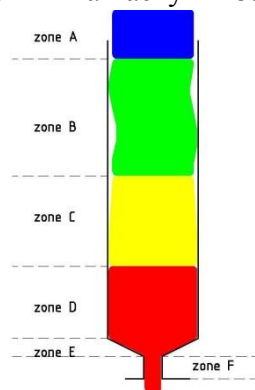


Рис. 1. Температурні зони в екструдетрі.

На рисунку червоному кольору відповідає температура 210 °С, жовтому – 160 °С, зеленому – 100 °С, синьому – 50 °С відповідно. У зоні А, ми бачимо що надходить холодний філамент. Його властивості ще не змінилися від нагрівання, тому його опір руху визначається тертям об стінки. У ділянці В пластик вже дещо нагрітий, нагрівається від стінок і механічні властивості його погіршуються, однак плинність ще не проявляється. У зоні С температура стає вищою і починається пластична деформація прутка. Під тиском він згинається в сторони, утворюючи поршень. Цей момент зовсім легко перевірявся - при діаметрі нитки 3 мм, досить було після друку дати охолонути головці, а потім, використавши швидке нагрівання, витягти філамент з затверділим напливом. У зоні D пластик повинен проплавлюватися до самого центру, тобто повністю. В іншому випадку, якщо до сопла підходить нерозплавлений сердечник, спостерігається нерівномірність видавлювання пластика – давиться не суцільна нитка, а щось на кшталт гірлянди сердельок з перетяжками. На дещо менших швидкостях, використовуючи свіжовисушений поліамід можна побачити у витисненій прозорій нитці, по осі, невеликі включення нерозплавленого мутного пластику циліндричної форми.

**УДК 692.232.7.**

**Анна-Марія Дзюбак, Ольга Мещерякова**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ ПРИ СПОРУДЖЕННІ СТІН**

**Anna-Mariya Dzyubak, Olga Meshcheryakova**

### **FEATURES OF USE OF NON-REMOVABLE FORMWORK FOR WALL CONSTRUCTION**

Метою виконаного дослідження є виявлення доцільності застосування незнімної опалубки в сучасному будівельному комплексі. Актуальність досліджень зумовлена тенденцією застосування матеріалів, які поєднують високу міцність і хороші теплоізоляційні властивості та дають можливість застосування високопродуктивних і низько затратних технологій їх застосування. Одним з напрямків реалізації такого поєднання є технологія будівництва з застосуванням незнімної опалубки.

При застосуванні незнімної опалубки обидва зовнішні пласти стіни виконано з теплоізоляційного матеріалу – опалубки. Внутрішній простір між цими пластами армують і заповнюють бетоном. Крок армування і діаметр арматури розраховується при проектуванні будівлі залежно від поверховості та навантажень на стіни. Незнімна опалубка після укладання та твердіння бетону стає функціональною частиною стіни.

Дослідження виконано на підставі порівняння відомих варіантів незнімної опалубки, вимог нормативної бази до них та особливостей застосування для конкретних умов.

За чинними нормами в Україні дозволено спорудження будівель зі стінами з незнімною опалубкою висотою до 5 поверхів включно. У Німеччині ж, будівельні норми дозволяють будувати, застосовуючи дану технологію, до 22-х поверхів, а в Росії та Грузії - до 9-ти поверхів.

За результатами дослідження виявлено, що найчастіше застосовують такі незнімні опалубки:

- Пінополістирольну опалубку у вигляді блоків з пластин пінополістиролу товщиною 50 мм, з'єднаних між собою перемичками. Внутрішній простір блоків, який зазвичай складає 150 мм, армується сталевією або полімерною арматурою, заповнюється бетоном або фібробетоном. У виробництві термоблоків застосовується пінополістирол марки ПСВ-С, який не горить і не підтримує горіння, стійкий до старіння і при правильному використанні зберігає стабільні властивості, форму і розміри тривалий час, тобто є довговічним матеріалом. Отримана стіна є собою поєднанням «пінополістирол-залізобетон-пінополістирол» і потребує обов'язкової обробки декоративними матеріалами.

- Деревобетонні панелі або блоки (арболіт) (щепоцементна опалубка) відрізняється високими звуко- і теплоізоляційними характеристиками. Така конструкція надійна, що зумовлено наявністю повітряних бульбашок, які знаходяться між дерев'яними трісками, а хімічна обробка захищає матеріал від гниття, займання і вологи. Стіни з незнімної опалубки шириною 30 см виконані з дерев'яно-цементних композитів з об'ємним вмістом щепи до 85...90%, що переважно складається з порід хвойних дерев і щільністю 650...800 кг/м<sup>3</sup>, в середині 120 мм пінополістиролу щільністю 25...30 кг/м<sup>3</sup>.

- Фібролітова опалубка відноситься до екологічно чистих різновидів. Фіброліт це теплоізоляційний матеріал у вигляді плит, які отримані шляхом пресування дерев'яних стружок із в'язучими речовинами. Щільність фіброліту, що використовується для

незнімної опалубки складає 800...1400 кг/м<sup>3</sup>. Має високу стійкість до морозів, пожежобезпечність, низьку теплопровідність 0,08...0,1 Вт/(мК) і високий коефіцієнт звукопоглинання, пропускання пари і біостійкість.

- Скломагнетитова каркасна опалубка - це каркас з обшивкою скломагнетитовими листами (СМЛ) 8, 10 чи 12 мм. Каркас виконують з оцинкованого металевого термопрофілю 60×60. В якості заповнювача використовують монолітний пінополістиролбетон щільністю 280...320кг/м<sup>3</sup> та теплопровідністю 0,07...0,09 Вт/м2. Конструкція нагадує улаштування перегородок з гіпсокартону. Магнетитові плити, що використовуються як зовнішній та внутрішній шари, мають наступні характеристики: розміри 1220x2440x10 мм, 1220x2280x10 мм; щільність 900 кг/м3; водопоглинання 28,5...32,1%; пористість 26...29,3%; теплопровідність 0,26Вт/м2 К; міцність при згинанні 5,5...6,9 МПа.

- Незнімна облицювальна опалубка (декоративна) –це конструкція з легкозбірних опалубних модулів. Кожен модуль складається безпосередньо на стіні з фасадної та внутрішньої облицювальних пластин за допомогою перемичок. Усередину модуля вкладається пластина утеплювача необхідної товщини (пінополістирол або мінеральна вата) та встановлюється арматура. Модулі монтуються рядами за методом безшовної кладки (без розчину та герметика). Блок декоративний незнімної опалубки має дві бокові сторони декоративні, тобто такі, які імітують фактуру колотого природного каменю. Облицювальний шар, який визначає декоративні властивості стіни, виготовляється з металу, пластиків, фібробетону, керамограніту.

- Армвані панелі (армопанель) - це плити з пінополістирольного або мінераловатного термоізоляційного вкладиша (товщиною від 10 до 250 мм). Панель обладнана з обох сторін сталевую арматурною сіткою та поділена нескінченною W-подібною дротиною діаметром 4 мм.

Головні переваги технології будівництва з незнімною опалубкою - високі теплотехнічні характеристики стін ( $R= 3,15...3,5 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  для стін з незнімної опалубки та  $R=0,67 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  для цегляної стіни 380 мм при нормативному  $R=3.3 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$  згідно ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель), Це забезпечує суттєву економію опалення в порівнянні з цегляним будинком; зменшення товщини і маси стін (360 кг стіни з пінополістирольної опалубки, товщиною 250 мм в порівнянні з масою 980 кг цегельної стіни в 1,5 цегли товщиною 380 мм. Це забезпечує економію при спорудженні фундаменту, зменшення трудомісткості спорудження стін, спрощення процесу і скорочення термінів будівництва, а також високі звукопоглинаючі властивості і гладку поверхню, що готова до оздоблення будь-якими матеріалами.

Завдяки простоті спорудження дана технологія дозволяє обійтися без застосування важкої будівельної техніки, залучати робітників середньої кваліфікації без погіршення якості будівництва. Будинок невеликого розміру нескладно побудувати своїми руками, відливаючи по півметра стіни за день. Практика показує, що три будівельники можуть побудувати котедж площею 120 м. кв., витративши на спорудження будинку лише місяць.

До недоліків даної технології можна віднести неможливість повторного використання, на відміну від традиційної знімної опалубки; певні труднощі в транспортуванні, порівняно висока вартість (однак, цілісно оцінюючи особливості технології, можна стверджувати, що її переваги з надлишком окупають завищену ціну).



УДК 667.64:678.026

Ігор Добротвор, д. т. н., доц., Віталій Карташов, к. т. н., Данило Стухляк  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З НАПОВНЮВАЧАМИ ФЕРОМАГНІТНОЇ ПРИРОДИ

Igor Dobrotvor, Dr, Assoc. Prof., Vitaliy Kartashov, Ph.D., Danylo Stukhlyak  
RESEARCH PROCESSES OF FORMATION FOR EPOXYCOMPOSITES WITH  
FILLERS OF FERROMAGNETIC NATURE

Одним з основних завдань при розробленні епоксидних композитних матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками є забезпечення оптимальних умов фізико-хімічної взаємодії на межі поділу фаз “олігомер-наповнювач”. Важливим етапом у вирішенні даної проблеми є дослідження міжфазової взаємодії на межі поділу “зв’язувач-наповнювач”, а також вивчення впливу такої взаємодії на поведінку епоксидних композитних матеріалів при експлуатації [1].

Метою роботи було дослідити ступінь зшивання епоксидної матриці навколо дисперсних часток ферромагнетика.

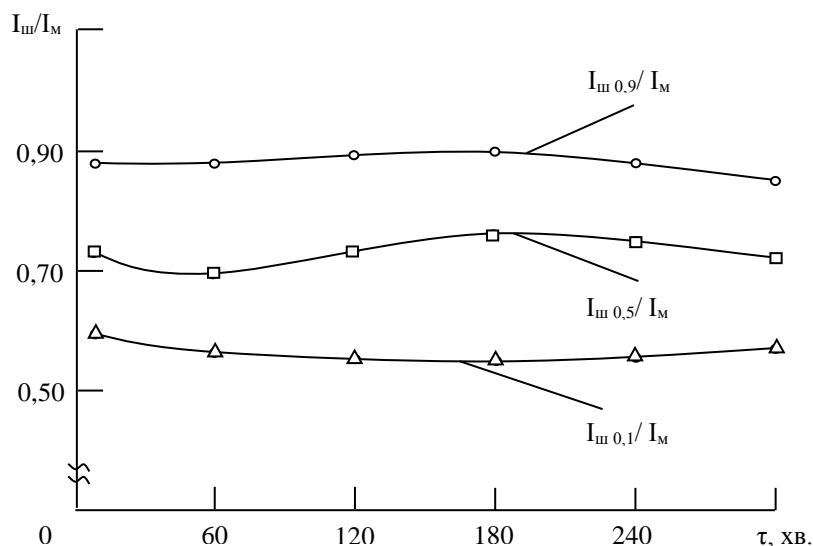


Рис. 1. Зміна відношення інтенсивностей у часі для КМ, що містить феррит:

$I_{ш}$  – середнє значення кольору усіх пікселів, які попали у межі наповнювача;  $I_{м}$  – середнє значення кольору усіх пікселів, які попали у межі матриці;  $I_{ш\ 0,1}$  – середнє значення кольору усіх пікселів, що знаходились біля дисперсної частки (0...10% радіусу шару);  $I_{ш\ 0,5}$  – середнє значення кольору усіх пікселів, що знаходились посередині ЗПШ (45...55% радіусу шару);  $I_{ш\ 0,9}$  – середнє значення кольору усіх пікселів, що знаходились у безпосередній близькості до полімерної матриці (90...100% радіусу шару).

### Література

Стухляк П.Д. Дослідження механізму впливу технології формування на властивості епоксидних композитів / П.Д. Стухляк, В.А. Букетов, В.В. Левицький // Вісник ТДТУ. – 2004. – № 2. – С. 9-17.

**УДК 622.691.4**

**Василь Запукхляк, к. т. н., доц., Любомир Побережний д. т. н., проф., Віталій Мархалевич, Наталія Запукхляк  
ІФНТУНГ**

## **АНАЛІЗ ПРИЧИН НЕВІДПОВІДНОСТІ ПРОЕКТУ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

**Vasyl Zapukhliak Ph.D., Assoc. Prof., Liubomyr Poberezhnyi Dr., Prof., Vitalii Markhalevych, Nataliia Zapukhliak**

### **ANALYSIS OF REASONS INCONSISTENCIES PIPELINING DEPTH OF THE PROJECT**

Останнім часом виникла необхідність проводити роботи із заглиблення трубопроводу на окремих ділянках, на яких була виявлена невідповідність глибини його залягання проекту. Згідно зі свідченнями працівників Укртрансгазу під час діагностики магістральних газопроводів кожного разу виявляються ділянки з такими проблемами. Тобто, трубопроводи під час експлуатації можуть бути частково розкриті внаслідок ерозії ґрунтів, а також вони мають властивість втрачати стійкість внаслідок дії різних факторів (тиск, температура, водонасиченість ґрунту та ін.) і підніматись вгору (випучуватися чи спливати). Також, відомими є факти прокладання трубопроводів в процесі їх спорудження не на проектні відмітки, внаслідок “низької культури” ведення будівництва, тобто, коли трубопровід на окремих ділянках укладався в траншею, глибина якої не відповідала проекту. Подальша експлуатація таких трубопроводів може бути під загрозою виходу трубопроводу на поверхню та механічного пошкодження ізоляції та тіла труби. Тому, з метою забезпечення надійної роботи трубопроводу, який має підняті ділянки, необхідно ці ділянки опустити на проектні відмітки. Поряд з цим виникає ряд питань: 1) яка схема ведення робіт по опусканню трубопроводу повинна застосовуватись? 2) при якому робочому тиску можна проводити дані роботи, щоб зберегти міцність трубопроводу? 3) які роботи необхідно провести, щоб забезпечити подальшу стійкість трубопроводу?

Для вирішення цих питань потрібно провести відповідні технологічні розрахунки трубопроводу. Але попередньо потрібно встановити причини нерівномірного залягання трубопроводу (як зазначалось вище – причини можуть бути як експлуатаційні, так і будівельні). І це потрібно для того, щоб встановити реальний напружений стан трубопроводу та визначити за якою схемою проводити роботи із заглиблення.

В залежності від причин зменшення глибини закладання трубопроводу, роботи із заглиблення слід проводити за наступними схемами:

1) якщо причиною недостатньої глибини закладання є ерозія ґрунту (рисунок 1, а), то доцільним буде додаткове засипання трубопроводу привізним ґрунтом, оскільки таким чином не порушуватиметься напружений стан трубопроводу;

2) якщо причиною випучування є зусилля що виникають в трубопроводі від температури та від внутрішнього тиску (які можуть бути зв'язані з попереднім фактором) (рисунок 1, б), то заглиблення можна проводити з підкопуванням під трубою та встановленням трубопроводу на проектну відмітку під власною вагою, а при технологічному розрахунку необхідно врахувати попередній напружений стан;

3) якщо причиною спливання є вплив водонасиченого ґрунту (рисунок 1, в), то заглиблення слід проводити з підкопуванням під трубою та встановленням трубопроводу на проектну відмітку за допомогою привантажувачів, а при розрахунку необхідно встановити їх необхідну кількість;

4) якщо причиною недостатньої глибини закладання є “низька культура” будівельних робіт (рисунок 1, г), тобто коли трубопровід під час спорудження укладався в траншею із різною глибиною на окремих ділянках, то заглиблення можна проводити з підкопуванням під трубою та встановленням трубопроводу на проектну відмітку під власною вагою.

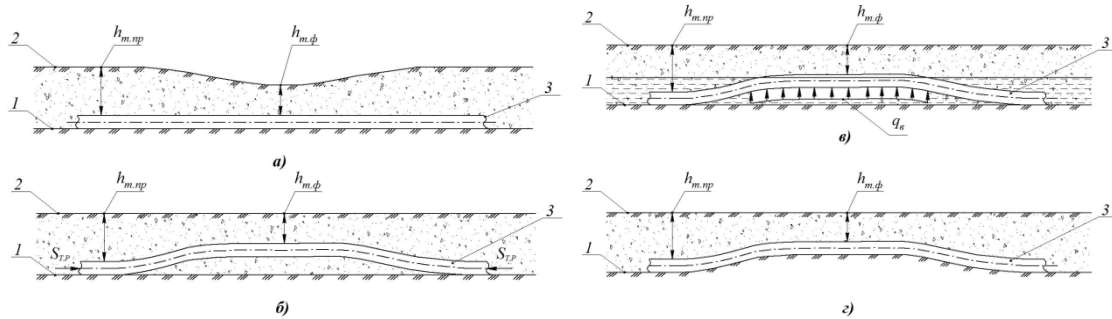


Рисунок 1 – Причини нерівномірного залягання трубопроводу

1 – дно траншеї; 2 – поверхня ґрунту; 3 – трубопровід;  
 $h_{т.пр}$  – проектна глибина закладання трубопроводу;  $h_{т.ф}$  – фактична глибина залягання;  $S_{Т,Р}$  – зусилля від тиску і температури;  $q_v$  – виштовхувальна сила водонасиченого ґрунту

Отже, у трьох останніх випадках заглиблення можна проводити з підкопуванням під трубопроводом. Така схема найбільше підходить для четвертого випадку, але її можна прийняти як базову для двох інших випадків.

Щоб полегшити процес розрахунку і швидко встановити, які причини призвели до невідповідності робочому проекту глибини закладання трубопроводу в роботі пропонується зведення всіх параметрів, які впливають на процес зміни положення трубопроводу, в таблиці, згідно яких і буде проводитися аналіз. Тобто, за відповідними таблицями можна, знаючи: призначення, діаметр, товщину стінки трубопроводу, тиск та температуру продукту, тип ґрунтів та їх водонасиченість, чітко встановити причини зміни його положення або хоча б відкинути ті, що не могли до цього призвести.

## Література

Строительные нормы и правила: СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы [Текст] : нормативно-технический материал. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 52 с.

Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов [Текст] : Учебное пособие / Л. И. Быков, Ф. М. Мустафин, С. К. Рафиков [и др.]; – Санкт-Петербург: Недра, 2006. – 824 с. – ISBN 5-94920-038-1.

European Standard: ISO 13623:2000 Petroleum and natural gas industries. Pipeline transportation systems [Text] / Codes and Standards. – International Organization for Standardization, 2000. – 112 p. – ISBN B000XYTGQR.

**УДК 691.328**

**Володимир Каспрук к.т.н., доц., Оля Ващишин**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя Україна

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНІВ**

**Volodymyr Kaspruk Ph.D., Assoc.Prof., Olya Vashchyshyn**

### **WAYS TO IMPROVE THE PROPERTIES OF CONCRETE**

Проблема підвищення загального рівня якості будівництва пов'язана з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які в повній мірі відповідають сучасним вимогам. Будівельні матеріали багато в чому визначають можливості виробничої бази будівництва та її перспективи. Основними чинниками, що визначають застосування добавок у будівництві, є підвищення продуктивності праці та обладнання, економія цементу та енергетичних ресурсів, поліпшення якості та властивостей бетонів і будівельних розчинів.

Застосування технічних лігносульфонатів (ЛСТ) чи мелясної барди (УПС) дозволяє підвищити продуктивність праці та обладнання при дозуванні 0,15-0,3% від маси цементу (у перерахунку на суху речовину). Збільшення цих добавок на 0,4-0,5 % уповільнює тужавлення сумішей до 203 годин, що при великих відстанях транспортування має велике значення. Для отримання литих сумішей для високоміцних бетонів незамінними є пластифікатори С-3, «Дофен», МП-3, «Sika» тощо. При витраті 0,4-1 % від маси цементу вони збільшують осадку конусу до 20 – 25 см, що дає можливість перекачувати суміші бетононасосами.

Пластифікатори дозволяють прискорити твердіння, підвищити міцність, морозостійкість, водонепроникність бетонів та розчинів у кілька разів. ЛСТ та УПС використовують як розріджувачі сировинних сумішей та інтенсифікатори помелу в'язучих. Добавка УПС у кількості 0,05 – 0,1 % від маси цементу дозволяє збільшити питому поверхню в'язучого на 300 – 500 см<sup>2</sup>/г, тобто з клінкеру цементу марки 400 отримати цемент марки 500.

Згідно технічних умов основним дослідженням передували визначення густини цементного розчину і впливу мелясної післяспиртової барди на консистенцію цементного тіста і час тужавіння.

Визначення нормальної густини цементного розчину проводили за допомогою приладу Віка. Як встановлено в ході експерименту нормальна густина цементного розчину отримується при кількісному співвідношенні води за творення і цементу 120см<sup>3</sup> води на 400г цементу.

Визначення консистенції цементного тіста проводили на струшуючому столику з формою конуса. Для приготування цементного тіста було набрано 1500г піску за ДСТУ БВ.2.7-32-95 (модуль зернистості 1,5), 500г цементу марки 400 (портладський), 200г води. При взятих співвідношеннях матеріалів розплив конуса складає 113мм, що відповідає стандартній консистенції цементного тіста (106-115 мм).

При дослідженні впливу барди на консистенцію цементного тіста барду розчиняли у воді, на якій приготувляли цементне тісто.

Слід відмітити, що при збільшенні кількості барди до 1,5-2,0% конус цементного тіста повністю розпливається, що свідчить про високу пластифікуючу дію барди.

З проведених досліджень видно що барда може бути використана при виробництві різних будівельних матеріалів.

УДК 621.77; 621.314

Ярослав Ковальчук, к.т.н., доц., Наталія Шингера, к.т.н., доц..

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Yaroslav Kovalchuk, Ph.D, Assoc. Prof, Natalya Shynhera, Ph.D, Assoc. Prof  
MODELING OF WELDED TRUSS DAMAGES UNDER THE CYCLIC LOADINGS

Метою роботи є виявлення впливу циклічного навантажування на формування пошкоджень в елементах зварної підкроквяної ферми. Через комплексний вплив конструкторських, технологічних та експлуатаційних чинників важко спрогнозувати поведінку елементів конструкції і ферми в цілому впродовж часу, спираючись на існуючі розрахункові методики.

Для досягнення поставленої мети виконано напівнатурний експеримент. Навантажували фізичну модель зварної підкроквяної ферми 600 мм x 120 мм (рис.1).

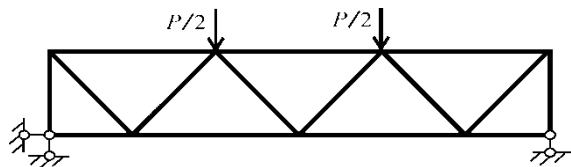


Рис. 1 – Схема навантажування ферми

$\omega_1=1$  Гц, амплітуда накладеного високочастотного навантаження  $2P_2 = 4$  кН, частота накладеного високочастотного навантажування  $\omega_2=30$  Гц.

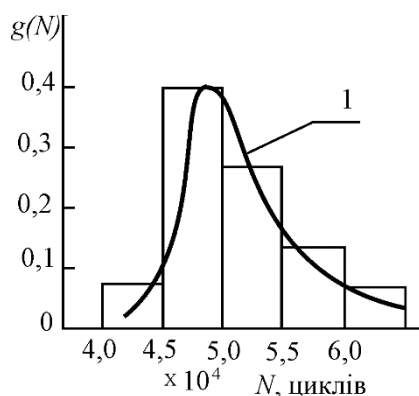


Рис. 2 – Гістограма та щільність пошкодження вузлів

Досліджено 15 зразків при дії двохарактерного циклічного навантажування. Середнє навантаження низькочастотного циклу  $P_m=10$  кН, коефіцієнт асиметрії навантаження низькочастотного циклу  $R= P_{min}/P_{max}= 0,3$ , частота низькочастотного циклу навантажування

Визначено  $N_I$  – кількість високочастотних циклів навантажування до появи в околі вузла ферми пошкоджень, які можна виявити візуально - тріщини довжиною 2 мм.

Виконано перевірку масивів на приналежність до відомих законів розподілу випадкових величин, яка підтвердила розподіл отриманих результатів за логарифмічно-нормальним законом. Розраховано статистичні характеристики сформованої бази даних. Побудовано гістограму та щільність пошкодження вузлів зварних ферм за результатами натурного дослідження фізичної моделі зварної ферми (рис. 2).

За результатами роботи отримано закономірності втомного пошкодження вузлів зварної підкроквяної ферми, що може бути покладено в основу визначення залишкового ресурсу конструкції і попередження її аварійного руйнування при комплексному впливі пошкоджуючих чинників.

### Література

1. Пат. №40196 Україна, МПК G01N 3/00. Пристрій для базування зварних ферм при випробуваннях на статичну та циклічну міцність / Шингера Н. Я., Ковальчук Я. О.; заявник і патентовласник Тернопіль. держ. техніч. ун-т. – №40196 ; заявл.13.11.08 ; опубл. 25.03.09, Бюл. №6.

УДК 621.762

**В. Ковбашин<sup>1</sup>, к. х. н., доц., І. Бочар<sup>2</sup>, к. т. н., доц.**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НАНЕСЕНОЇ НА ПОВЕРХНЮ РЕАКЦІЙНО-СПЕЧЕНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Vasiliy Kovbashyn<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof.; Igor Bochar<sup>2</sup>, Ph.D., Assoc. Prof.**

### TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF FORMING THE DIFFUSIVE BORID COVERAGE ON SILICON CARBIDE AND MOLYBDENUM DISILICID

Технологічний процес дифузійного силіціювання реакційно-спеченого карбїду кремнію та дисиліциду молібдену не забезпечує повного зв'язування шкідливих домішок, які утворюються в матеріалі при одержанні виробів. Наявність шкідливих домішок, зокрема, диоксиду кремнію призводить до значного погіршення технологічних та експлуатаційних параметрів  $SiC$  і  $MoSi_2$ .

Одним із перспективних напрямків покращення фізико-хімічних властивостей реакційно-спечених керамічних матеріалів є дифузійне насичення бором, у результаті чого утворюються бориди кремнію, які володіють високою окалинотійкістю, що поєднується з великим опором тепловому удару. Вони хімічно пасивні і мають добру випромінювальну здатність та хороші термоелектричні параметрами, що покращує фізико-хімічні властивості реакційно-спечених керамічних матеріалів. Перспективною, на наш погляд, є технологія порошкового методу борування карбїду кремнію і дисиліциду молібдену для зв'язування кремнію та інших шкідливих домішок. У зв'язку з цим було вивчено процес дифузійного насичення  $SiC$  та  $MoSi_2$  бором.

Технологічний процес борування карбїду кремнію та дисиліциду молібдену проводили у контейнерах з плавким затвором у порошковій суміші, яка містила аморфний бор, фтористий активатор і оксид алюмінію. Концентрацію аморфного бору змінювали від 5 до 40 %, а процес насичення відбувався при температурі 1000-1200 °C протягом 2-12 годин.

Дослідження технології борування неметалевих реакційно-спечених матеріалів залежно від концентрації аморфного бору в порошковій суміші показало, що насичувальна здатність такої суміші зростає при вмісті дифузанта в середовищі до 20 %. Подальше збільшення кількості аморфного бору істотно не впливає на швидкість борування  $SiC$  та  $MoSi_2$ , про що свідчать величини питомого приросту маси зразків. За даними проведеного рентгенофазового аналізу, тонкий шар товщиною до 50 мкм, який утворюється на поверхні карбїду кремнію та дисиліциду молібдену, являє собою хімічну сполуку - гексаборид кремнію ( $SiB_6$ ). Із збільшенням концентрації бору (понад 20%) товщина шару  $SiB_6$  дуже повільно зростає, а підвищення концентрації бору (30 % і більше) істотно не впливає на зміну маси зразків. Напевно, утворення фази  $SiB_6$  гальмує процес насичення і особливо бар'єрні властивості гексабориду кремнію проявляються на карбїді кремнію. Збільшення вмісту аморфного бору значно погіршує якість зразків і призводить до спікання суміші, що в свою чергу перешкоджає їх видаленню з контейнера. Таким чином, дифузійне борування карбїду кремнію та дисиліциду молібдену найдоцільніше проводити у суміші, яка містить не більше 20 % аморфного бору.

Із підвищенням температури процесу насичувальна здатність суміші зростає, внаслідок чого питомий приріст ваги зразків збільшується. Насичення реакційно-спечених керамічних неметалевих матеріалів при температурі понад 1100 °C

призводить до припікання порошкової суміші до поверхні зразків та її спікання, тому температура борування  $SiC$  та  $MoSi_2$  не повинна перевищувати  $1100\text{ }^{\circ}C$ .

Для інтенсифікації процесу борування реакційно-спечених керамічних матеріалів використовували активатори  $NaF$  і  $AlF_3$  концентрацію яких змінювали від 1 до 10 %. При вмісті активаторів до 3 % швидкість насичення карбіду кремнію та дисиліциду молібдену приблизно однакова, що підтверджується величинами питомого приросту маси зразків. Подальше підвищення концентрації  $NaF$  і  $AlF_3$  (понад 3 %) забезпечує різкий ріст ваги зразків, особливо це спостерігається на дисиліциді молібдену, а питомий приріст ваги зразків карбіду кремнію зростає незначно. Збільшення вмісту активаторів ( $NaF$  і  $AlF_3$ ) у боридному середовищі призводить до підвищення його насичувальної здатності, але при цьому відбувається припікання суміші до поверхні зразків та її спікання. Використання насичувальних середовищ, які містять понад 3 % фтористих активаторів, недоцільно, тому, що видаляти зразки з контейнера майже неможливо. Таким чином, борування  $SiC$  та  $MoSi_2$  рекомендується проводити в сумішах, які містять не більше 3 % фтористого активатора.

Дифузійне насичення металів і сплавів у водневих середовищах забезпечує високу швидкість насичення та добру якість оброблюваної поверхні. У зв'язку з цим, цікаво було дослідити можливість використання в якості активуючої добавки гідриду титану, який при температурі насичення розкладається з утворенням атомарного водню. Дослідження технологічного процесу борування керамічних матеріалів на основі карбіду кремнію та дисиліциду молібдену з використанням гідриду титану показало, що введення в суміш від 1 до 10 %  $TiH_2$  істотно впливає на швидкість процесу насичення. Із збільшенням вмісту в порошковому середовищі гідриду титану насичувальна здатність суміші зростає в 1,5 рази порівняно з використанням фтористих активаторів. Насичення  $SiC$  та  $MoSi_2$  у сумішах, які містять 10 % і більше гідриду титану призводить до розгерметизації контейнера та порушення процесу насичення. Тому найдоцільніше використовувати суміші, які містять до 7 % гідриду титану.

Аналіз одержаних результатів дає підстави зробити висновок, що для інтенсифікації процесу борування реакційно-спечених керамічних матеріалів у насичувальне середовище необхідно вводити як активуючу добавку фтористий активатор і гідрид титану. Для визначення ефективності спільної дії фтористого активатора та  $TiH_2$  вивчався процес насичення  $SiC$  та  $MoSi_2$  в сумішах, які містять 20 % аморфного бору та 1, 3 і 5 % фтористого активатора, а кількість гідриду титану у всіх дослідках була постійною (7 %). Встановлено, що найкраща насичувальна здатність боридної суміші досягається при використанні 3 %  $NaF$  і 7 %  $TiH_2$ , про що свідчать величини питомого приросту маси зразків реакційно-спеченого карбіду кремнію та дисиліциду молібдену.

Вивчення впливу часу на швидкість процесу борування реакційно-спечених керамічних матеріалів показало, що оптимальна тривалість насичення є від 2 до 12 годин. Борування  $SiC$  та  $MoSi_2$  тривалістю понад 12 годин призводить до спікання суміші, що перешкоджає видаленню зразків із контейнера.

Насичувальна здатність боридної суміші істотно зростає при введенні в неї фтористого натрію та гідриду титану. Вони забезпечують масоперенесення дифундуючого елемента з порошкової суміші до поверхні матеріалу внаслідок формування насичувального елемента з наступним диспропорціонуванням і утворенням бору, який дифундує в глибину зразка і взаємодіє з домішками, у результаті чого утворюється гексаборид кремнію.

УДК 620.171.3

Г.В. Козбур, О.К. Шкодзінський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПЛИВ ОПУКЛОСТІ ТОНКОСТІННОЇ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ НА ЇЇ МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

I. Kozbur, O. Shkodzinsky

### THE INFLUENCE OF THE CONVEXITY OF AN AXISYMMETRIC THIN-WALLED SHELL ON ITS RESOURCE

Емпіричне знаходження граничних станів тонкостінних осесиметричних оболонок в умовах складного напруженого стану (СНС) є досить складним у реалізації, тому важливим є удосконалення теоретичного апарату оцінки міцності. Для визначення умов досягнення нескінченною оболонкою з днищами, що знаходиться під дією внутрішнього тиску та розтягуючого зусилля, її граничного стану в [1] було отримано аналітичні вирази (1), (2):

$$\sigma_t = \frac{(1 + \varepsilon_t)^v \left( \varepsilon_t + \frac{1 - \nu/2 - \mu/2}{1 - \nu/2 + \mu/2(n+1)} \right)^{\frac{(1-\nu/2)(1-\nu)}{1-\nu/2+\mu/2(n+1)}}}{1 - (n+1)\varepsilon_t} \cdot C_t, \quad (1)$$

$$\sigma_m = \frac{\varepsilon_m + \frac{1 - \nu/2}{1 - \nu/2n}}{(n + \varepsilon_m) \left( \varepsilon_m - \frac{n}{n+1} \right) \left( \varepsilon_m + \frac{1 - \nu/2 - (1 - \mu/2)/2k}{1 - \nu/2n - (1 - \mu/2)/2k} \right)} \cdot C_m, \quad (2)$$

де  $\sigma_t$ ,  $\sigma_m$ ,  $\varepsilon_t$ ,  $\varepsilon_m$  – напруження та деформації, радіальні та колові відповідно.

$$\frac{\sigma_\mu}{\sigma_t} = k$$

Відношення головних напружень  $\frac{\sigma_\mu}{\sigma_t}$ , відношення головних залишкових деформацій

$\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_t} = n$ . Умови (1), (2) враховують  $\frac{h}{\rho_t} = \mu$  та  $\frac{\rho_t}{\rho_m} = \nu$  – міру тонкостінності та характеристику опуклості оболонки відповідно. Отримали багатопараметричну задачу, метою якої є дослідити комплексний вплив характеристик геометрії оболонки та виду складнонапруженого стану на ресурс оболонки при СНС.

При графічному зображенні умов (1), (2) параметру  $k$  надавались значення з діапазону  $0 \div 4$ , параметру  $\nu$  – значень  $\{0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1\}$ , тобто граничними випадками були циліндр та сфера. Порівняльний аналіз графіків граничних умов показав, що відношення широтного та меридіального її радіусів  $\nu$  може впливати на значення граничних напружень при навантаженні внутрішнім тиском та розтягуючим зусиллям. Так, при  $k = 0,8$  опукла оболонка допускає більші граничні напруження, ніж циліндрична трубка.

Отримані розрахунки підтверджуються експериментами, опублікованими в [2].

#### Література

1. Козбур Г. Пружно-пластичне деформування вісесиметричної оболонки під впливом внутрішнього тиску і розтягу / Козбур Г. // Наукові нотатки, ЛНТУ. – 2016. - вип.53. ст.79-83.
2. Tomita Y., Shindo A., Nagai M. Axisymmetric deformation of circular elastic-plastic tubes under axial tension and internal pressure. / Y. Tomita., A. Shindo, M. Nagai // International Journal of Mechanical Sciences, 1984. – № 26. – С. 437-444.



УДК 537.9, 538.956

О.І. Крамар, к.фіз.-мат.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## МОДИФІКОВАНА ПРОЦЕДУРА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ КЮРІ ВУЗЬКОЗОННОГО ФЕРОМАГНЕТИКА

О.І. Kramar, Ph.D, Assoc. Prof.

## MODIFIED PROCEDURE OF CURIE TEMPERATURE CALCULATION FOR NARROW-BAND FERROMAGNET

Як уже зазначалося у наших попередніх роботах [1,2], застосування чисельних методів дозволяє досягти суттєвого прогресу при аналізі станів з магнітним впорядкуванням у системах з сильними електронними кореляціями та особливостями густини електронних станів. У випадку ферромагнітних матеріалів оптимальним підходом виявляється поєднання перевіреної аналітичної моделі з модифікованою самоузгодженою процедурою розв'язування системи інтегральних рівнянь для намагніченості  $m$  та хімічного потенціалу (через концентрацію носіїв  $n$ ), залежних від абсолютної температури  $T$ , ефективного ферромагнітного обміну  $J_{ef}$  та густини станів.

Умовою переходу з ферромагнітного стану у парамагнітний для рівняння виду  $m = f(m, n, kT, J_{ef})$  будемо вважати  $df/dm|_{m \rightarrow 0} = 1$ . Після розрахунків на основі енергетичних спектрів  $E_{\sigma}(\vec{k})$  носіїв з різними спінами  $\sigma$ , отриманих в роботі [2], маємо набір самоузгоджених інтегральних рівнянь виду:

$$I_0 = \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t) dt}{ch^2(E^*/2kT)}, \quad I_1 = \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t)t dt}{ch^2(E^*/2kT)}, \quad I_2 = \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t)t^2 dt}{ch^2(E^*/2kT)}, \quad (1)$$

$$J_0 = \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t) dt}{\exp(E^*/kT)+1}, \quad J_1 = \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t)t dt}{\exp(E^*/kT)+1}.$$

$$\Delta\beta = \partial\beta_{\downarrow}(m)/\partial m|_{m \rightarrow 0} - \partial\beta_{\uparrow}(m)/\partial m|_{m \rightarrow 0} = (-4J_1/(2-n) + (1-n^2/(2-n)^2)I_2 - zJ_{ef}I_1)/(1+I_1)$$

В підсумку вираз для розрахунку температури Кюрі:

$$\left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{n^2}{(2-n)^2} - 1\right) I_1 + (\Delta\beta + zJ_{ef})I_0 + \frac{n}{2-n} = 1, \quad (2)$$

причому концентрація носіїв в залежності від форми функції густини електронних

$$\text{станів } \rho(t): \frac{n}{2} = \left(1 - \frac{n}{2}\right) \int_{-w(n)}^{w(n)} \frac{\rho(t) dt}{\exp(E^*/kT)+1}.$$

У підсумку відзначимо, що механізм стабілізації ферромагнітного впорядкування базується на наявності спин-залежних зсувів центрів підзон  $\beta_{\sigma}$ , значення яких визначається формою густини електронних станів, та ефективного обміну.

### Література.

1. Крамар О. І. Використання чисельних методів для розв'язування задач фізики сильноскорельованих електронних систем / Матер. конф. ІМСТ.- ТНТУ, 2014 — С. 52.
2. Didukh L., Kramar O. Metallic ferromagnetism in the systems with strongly correlated electrons // Condensed Matter Physics.- 2005.- Vol. 8, No. 3(43).- pp. 547–564.

УДК 667.64:678.026

Віталій Левицький, к. т. н., Василь Бадишчук, к. т. н., Роман Золотий, к. т. н.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПЛАСТИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ

Vitaliy Leviskyi, Ph.D, Vasyl Badyshchuk, Ph.D, Roman Zoloty, Ph.D  
FEATURES OF FORMATION PLASTIC PLASTICIED COMPOSITES

Полімерні композитні матеріали (КМ) на основі епоксидних смол для покриттів різного функціонального призначення в хімічній, нафтопереробній та харчовій промисловості мають комплекс переваг, порівняно з металами і металокомпозитами, завдяки високій адгезійній міцності, корозійній тривкості і стійкості до зміни температур [1]. Для отримання КМ з високими показниками експлуатаційних характеристик слід враховувати природу, реологічні властивості зв'язувача, активність поверхні, геометричні параметри, дисперсність і вміст у олігомері часток та неперервних волокон. У цьому розділі обґрунтовано вибір компонентів для формування зв'язувача, показано доцільність вибору дисперсних наповнювачів і неперервних волокон для отримання КМ з поліпшеними властивостями.

У роботі було досліджено вплив температурних режимів формування епоксидної матриці залежно від вмісту пластифікаторів.

Таблиця 1

Вплив температури полімеризації і вмісту пластифікаторів на модуль пружності при згинанні КМ

| Природа пластифікатора | Вміст пластифікатора, q, мас.ч., на 100мас.ч. зв'язувача | Модуль пружності при різних температурах полімеризації, Е, ГПа |      |      |      |
|------------------------|--|--|------|------|------|
|                        |  | 393К   | 413К | 433К | 453К |
| –                      | –  | 3,03   | 4,19 | 3,48 | 2,78 |
| ПДЕА-4                 | 20   | 3,14   | 4,96 | 4,48 | 4,24 |
|                        | 50   | 3,27   | 2,25 | 2,68 | 3,14 |
|                        | 80   | 3,05   | 2,10 | 2,34 | 2,68 |
|                        | 100  | 2,78   | 2,05 | 2,16 | 2,24 |
| ПЕ-220                 | 20   | 1,97   | 3,41 | 3,26 | 3,01 |
|                        | 50   | 2,06   | 2,66 | 2,58 | 2,60 |
|                        | 80   | 1,73   | 1,76 | 1,62 | 2,34 |
|                        | 100  | 1,44   | 1,43 | 1,42 | 1,72 |

### Література

1. Стухляк П.Д. Дослідження механізму впливу технології формування на властивості епоксидних композитів / П.Д. Стухляк, В.А. Букетов, В.В. Левицький // Вісник ТДТУ. – 2004. – № 2. – С. 9-17.

**УДК 620.19.40**

**Павло Марущак, д.т.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **МЕХАНІЗМИ СТАТИЧНОГО РУЙНУВАННЯ ТРУБНОЇ СТАЛІ ЗА НАЯВНОСТІ РОЗПОРОШЕНОЇ СТРУКТУРНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ**

**Pavlo Maruschak, Dr., Prof.**

### **MECHANISMS OF STATIC FRACTURE OF PIPELINE STEEL IN THE PRESENCE OF SCATTERED DAMAGE**

З праць проф. Г.М. Никифорчина та його учнів відомо, що тривала експлуатація магістральних газопроводів понад 30 років знижує твердість і відносне звуження сталей, спричиняє збільшення дисперсії міцнісних властивостей. Зміцнення трубних сталей, яке з першого погляду видається нетиповим, зумовлене вичерпуванням їх пластичності, накопиченням структурних дефектів.

Відомо також про протилежні закономірності зміни характеристик пластичності тривалоексплуатованих трубних сталей: відносне звуження із напрацюванням зменшується, а відносне видовження зростає. Разом з тим є праці, які свідчать, що розпорошена структурна деградація майже не впливає на механічні властивості матеріалу труби, хоча на структурному рівні вона спричиняє перерозподіл цементиту, а експлуатаційне наводнювання зумовлює знеуглецювання матеріалу.

Відомо, що вивчення дефектності тривало експлуатованих трубних сталей є основою створення сталей підвищеної міцності з різними типами мікроструктур. Слід відзначити, що систематизація експлуатаційної пошкодженості є важливим науковим та інженерним завданням, а її опис потребує подальших досліджень.

Метою даного дослідження є аналіз стану металу магістрального газопроводу «Союз» після тривалого напрацювання та виявлення впливу накопичених структурних дефектів на його тримку здатність та тріщиностійкість.

Досліджували деградацію тривалоексплуатованої трубної сталі тріщини з фрагменту газопроводу «Союз» діаметром 1420 мм. Товщина стінки становила 16 мм, вирізку виконано поблизу станції КС-20 «Гусятин» (с. Суходіл) Тернопільської області. Виконано комплексні дослідження фрагменту магістрального газопроводу.

Кінетику деформування та руйнування зразків досліджували за методом повних діаграм деформації акад. А.О. Лебедева та проф. М.Г. Чаусова. Це дозволило забезпечити такі умови випробувань, за яких можна оцінити стадійність деформаційного процесу та руйнування, зокрема й при макроруйнуванні. Використовували циліндричні зразки діаметром 5,0 мм, з робочою ділянкою 25 мм. Їх випробовували на модернізованій гідравлічній установці для статичних випробувань ZD-100Pu. Модифікована версія установки складається з двох контурів – зовнішнього (навантажувальної рами випробувальної машини) і внутрішнього, що дозволило будувати повні діаграми руйнування.

Статичну тріщиностійкість сталі оцінювали за параметром  $K_I$ , який ґрунтується на концепції повних діаграм деформування пластичних матеріалів і запропонований проф. М.Г. Чаусовим в якості експрес-метода оцінювання в'язкості руйнування. Проведені розрахунки тріщиностійкості, табл. 1, враховують формування та накопичення структурних дефектів і є підставою уточнення оцінювання запасу міцності та тріщиностійкості стінки труби та прогнозування можливого руйнування.

Табл. 1. Значення параметрів тріщиностійкості  $K_{Ic}$  та  $K_{IIc}$  для сталі Х65 після тривалого напрацювання

| Сталь | Експериментальні дані        |            |        | Результати обчислень       |                           |
|-------|------------------------------|------------|--------|----------------------------|---------------------------|
|       | $\overline{\Delta l_p}$ , мм | $F_k$ , кН | Е, ГПа | $K_{IIc}$ , МПа $\sqrt{м}$ | $K_{Ic}$ , МПа $\sqrt{м}$ |
| Х65   | 0,364                        | 6,975      | 1,7    | 483.9                      | 111.3                     |

Одержані феноменологічні моделі деформування та руйнування доповнено даними металографічних досліджень, які дозволили систематизувати фізичні закономірності деградації ферито-перлітної мікроструктури сталі, рис. 1 а та її вплив на деформаційні та міцнісні властивості. Помітно, рис. 1 б, що загалом руйнування є в'язким та супроводжувалось значною пластичною деформацією. Як у вихідному, так і у експлуатованому станах сталь руйнувалась за типовим в'язким механізмом шляхом зародження і росту мікропор, внаслідок потоншення перетинок між ними аж до розриву. Разом з тим у експлуатованій сталі на фоні ямкового рельєфу виявлено текстурованість зламу, зумовлену напрямом прокатування металу труби. На зламах виявлено дефекти у вигляді розшарувань, орієнтованих вздовж цього ж напрямку. Подібні розшарування, на нашу думку, були наслідком формування в ній розпорошеної пошкодженості під дією силового навантаження та водневої деградації матеріалу. Вони утворились внаслідок ослаблення зв'язків між структурними складовими сталі.

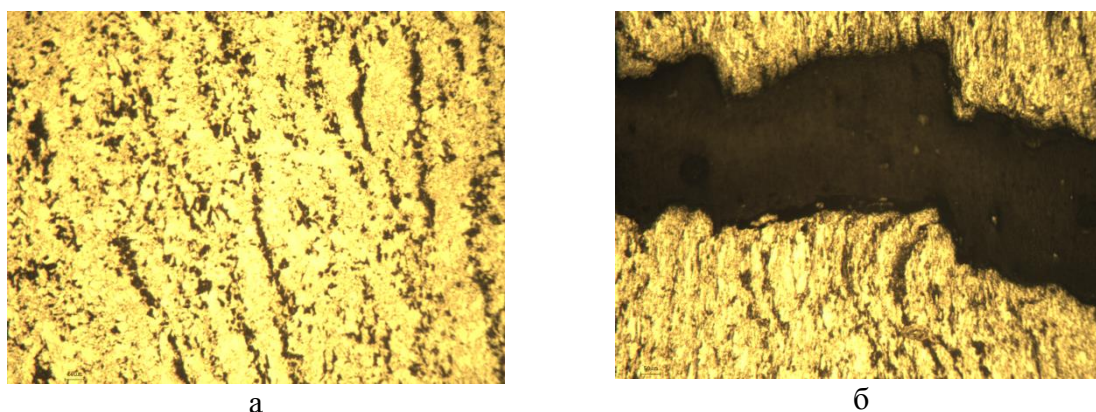


Рис. 1. Структура сталі Х65, магістрального газопроводу «Союз» - а в недеформованому стані - а та за деформації руйнування - б

Встановлено основні закономірності деформування та руйнування трубної сталі Х65, на основі випробувань зразків виготовлених з фрагменту труби, вирізаних з ремонтної ділянки магістрального газопроводу «Союз» після 30 років експлуатації. Показано, метал труб магістральних газопроводів протягом експлуатації під впливом робочих напружень та факторів впливу середовища незначно змінює свої властивості. Відбуваються певна структурна деградація та накопичення мікрodefektів в стінці труби. Проте вони є розпорошеними, тобто матеріал зберігає достатню пластичність, що дозволяє йому опиратись процесам руйнування та зародження макротріщин.

1. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: науково-технічний посібник: у 3-х томах / Є. І. Крижанівський, Г. М. Никифорчин; за ред. В. В. Панасюка. – Т. 2: Деградація нафтопроводів і резервуарів та її запобігання. – Івано-Франківськ: Вид-во Івано-Франківського нац. техн. ун-ту нафти і газу, 2011. – 447 с.

УДК 624.012

Найда Тетяна Богданівна

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВЕРИФІКАЦІЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДАХ КОНТРОЛЮ

Tetiana Naida

### VERIFICATION OF CONCRETE DENSITY IN NON-CONSEQUENT METHODS OF CONTROL

Контроль міцності бетону в будівельних конструкціях виконують двома основними методами: руйнівним і неруйнівним. Руйнівний метод дозволяє виявляти граничну несучу здатність зразка доведенням його до руйнування. Неруйнівні методи дають можливість визначити міцність бетону на об'єкті зі збереженням його експлуатаційної придатності.

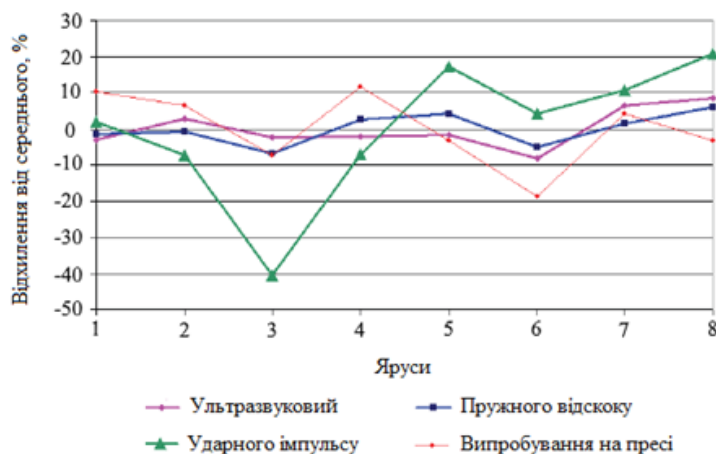
Об'єктом дослідження став колодезь, виконаний з монолітного залізобетону, радіусом 12 м і глибиною 8 м. Бетонування стін колодезя велось захватками, що розділяють колодезь по висоті на 8 ярусів.

Виконано дослідження міцності бетону трьома непрямими неруйнівними методами та прямим методом руйнування випробуванням відібраних зразків.

Результати досліджень міцності, отримані різними методами, наведено на рисунку. результати подано у вигляді відхилень результату вимірювання по кожному ярусу від середнього по всіх ярусах.

Для вимірювань використано:

- ультразвуковий метод (прилад Пульсар 1.1);
- метод пружного відскоку (прилад OriginalSchmidt N);
- метод ударного імпульсу (прилад ІПС МГ4.03);



– руйнівний метод (гідравлічний випробувальний прес ПГ-100).

Рисунок – Порівняння результатів вимірювання міцності бетону різними методами

За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що результати вимірів методами ударного імпульсу і ультразвуковим характеризуються високою кореляцією в порівнянні з результатами руйнівних випробувань на пресі. Результати вимірювань методом ударного імпульсу не характеризується тісним зв'язком ні з іншими методами неруйнівного контролю, ні з результатами випробування на пресі і не можуть бути застосованими без додаткового тарування приладу.

### Література

1. 1. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони правила контролю міцності. Мінрегіонбуд України, 2010. – 23 с.

### УДК 539.3

Анатолій Недибалюк

Вінницький національний технічний університет, Україна

## ВІДПУСКАННЯ, ЯК СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ, ТА ВІДПУСКНА КРИХКІСТЬ СТАЛЕЙ

Anatolii Nedybaliuk

### TEMPERING, AS A WAY TO STABILIZE THE STRUCTURE, AND TEMPER BRITTLENESS OF STEEL

Відпусканням називають нагрівання загартованої сталі до температури меншої від  $A_{c1}$ , витримування при цій температурі й подальше охолодження. Мета відпускання — зменшення залишкових напружень, зниження твердості й підвищення пластичності сталі. Під час відпускання розпадаються мартенсит гартування і залишковий аустеніт, а також укрупнюються й сфероїзуються карбіди. Названі структурні перетворення змінюють механічні властивості відпущених сталей. З підвищенням температури відпускання  $t_v$  міцність ( $\sigma_{0.2}, \sigma_m$ ) і твердість НВ сталей зменшуються, а їх відносне видовження  $\delta$  і відносне звуження  $\psi$  зростають.

Загартована сталь знаходиться у напруженому стані і тому є крихкою. Для поліпшення механічних властивостей (підвищення пластичності і в'язкості) загартованої сталі необхідно зняти внутрішні напруження або хоча б частково зменшити їх. Для цього загартовані сталі завжди повторно нагрівають, але до температур нижчих за критичні (нижче  $727^\circ\text{C}$ ), і після необхідної витримки повільно або швидко охолоджують. Залежно від температури нагріву розрізняють низькотемпературне, середньотемпературне і високотемпературне відпускання.

Низькотемпературне відпускання полягає у нагріванні загартованої сталі до температур  $150\text{...}250^\circ\text{C}$  і витримуванні при температурах відпуску протягом  $1\text{...}3$  годин. В результаті отримують відпущений мартенсит і частково знімають напруження гартування. Пластичність низько відпущеної сталі незначно зростає, а твердість майже не змінюється. Низькотемпературне відпускання застосовують як кінцеву термообробку для різальних і вимірвальних інструментів, а також до цементованих поверхнево загартованих виробів, умови роботи яких вимагають значної поверхневої твердості й високої зносотривкості.

Під час середньотемпературного відпускання загартовану сталь нагрівають до  $350\text{...}500^\circ\text{C}$ . В межах названих температур нагрівання мартенсит гартування і залишковий аустеніт повністю розпадаються на дисперсну феритно-цементитну структуру – тростит відпускання. Така структура поєднує високі границі міцності, пружності й витривалості. Твердість сталі після середньотемпературного відпускання становить  $40\text{...}50$  HRC. Цей вид термообробки застосовують для пружин, ресор, а також для ударного інструменту.

Високотемпературне відпускання вимагає нагрівання загартованої сталі до температур  $500\text{...}650^\circ\text{C}$  і забезпечує повний розпад структур гартування й подальшу коагуляцію продуктів розпаду. Утворена зерниста структура – сорбіт відпускання має високу пластичність та ударну в'язкість при задовільній міцності. Високотемпературне відпускання застосовують для деталей, які сприймають значні ударні та знакозмінні навантаження.

Результати відпускання визначаються температурою нагрівання і тривалістю витримки при цій температурі. Ось чому особливо важливо правильно вибрати режим і температуру нагрівання та її стабілізацію під час відпускання. У залежності від вимог, які висуваються до виробу, температура відпускання коливається від  $150$  до  $680^\circ\text{C}$ .

Відпускання сталевих виробів слід проводити зразу ж після гартування, тому що можуть виникнути тріщини.

Нагрівати деталі до температури відпускання необхідно поступово і рівномірно. Вироби, як правило, завантажують у холодну піч (або нагріту до 200°C) і далі повільно нагрівають до температури відпускання із швидкістю, 50...100°C за годину. Швидке нагрівання може привести до виникнення тріщин.

У процесі відпускання в загартованій сталі відбуваються такі процеси:

- 1) кристалічна гратка мартенситу набуває правильної кубічної форми;
- 2) залишковий аустеніт перетворюється у мартенсит;
- 3) мартенсит перетворюється у двофазову суміш фериту і цементиту;
- 4) утворені частинки цементиту розростаються (коагулюють) і набувають округлу форму.

Ці перетворення накладаються одне на одне, тому важко визначити точні температурні межі для кожного процесу. Можна лише вказати при яких температурах те або інше перетворення є головним, ведучим.

Перше перетворення відбувається при температурах 100...200°C. При цих температурах усувається спотворення кристалічної гратки мартенситу. Вона із тетрагональної стає кубічною. Мартенсит, що має кубічну гратку називається відпущеним мартенситом.

Друге перетворення відбувається при температурах 200...270°C і полягає у перетворенні залишкового аустеніту у відпущений мартенсит, який є менш напруженою структурою ніж мартенсит гартування.

Третє перетворення проходить при температурах 300...400°C. В цьому інтервалі температур відбувається розпад мартенситу: із кристалічної гратки мартенситу виділяється надлишковий вуглець у вигляді карбиду заліза - цементиту. У результаті отримується дрібнозерниста суміш фериту і цементиту - троостит відпускання.

При більш високих температурах (550...680°C) відбувається розростання частинок карбідів і їх коагуляція.

Отже, під час відпускання розпадаються мартенсит гартування і залишковий аустеніт, а також утворюються і сфероїзуються карбіди. Названі структурні перетворення змінюють механічні властивості відпущених сталей. З підвищенням температури відпускання міцність ( $\sigma_{0,2}, \sigma_B$ ) і твердість НВ сталей зменшуються, а їх відносне видовження  $\delta$  і відносне звуження  $\psi$  зростають.

Розрізняють два види відпускнуї крихкості – неповторювана (необоротна) (I роду) і повторювана (оборотна) (II роду). Неповторювана відпускна крихкість (I роду) спостерігається у відпущених в інтервалі температур 250...400 °C легованих, а також: вуглецевих сталях. Повторювану відпускную крихкість (II роду) мають леговані сталі, відпущені в інтервалі температур 450...600°C і охолоджені повільно.

Всебічне вивчення впливу відпускання на мікропластичність та відпускную крихкість конструкційних сталей дає можливість визначити температурні інтервали відпускнуї крихкості, виявити закономірності структурних перетворень, що відбуваються в матеріалі. Найбільш перспективним структурно чутливим неруйнівним методом в таких дослідженнях є метод механічної спектроскопії. В поєднанні з іншими методами він дозволяє виявити причини крихкого руйнування матеріалів на ранніх стадіях деформації. Знання фізичної природи та механізмів процесів, що супроводжують перехід матеріалу із нестабільного в більш стабільний стан, є основою вибору найбільш оптимальних способів і режимів обробки для отримання матеріалів з наперед заданими фізико-механічними властивостями.

УДК 533.9

Олег Недибалюк, Валерій Черняк, Ігор Федірчик

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

## ГІБРИДНЕ ПЛАЗМОВО-КАТАЛІТИЧНЕ РЕФОРМУВАННЯ ЕТАНОЛУ У СИНТЕЗ-ГАЗ

Oleg Nedybaliuk, Valeriy Chernyak, Igor Fedirchuk

### HYBRID PLASMA-CATALYTIC REFORMING OF ETHANOL INTO SYNTHESIS-GAS

Сталий розвиток вимагає використання відновної сировини та мінімізації відходів під час напрацювання корисних матеріалів для людських потреб. Гібридне плазмово-каталітичне реформування може задовольняти умовам сталого розвитку, адже сировина, яка використовується є відновною. Для дослідження гібридного плазмово-каталітичного реформування етанолу використовувалась плазмово-каталітична система, яка складається з розрядної камери, реакційної камери, холодильника та ємності для збору конденсату. Було використано дві реакційні камери – кварцова та металева (виготовлена із заліза), які були висотою 100 мм та внутрішнім діаметром 36 мм. Металева реакційна камера містила кварцові вікна діаметром 6 мм, які використовувались для візуального спостереження за процесами, що протікали всередині реакційної камери.

Для генерації активних частинок (радикалів, іонів, електронів та збуджених атомів та молекул), які ініціюють процес реформування, використовувався широко-апертурний обертовий ковзний розряд. Розряд запалювався між внутрішнім Т-подібний електродом (анод) діаметром 25 мм та зовнішнім заземленим фланцем (катод) з отвором посередині діаметром 20 мм, які виготовлені з нержавіючої сталі. Для живлення обертового ковзного розряду використовувалось джерело живлення (ДЖ) БП-100, яке забезпечувало напругу до 7 кВ, з баластним опором  $R_b = 33$  кОм. Напруга та струм розряду вимірювались за допомогою вольтметра та амперметра. За допомогою цифрового осцилографа були отримані осцилограми напруги та струму з використанням дільника напруги 1/480 та вимірювального опору  $R_1 = 10$  Ом.

Модельним вуглеводнем був етиловий спирт, а модельним окисником – атмосферне повітря. Частина повітря подавалась в розрядну камеру, а інша частина повітря в суміші із етиловим спиртом подавалась в реакційну камеру. Під час плазмово-каталітичного реформування використовувались збагачені суміші  $C_2H_5OH:O_2=2:1$ , що відповідає стехіометрії реакції з частковим окисненням, та  $C_2H_5OH:O_2=4:1$ .

Досліджено осцилограми струму та напруги обертового ковзного розряду за різних потоків повітря. Досліджено оптичні емісійні спектри плазми обертового ковзного розряду в реакційній камері, коли в систему подавалось лише повітря, та факелу в реакційній камері під час плазмово-каталітичного реформування етилового спирту. Емісійні спектри випромінювання плазмового факелу в кварцовій реакційній камері реєструвались за допомогою системи, яка складалася зі світловода, спектрального приладу Solar III (S-150-2-3648 USB), та комп'ютера. Спектрометр працював в діапазоні довжин хвиль від 200 до 1000 нм. За допомогою комп'ютера відбувалося керування процесом вимірювання та оброблялися дані, що надходили зі спектрометра. За допомогою методу відносних інтенсивностей визначено електронні температури за заселеністю збуджених рівнів та їхній розподіл вздовж реакційної камери. Шляхом порівняння виміряних оптичних емісійних спектрів зі змодельованими в SpecAir визначено обертові та коливні температури та їхній розподіл вздовж реакційної камери. Досліджено склад продуктів реформування за допомогою газової хроматографії. Визначено ефективність плазмово-каталітичного реформування етанолу ( $\eta$ ), співвідношення між хімічною енергією продуктів реформування та електричною енергією затраченою на генерацію плазми ( $\alpha$ ), ефективність напрацювання водню ( $E_y(H_2)$ ).



УДК 624.014

Підгурський М.І., Окіпний І.Б., Підгурський І.М., Якубишин О.М., Петровський Л.А., Солодкий В.М., Антонюк В.М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ГОФРОВАНИХ БАЛОК З РІЗНОЮ КОНФІГУРАЦІЄЮ СТІНОК

Pidgurskyi M. I., Pidgurskyi I.M., Okipnyi I.B., Yakubyshyn O.M., Petrovskyi L.A., Solodkyi V.M., Antonuk V.M.

### SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF CORRUGATED BEAMS WITH DIFFERENT WALL CONFIGURATIONS

У світовій практиці сталеві балки з хвилястими (гофрованими) стінками були запропоновані для використання ще в тридцятих роках ХХ століття, але лише у 80-ті роки вони знайшли практичне застосування [1].

Конструкція балки з гофрованою стінкою має низку переваг у порівнянні зі звичайними двотавровими балками. Відзначається [2], що завдяки гофрованій стінці, конструкція ефективно сприймає згинальні навантаження, а її профільовані елементи більш стійкі до тривалого статичного навантаження (полиці сприймають згинальні моменти і нормальні навантаження, а гофровані стінки сприймають поперечні сили). Порівняння показало, що зварні двотаври з гофрованою стінкою економічніші за витратами сталі на 9-27%, ніж зварні двотаври з плоскою стінкою [1,2]. Економічна ефективність отримана за рахунок можливості зменшення стінки гофробалок.

Проводилося моделювання балок з різною конфігурацією та геометрією гофрованої стінки за допомогою програмного комплексу AutoCAD 2016. Розрахунок максимальних нормальних та дотичних напружень, а також визначення форм втрати стійкості, виконувалось в розрахунковому програмному пакеті Ansys Workbench 14.5 (рисунок 1).

Розрахунок в програмному комплексі ANSYS Workbench 14.5 включає в себе чотири основні етапи:

- вибір матеріалу конструкції та задання його властивостей;
- створення геометричної моделі досліджуваного об'єкта;
- генерація сітки скінчених елементів і задання необхідних параметрів для проведення симуляції;
- розв'язок та подання результатів обчислення.

Проведено розрахунок НДС балок з трикутним прямокутним, трапецієвидним та синусоїдальним обрисом гофрування (для різних параметрів кроку та висоти). Встановлено, що синусоїдальний обрис стінки має найбільшу стійкість у порівнянні з іншими досліджуваними типами гофрування стінки. Крім цього, перевагою синусоїдальної стінки перед плоскою є максимальне зменшення локальних деформацій на відміну від плоских пластин, для яких характерними є значні місцеві деформації.

Розглянуто також НДС гофрованих балок зі змінним по довжині балки гофруванням. На основі результатів моделювання прийнято оригінальні конструкторсько-технологічні рішення проектування приопорних зон балок з гофрованою стінкою.

1. С.Ф. Пічугін, В.П. Чичулін, К.В. Чичуліна, Б.В. Федоров Економічна доцільність використання нових типів легких балок із профільованою стінкою / Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). - Вип. 2 (30). - 2011.- ПолтНТУ. – С. 149-155.

2. Д.Д. Заборова, Ю.П. Дунаевская Преимущества и особенности применения гофро-балки в строительстве / Строительство уникальных зданий и сооружений. 7 (22). 2014. – С. 36-44.

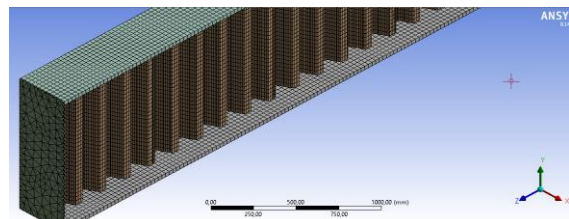


Рис. 1. Фрагмент скінчено-елементної моделі гофрованої балки

**УДК 621.762.4**

**Плисюк В.В., Бодрова Л.Г., к.т.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ДЕКОРАТИВНІ ЛИЦЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ (ФАЯНСОВІ ПЛИТКИ ТА МАЙОЛІКА) ДЛЯ СУЧАСНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ДЕКОРІВ**

**Plysyuk V.V., Bodrova L.G., Ph.D., Prof.**

### **DECORATIVE FACING MATERIALS (FAIENGE TILES AND MAJOLICA) FOR MODERN ARCHITECTURAL DECORS**

Дизайн кімнат є проявом творчої фантазії дизайнерів, водночас відображенням внутрішнього світу власників будинку. Для створення дизайну в сучасному будівництві використовують різноманітні облицювальні матеріали, зокрема плитку. Керамічні плитки для внутрішнього облицювання міцно увійшли в будівельну практику. У залежності від призначення для облицювання застосовують плитки для стін і підлоги. Залежно від використовуваного сировини плитки для облицювання стін ділять на види, зокрема майолікові та фаянсові.

Виробництво керамічних виробів з глазур'ю існувало декілька тисячоліть тому у Давньому Єгипті, Ірані, Сирії та інших країнах арабомовних Сходу. Західноєвропейські центри виробництва майоліки таким чином мають не місцеві, а азійські і арабські витoki. Сучасні майолікові облицювальні плитки виготовляють з легкоплавких глин з добавкою до 20% вуглекислого кальцію у вигляді крейди. При випалюванні плиток отримують пористий черепок, лицьову поверхню якого покривають глазур'ю. Формують плитки на важільному пресі, потім їх сушать і обпалюють, далі плитки покривають глазур'ю і вдруге обпалюють.

Вважають, що фаянс виник в Північній Африці у Стародавньому Єгипті. Саме там цінували блакитні і сині напівкоштовні камені. Попит на них спричинив появу дешевих замінників з випаленої кераміки з непрозорими блакитними поливами. З Єгипту ремесло вироблення фаянсу поширилося у Вавилон, Малу і Передню Азію, Персію.

Сучасні фаянсові плитки виготовляють з вогнетривких глин з добавкою кварцового піску і плавнів - речовин, що знижують температуру плавлення (з польового шпату і вапняку). Плитки мають білий або слабо забарвлений черепок, лицьова поверхня покрита білою і забарвленою, прозорою або глухою глазур'ю. Тильній стороні плиток надають рифлену поверхню.

Фаянсові плитки в залежності від форми бувають квадратні, прямокутні і фасонні для кутів, облицювання карнизів і плінтусів. Плитки повинні мати правильну геометричну форму, чіткі грані і кути, не мати опуклостей, вибоїн і тріщин, повинні бути термічно стійкими. Водопоглинання плиток не повинно бути більше 16%.

Майоліка стійка до всіляких негативних впливів і відрізняється міцністю, однак облицювати можна тільки стіни, для підлоги не підходить. Поверхня майоліки може бути лише глазурована та непрозора. Фаянсова плитка підходить для облицювання карнизів і плінтусів. Як майоліку, так і фаянс монтують на спеціально підготовлену поверхню з допомогою монтажного клею.

Гамма вироблених керамічних плиток для покриття та облицювання стін дуже велика. Їх властивості у поєднанні з різноманітним дизайном сприяли поширенню їх у якості оздоблювального матеріалу по всьому світу. Нині плитка є незамінним матеріалом для декорування різноманітних споруд.

УДК 621.793.927.7:669.018.25

Пулька Ч.В., д. т. н., проф., Сенчишин В.С., Шарик М.В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ВІБРАЦІЇ

Ch.V. Pulka, Ph.D., Prof., V.S. Senchyshyn, M.V. Sharyk

### DURABILITY ENHANCEMENT OF THE CLADDING METAL BY USING MECHANICAL VIBRATION

Для зміцнення тонких плоских деталей в тому числі органів деталей сільськогосподарських машин широко використовують індукційний спосіб наплавлення. З метою підвищення зносостійкості наплавленого металу авторами розроблена нова технологія[1], суть якої полягає в прикладанні до деталі механічної вібрації в процесі наплавлення.

Для оцінки ефективності розробленої технології були проведені дослідження на структуру та зносостійкість наплавленого шару металу без і з прикладанням вібрації. Для цього було використано: матеріал зразка - сталь ВСт3 товщиною - 3 мм; порошкоподібний твердий сплав на основі заліза ПГ-С1 (сормайт 1). Наплавлення здійснювали за допомогою високочастотного генератора типу ВЧГ 6-60/0,44 при постійній потужності частотою 440 кГц та в процесі розплавлення порошкоподібного сплаву прикладали вібрацію в горизонтальній площині частотою 50Гц і амплітудою 0,2 мм. Товщина наплавленого шару металу складала 0,8... 1,5 мм.

Мікроструктура основного металу представляє собою ферит і перліт, а мікроструктура наплавленого металу (порошкоподібний твердий сплав типу ПГ-С1 (сормайт 1)) складається з первинних карбідів (комплексних карбідів типу  $(Fe,Cr)_7C_3$  і  $(Fe,Cr)_3C$  у вигляді крупних пластин «карандашного» типу, які мають гексагональну решітку з чіткою межею спряження з матрицею, карбідної евтектики і матричної аустенітної структури. Результати досліджень показали, що прикладання горизонтальної вібрації призводить до значного подрібнення карбідної складової. Карбіди, що мають вид шестигранників з середньою довжиною сторони 10...12 мкм без вібрації, подрібнюються до 3,5...7 мкм при горизонтальній вібрації. При горизонтальній вібрації лінія з'єднання з сторони сормайту являє собою, в основному, білу смужку з утворенням майже рівновісних зерен аустеніту. Для вивчення розподілу вмісту хімічних елементів (хрому і вуглецю) в перехідній зоні і наплавленому шарі металу було проведено мікрорентгеноспектральний аналіз на мікроаналізаторі СAMEBAX SX-50, як показали дослідження помітного дифузійного перерозподілу вуглецю та хрому біля лінії сплавлення не спостерігається.

Для визначення відносної зносостійкості наплавленого шару металу, були проведені лабораторні дослідження на машині НК-М. Зносостійкість досліджуваних зразків складала 2,2 без вібрації та 3,4 при горизонтальній вібрації. Таким чином, при наплавленні з прикладанням горизонтальної вібрації досягається найвища зносостійкість, що пояснюється сприятливою структурою наплавленого металу та підтверджується результатами мікрорентгеноспектрального аналізу.

Таким чином, маючи один і той же самий порошкоподібний твердий сплав, можна істотно підвищити зносостійкість наплавлених деталей машин.

1. Пулька Ч.В. Влияние вибраций детали в процессе наплавки на структуру и свойства металла / Ч.В. Пулька, О.Н. Шаблій, В.С. Сенчишин, М.В. Шарык, Г.Н. Гордань // Автомат. сварка. – 2012. – №1. – С. 27-29.

УДК 667.64:678.026

А.В. Сапронова м.н.с., Н.М. Букетова м.н.с., О.В.Лещенко асистент  
Херсонська державна морська академія, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗЕРНИСТИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ АДГЕЗИВІВ

A.V. Saprionova, junior researcher, N.M.Buketova, junior researcher, O.V. Leshenco  
assistant

### INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GRANULAR ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF EPOXY ADHESIVES

**Постановка проблеми.** Для формування епоксидних адгезивів актуальним є застосування більш дешевих наповнювачів, що дозволяє знизити вартість композицій. При цьому значна кількість металургійних підприємств України отримує велику кількість відходів виробництва щорічно. Охолоджувані на повітрі металургійні шлаки в основному переробляють на щебінь, який застосовують у вигляді баласту при будівництві залізниць, а також використовують як заповнювач при спорудженні захисних покриттів автомобільних доріг. Водночас, використання таких добавок при формуванні епоксидних адгезивів передбачає поліпшення властивостей матеріалів та водночас зменшення їх собівартості і утилізацію відходів промислового виробництва.

**Мета роботи** – провести аналіз впливу зернистих добавок, що є відходами від промисловості, на адгезійну міцність матеріалів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** При формуванні композитного матеріалу (КМ) використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Як наповнювач для експериментальних досліджень використано гранульований шлак (ГШ) зернистістю  $d = 80$  мкм і  $d = 63$  мкм.

Встановлено, що введення у епоксидний олігомер часток дисперсного наповнювача ГШ з розміром часток 80 мкм за вмісту  $q = 10...20$  мас.ч. приводить до підвищення показників адгезійної міцності при відриві КМ від  $\sigma_a = 24,8$  МПа (для полімерної матриці) до  $\sigma_a = 25,0$  МПа. Максимальне значення адгезійної міцності при відриві спостерігали при введенні часток ГШ за вмісту  $q = 60$  мас.ч. Такі КМ характеризуються адгезійною міцністю, що становить  $\sigma_a = 34,3$  МПа. У даному випадку доцільно розглядати поліпшення властивостей не лише за рахунок механічної взаємодії, але й хімічну взаємодію одинарних зв'язків -C-N-, -C-C-, -C-O-, -NH-, -CH- із боковими групами та сегментами макромолекул епоксидного олігомеру ЕД-20.

Стосовно впливу вмісту часток ГШ з розміром 63 мкм на властивості КМ можна констатувати наступне. Встановлено, що введення часток ГШ за вмісту  $q = 10...20$  мас.ч. забезпечує монотонне зростання адгезійної міцності при відриві. При цьому, максимальне значення адгезійної міцності при відриві ( $\sigma_a = 44,5$  МПа) спостерігали за вмісту добавки  $q = 20$  мас.ч. Подальше введення часток ГШ ( $q = 40...80$  мас.ч.) призводить до зниження значень адгезійної міцності КМ до  $\sigma_a = 30,2...40,0$  МПа.

**Висновки.** На основі проведених досліджень можна констатувати, що для формування захисних покриттів із високими показниками адгезійної міцності доцільно використовувати частки ГШ зернистістю 63 мкм за вмісту  $q = 20$  мас.ч. Адгезійна міцність при відриві таких матеріалів становить –  $\sigma_a = 44,5$  МПа.

УДК 667.64:678.026

Петро Стухляк, д. т. н., проф., Андрій Микитишин, к. т. н., доц., Олександр  
Голотенко, к. т. н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗШИВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ КАРБІДОМ БОРУ

Petro Stukhlyak, Dr., Prof., Andriy Mikitishin, Ph.D, Assoc. Prof., Oleksandr  
Holotenko, Ph.D.

### STUDY STRUCTURE OF EPOXY COMPOSITES FILLED BY CARBOHYDRATE

Полімерні композитні матеріали (КМ), як армовані, так і наповнені дисперсними частками, мають широке використання у сучасній промисловості. Перспективним у цьому плані є використання епоксидіанових смол, як зв'язувачів, з одночасним введенням різних видів дисперсних наповнювачів. Це дозволяє суттєво покращити когезійні властивості створюваних КМ.

Одним з основних завдань при формуванні таких матеріалів є забезпечення оптимальних умов фізико-хімічної взаємодії на межі поділу фаз “наповнювач – зв'язувач”. У присутності розвинутої поверхні наповнювача [1, 2]. За рахунок адсорбції макромолекул на поверхні дисперсних часток відбувається зміна кінетики процесу зшивання матриці. При цьому адсорбована макромолекула своїми функціональними групами взаємодіє з активними центрами на поверхні наповнювача або з іншими макромолекулами. В результаті такого процесу формується структура матриці біля поверхні наповнювача відмінна від структури у об'ємі полімера [3]. Дослідження зміни цих параметрів у часі і аналіз кінетики процесу зшивання КМ є актуальною задачею сучасного матеріалознавства.

При дослідженнях структури ЗПШ на проводили фотографування зразків у процесі формування КМ через певні проміжки часу протягом зшивання зв'язувача на різних етапах тверднення

Таблиця 1

Інтенсивність кольору зовнішнього поверхневого шару у КМ, що містить карбід бору, після додавання твердника

| № част.   | Ступінь зшивання матриці, відносні одиниці |                    |                    |                |                |
|-----------|--|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
|           | I <sub>ш 0,1</sub>                         | I <sub>ш 0,5</sub> | I <sub>ш 0,9</sub> | I <sub>н</sub> | I <sub>м</sub> |
| I част.   | 66,8                                       | 74,0               | 76,4               | 59,1           | 84,3           |
| II част.  | 72,6                                       | 75,8               | 88,0               | 60,3           | 89,0           |
| III част. | 70,4                                       | 80,6               | 88,8               | 57,0           | 98,5           |
| IV част.  | 62,4                                       | 69,0               | 76,0               | 52,4           | 100,4          |
| V част.   | 71,0                                       | 81,4               | 81,6               | 56,7           | 95,6           |

### Література

1. Брык М.Т. Полимеризация на твердой поверхности неорганических веществ / М.Т. Брык. – К. : Наукова думка, 1981. – 288с.
2. Волынский А.Л. Высокодисперсное ориентированное состояние полимеров / А.Л. Волынский, Н.Ф. Бакеев. – М. : Химия, 1984. – 266 с.
3. Стухляк П.Д. Эпоксидные композиты для защитных покрытий / Стухляк П.Д. – Тернополь: Збруч, 1994. – 177 с.

**УДК 621.793**

**Віктор Удовицький, к. т. н., с. н. с., Петро Турбін, к. фіз.-мат. н., Олександр Кротов, к. фіз.-мат. н.**

Науковий фізико-технологічний центр МОН та НАН України, Україна

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ АДГЕЗІЇ ДО МЕТАЛІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ, НАНЕСЕНИХ МАГНЕТРОННИМ РОЗПИЛЕННЯМ**

**Viktor Udovitskiy, Ph.D., Senior Researcher, Petro Turbin, Ph.D., Oleksandr Kropotov, Ph.D.**

## **METHODS TO INCREASE THE ADHESION TO METALS OF FUNCTIONAL COATINGS OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING**

Зараз велика увага приділяється створенню нових матеріалів, які б могли працювати в екстремальних умовах, наприклад, при високих температурах та механічних навантаженнях, в середовищах, які потребують хімічної, ерозійної та радіаційної стійкості, тощо. При створенні таких матеріалів великі перспективи мають безкисневі тугоплавкі сполуки – бориди, карбіди, нітриди, силіциди перехідних металів. До них зараз прикута велика увага фахівців оскільки такі сполуки вже дозволили створити і мають значні потенційні можливості створення на їх основі нових матеріалів, які забезпечать подальший прогрес техніки.

На основі безкисневих, зокрема керамічних, сполук можуть бути створені матеріали з великим спектром різних цінних властивостей – високою температурою плавлення, високою (або низькою) електро- та теплопровідністю, високими, а досить часто і рекордними, механічними властивостями. Такі важливі експлуатаційні властивості забезпечують успішне використання цих матеріалів як конструкційної кераміки при створенні різального інструменту, двигунів внутрішнього згорання, або газотурбінних двигунів, хімічно стійких зміцнюючих покриттів поверхонь деталей та механізмів, виготовлених з інших матеріалів. Поєднання хороших діелектричних або напівпровідникових властивостей з високою теплопровідністю забезпечує можливість успішного використання деяких матеріалів в електронній техніці, зокрема, в електроніці великих потужностей.

Аналіз публікацій показує значне зростання інтересу дослідників, як теоретиків, так і експериментаторів, до керамічних матеріалів на основі нітриду алюмінію (AlN) та карбіду кремнію (SiC). SiC знайшов широке використання завдяки багатьом своїм цінним властивостям – стійкості до окислення при високих температурах, механічній міцності, значній теплопровідності, низькому коефіцієнту теплового розширення, напівпровідниковій провідності, яка при відповідному легуванні може мати як n-, так і p-тип. З іншого боку, AlN має високу теплопровідність, хороші діелектричні властивості і значну хімічну стійкість навіть при високих температурах. Тому цікавим і практично корисним є утворення на основі цих сполук нових матеріалів [1]. Відомо, що при поєднанні AlN та SiC можуть бути отримані композитні матеріали або навіть тверді розчини з різним співвідношенням компонентів [2]. Властивості таких матеріалів визначаються їх складом, кристалічною будовою, розмірністю, що визначається технологією їх виготовлення.

Виявлення в композитному матеріалі AlN-SiC радіопоглинаючих властивостей [3] викликає до покриттів на їх основі підвищений інтерес. Вплив електромагнітного випромінювання різної природи на технічні об'єкти і біологічні організми є суттєвим фактором, який необхідно приймати до уваги при розвитку сучасної ВЧ-електроніки. З відкритих публікацій також відомо, що за кордоном інтенсивно проводяться дослідження з розробки протирадіолокаційних покриттів на поверхні літальних

апаратів і в США за програмою «Стелс» вже створені літаки з такими покриттями. В цьому сенсі актуальним також є нанесення і вивчення радіопоглинаючих властивостей покриттів системи AlN-SiC на поверхню різних конструкційних матеріалів.

Однією з головних вимог до функціонального покриття різного призначення при будь-якій технології його нанесення є висока адгезійна міцність нанесеного покриття, яка є основою довготривалої і надійної експлуатації такого покриття в подальшому. Покриття на основі системи AlN-SiC можна наносити різними методами – як хімічними, так і фізичними. В наших дослідженнях відпрацьовується технологія нанесення різних покриттів методом магнетронного розпилення мішеней при живленні магнетрона як постійним, так і ВЧ-струмом. Однією з головних особливостей покриттів, нанесених магнетронним методом, є їх нерівноважність, яка обумовлена значним енергетичним впливом на покриття в процесі його нанесення. Це часто призводить до значних внутрішніх механічних напружень у покритті, що в результаті досить швидко призводить до його руйнування.

В доповіді обговорюються методи підвищення адгезії до металів покриття на основі системи AlN-SiC, нанесеного магнетронним методом. Нами розроблена технологія магнетронного нанесення покриття AlN-SiC з високою адгезією до поверхні різних металів. Основою цієї технології є спеціальна плазмова обробка поверхні підкладки, а також оптимальний режим роботи магнетрона. На рис. 1 приведені фото покриття AlN-SiC з поганою адгезією (зліва) і такого ж покриття з високою адгезією, нанесеного за розробленою технологією (справа).



Рис. 1. Покриття AlN-SiC на сталі з поганою і хорошою адгезійною міцністю

**Висновок.** Матеріали на основі керамічної системи AlN-SiC, зокрема тонкі плівки і товщі покриття на основі цих сполук, вже знайшли і мають значні потенційні можливості практичного використання. Одним із сучасних фізичних методів нанесення таких покриттів є магнетронний метод, який при успішному вирішенні проблемних питань, пов'язаних з адгезією, дозволяє наносити покриття з відтворюваними властивостями і тривалим терміном експлуатації

#### **Література**

1. W.J. Kim, Y.-W. Kim, K.-Y. Lim et al. Electrical and thermal properties of SiC-AlN ceramics without sintering additives // Journal of the European Ceramic Society. – 2015. – Vol. 35. – P. 2715-2721.
2. D. Dallaeva, S. Ramazanov, G. Ramazanov et al. Characterizing SiC-AlN semiconductor solid solutions with indirect and direct bandgaps // Proceedings of SPIE. – 2015. – Vol. 9450. – P. 94501R(7).
3. W. Bu, T. Qiu, J. Xu. Preparation and microwave attenuation performance of AlN-SiC composites // Journal of the Chinese Ceramic Society. – 2003. – Vol. 31. – No 9. – TQ174.

**УДК 620.19.40**

**Микола Чаусов<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Павло Марущак<sup>2</sup>, д.т.н., проф.; Андрій Пилипенко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.**

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**НОВІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ЗАХИСНОГО СПОРЯДЖЕННЯ**

**Mykola Chausov, Dr., Prof., Pavlo Maruschak, Dr., Prof., Andrii Pylypenko Ph.D., Assoc. Prof.**

**NEW METHODS OF IMPROVING THE MECHANICAL PROPERTIES OF  
TITANIUM ALLOYS OF PROTECTIVE BODY ARMOR**

На кафедрі механіки НУБіП України в останні роки отримані нові дані про особливості механічної поведінки матеріалів при імпульсному введенні енергії (так звані динамічні незрівноважені процеси (ДНП)) за рахунок ударно-коливального навантаження [1]. Аналіз отриманих результатів на матеріалах різних класів довів, що протягом перехідних режимів навантаження, за коротких імпульсів силового підвантаження, коли дисипація енергії в класичному сенсі (перетворення механічної енергії в тепло) ще не почалась, можливі процеси самоорганізації нових дисипативних структур в конструкційних матеріалах, які суттєво впливають на механічні властивості матеріалів. Фізичні механізми створення дисипативних структур для різних матеріалів значно відрізняються, проте вони мають, як правило, густину, меншу за густину основного матеріалу. Було виявлено низку особливостей деформування матеріалів під час і після ДНП, які проявляються, в першу чергу, званою пластифікацією матеріалів різних класів за наступного силового навантаження.

Грунтуючись на чисельних експериментальних дослідженнях обґрунтовано оптимальні режими ударно-коливального навантаження листових двофазних високоміцних титанових сплавів VT22, VT23 і VT23M, що забезпечують максимальне зростання їх пластичних властивостей, порівняно з вихідним станом [2]. Зокрема, одержано збільшення пластичної деформації сплаву VT22 в 2,5 рази, сплаву VT23 на 30,0...35,0 %, сплаву VT23M – до 5,0 %, а також збільшення ударної в'язкості сплаву VT23M понад 20,0 %, підвищення статичної тріщиностійкості сплавів VT23, VT23M, відповідно до 8,5 і 19,0 %.

Зовнішнім наслідком структурних перетворень матеріалів за ударно-коливального навантаження є виникнення мікроекструзій на поверхні зразків у вигляді утворення решітки «гребенів» («гір»). Це вказує на зміни структури і механічних властивостей матеріалів не лише в їх об'ємі, а насамперед в поверхневих шарах.

Отриманий ефект використано авторами для розроблення ефективного способу зміцнення та наноструктуризації поверхні матеріалів і одержання рівномірної контрольованої наноструктури поверхневого шару з підвищеною механічною міцністю.

Технологія даного способу є в наступною. Поверхні зразків матеріалів перед імпульсним підвантаженням змочували колоїдним розчином наночастинок металів, або наночастинок твердих сплавів, або наночастинок карбідів металів, або наночастинок нітридів металів, або колоїдним розчином твердих неметалічних наночастинок і осаджували наночастинок з розчину на поверхні матеріалів шляхом сушіння.



Наночастинки металу, що знаходились на поверхні досліджуваного матеріалу внаслідок попереднього змочування певним колоїдним розчином при динамічному незрівноваженому процесі за рахунок ударно-коливального навантаження «зачеканювались» у поверхню, що спричиняло суттєві структурні зміни у поверхні з утворенням контрольованого наноструктуризованого шару. Контрольовану структуру поверхні матеріалу отримано шляхом використання в колоїдному розчині наночастинок матеріалу відповідного розміру та певної концентрації.

Апробовано методики поліпшення механічних властивостей титанових сплавів за рахунок імпульсного введення енергії і нанотехнологій на титановому сплаві ВТ23. Для сплаву ВТ23 оптимальний вплив інтенсивності імпульсного введення енергії на максимальне зростання пластичної деформації виявлено при величині раптового приросту деформації  $\epsilon_{\text{імп}} = 3,0 \dots 3,5 \%$ , під час введення імпульсної енергії. В даному випадку одержано збільшення пластичної деформації сплаву, порівняно з вихідним станом, на 30,0 - 35,0 %. Використовуючи цей оптимальний вплив інтенсивності імпульсного введення енергії в титановий сплав ВТ23 з використанням вище описаного способу додатково зміцнено поверхневі шари сплаву ВТ23.

Випробування проводили з використанням колоїдних розчинів наночастинок вольфраму, карбїду вольфраму, спеціального полімерного матеріалу і вуглецю. Після імпульсного підвантаження зразки повністю розвантажували, протирали спиртом поверхні зразків і на твердомірі НПО-10 за методом Віккерса вимірювали твердість поверхневого шару в робочій зоні й на головках зразків при робочому навантаженні 10 кг. Аналіз отриманих даних свідчить, що при використанні колоїдного розчину W можна збільшити макротвердість поверхневого шару титанового сплаву ВТ23 на 8,5...9,0 %, колоїдного розчину W-C – на 18,5...19,0 %, колоїдного розчину спеціального полімерного матеріалу – на 8,0 – 9,0 %, колоїдного розчину вуглецю – до 8,5 %. Спеціальними фізичними дослідженнями поверхневих шарів зразків із сплаву ВТ23 методом рентгенівської фотоелектронної (РФС) спектроскопії встановлено, що зміцнення поверхневих шарів титанового сплаву ВТ23 за рахунок ударно-коливального навантаження і використання нанорозчину вуглецю пов'язане з утворенням на поверхні суміші оксиду титану і карбїду титану, або оксикарбїду титану типу  $\text{TiO}_{2-x}\text{C}_x$ . Ці дані є фізичним доказом ефекту зміцнення поверхневих шарів сплаву ВТ23 за рахунок використання ударно-коливального навантаження і нанотехнологій.

Отже, запропоновано прості технологічні методи модифікування механічних властивостей двофазних титанових сплавів з використанням ударно-коливального навантаження і нанотехнологій. Вони мають високу ефективність для збільшення їх вихідних пластичних властивостей і зміцнення поверхневих шарів і можуть широко застосовані для виробів захисного спорядження.

1. Чаусов М.Г. Особливості деформування і руйнування пластичних матеріалів при ударно-коливальному навантаженні / М.Г.Чаусов, П.О.Марущак, А.П.Пилипенко, В.Б. Березін. – Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2018. - 288с.
2. Чаусов М.Г. Методика поліпшення пластичних властивостей листових двофазних високоміцних титанових сплавів за рахунок ударно-коливального навантаження: науково-методичні рекомендації для підприємств України з проектування та виробництва сільськогосподарської техніки / М.Г. Чаусов, А.П. Пилипенко, П.О. Марущак. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2017. – 48с.

УДК 667.64:678.026

Ігор Чихіра, к. т. н., доц., Олег Тотосько, к. т. н., Ігор Ярема, к. т. н., с. н. с.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗШИВАННЯ МАТРИЦІ У ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ КАРБІДОМ БОРУ

Igor Chihira, Ph.D., Assoc. Prof., Oleg Totosko, Ph.D., Igor Yarema, Ph.D.  
INVESTIGATION OF INTENSITY SATURATION FOR MATRIX IN EXTERNAL SURFACE LAYERS OF EPOXY COMPOSITES FILLED WITH CARBONATE BAR

Розвиток сучасної промисловості вимагає створення нових металоенергозберігаючих технологій. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є розроблення нових композитних матеріалів.

Відомо, що структура ЗПШ навколо наповнювача змінюється залежно від віддалі до його поверхні [1]. Враховуючи те, що інтенсивність кольору ЗПШ відрізняється від аналогічних параметрів матриці та наповнювача (табл. 1), можна стверджувати про відмінність структури і властивостей ЗПШ як від наповнювача, так і від матриці. Зміна інтенсивності кольору шару на різній віддалі від дисперсної частки також дозволяє стверджувати про гетерогенну структуру самого зовнішнього поверхневого шару, тобто - про різний ступінь зшивання полімерного зв'язувача залежно від відстані до поверхні наповнювача.

Таблиця 1

Відношення інтенсивності кольору шару до інтенсивності кольору матриці для КМ, що містить карбід кремнію

| τ, хв | Часові параметри тверднення |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|-------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|       | 5 хв.                       |                        |                        | 60 хв.                 |                        |                        | 180 хв.                |                        |                        | 300 хв.                |                        |                        |
|       | $\frac{I_{ш0,1}}{I_m}$      | $\frac{I_{ш0,5}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,9}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,1}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,5}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,9}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,1}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,5}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,9}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,1}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,5}}{I_m}$ | $\frac{I_{ш0,9}}{I_m}$ |
| I     | 0,823                       | 0,872                  | 0,936                  | 0,719                  | 0,801                  | 0,900                  | 0,793                  | 0,873                  | 0,937                  | 0,775                  | 0,792                  | 0,883                  |
| II    | 0,863                       | 0,924                  | 0,959                  | 0,813                  | 0,859                  | 0,964                  | 0,786                  | 0,843                  | 0,793                  | 0,799                  | 0,833                  | 0,914                  |
| III   | 0,854                       | 0,890                  | 0,945                  | 0,789                  | 0,799                  | 0,908                  | 0,811                  | 0,861                  | 0,903                  | 0,775                  | 0,836                  | 0,866                  |
| IV    | 0,817                       | 0,845                  | 0,886                  | 0,807                  | 0,856                  | 0,912                  | 0,782                  | 0,834                  | 0,913                  | 0,796                  | 0,850                  | 0,903                  |
| V     | 0,811                       | 0,831                  | 0,874                  | 0,805                  | 0,850                  | 0,932                  | 0,789                  | 0,841                  | 0,873                  | 0,815                  | 0,887                  | 0,887                  |
|       | <b>0,834</b>                | <b>0,872</b>           | <b>0,920</b>           | <b>0,787</b>           | <b>0,833</b>           | <b>0,923</b>           | <b>0,792</b>           | <b>0,850</b>           | <b>0,884</b>           | <b>0,792</b>           | <b>0,840</b>           | <b>0,890</b>           |

### Література

1. Стухляк П.Д. Эпоксидные композиты для защитных покрытий / Стухляк П.Д. – Тернополь: Збруч, 1994. – 177 с.

УДК 534.134

Петро Ясній, д. т. н., проф., Юрій Пиндус, к. т. н., доц., Михайло Гудь  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОВНЮВАЧА НА ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДСИЛЕНОЇ ОБОЛОНКИ

Petro Yasniy., Dr., Prof., Pyndus Yuriy., Ph.D., Assoc. Prof., Mykhailo Hud  
INFLUENCE OF PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE  
FILLER ON THE FREQUENCY OF THE OWN ROLLS OF THE CYLINDRICAL  
MODEL OF THE LONG-TERM SHELL

Підсилені стрингерами та шпангоутами циліндричні оболонки знайшли широке застосування у різних галузях економіки, зокрема у ракетобудуванні, для виготовлення обтікачів та оболонок ракет носіїв, в авіаційній промисловості та інших галузях народного господарства. За звичних умов експлуатації на такі оболонки діють аеродинамічні навантаження від оточуючого газового середовища та двигунів.

Динаміку підсиленних оболонкових елементів досліджено у працях [1,2]. Експериментальні методи досліджень наведено в роботі [3].

Метою роботи є дослідження впливу фізико-механічних характеристик наповнювача на частоти власних коливань афінно-подібної підкріпленої моделі повнорозмірної підсиленої оболонки.

Основу для розробки моделі взято I ступінь ракети-носія, довжина якої становить 6300 мм, а діаметр 1800 мм, товщина стінки 1,5 мм [2]. При розробці моделі застосовано узагальнений варіант геометричної подібності, при якому допускається нерівність масштабних коефіцієнтів вздовж окремих координат (афінна подібність). Довжина підкріпленої циліндричної моделі становить 1500 мм, діаметр 400 мм. Товщина стінки циліндра 1,5 мм. У моделі використовували стрингери з рівностороннього кутника 10x10x1,5 мм які розміщували на внутрішній поверхні зберігаючи тотожне відношення між площами підкріплених та вільних ділянок моделі та дійсного об'єкта. Стиковочні шпангоути змодельовані у вигляді накладок товщиною 1,5 мм та шириною 100 мм. Для виготовлення моделі оболонки та стрингерів застосовували алюмінієвий сплав Д16АТ з наступними механічними характеристиками: модуль Юнга  $E = 7.2 \times 10^5$  МПа; коефіцієнт Пуассона  $\nu = 0,3$ ;  $\rho = 2,7 \cdot 10^4$  Н/м<sup>3</sup>.

Для дослідження впливу фізико-механічних характеристик наповнювача на частоти власних коливань, за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) з використанням програмного забезпечення ANSYS було досліджено власні частоти коливань повнорозмірної циліндричної оболонки, модельної циліндричної оболонки з наповнювачем та без нього.

Для наближення частот досліджено поведінку моделі циліндричної оболонки з наповнювачами із наступними фізико-механічними властивостями:

- а)  $\rho = 1,0 \cdot 10^3$  Н/м<sup>3</sup>,  $E = 1,6$  МПа;
- б)  $\rho = 1,5 \cdot 10^3$  Н/м<sup>3</sup>,  $E = 1,6$  МПа;
- в)  $\rho = 2,0 \cdot 10^3$  Н/м<sup>3</sup>,  $E = 1,6$  МПа.

Як помітно з результатів дослідження (Таб.1.) наповнювачі в 10 -20 разів зменшують власні частоти коливань підсиленої моделі оболонки в залежності від характеристик. Таким чином, використання наповнювача дозволяє побудувати модель повнорозмірної циліндричної оболонки з характеристиками власних частот наближеними до повнорозмірної оболонкової конструкції. Це є важливо для

обґрунтування методик експериментальних досліджень коливань і втомної міцності таких оболонок з використанням модельних малорозмірних конструкцій.

Таблиця №1

Власні частоти повнорозмірних та масштабних підсилених оболонок з урахуванням власної ваги із наповнювачем та без нього (в Hz)

| №  | Власна частота коливань повнорозмірної підкріпленої оболонки | Власна частота коливань підкріпленої моделі оболонки (без наповнювача) | Власна частота коливань підкріпленої оболонки ( з наповнювачем по типу а) | Власна частота коливань підкріпленої оболонки ( з наповнювачем по типу б) | Власна частота коливань підкріпленої оболонки ( з наповнювачем по типу в) |
|----|--|--|---|---|---|
| 1  | 14,2   | 153.7  | 7.2   | 0.0000  | 0.0000  |
| 2  | 14,2   | 153.7  | 9.1   | 0.0000  | 0.0000  |
| 3  | 14,9   | 162.1  | 9.8   | 0.0000  | 0.0000  |
| 4  | 14,9   | 162.1  | 10.9  | 0.0000  | 0.0000  |
| 5  | 16,5   | -  | 11.0  | 1.0304  | 0.0000  |
| 6  | 16,5   | -  | 12.0  | 4.7477  | 0.0000  |
| 7  | 19,9   | -  | 12.1  | 5.6276  | 0.0000  |
| 8  | 20,2   | -  | 12.7  | 6.0857  | 0.0000  |
| 9  | 20,2   | -  | 12.7  | 6.2095  | 0.0000  |
| 10 | 20,7   | -  | 13.2  | 6.7531  | 0.0000  |
| 11 | 24.9   | -  | 13.3  | 7.2385  | 0.0000  |
| 12 | 24.9   | -  | 14.1  | 7.6346  | 0.0000  |

### Висновки.

1. Побудовано скінченно-елементну афінно-подібну модель підкріпленої циліндричної тонкостінної оболонки з наповнювачем.
2. Методом скінченних елементів обчислено власні частоти коливань афінно-подібної моделі оболонки з наповнювачем із різними фізико-механічними параметрами.
3. Встановлено, що частоти власних коливань моделі при наявності наповнювача знижуються в межах одного-двох порядків у порівнянні з власними частотами повнорозмірної циліндричної оболонки.

### Список використаної літератури

1. Моссаковский В. И. Прочность ракетных конструкций / В. И. Моссаковский, А. Г. Макаренко, П.И. Никитин, Ю. И. Савин, И. Н. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1990. – 358 с.
2. Ясній, П.В. [Аналіз частот і форм власних коливань підсиленних циліндричних оболонок](#)(текст)/ П.В. Ясній , Ю.І. Пиндус , М.І. Гудь.// Вісник Тернопільського національного технічного університету.-2016.-№3.-С.7-15.
3. Амиро И.Я. Устойчивость ребристых оболочек вращения / И. Я. Амиро, О. А. Грачев, В. А. Заруцкий, А. С. Пальчевский, Ю. А. Санников. – К.: Наукова думка, 1987, 180 с.

**Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНО- ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

**Голови:** д.т.н., проф. І.В. Луців, д.т.н., проф. Т.І. Рибак, д.т.н., проф. М.І. Пилипець, д.т.н., проф. М.І. Підгурський, д.т.н., проф. Попович П.В., д.т.н., проф. Ляшук О.Л.

**Вчений секретар:** к.т.н., доц. В.О. Дзюра

**УДК 631.316.022**

**А.В. Бабій, к. т. н., доц.; С.І. Коноваленко; М.В.Бабій, к. т. н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОКОЛИВНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ  
КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ В ҐРУНТІ**

**A. Babių, Ph.D., Assoc. Prof.; S. Konovalenko; M. Babii, Ph.D.**

**RESEARCH OF AUTOOSCILLATIONS PROCESS OF CULTIVATOR LEG  
MOVEMENT IN SOIL**

Підвищення продуктивності та надійності сільськогосподарських машин залишається актуальним і на даному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування. Процеси силової взаємодії робочих органів із ґрунтовим середовищем як вихідні параметри до виконання розрахунків на міцність вивчені ще не достатньо. Тому при моделювання динамічних задач, наприклад, руху культиваторної лапи на пружній стійці ґрунтовим середовищем сповнені певних труднощів.

Аналізуючи властивості ґрунту при його силової взаємодії з робочим органом у вигляді клина та ряд літературних джерел, можна запропонувати в якості закону зміни опору ступеневу функцію, модульні значення якої визначаються при проведенні експериментальних досліджень, рис. 1.

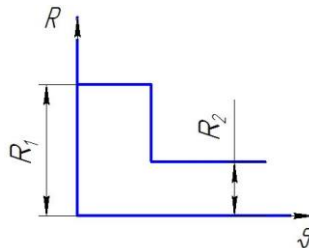


Рисунок 1 – Ступенева функція опору ґрунту

При русі культиваторної лапи із заданою жорсткістю стійки в середовищі з таким опором будемо спостерігати наступне. З початком руху рама культиватора переміщається, а сама лапа залишається нерухомою, при цьому зростає сила пружності її стійки

$$F(t) = -cx(t). \quad (1)$$

де  $c$  – жорсткість стійки лапи;  $x(t)$  – переміщення, що залежить від часу  $t$ .

Якщо на даній ділянці (мікрорівень) опір ґрунту  $R_1$ , то рух лапи почнеться при досягненні силою пружності стійки  $F(t)$  цього значення. Далі при невеликому переміщенні відбудеться сколювання ґрунту і опір різко зменшиться до значення  $R_2$ . В цей момент відбудеться зрив лапи і вона переміщатиметься під дією сили пружності стійки. Це приймемо за початок відліку часу ( $t = 0$ ) та вважатимемо, що у цей момент нулю дорівнюють як початковий зсув  $x$ , так і початкова швидкість  $\dot{x}$ , тобто

$$x(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0. \quad (2)$$

З іншого боку, миттєвий стрибок швидкості лапи неможливий, оскільки сила, що діє на лапу має кінцеве значення і визначається різницею  $R_1 - R_2$ .

Звідси є зрозумілим, що при русі машини швидкості лапи  $\dot{x}$  і закріплення стійки  $g$  відрізняються, а тому сила пружності стійки  $F(t)$  буде зменшеною на  $\Delta F$  із-за різниці переміщень, тобто

$$F(t) = R_1 - \Delta F, \quad (3)$$

де  $\Delta F = c(x - \mathcal{G}t)$ .

Складаємо диференціальне рівняння руху лапи, яке має вигляд

$$m\ddot{x} = R_1 - \Delta F - R_2 \text{ або } m\ddot{x} + c(x - \mathcal{G}t) = R_1 - R_2. \quad (4)$$

Розділивши обидві частини рівняння на  $m$  та позначивши  $p^2 = \frac{c}{m}$  – квадрат власної частоти системи, отримаємо

$$\ddot{x} + p^2 x = p^2 \mathcal{G}t + \frac{R_1 - R_2}{m}. \quad (5)$$

Рішення цього рівняння, що відповідає початковим умовам (2), має вигляд

$$x = \mathcal{G}t - \frac{\mathcal{G}_0}{p} \sin(pt) + \frac{R_1 - R_2}{c} (1 - \cos(pt)). \quad (6)$$

Аналізуючи рівняння (6) видно, що перший доданок правої частини описує рівномірний рух із швидкістю закріплення стійки, а решту доданків – додаткові коливання лапи. Швидкість лапи змінюється згідно із законом

$$\dot{x} = \mathcal{G} - \mathcal{G} \cos(pt) + \frac{p(R_1 - R_2)}{c} \sin(pt). \quad (7)$$

В якийсь момент лапа зупиниться, коли її відносна швидкість  $\dot{x}$  дорівнюватиме нулю, тобто  $\dot{x} = 0$ .

Тоді вираз швидкості лапи (7) перетвориться у трансцендентне рівняння

$$\mathcal{G} - \mathcal{G} \cos(pt_1) + \frac{p(R_1 - R_2)}{c} \sin(pt_1) = 0, \quad (8)$$

тут  $t_1$  – час від зриву до нової зупинки.

Для визначення часу  $t_1$  введемо безрозмірний параметр

$$\alpha = \frac{p(R_1 - R_2)}{c \mathcal{G}_0}. \quad (9)$$

Тоді умова зупинки прийме вигляд

$$\alpha \sin(pt_1) = \cos(pt_1) - 1, \quad (10)$$

звідки найменший відмінний від нуля час буде становити

$$t_1 = \frac{2}{p} [\pi - \arctg(\alpha)]. \quad (11)$$

Знайшовши значення  $t_1$ , можна за виразом (6) визначити переміщення лапи  $x_1$  до моменту зупинки, тобто шлях, що пройдений лапою за час  $t_1$

$$x = \mathcal{G}t_1 - \frac{\mathcal{G}}{p} \sin(pt_1) + \frac{R_1 - R_2}{c} (1 - \cos(pt_1)) = \mathcal{G}t_1 + \frac{2\alpha \mathcal{G}}{p}. \quad (12)$$

Таким чином, за отриманими виразами можна визначити силу пружного опору стійки у момент зупинки лапи. Оскільки опір  $R_2 < R_1$ , то лапа деякий час  $t_2$  залишатиметься на місці. Далі процес циклічно повторюватиметься, а період коливання становитиме

$$T = t_1 + t_2. \quad (13)$$

Розвиток досліджень буде спрямовано на експериментальне віднаходження сил опору ґрунту, переміщень та швидкостей лапи культиватора при заданій жорсткості її стійки та в кінцевому результаті моделювання коливного процесу системи лапа-стійка з метою підвищення ефективності роботи такого ґрунтообробного знаряддя.

УДК 631.356.2

Барановський В.М.<sup>1</sup>, д. т. н., проф., Теслюк В.В.<sup>2</sup>, д. с.-г. н, проф., Онищенко В.Б.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

**ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ  
 ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОЧИСНИКА**

Baranovsky V.M., Dr., Prof., Teslyuk V.V., Dr., Prof., Onischenko V.B., Ph.D., Assoc. Prof.

**FUNCTIONAL MODEL OF THE PROCESS OF THE TRANSFER OF  
 COMPONENTS OF CORNERPRODULS WITH WORKING BODIES OF THE  
 OWNER**

Основним фактором зміни технологічних властивостей процесу сепарації домішок є переміщення компонентів вороху коренеплодів по робочих органах очисників, яке можна подати у вигляді функціональної залежності, що характеризує взаємозв'язок цих переміщень, або руху ґрунтових домішок (випадок I, рисунок) і коренеплодів (випадок II) залежно від зміни параметрів процесу (властивостей компонентів, параметрів робочих органів тощо).

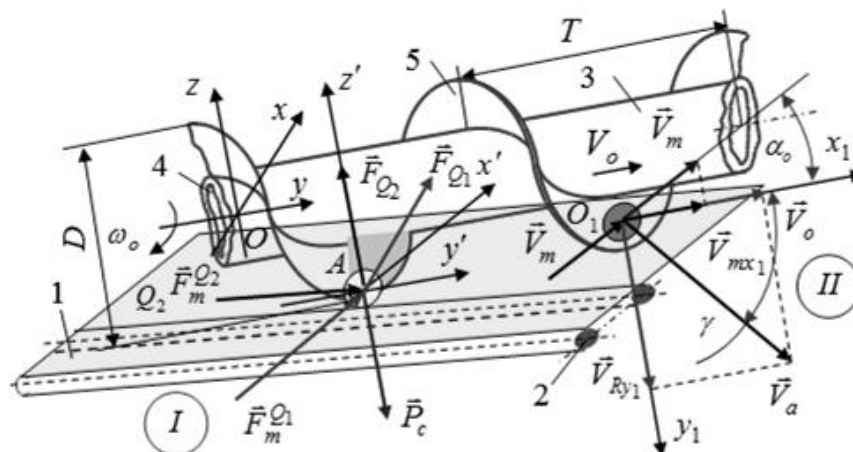


Рис 1. Схема до розрахунку руху компонентів вороху коренеплодів по поверхнях робочих органів очисника

У випадку I (рисунок) переміщення ґрунтових домішок формалізовано, як рух ґрунтового середовища (сипучого ґрунту та грудок ґрунту) по поверхні витків 5 шнека 3 і прутків 2 транспортера 1. При цьому рух ґрунтового шару, який представлено у вигляді зв'язаного матеріального тіла масою  $m_c$ , що приведене в точку A нерухомої системи координат  $Ax'y'z'$  і знаходиться на гвинтовій поверхні  $Q_1$  витка шнека та прутках, робоча поверхня яких утворює поверхню  $Q_2$  та на яке діють: сила тяжіння  $\vec{P}_c = (-\rho_c V_c \vec{g}; 0; 0)$ , де  $\rho_c, V_c$  – питома маса ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) і об'єм ( $\text{м}^3$ ) ґрунту; сили реакції

витка  $\vec{F}_{Q_1} = f_{Q_1} \vec{j}_{Q_1} \sin \alpha_n$  та сила реакції прутків  $\vec{F}_{Q_2} = \sum_{i=1}^{z_n} \vec{F}_{Q_2}^i = f_{Q_2} \vec{j}_{Q_2} z_n$ , де  $f_{Q_1}, f_{Q_2}$  – нормальна реакції в'язі відповідної поверхні,  $\alpha_n = \arctg(T / \pi D)$  – кут підйому гвинтової лінії витків шнека, град,  $T, D$  – крок і діаметр шнека (м),  $\vec{j}_{Q_1}, \vec{j}_{Q_2}$  – одинична нормаль до відповідної поверхні,  $z_n$  – кількість контактуючих прутків; сила тертя ковзання тіла  $\vec{F}_m^D = -f_m^{Q_1} \left| \vec{F}_{Q_1} \left| \left( \frac{\vec{R}_A}{dt} \right) - \vec{V}_{Q_1} \right| \right|$  по поверхні  $Q_1$ , сила тертя ковзання тіла  $\vec{F}_m^{Q_2} = -f_m^{Q_2} \left| \sum_{i=1}^{z_n} \vec{F}_{Q_2}^i \right| \sin \varphi_o \left| \left( \frac{\vec{R}_A}{dt} \right) - \vec{V}_m \right|$  по поверхні  $Q_2$ , де  $f_m^{Q_1}, f_m^{Q_2}$  – коефіцієнт тертя ковзання відповідної поверхні,  $\vec{R}_A$  – біжучий вектор положення тіла в площині  $Ax'z'$ ,  $\vec{V}_{Q_1}, \vec{V}_m$  – вектор швидкості руху відповідної поверхні  $Q_1$  та  $Q_2$  відносно точки  $\vec{R}_A(t)$ , при цьому  $\vec{R}_A(t) = [z'_A(t); x'_A(t); y'_A(t)]$ .

Введемо нерухому просторову систему координат  $Oxyz$  (рис. 3.11) у якій вісь  $Oy$  співпадає з віссю обертання шнека, а вісь  $Ox$  розташована горизонтально площині  $Q_2$  та додаткову систему координат  $Ax'y'z'$ , яка безпосередньо зв'язана з центром приведеної маси  $m_c$ , тобто точкою  $A$ .

Поряд з обертальним рухом шнека на кут повороту  $\varphi_A(t) = 2\pi(d\varphi_o / dt)t + \varphi$ , де  $\varphi_A$  – кут, який визначає положення матеріального тіла відносно вертикальної площини  $x'Az'$  за час повороту  $t$ ,  $d\varphi_o / dt = \omega_o$  – кутова швидкість шнека (рад/с),  $\varphi = const$  – відносний кут повороту шнека при  $t = 0$ ,  $d\varphi / dt = \omega$  – кутова швидкість відносного руху матеріального тіла, шнек здійснює плоско паралельний рух у площині  $x'Ay'$ , переміщення якого задано канонічним рівнянням  $[z'_A(t); y'_A(t); x'_A(t)] = [z'_A(t); y'_A(t); 0]$ ,  $t \geq 0$ , де за умови  $y' = 0$   $z'_A$  і  $y'_A$  можна задати у вигляді

$$\left. \begin{aligned} z'_A(t) &= -f[\varphi_A(t) \cos \varphi_A(t)] + g[\varphi_A(t) \sin \varphi_A(t)]; \\ y'_A(t) &= -f[\varphi_A(t) \sin \varphi_A(t)] - g[\varphi_A(t) \cos \varphi_A(t)] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Рішення задачі зводиться до знаходження реакцій в'язі поверхні витка шнека



$f_{Q_1}$  та поверхні прутка транспортера  $f_{Q_2}$ .

З урахуванням канонічного рівняння обертання шнека та його поступального руху згідно з (1), отримано:

$$\vec{V}_{Q_1} = \frac{d}{dt} [0,5D \cos \varphi_A(t); 0,5D \sin \varphi_A(t); 0] + \frac{d}{dt} [z'_A(t); x'_A(t); 0], \quad (2)$$

або

$$\vec{V}_{Q_1} = (-2\pi(d\varphi_o/dt) \cdot x' + dz'_A/dt; (dy'_A/dt) + 2\pi(d\varphi_o/dt) \cdot z'; 0). \quad (3)$$

У результаті рішення системи рівнянь руху грудок ґрунту приведеною масою  $m_c$  у нерухомі системі координат  $Oxy$ , яку складено згідно з класичними законами механіки відносно одиничних нормалей  $\vec{j}_{Q_1}$ ,  $\vec{j}_{Q_2}$ , отримано:

$$f_{Q_1} = 2\rho_c V_c \left[ \frac{f_m^{Q_2} \pi^2 D z_n \frac{d\varphi_o}{dt} \left[ D \left( \frac{d\varphi_o}{dt} \right)^2 + g \cos \varphi_o \right] + \pi g (\sin \varphi_o + ctg \alpha_n)}{2 \left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_m \right|} + 1 + \frac{2\pi f_m^{Q_1}}{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_{Q_1} \right|} \left( \frac{d(x'_A)}{dt} \cos \varphi_o - \frac{d(z'_A)}{dt} \sin \varphi_o - f_m^{Q_2} \left( \frac{d(y'_A)}{dt} \sin \varphi_o + \frac{d(z'_A)}{dt} \cos \varphi_o \right) \frac{\pi D (d\varphi_o/dt)}{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_m \right|} \right) \right]; \quad (4)$$

$$f_{Q_2} = \rho_c V_c \left[ 0,5D \left( \frac{d\varphi_o}{dt} \right)^2 + g \cos \varphi_o \right] + \left[ \frac{d(z'_A)}{dt} \cos \varphi_o + \frac{d(x'_A)}{dt} \sin \varphi_o \right] \sin \alpha_n \cdot (5)$$

$$+ f_m^{Q_1} f_{Q_1} \sin \varphi_o \left[ \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \frac{d}{dt} [0,5D \cos \varphi_A(t); 0,5D \sin \varphi_A(t)] - \frac{d}{dt} [z'_A(t); x'_A(t); 0] \right]$$

УДК 631.356.2

Віктор Барановський, д. т. н., проф., Сергій Мариненко, к. т. н., доц., Віктор Сенчишин

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

### ОПТИМІЗАЦІЯ КУТА ВІДБИВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ

Viktor Baranovsky, Dr., Prof., Sergii Marinenko, Ph.D., Assoc. Prof., Viktor Senchishin  
OPTIMIZATION OF THE ANGLE OF REFLECTION OF ROOT CROPS

Характер зміни кута відбивання коренеплодів  $\psi$  регламентує ступінь пошкодження коренеплодів під час їх контакту з витком шнека.

Забезпечення мінімальних пошкоджень коренеплодів під час їх взаємодії з витком шнека досягається у випадку, коли після взаємодії з витком шнека коренеплоди не відбиваються від поверхні витка шнека з результируючою швидкістю  $V_{p,xy}$  та не повертаються знову до витка на повторну взаємодію з ним, відлітаючи знову від нього з повторною результируючою швидкістю  $V_{1p,xy}$  (рисунок), а переміщуються витками шнека

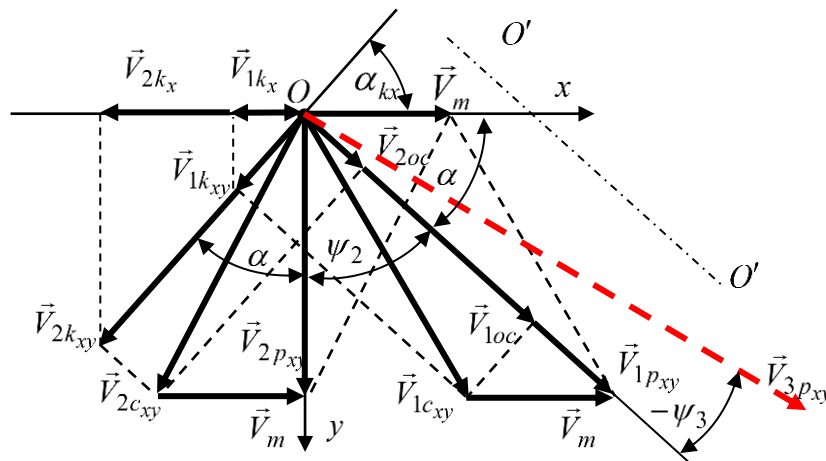


Рис. 1. Схема для розрахунку кута відбивання коренеплодів  $\psi$

переміщення коренеплоду  $\vec{V}_{1oc}$  відносно поздовжньої осі  $O'O'$  обертання шнека, або в частковому випадку  $\vec{V}_{2p,xy}$  співпадає з напрямком осі  $Oy$ , або  $\vec{V}_{3p,xy}$  направлений в сторону осі обертання шнека  $O'O'$ , тобто у цих випадках повинні бути забезпечені умови, відповідно:  $\psi_1 = 0$ ;  $0 \leq \psi_2 \leq \pi/2 - \alpha$ ;  $\pi/2 - \alpha \leq -\psi_3 \leq \alpha$ .

У випадку  $\pi/2 - \alpha \leq -\psi_3 \leq \alpha$  коренеплоди після контактної взаємодії з витком шнека рухаються в напрямку вектора  $\vec{V}_{3p,xy}$  або в бік барабана шнека та знову контактують із поверхнею барабана, що є не раціональнішим режимом у плані забезпечення мінімальних пошкоджень, тому даний випадок руху коренеплодів не розглядаємо.

Таким чином умову оптимізації кута відбивання коренеплодів  $\psi$  або напрямку руху коренеплодів після їх контактної взаємодії з витком шнека запишемо у наступному вигляді

$$0 \leq \psi \leq \pi/2 - \alpha. \quad (1)$$

Тоді можна записати

вздовж осі обертання  $O'O'$ , або в частковому випадку переміщуються вздовж напрямку осі  $Oy$ , або в напрямку до осі обертання витків шнека  $O'O'$  (в сторону барабана шнека).

Дана умова виконується у випадку, коли напрямок вектора результируючої швидкості  $\vec{V}_{1p,xy}$  (рис.1)

співпадає з напрямком вектора швидкості

$$0 \leq \psi = \operatorname{arctg} \frac{D \frac{d\varphi}{dt} \operatorname{ctg} \left( \alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}} \right)}{\sqrt{\left( D^2 \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{V_m^2}{\theta} - \frac{DV_m}{\sqrt{\theta}} \frac{d\varphi}{dt} \right) \sin \left( \alpha - \arccos \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\theta}} \right)}} \leq \frac{\pi}{2}, \quad (2)$$

або

$$0 \leq \psi = \operatorname{arctg} \frac{D \frac{d\varphi}{dt} \cos \left( \alpha - \arccos \left( \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\cos^2 \varphi + k_V^2 \operatorname{tg}^2 [(\pi/4) - 0,5\varphi_k]} \right)} \right)}{\sqrt{\left( D^2 \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{V_m^2}{\cos^2 \varphi + k_V^2 \operatorname{tg}^2 [(\pi/4) - 0,5\varphi_k]} - \frac{DV_m}{\sqrt{\cos^2 \varphi + k_V^2 \operatorname{tg}^2 [(\pi/4) - 0,5\varphi_k]} } \frac{d\varphi}{dt} \right) \times \sin \left( \alpha - \arccos \left( \frac{\cos \varphi}{\sqrt{\cos^2 \varphi + k_V^2 \operatorname{tg}^2 [(\pi/4) - 0,5\varphi_k]} \right)} \right)}} \leq \frac{\pi}{2} \quad (3)$$

Одержані залежності (2), (3) є диференціальним записом детермінованої математичної моделі, яка характеризує залежність зміни кута відбивання коренеплодів  $\psi$  від конструктивно-кінематичних параметрів очисника, або напрямок переміщення (руху) коренеплодів після контакту з витком шнека за умови забезпечення їх мінімальних пошкоджень.

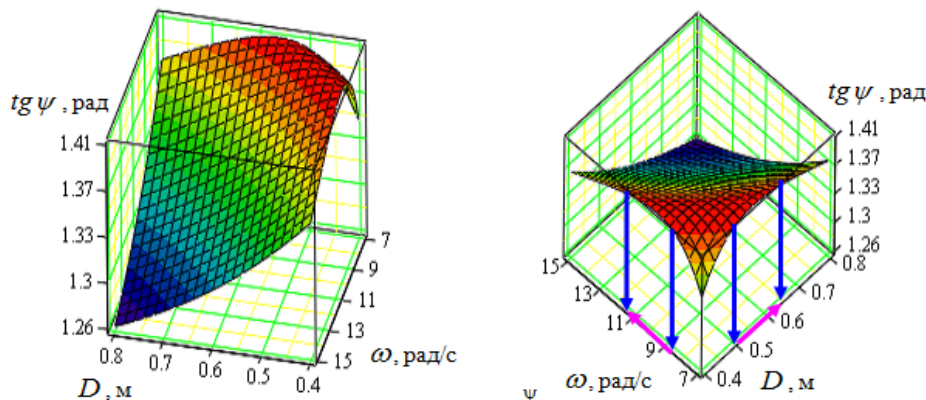


Рис. 2. Зміна кута відбивання коренеплодів  $\psi$   
 як функціонал  $\psi = f(\omega, \alpha) \geq 0$ ,  $\pi/6 \leq \alpha \leq \pi/2$  для  $D = 0,8$  м

Аналіз побудованих графічних залежностей (рис. 2) показує, що кут відбивання коренеплодів  $\psi$  у межах зміни конструктивно-кінематичних параметрів шнека  $0,4 \leq D \leq 0,8$  (м),  $7 \leq \omega \leq 15$  (рад/с) для значення кута встановлення шнека  $\alpha = 45^\circ$  відносно початкового напрямку руху коренеплодів, кута повороту шнека  $\varphi = 45^\circ$  та кута підйому гвинтової лінії навивання витків шнека  $\beta = 30^\circ$  змінюється в незначному діапазоні – приблизно від 50 до 55 (град), тобто в даному випадку можна констатувати, що у загальному контексті вплив діаметра шнека  $D$  та кутової швидкості шнека  $\omega$  на величину зміни кута  $\psi$  доволі незначний. На основі цього можна зробити висновок, що при збільшенні  $D$  і  $\omega$  до межі 0,65 м і 11,5 рад/с кут відбивання  $\psi$  практично не змінюється (є постійним) і становить приблизно 53 град.

**UDC 621.81**

**V. Vasykiv, Dr., Prof., L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.**  
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

## **FACTORS INFLUENCING THE VALUE OF SPRING BACK OF SHEET MATERIAL IN BENDING**

**В. Васильків, д.т.н., проф.; Л. Данильченко, к.т.н., доц.**  
**ЧИННИКИ ВПЛИВУ НА ВЕЛИЧИНУ ВІДПРУЖИНЕННЯ ЛИСТОВОГО  
МАТЕРІАЛУ ПРИ ГНУТТІ**

One of the most sensitive features of the sheet metal forming is the elastic recovery during unloading called spring back. Sheet metals are prone to some amount of spring back depending on elastic deformation. Obtaining the desired size, shape depends on the prediction of spring back. Accurate prediction and controlling of spring back is essential in the design of tools for sheet metal forming. The spring back is affected by the factors such as sheet thickness, material properties, tooling geometry etc.

Bending processes are used to form the sheet metals. The major problem in bending process is the spring back or spring-go. The spring back is a complex phenomenon and it depends on process parameters and material parameters. A lot of research has been done to investigate the parameters affecting spring back and to reduce spring back. Over bending is the simplest way of combating spring back problem, especially in V-die air bends. The work piece is bent through a greater angle than required and the work piece springs back to the required angle. Spring back for low –carbon and soft non ferrous material is from 0 to 20. For 0.40 to 0.50 carbon steel and half hard materials spring back may vary from 3 to 50. Spring back may be as high as 10 to 150 in the harder materials. These figures are only used as approximations because of other variables that influence spring back. The practical way to determine the necessary amount of over bend is trial and error method. In recent years the Finite Element Analysis is considered as an effective tool for the prediction of the spring back.

The elastic stresses remaining in the bend area after bending pressure were released will cause a slight decrease in the bend angle. Metal movement in this type is known as spring back. The magnitude of the movement will vary according to the material type, thickness and hardness. A larger bend radius will also cause grater spring back. Commercially available finite element analysis (FEA) software is used to analyze bending and spring back of different aluminum materials of different thickness. For forming process the material is stressed beyond elastic limit so that the permanent deformation takes place. The material state becomes the plastic deformation zone; hence the sheet metal can be formed.

Spring back refers to the elastic recovery of deformed parts. Spring back occurs because of the elastic relief from the bending moment imparted to the sheet metal during forming. Spring back is common and inevitable in each stage of the production process where the material undergoes geometrical changes. Accordingly, factors related to the generation of stress in the material during loading and unloading processes influence the spring back behavior of press-formed parts. In every industry, quality and productivity are major issues for being competitive. For example, a car frame needs to be designed to achieve strength requirements and aesthetic aspects; on the other hand, cost of production and repeatability is crucial to the business. A stamping process has been one solution used in practice to achieve these goals in the sheet metal fabrication business. However, spring back, a shape discrepancy between the fully loaded and unloaded configurations, undermines the stamping benefits, since a major effort on the tooling design is needed to compensate spring back.

According to the shape of the product, the bending is divided into the following: Air

bending .U- bending, V-bending, Roll bending, Edge bending. The accuracy and success of the bending process depends upon the operating parameters as well as, material properties, clearance, radius of the die and punch, friction condition etc. In past, sheet metal bending processes are dependent on the designer's experience and involve trials and errors to obtain the desired result. Many analytical models are proposed to study spring back in bending by using simple beam or plate bending and these models use a simplified assumption.

The nature of the bending process. V-Bending: A V-bending operation is commonly performed by compressing the metal strip between a matching V- shaped punch and die. In most of the air bending, or free bending, a sheet is commonly supported by two shoulders of a stationary die. The advantages of the V-bending die are the economical set-up time and fabrication of a wide of part size and complex shape It has the advantage over other bending processes, for ample, there is no need to change the dies to obtain different bending angles. The basic advantages of the V-die bending process are as follows: a simple tool design, an economical setup time, and an enormous range of sizes and complex shapes that can be fabricated for the part but in contrast result in less accuracy.

Methods and methodology.

1. Finite Element Method. In this method of analysis, a complex region defining a continuum is discretized into simple geometric shapes called finite elements. The material properties and the governing relations are considered over these elements and expressed in terms of unknown values at element corner. An assembly process, duly considering the loading and constraints, results in a set of equations, solution of these equations gives us the approximate behavior of the continuum. The analysis which uses FEM is known as FEA. A general purpose FEA program consists of three modules; a pre-processor, a solver, and a post processor. Commercial FEA programs can handle very large number of nodes and nodal degrees of freedom provided a powerful hardware is made available. User's manual, theoretical manual, and verification problems manual, document a commercial FEA program

2. Non Linear Analysis. In it an initial condition at the start of each increment is the state of the model at the end of the previous one. This dependency vides a convenient method for following complex loading histories, such as a manufacturing process. At each increment, the solver iterates for equilibrium using a numerical technique such as the Newton Raphson method. Due to the iterative nature of the calculations, non linear FEA is computationally expensive, but reflects the real life conditions more accurately than linear analyses.

3. Newton Raphson method. Newton Raphson method is the widely used technique to arrive at the solution for the non linear problems. Concept of time: the loads in a non linear analysis are applied in an incremental manner. Hence while simulating such behavior needs specify the load as a function of time. The time is just used to define the pattern in which the load should be increased for the model. The time specified here is completely a pseudo time and cannot be mistaken with the real time is used to apply time varying loads in a transient analysis.

Friction is an important but not very well known factor influencing spring back. Its modeling is difficult because this coefficient is probably different on the curved and flat parts of both the die and punch. Moreover, it is very difficult to measure those coefficients experimentally. So, better to use the same coefficient on all parts of all the tools and study the results obtained for different values. Spring back curves also exhibit an extremum. It is also important to note that the values of the parameters for low coefficient of friction are significantly different than the values for mean friction coefficients. That makes friction a very sensitive parameter.

## УДК 624.011

Іван Воронець, Андрій Сорочак, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГНУТОКЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ РАМ

Ivan Voronets, Andriy Sorochak, Ph.D.

#### FEATURES OF THE USE OF GLUED LAMINATED WOODEN FRAMES

Виготовлення дерев'яних клеєних конструкцій – відомий спосіб одержання продукції деревообробки із заданими експлуатаційними параметрами. Гнutoклеєні рами та арки є одним з основних класів несучих дерев'яних конструкцій. Їхня форма цілком відповідає більшості виробничих і громадських споруд (рис. 1). Вертикальні стійки і похилі ригелі служать основами для настилів покриттів і обшивок стін. Однак рами вимагають більшої витрати деревини на виготовлення, ніж арки, оскільки форма їх осей менше відповідає закономірностям діючих в них розподілених і, особливо, зосереджених навантажень [1]. У вітчизняному будівництві в основному застосовують однопролітні двохсхилі рами при прольотах 12...60 м та арки, що мають прольоти 12...80 м [2].

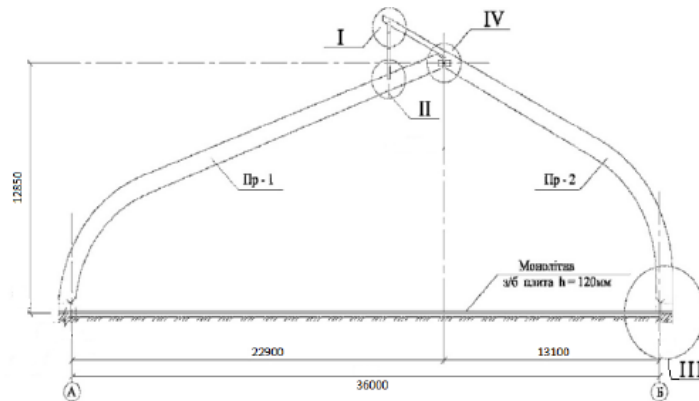


Рисунок 1 – Приклад проектованої гнutoклеєної дерев'яної рами

Перевагою гнutoклеєних трьохшарнірних рам є те, що вони складаються тільки з двох великих елементів – напіврам, що з'єднуються при зборці всього трьома вузлами-двома опорними і одним коньковим. Друга перевага – це змінна висота перерізів – макси-мальна в зоні згину, де діють максимальні згинальні моменти, і мінімальна в вузлах, де моменти відсутні. Також вони характеризуються підвищеною межею вогнестійкості і тривалим опором загниванню і руйнуванню в хімічно агресивних середовищах.

Їх недоліком є те, що технологія виготовлення гнutoклеєних дерев'яних напіврам змінного перерізу більш складна і трудомістка, ніж прямих елементів. При виготовленні цих напіврам застосовуються тонкі дошки, які дозволяють гнути їх по мінімально допустимому радіусу  $r \geq 150d$ , де  $d$  – товщина ламелі [2]. Це підвищує трудомісткість виготовлення, витрату деревини при остружці і клею. Крім того, у зонах карнизу для обпирання на них настилу покриття вимагаються додатково похилі стержні.

#### Література:

1. Кліменко В.З. Нова концепція проектування великопрогонових конструкцій з клеєної деревини / В.З. Кліменко // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – Випуск 5. – 2010. – С. 30-42.

2. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини / І.Г. Войтович. – Львів: Український державний лісотехнічний університет, «Інтелект-Захід», 2004. – 224 с.

УДК 621.86

Ів.Б. Гевко, д. т. н., проф., В.З. Гудь к.т.н., І.М. Шуст, асп.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ З МОБІЛЬНИХ БУНКЕРНИХ УСТАНОВОК

Ів.В. Nevko, Dr., Prof., V.Z. Hud, Ph.D., I.M. Shust

### OVERLOAD OF AGRICULTURAL CARGOES FROM MOBILE BUNKERS

Використання телескопічних шнеків дає можливість покращити ефективність перевантаження сільськогосподарських вантажів в польових умовах. Це реалізується шляхом вигвинчування однієї секції шнека з іншої і дозволяє ефективно проводити процес перевантаження на потрібну відстань [1].

Коротко проаналізуємо різні типи сільськогосподарської техніки (рис. 1) в конструкціях яких використовуються шнеки.



а) Універсальний агрегат при завантаженні сівалки



б) Універсальний бункер-перевантажувач фірми «EGRITECH»



в) Технологічні схеми універсального перевантажувача фірми «Ліліани МВА»



г) Зернозбиральні комбайни CASE 8120 AXIAL FLOW та New Holland CR10.90

Рисунок 1 - Конструкції сільськогосподарської техніки з шнеками

В універсальних агрегатах-перевантажувачах сільськогосподарських вантажів в польових умовах шнековий конвеєр розташовується як позаду так і спереду причепа (рис. 1.а – рис. 1.в). При цьому для досягнення необхідної відстані перевантаження шнековий конвеєр виконується складним і розкладається-складається з допомогою гідро чи пневмо устаткування, що робить конструкції універсальних агрегатів-перевантажувачів надто складними. На рис. 1.г представлено конструкції зернозбиральних комбайнів, оснащених шнековими конвеєрами. Для безперешкодного під'їзду вантажного транспорту попри жатку комбайна для перевантаження зернових з бункера комбайна у кузов автомобіля шнек комбайна виконують значної довжини, що часто при таких крупних габаритних розмірах ускладнює як рух самого комбайна при перевезенні і під час роботи, так і його конструкцію. Тому використання принципу телескопу в шнеках може мати широке застосування в різноманітних конструкціях сільськогосподарської техніки. Найбільшою проблемою в телескопічних шнеках є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа, що забезпечує ефективність транспортування вантажів. З цією метою нами розроблено ряд конструктивних рішень (рис. 2). На рис. 2. а зображена конструкція телескопічного шнека, права секція кожуха якого оснащена (по внутрішній поверхні) еластичним матеріалом, який при її зсуванні з лівої секції відпружинюється і забезпечує однаковий зазор між кожухом та спіраллю. В конструкціях, зображених на рис. 2.б – рис. 2.г, права секція кожуха має повздовжній розріз і скручується у вигляді листа, що дозволяє їй вільно пересуватись по лівій секції. В інших конструкціях (рис. 2.д і рис. 2.е) спіралі виконано складними, верхні частини яких оснащено еластичним матеріалом для вирівнювання зазору і беззазорного перевантаження сільськогосподарських вантажів.

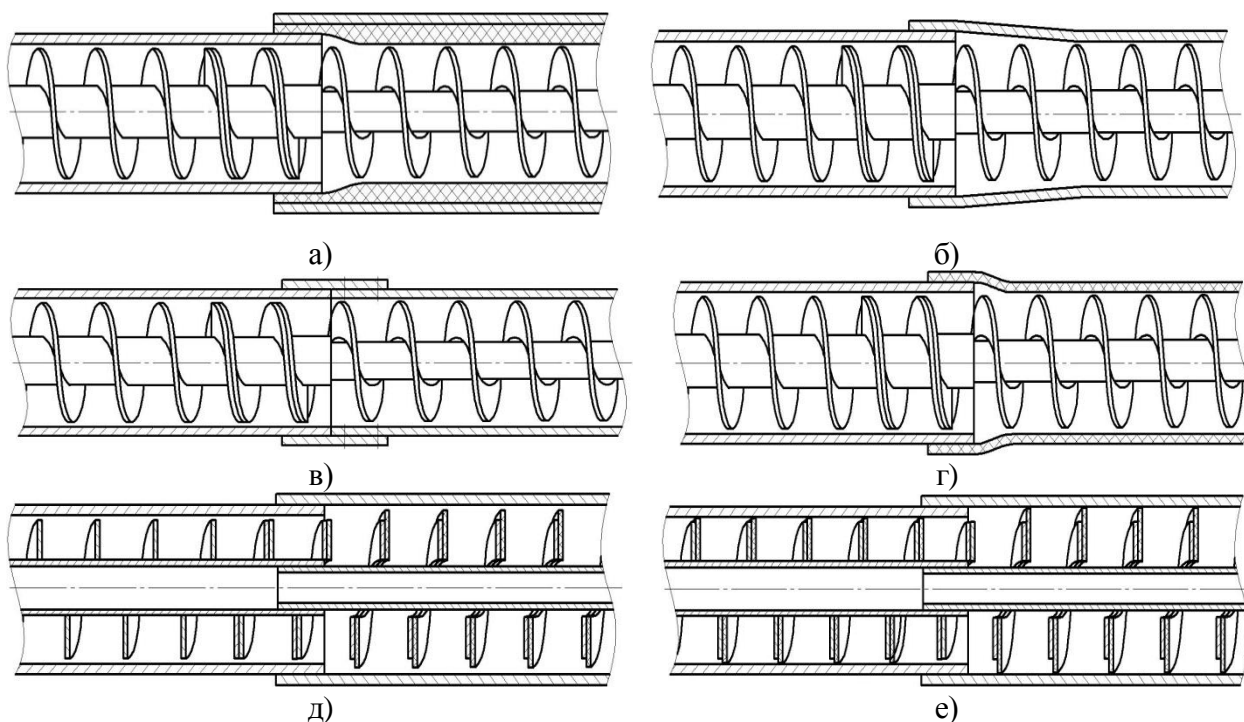


Рисунок 1 - Схеми конструктивних рішень виконання телескопічних шнеків

#### Література:

1. Гевко Ів.Б., Гудь В.З., Шуст І.М., Мельничук А.Л. Синтез телескопічних гвинтових конвеєрів. // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві» – 2016. – Випуск №168, С. 85-91.



УДК621.88

Богдан Гевко д. т. н., проф., Назар Марчук асп., Петро Казмірчук асп.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ОПРАВКА ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ І НАРІЗАННЯ РІЗИ

Bogdan Gevko, Dr., Prof., Nazar Marchuk, Post-graduate student, Petro Kazmyrchuk  
Post-graduate student

### THE RISK FOR RETURNING CREATIONS AND RISKS

Однією з передумов подолання кризової ситуації в національній економіці є подальший розвиток, який сприяє зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та вимагає нових підходів до створення універсальних високопродуктивних інструментів.

Універсальний пристрій для розточування отворів і нарізання різи зображено на рис. 1, який виконано у вигляді хвостовика 1 в корпусі 2 нижньої частини виконано ексцентричний отвір 3, який є перпендикулярним до вертикальної осі хвостовика.

В цьому отворі переміщуються попарні змінні державки 4 і 5 для розточування отворів і оправки 6 і 7 для нарізання різи, які змінюють в процесі роботи. І вони попарно своїми торцевими поверхнями внутрішньою шлицевою втулкою 8 і шлицевим валом 9 по перехідній посадці з'єднані між собою.

На циліндричних змінних кінцях 4 нарізана різь, яка є у взаємодії з ноніусною гайкою 10. Ноніусна гайка 10 розміщена в пазу 11 ексцентричного корпусу 2 з зазором 0,01...0,02мм. Ріжучі кінці державок 4 і 5 виконані у вигляді ріжучих елементів для оброблення отворів, а на державках 6 і 7 нарізана різь відповідного розміру. На ноніусній гайці 10 по зовнішньому діаметру виконана накатка 12 і просвердлені отвори 13, які використовують при повороті ноніусної гайки 10 вручну чи за допомогою воротка.

Ріжучі елементи 4 і 5, і різьбові елементи 6 і 7 попарно з'єднані з центровими шлицями 8 і валом 9 трикутної форми по перехідних посадах. Пружини 14, які лежать на лисках і закріплені до торця корпусу, запобігають зміщенню при закручуванні гвинтів 15 і пригальмовують державки в моменти регулювання розмірів і ліквідувати зазор в різьбовому з'єднанні гайки 11 і державок 5.

Розвертку доцільно виготовляти з мінімальним радіусом 200мм.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. При першій операції розточування здійснюється за допомогою розточних різців 4, а нарізання різи заміною розточних різців на різьбові 7. Крім цього пристрій забезпечує розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

До переваг пристрою відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

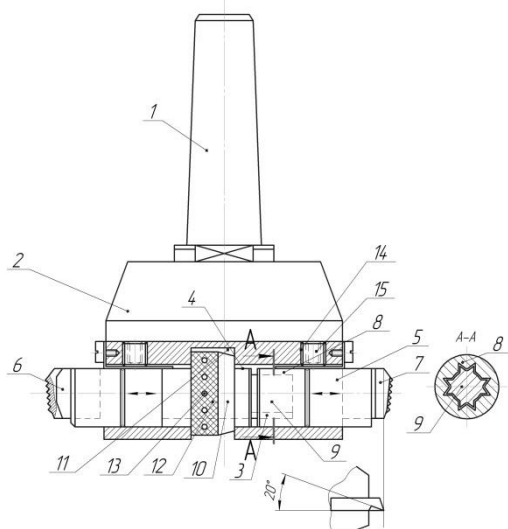


Рис.1. Універсальний пристрій для розточування отворів і нарізання різи

## УДК 621.8

Іван Гевко, д.т.н., проф.; Олена Рогатинська, к.т.н., доц.; Тарас Дубиняк;  
Лілія Рогатинська; Павло Леськів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДЕТАЛЯХ ПРИВОДУ

Ivan Nevko, Dr., Prof.; Olena Rogatynska, Ph.D., Assoc.prof.; Taras. Dubynyak; Liliya Rogatynska; Pavlo Les'kiv

### INVESTIGATION OF CONTACT INTERACTION OF DETAIL OF DRIVE

У спряжених деталях приводу, між якими існує зазор, виникають ударні навантаження та, відповідно, ударні контактні напруження, що призводять до зношування та деградації поверхонь деталей. Особливо це стосується захисних муфт, наприклад кулькових чи кулачкових, при спрацюванні яких виникають циклічні ударні навантаження.

Для ударної взаємодії при швидкості ударного зближення деталей, що суттєво менше швидкості поширення звуку (ударного імпульсу), силу удару визначають згідно розв'язку контактної задачі Герца. Тоді сила взаємодії двох тіл при пружному контакті визначається за залежністю:

$$P_{ij} = k_{ij} a_{ij} u_{ij} = k_{ij} u_{ij}^{3/2} / \sqrt{K_i + K_j}, \quad (1)$$

де  $k_{ij}$  - коефіцієнт, що враховує пружні властивості тіла контакту;  $u_{ij}$  - величина жорсткого зближення в контактній задачі Герца;  $a_{ij}$  - розрахунковий радіус площадки контакту;  $K_i$  та  $K_j$  - кривини поверхонь об'єктів (частинок) в точці контакту (для вгнутих поверхонь із знаком мінус).

Для такого випадку розроблено алгоритми та програмне забезпечення, що дозволяє моделювати розвиток ударної взаємодії деталей приводу в часі в режимі обчислюваного експерименту.

Зокрема на рис. 1 та рис 2 наведено закономірності зміни сили удару в часі окремої сталюї кульки до сталюї поверхні від швидкості співударяння (рис.1) та розмірів кульок (рис.2).

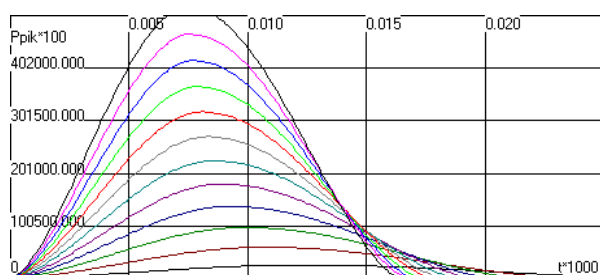


Рисунок 1. Зміна сили удару від швидкості співударяння сталюї кульки радіусом  $r = 0,005$  м при швидкостях зближення:

- 1 -  $v_1 = 1$  м/сек; 2 -  $v_2 = 2$  м/сек; 3 -  $v_3 = 3$  м/сек;
- 4 -  $v_4 = 4$  м/сек; 5 -  $v_5 = 5$  м/сек; 6 -  $v_6 = 6$  м/сек;
- 7 -  $v_7 = 7$  м/сек; 8 -  $v_8 = 8$  м/сек; 9 -  $v_9 = 9$  м/сек;
- 10 -  $v_{10} = 10$  м/сек; 11 -  $v_{11} = 11$  м/сек;
- 12 -  $v_{12} = 12$  м/сек;

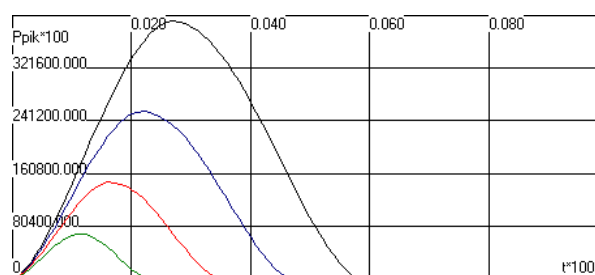


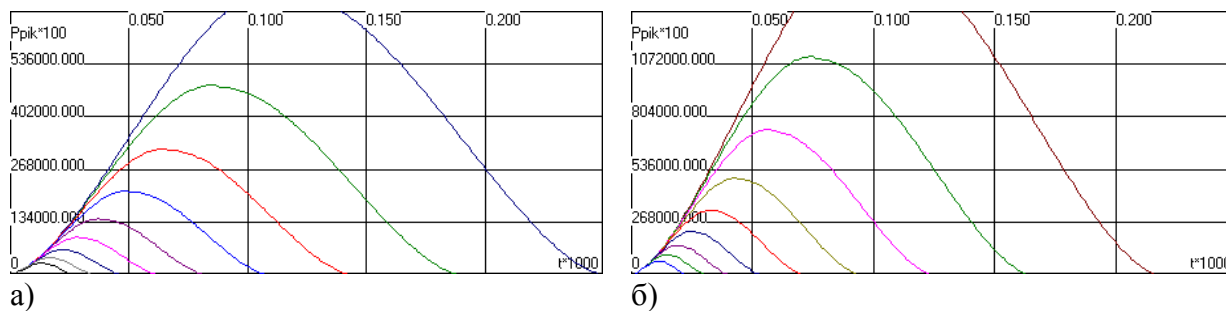
Рисунок 2. Залежність зміни сили удару  $P$  (н), в часі для кульок різних радіусів  $r$ , при початковій швидкості співударяння  $v_1 = 1$  м/сек (в порядку зростання розмірів):  
1.-  $r = 0,005$  м; 2.-  $r = 0,0075$  м; 3.-  $r = 0,01$  м; 4.-  $r = 0,0125$  м.

У випадку спрацювання запобіжних муфт, кулька сприймає імпульс всіх рухомих мас. Для моделі це означатиме, що маса  $m_k$  кульки незмінного розміру збільшується до величини приведеної маси  $m_{прив}$ .

$$m_{прив} = k_m \cdot m_k, \quad (2)$$

де  $k_m$  - коефіцієнт приведення маси рухомих елементів до маси кульки.

Час удару та сила удару кульки із приведеною масою, при цьому, буде суттєво зростати. Графіки зміни сили уданої взаємодії деталей в часі для швидкості співударяння  $v_1=1$  м/с та  $v_2=2$  наведені на рис. 3 та рис. 4.



Залежність зміни сили удару  $P$  (н), в часі для кульки радіусом  $r = 0,005$  м при швидкості співударяння  $v_1 = 1$  м/с з приведеними масами, відповідно для швидкостей співударяння  $v_1 = 1$  м/с (а) та  $v_2 = 2$  (б) по порядку зростання контактної сили

- 1 -  $m_{прив} = m_k$ ; 2 -  $m_{прив} = 2m_k$ ; 3 -  $m_{прив} = 4m_k$ ; 4 -  $m_{прив} = 8m_k$ ; 5 -  $m_{прив} = 16m_k$ ;  
6 -  $m_{прив} = 32m_k$ ; 7 -  $m_{прив} = 64 \cdot m_k$ ; 8 -  $m_{прив} = 128 \cdot m_k$ ; 9 -  $m_{прив} = 256 \cdot m_k$ .

Апроксимація залежностей зміни сили удару в часі для випадку контактної взаємодії з достатньою для практичного використання точністю, доцільно проводити залежностями виду

$$P_{ij}(t) = P_{ij \max} \left( \frac{t}{\tau \cdot t_k} \right)^\varepsilon \left[ \frac{t_k - t}{t_k(1 - \tau)} \right]^{\varepsilon(1-\tau)/\tau} \quad (3)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт форми кривої, для пружного удару  $\varepsilon = 1,5$ , для в'язко-пластичного  $\varepsilon < 1,5$ ;  $\tau$  - параметри асиметрії кривої взаємодії,  $\tau = t_{\max}/t_k$ , для симетричної кривої  $\tau = 0,5$ , для залежностей, отриманих в результаті обчислюваного експерименту -  $\tau = 0,45$ .

Проведені дослідження показали, що час контакту мало залежить від швидкості контактного зближення і, відповідно, максимальна сила ударної взаємодії, в першому наближенні, буде прямо пропорційна швидкості контактного зближення

$$P_{ij \max} = C_E m_i v_i = C_E m_i \sqrt{2P_{прив} \Delta / m_{прив}}, \quad (4)$$

де  $C_E = (1 + k_{від}) / (\xi_{ij} t_k)$  - часовий параметр моделі, постійний для певної пари деталей в умовах ударної взаємодії;  $\xi_{ij}$  - коефіцієнт що враховує форму кривої та час взаємодії  $0,4 \leq \xi_{ij} \leq 0,6$ .

Розроблена модель дозволяє суттєво спростити розрахунок деталей приводу та оцінити сили та контактні напруження при ударній взаємодії деталей.

УДК 631.363.23

Грицай Ю.В., аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

## ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТИСКУ КОРЕНЕПЛОДІВ В БУНКЕРІ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА

Grytsay YV, Postgraduate student

## DETERMINATION OF THE ROLLER PRESSURE LEVELS IN THE BANKER OF A MULTIPLE TRANSPORT MECHANISM

Шнековий транспортер-подрібнювач складається з завантажувального бункера, який встановлено зверху прямої труби (кожуха), всередині якого змонтовано шнековий конвеєр, на спіральних витках якого закріплено Г-подібні ножи-подрібнювачі.

На першому етапі проектування та розрахунку параметрів робочих органів шнекового транспортера-подрібнювача необхідно визначити сумарну силу тиску коренеплодів під час їх переміщення із бункера до витка шнекового конвеєра. При цьому сумарна сила тиску повинна бути більшою, або рівною силі нормальної реакції витка, яка виникає в процесі взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею витка, який обертається з кутовою швидкістю.

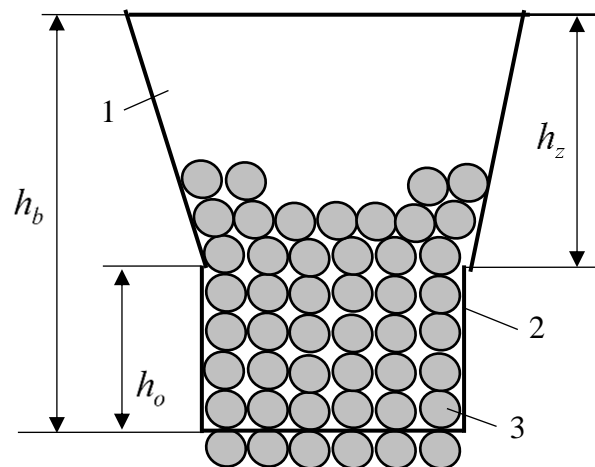


Рис. Схема до розрахунку сили тиску коренеплодів в бункері:

1 – завантажувальна горловина; 2 – вихідна горловина;

3 – коренеплоди

На основі теореми Лагранжа-Дирихле про мінімум потенційної енергії можна прийняти припущення, що під час взаємодії витків шнекового конвеєра на коренеплоди 3 (рисунок) нижнього шару останні розташовуються в завантажувальній 1 та вихідній 2 горловині бункера так, що їх можна розділити на ряди, при цьому поздовжня вісь кожного коренеплоду перпендикулярна поздовжній осі шнекового конвеєра, а кожний коренеплід опирається на коренеплід нижнього ряду трьома точками. Більша частина тиску сприймається двома коренеплодами, які знаходяться під широкою

(поздовжньою) частиною кореня, а менша частина – третім коренеплодом, тобто один корінь опирається на три коренеплоди.

На основі аналізу, реакції в відповідних точках (в точці контакту головок  $R_{1k}$  і в точці контакту хвостових частин  $R_{2k}$ ) визначаються за формулами:

$$R_{1k} = m_{1k} g l_1 / L_{1k}; \quad R_{2k} = m_{2k} g (1 - l_2 / L_{2k}), \quad (1)$$

де  $m_{1k}$ ,  $m_{2k}$  – маса коренеплоду, кг;  $l_1$ ,  $l_2$  – відстань від головки коренеплоду до центра мас кореня, м;  $L_{1k}$ ,  $L_{2k}$  – довжина коренеплоду, м.

Оскільки коренеплід широкою частиною опирається на два нижні корені, тоді тиск, який приходить на кожний корінь дорівнює:

$$P_k = \frac{R_{2k}}{2 \cos \alpha_k} = \frac{V_k \rho_k g (1 - l / L_k)}{2 \cos 2\psi_k}, \quad (2)$$

де  $V_k$  – об'єм коренеплоду, м<sup>3</sup>;  $\rho_k$  – питома маса коренеплоду, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha_k$  – кут між лінією, яка з'єднує центри коренеплодів і вертикаллю, град.;  $\psi_k$  – кут конуса росту коренеплоду, град.

Відповідно до прийнятої схеми передачі сили тиску на кожний коренеплід наступного нижнього ряду, починаючи з другого, тисне також і хвостова частина кореня.

Тому сумарна сила тиску на коренеплід буде дорівнювати:

$$P_{1k} = \frac{R_{1k} + R_{2k}}{2 \cos \alpha_k} = \frac{\rho_k g}{2} \left( \frac{V_{1k} l_1}{\cos 2\psi_{1k} L_{1k}} + \frac{V_{2k} (L_{2k} - l_2)}{\cos 2\psi_{2k} L_{2k}} \right). \quad (3)$$

Для будь-якої кількості  $N$  рядів коренеплодів сила тиску на виток шнекового конвеєра буде змінюватися від

$$P_{kx} = P_k \sin \alpha_k = \frac{V_k \rho_k g (1 - l / L_k)}{2 \cos 2\psi_k} \sin \alpha_k \text{ до } \sum P_{kyN} = V_k \rho_k g (N - l / L_k). \quad (4)$$

УДК 621.891

Андрій Гупка, к. т. н., Андрій Гриньків, к. т. н.

Тернопільський національний технічний університет, Україна

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

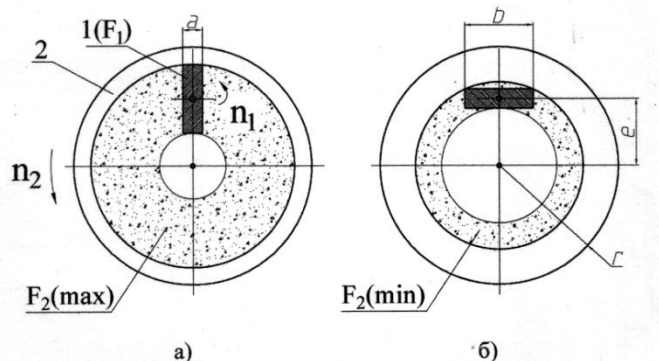
## МАСШТАБНИЙ ЧИННИК В ЗАЛЬНІЙ МЕТОДИЦІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

Andrii Gupka, Ph.D., Andrii Grinkiv Ph.D.

### SCALE FACTOR IN COMMON-METHOD STUDY TRIBOLOGICAL RELIABILITY OF CARS

Найбільш незаперечним результатом всього розвитку науки про тертя та зношування є висновок про те, що зовнішнє тертя являє собою термодинамічно незворотній дисипативний процес, закономірності якого принципово залежить від швидкостей процесів, які протікають кооперативно. Важливу роль відіграє при цьому геометрія контактуючих поверхонь тертя (масштабний фактор), яка визначає значення коефіцієнту взаємного перекриття (Квп). Величина Квп суттєво змінює швидкість процесів тертя та зношування при переході від точкового до лінійного контакту і нарешті до контакту по площині. В умовах граничного мащення це призводить до зміни співвідношення процесів утворення, трансформації та руйнування захисних вторинних структур (ВС).

Аналізуючи вхідні параметри та умови експлуатації важко навантажених пар тертя, попередні експериментальні дослідження та дослідження інших авторів, вибрана наступна схема контакту пари тертя (рис. 1): пальчиковий зразок 1 - плоска торцева поверхня диска 2 (контртіло).



$n_1$  - частота обертання зразка 1;  $n_2$  - частота обертання контртіла 2;  $a$ ,  $b$  - розміри зразка 1;  $e$  - ексцентриситет;  $r$  - радіус контртіла 2,  $F_1$  - площа тертя зразка,  $F_2$  - площа тертя контр тіла. Велика різноманітність існуючих мапшн тертя (трибометрів) як по схемах контакту, характеру руху модельні вузли тертя яких не відтворюють роботу

Рисунок 1 – Схема контакту пари тертя та зміни Квп  
а) Квп - min б) Квп - max

реальних призводить до одержання часто необ'єктивних, погано співставних даних. Аналіз існуючої інформації показав, що параметр Квп може служити одним із основних критеріїв узагальненої класифікації машин тертя. Для реалізації запропонованої схеми дослідження спроектовано та виготовлено універсальну машину тертя, яка успішно експлуатується в лабораторії триботехнічних досліджень кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету. Конструкція машини тертя дозволяє проводити дослідження, як при плавному, неперервному провороті зразка, так і при певній фіксації в будь-якому положенні, що актуально для моделювання умов роботи реальних пар тертя.

Положення зразка суттєво впливає на умови мащення (характер проникнення мастила в робочу зону тертя), що в свою чергу формує конкретні значення параметрів КЕО (R), інтенсивності зношування I, температури T (рис. 2).

Виявлені закономірності можна використовувати при виборі оптимальних

геометричних параметрів пар тертя на етапі конструювання.

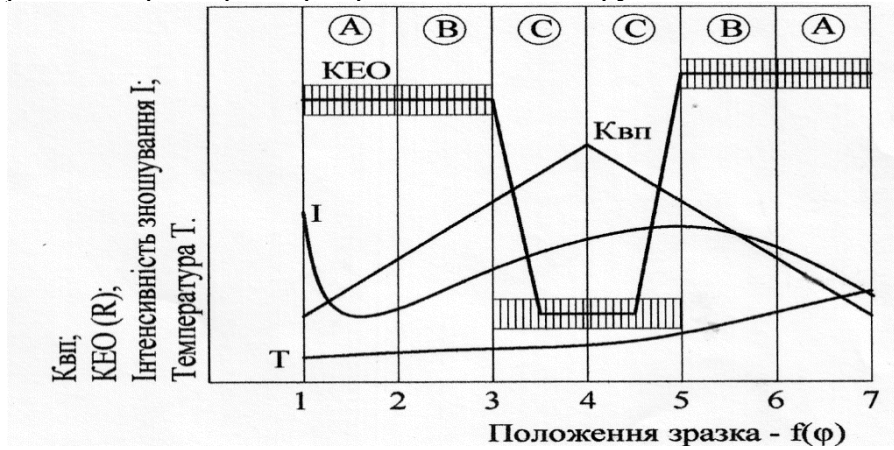


Рисунок 2 – Вплив положення зразка на характер зміни основних триботехнічних та електричних параметрів

Аналіз структурного стану поверхонь тертя (тип ВС, їх геометричні та фізико-механічні властивості, характер розподілу по поверхнях тертя) дозволив виділити три характерні зони: А - зона антрифрикційності (підвищеної зносостійкості), В - перехідна зона, С - зона важко навантажених умов. У відмічених зонах різні діапазони та рівні значень основних триботехнічних параметрів, структурно-енергетичних, електричних показників.

Широкий цикл проведених лабораторних досліджень, одержані експериментальні дані, їх системний аналіз з позиції структурно-енергетичної теорії тертя та зношування дозволили побудувати фізичну модель впливу масштабного фактора (Квп) на процеси в зоні фрикційного контакту (рис. 3).

Створений науково-дослідний комплекс дозволяє коректно планувати і грамотно проводити лабораторні трибологічні дослідження при вирішенні ряду основних практичних задач трибології, пов'язаних, наприклад, з підбором матеріалів і технології виготовлення елементів пар тертя, мастильного матеріалу, геометричних параметрів вузлів тертя, засобів захисту від абразивного зношування.



я навантаження на зразок; М – мастило; С – середовище. При цьому весь цикл дослідження проводиться без зупинки машини тертя, зміни досліджуваного зразка, що не порушує цілісності фізики процесу тертя та зношування в зону фрикційного контакту.

Рисунок 3 – Фізична модель масштабного фактору

УДК621.86

Гурик Олег к. т. н., доц., Роман Котик, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК В КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ

Gurik Oleg Ph.D., Assoc. Prof., Roman Kotik post-graduate student

### DEVICE FOR CALCULATION OF CABLES IN CORRESPONDING PARTS

Розвиток промисловості передових країн світу здійснюється шляхом впровадження у виробництво науково містких технологій та конструкцій машин, створення яких є актуальним і перспективним напрямком науково-технічного процесу. Сучасний стан розвитку машинобудування вимагає пошуку нових шляхів покращення експлуатаційних і технологічних параметрів деталей машин, що дасть змогу підвищити якість продукції, підвищити її параметри, зменшити собівартість її виготовлення та ремонту. В машинобудуванні важливим є завдання розроблення прогресивних технологічних процесів, прогресивного технологічного обладнання, оснащення, різального та вимірювального інструментів.

Технологічні процеси виробництва нерозривно пов'язані з переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від заготівельних операцій, подачі сировини та комплектуючих у виробництво, між операційного транспортування до видачі готової продукції на склади і з них. Останнім часом у машинобудуванні набули широкого використання кулькові направляючі пари кочення, які дозволяють здійснювати лінійні та рейкові переміщення, зі зменшеними осьовими зусиллями опору і підвищення експлуатаційної надійності і довговічності.

Метою роботи є розроблення удосконаленої конструкції пристрою для завальцювання кульок в напрямляючих транспортних механізмах підвищеної експлуатаційної надійності і довговічності, дослідження технологічного процесу виготовлення направляючих пар тертя кочення в машинах і механізмах з визначенням силових, технологічних і конструктивних параметрів.

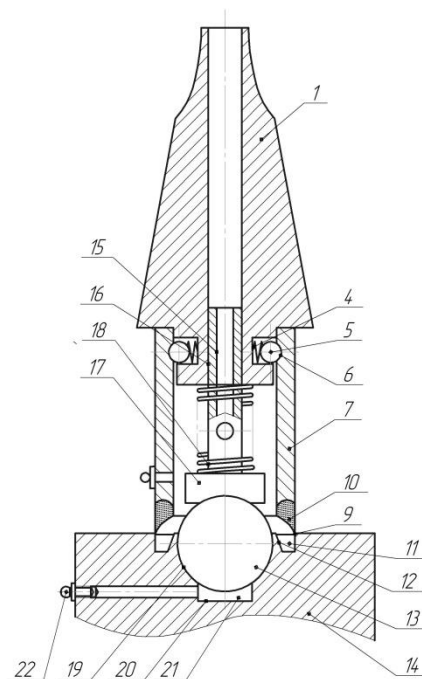


Рис.1. Пристрій для завальцювання кульок в корпусних деталях



Нами розроблено пристрій для завальцювання кульок в корпусних деталях на рис.1, який виконано у вигляді державки 1, на другому кінці якої виконано зрізаний уступ 2 з лисками з двох сторін. На циліндричній поверхні уступу 2 виконано два радіальних глухих отвори 3 паралельно площинам зрізу. В отвори 3 встановлені пружини 4 з фіксуєчими кульками 5.

Останні виступаючими частинами входять у виїмки 6 формувального елемента 7, який виконано у вигляді циліндра, який у верхній внутрішній частині має форму зрізаного уступу 2. В нижній частині формувального елемента 7 рівномірно по колу виконані радіусні виїмки 8 для виходу стружки. Крім цього в нижній частині по напрямку кругового обертання виконано, наприклад, чотири жорстко встановлені твердосплавні півкруглі ріжучі леза 9, з ріжучими лезами з передніми і задніми у кутами з торця і боковими задніми кутами і ріжучих лез з двох сторін. По мірі підйому вверх леза 9 переходить у формуючі півкруглі елементи 10, які методом пластичної деформації через виточки 11 здійснюють за вальцювання виступів 12 до кульок 13, які вставляють в отвори направляючих 14.

В державці 1 виконано наскрізний отвір 15 в який жорстко встановлена тонкостінна втулка 16 для подачі змащувально-охолоджуючі рідини в зону різання і завальцювання. В нижній її частині встановлено центрувальний ковпачок 17. В простір між ковпачком і торцем державки 1 встановлена пружини стиснення 18, яка забезпечує осьове зворотно-поступальне переміщення ковпачка 17.

Центрувальний ковпачок 17 намагнічений для утримання кульки 13 під час її завальцювання у сферичних виїмках 19 направляючих 14. В корпусі 14 знизу в зоні сферичних виїмок 19 виконана радіусна масляна канавка 20, яка є у взаємодії з мастилом 21, яке поступає в зону тертя через масляний отвір, який виконано в торці корпусу 10 і в який закручена маслянка 22, крім цього за вальцюванні канавки 11 теж зв'язані отворами з системою змащення, яка на кресленні не показана.

Робота пристрою для завальцювання кульок в корпусах здійснюється наступним чином. Державка 1 встановлюється в шпindelь верстату (на кресленні не показано). Після чого на стіл верстату встановлюється направляюча 14 з сферичними виїмками 19 під кульки 13, в які вони встановлюються. До сферичної виїмки 19 підводиться пристрій і центрувальний ковпачок 17 з кулькою 13, за допомогою якого здійснюється центрування кульки 13 відносно оправки і сферичної виїмки 19. Після підготовчих робіт включається змащувально-охолоджуюча рідина, яка по каналах 15 поступає в зону різання канавки 11 і деформування виступу 12. Включається верстат, пристрій обертається, при цьому здійснюється осьова його подача і формуючі півкруглі елементи 10 взаємодіють з канавкою 11, а формувальний інструмент 9 здійснює завальцювання кульки 13 в направляючій 14.

Для забезпечення завальцювання кульки з можливістю його обертання в гнізді або жорсткої посадки вибирають необхідні режими і час точіння і завальцювання.

Для підвищення експлуатаційної надійності і довговічності роботи пристрій оснащений системою змащення.

До переваг пристрою відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

**UDC 621.81**

**L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.; D. Radyk, Ph.D., Assoc. Prof.**

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

## **SIMULATION OF PROCESSES OF MANUFACTURING WORKPIECES BY SHEET METAL FORMING**

**Л. Данильченко, к.т.н., доц.; Д. Радик, к.т.н., доц.**

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК З ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ**

In the recent years, the role and importance of metal forming processes in manufacturing industry have been continuously increasing primarily due to its material- and cost-effective nature. It is further emphasised by the recent advances in tools, materials and design, which in turn provide significant improvements in the mechanical properties and tolerances of the products. Moreover, in the recent years metal forming develops in the direction of net-shape or near-net-shape manufacturing to reduce the need for subsequent machining operations and to minimise the total manufacturing cost. Consequently, in metal forming both the process planning and the tool design represent very important and complex tasks. The global competition also requires that manufacturing industry – besides the skill and the experience accumulated in the shop practice – should increasingly utilise proven techniques of Computer Aided Engineering for rapid and cost effective process design and tool manufacturing. The application of various methods of Computer Aided Engineering has become one of the most important topics in manufacturing industries.

The application of various CAE techniques practically covers the full product development cycle from the conceptual product design through the process planning and die design up to the manufacturing phase of the production. CAE techniques are widely used in sheet metal forming, for example to predict the formability, to determine the type and sequences of manufacturing processes and their parameters, to design forming tools, etc. The importance of the application of CAE tools becoming more and more important as the manufactured parts are becoming ever increasingly complex. As the need for the widespread application of CAE techniques driven by the demand of global competitiveness accelerates, the need for a robust and streamlined Process and Die Design Engineering (PDDE) becomes more and more crucial. Recently, there are two main approaches to achieve these goals. One of them is the application of knowledge-based expert systems, which are generally based on simplified plasticity theory and empirical technological rules. There are a great number of papers dealing with the use of knowledge-based systems both in sheet and bulk metal forming.

However, the exclusively knowledge based solutions have certain disadvantages: they usually cannot provide an enough accurate solution to the problem since these systems are generally based on simple technological rules with limited validity. Therefore knowledge-based systems cannot predict for example the material flow, and usually cannot provide the accurate stress and strain distribution inside the component. As another approach, numerical techniques (recently mainly finite element modeling) are applied for the analysis of the plastic deformation.

The main objectives of the application of numerical process simulation in metal forming are to determine appropriate process parameters and to develop adequate die design by process simulation, to improve part quality by predicting process limits and preventing flow induced defects. Besides these, numerical process simulation also leads to reducing process and die try-out, as well as shorter lead times, while significantly reducing manufacturing costs. But the exclusive use of numerical modeling – like it is the case in the

exclusive use of knowledge-based systems – has also some drawbacks, too. In spite of the enormous development of hardware and software facilities, the reliability of results is often dependent on the experiences of the user. It is partly due to the large number of operating parameters whose influence should be investigated, and partly due to the numerical difficulties caused by the complexity of the applied mathematical model to describe the material behavior. Therefore, in the recent years the integration of these two fields (i.e. the knowledge-based systems and numerical modeling) has gained primary importance.

Sheet metal forming is one of the most widely applied manufacturing processes in manufacturing industry. Parts made from sheet metal can provide, with appropriate design, a high strength to weight ratio. They are increasingly used from small electrical components through the automobile industry up to large aircraft structures. Despite the increasing number of applications of sheet metal parts, surprisingly little quantitative design information is available in the technical literature.

Most companies use internal guidelines for part design, based on experience with the geometries and materials used in that specific company. While such design guidelines are extremely useful and practical, they do not necessarily consider in detail the fundamental reasons for selecting a given design. Thus, when a new part, a new material, or a new process is introduced the entire set of experience-based design guidelines must be re-evaluated and modified.

Therefore, it is necessary to develop generic design methods based on metal forming analysis and on systematic experimental investigation. This tendency can be clearly observed in the development of various knowledge-based systems for designing sheet metal parts and for process planning of forming procedures. As in many other metal forming applications, process planning and design of dies for sheet forming can benefit from a combined application of knowledge based systems and process modeling.

Recently, many companies are applying CAD/CAM techniques and knowledge-based expert systems to improve and partially automate die design and manufacturing function. Several program packages were elaborated for metal forming processes at the University of Miskolc at the Department of Mechanical Engineering. Among them, first a general CAD/CAM system for the process planning of sheet forming processes performed in progressive dies should be mentioned.

The general scheme of this knowledge based expert system can be seen in Fig. 1. In this system, the process planning and the die-design functions are integrated into a knowledge-based expert system. It has a modular structure with well defined tasks of each module and providing streamlined data and information flow between the various modules. It consists of a geometric module for creating, exporting and importing the object geometry, a blank module for determining the optimum shape, size, and nesting of blanks, a technological design module for designing the process sequence based on empirical rules and technological parameters, a tool design module for designing the tools and selecting a tool of standard size, and an NC/CNC post processor module for preparing programs for NC/CNC manufacturing of tool elements.

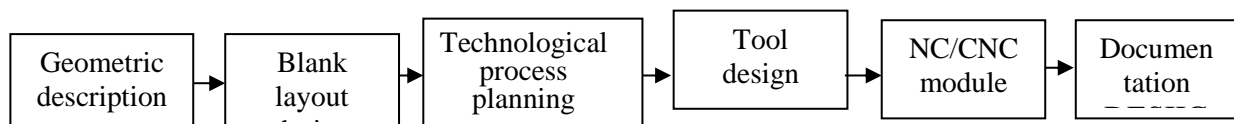


Figure 1 - Conventional process planning and die design in CAD environment

### УДК 629.03

**Володимир Дзюра, к.т.н., доц., Ігор Ткаченко, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ГАЛЬМІВНІ ДИСКИ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

**Volodymyr Dzyura, Ihor Tkachenko**

### **BRAKE DISCS WITH IMPROVED OPERATING PROPERTIES**

Гальмівний диск автомобіля – відносно проста за конструктивним виконанням та одна з найвідповідальніших деталей автомобіля. Від справності гальмівного диска залежать експлуатаційні властивості автомобіля та безпека руху. Конструкція гальмівного диска зазнає постійного вдосконалення, зокрема додаткова вентиляція та перфорація – для охолодження поверхні дисків, утворення насічок – для відведення продуктів зношування гальмівних колодок, перфорація – для розсіювання накопиченого тепла. Однак таке конструктивне виконання при неправильному дотриманні режимів термічної обробки призводить до зародження тріщин біля цих отворів, які будуть концентраторами напружень.

Традиційні гальмівні диски володіють рядом недоліків:

- наявність періоду припрацювання з гальмівними колодками;
- швидке нагрівання при гальмуванні та тривалий період розсіювання накопиченого тепла;

- швидке зношування гальмівного диска при інтенсивному гальмуванні.

Ще одним недоліком плоскої поверхні гальмівного диска є зниження експлуатаційних властивостей, зокрема зростання гальмівного шляху при потраплянні на поверхню диска абразивних часток з брудом.

Запропоновано наносити на робочу поверхню гальмівного диска регулярний мікрорельєф – сітку канавок глибиною у кілька мікрон, які повинні покращити його експлуатаційні властивості.

Нанесення на робочу поверхню гальмівного диска регулярного мікрорельєфу забезпечить:

- відсутність періоду припрацювання
- підвищений опір зношуванню;
- краще розсіювання температури;
- збільшення площі контакту за рахунок збільшення відносної опорної площі робочої поверхні гальмівного диска.

Разом з цим потребують подальшого дослідження оптимальна форма регулярного мікрорельєфу та відносна площа, яку він повинен займати.

### **Література**

1. А.А. Ткачук, В.Ю. Заблоцький, Дзюра В.О. Підвищення зносостійкості фрикційних поверхонь обертання методами поверхневого пластичного деформування. Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – №5 (2). - с. 158-163.

2. П.Д. Кривий, В.О. Дзюра, Н.П. Кашуба. Інструментальна головка для оброблення деталей поверхневим пластичним деформуванням. XII всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» (Київ, 2012) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Націон. ун-тет. України "КПІ" [та ін]. – Київ : КПІ, 2012. – С.62-65.

## УДК 621.91

Михайло Дичковський, к. т. н., доц., Юрій Юхимчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ РІЗАННЯ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ

Myhailo Dychkovskiy, Ph.D., Assoc. Prof., Yurii Yuhymchuk

#### THE STUDY OF CUTTING FORCE FOR TURNING PROCESS

Експериментальні дослідження проводились для проточування заготовок, виготовлених із сталі, чавуну та силуміну різцями із пластинками твердого сплаву. Для оброблення заготовок на токарному верстаті твердосплавними різцями основні змінні фактори, які впливали на процес різання: швидкість різання  $V = 100 - 180$  м/хв; глибина різання  $t = 0,4 - 2$  мм; подача  $s = 0,5 - 1,1$  мм/об.

Програма експериментальних досліджень передбачала наступні етапи:

- розроблення та виготовлення спеціального технологічного оснащення для дослідження процесу проточування заготовок;

- проведення досліджень в лабораторних умовах;

- оцінка впливу швидкості різання, глибини різання та подачі на зусилля різання під час токарної обробки заготовки.

Проведено кодування факторів для переведення їх у безрозмірні величини з метою побудови плану-матриці експерименту.

В процесі виконання експерименту змінювався матеріал оброблюваної деталі – сталь 45, чавун СЧ 18 і силумін АК12. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 10 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке і використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Попередньо визначені рівняння регресії залежності зусилля різання для проточування заготовок твердосплавними інструментами в кодованих та натуральних величинах мають вигляд:

- для заготовок із сталі 45:

$$y_x = 1452 + 962,6x_1 + 413,8x_2 - 63,8x_3 + 276,12x_1x_2 - 42,38x_1x_3 - 18,38x_2x_3 + 0,19x_1^2 - 19,81x_2^2 + 10,19x_3^2;$$
$$P_z = -177,67 + 468,26 \cdot t + 565,34 \cdot s - 0,56 \cdot V + 1150,5ts - 1,32tV - 1,53sV - 220,1s^2 + 0,0064V^2.$$

- для заготовок із чавуну СЧ18:

$$y_x = 645,19 + 427,3x_1 + 183,8x_2 - 13,2x_3 + 122,62x_1x_2 - 8,87x_1x_3 - 3,87x_2x_3 + 0,30x_1^2 - 8,19x_2^2 + 2,8x_3^2;$$
$$P_z = 4,22 + 164,2 \cdot t - 0,43 \cdot s + 0,0026 \cdot V + 510,9ts - 0,277tV.$$

- для заготовок із силуміну АК12:

$$y_x = 319,3 + 204,9x_1 + 97x_2 - 11,5x_3 + 65,75x_1x_2 - 8,75x_1x_3 + 7,25x_2x_3 - 3,03x_1^2 - 7,53x_2^2 - 3,03x_3^2;$$
$$P_z = 78,26 + 75,24 \cdot t - 90 \cdot s - 0,44 \cdot V + 274ts - 0,273tV + 0,65sV.$$

Із наведених вище залежностей встановлено, що під час оброблення силуміну зусилля різання значно менше ніж зусилля різання для оброблення сталевих і чавунних деталей. Із збільшенням глибини різання сила різання зростає, що зумовлено збільшенням кількості матеріалу, який видаляється різцем. З підвищенням подачі сили різання зростають до більших значень, що зумовлюється вищою інтенсивністю видалення матеріалу. Від швидкості різання зусилля різання залежить в незначній мірі, з підвищенням швидкості різання вони зменшуються на 10-15%.

УДК 631.42

Тарас Довбуш к.т.н., ас., Надія Хомик к.т.н., доц., Богдан Дунець аспірант  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## РОЗРАХУНОК РЕСУРСУ РОБОТИ КОНСТРУКТИВНОЇ СИСТЕМИ РОЗКИДАЧА ДОБРІВ

Taras Dovbush, Ph.D., Assist., Nadiya Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof., Bogdan Dunets  
Postgraduate

### THE CALCULATION OF THE SERVICE LIFE OF THE STRUCTURAL SYSTEM OF THE FERTILIZER SPREADER

Працездатність конструкцій сільськогосподарських машин найбільш коректно оцінювати на основі дослідження процесу руйнування окремих елементів, враховуючи збільшення дефектів, як початкових, так і набутих в процесі експлуатації до їх критичних розмірів, при яких відбувається руйнування.

Визначення ресурсу роботи тримких рам сільськогосподарських машин складається з таких етапів: аналіз умов навантаження рамної конструкції; аналітичне дослідження напружено-деформівного стану (НДС) матеріалу; проведення натурних випробувань; дослідження розвитку тріщин в елементах рами в умовах експерименту та визначення ресурсу роботи [1].

На основі аналізу умов навантаження рами розкидача ПРТ-9 при виконанні технологічного процесу, розраховано НДС елементів конструктивної системи, в яких діють максимальні згинальні та крутні моменти. Це дозволяє виділити в ній елементи, найбільш небезпечні, з точки зору утворення тріщин (високий рівень навантаженості поєднується з концентрацією напружень).

Більшість відмов тримких вузлів мобільних сільськогосподарських машин, викликані зародженням та ростом втомних тріщин. Тому, при проектуванні та розрахунку цих конструкцій, доцільно оцінювати їх тріщиностійкість використовуючи підходи механіки руйнування. Такі дослідження не є заміною традиційних методів розрахунку, а є важливим додатковим заходом, що дозволяє коректніше оцінити очікуваний запас міцності та ресурсні можливості конструкції, вибрати матеріал і оптимальні конструктивні рішення окремих деталей і вузлів з точки зору їх тріщиностійкості, розробити практичні рекомендації для попередження втомних руйнувань і збільшення терміну експлуатації машин.

Бокові лонжерони несучої системи розкидача ПРТ-9 виготовлені з Z-подібних поперечних перетинів, а центральний поздовжній – із спарених Z-подібних профілів.

Розроблено математичні моделі росту крайових тріщин тонкостінних Z-подібних і спарених Z-подібних перетинів. Виконано аналітичне дослідження напружено-деформівного стану матеріалу Z-подібних і спарених Z-подібних профілів (визначено коефіцієнти інтенсивності напружень (КІН) у матеріалі рами при появі тріщин).

Експериментально визначено основні механічні характеристики циклічної тріщиноотривкості досліджуваного зразка матеріалу сталі 10:  $K_{fc}$ ,  $K_{th}$ ,  $C$ ,  $n$ .

Ресурс роботи елементів конструктивної системи розкидача добрив визначали за формулою [1]:

$$T_i = \frac{\int_{l_0}^{l_{K_i}} \frac{dL}{C(\sigma_i \sqrt{\pi \cdot L} \cdot F_{Z_i}(\varepsilon))^n}}{3600 \cdot \omega}, \quad (1)$$

- де  $\sigma_i$  – фактичні напруження в досліджуваних елементах металоконструкції;  
 $F_{Z_i}(\varepsilon)$  – узагальнююча поправочна функція для  $i$ -го поперечного перетину досліджуваного конструктивного елемента;  
 $l_{K_i}$  – критична величина дефекту встановлена розрахунково-аналітичним шляхом;  
 $L$  – довжина тріщини;  
 $\omega$  – середня частота навантаження в процесі експлуатації;  
 $C$  – характеристика матеріалу, за допомогою якого враховують конкретні властивості матеріалу у вершині тріщини зварного шва;  
 $n$  – кількість циклів;  
 $l_0$  – початкова величина тріщини.

Середньомаксимальні напруження в елементах рами та частоти їх циклічного навантаження визначено в результаті натурних випробувань.

Для Z-подібного профілю з розмірами 200x86x6 мм при середніх експлуатаційних напруженнях 66 МПа побудовано графік залежності КІН від розвитку тріщини (рис. 1) та визначено довжину тріщини, при якій відбувається руйнування матеріалу,  $l_{K_1} = 0,1135$  м.

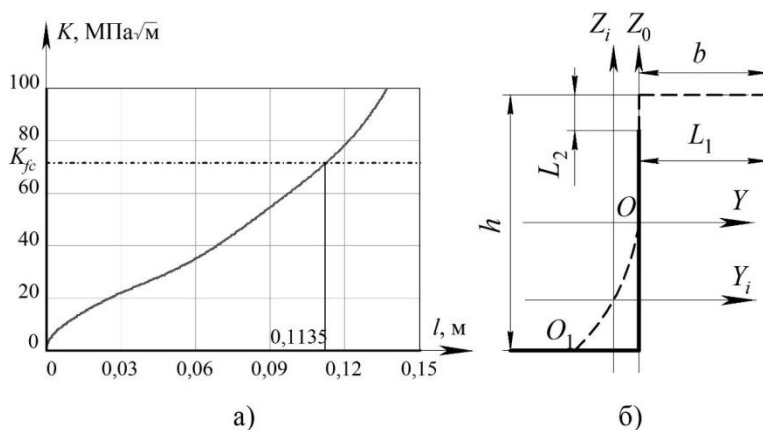


Рис. 1. Графічна інтерпретація розвитку крайової тріщини у Z-подібному поперечному перетині бокового лонжерону рами ПРТ-9

Розв'язавши рівняння (1), при  $n = 2,94$ ;  $C = 8,75 \cdot 10^{-12}$  м/цикл  $\cdot$  (МПа  $\sqrt{\text{м}}$ ) $^n$ ;  $\omega = 2,3$  Гц визначаємо залишковий ресурс роботи поперечного перетину бокового лонжерону рами ПРТ-9 в небезпечному перетині (рис. 2).

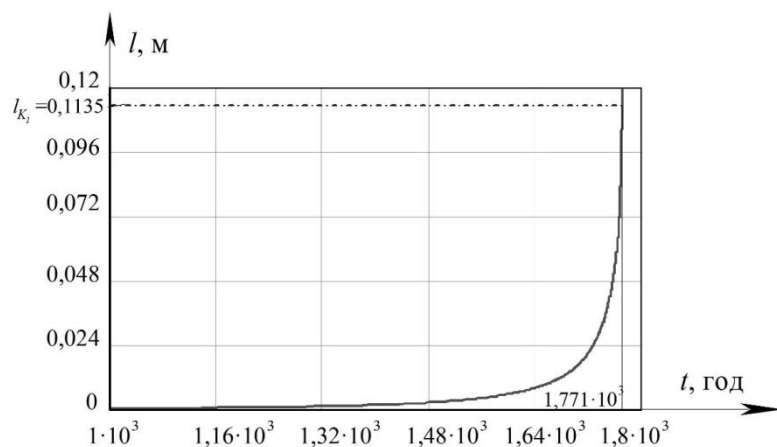


Рис. 2. Залишковий ресурс роботи бокового лонжерону рами ПРТ-9

Отже, розрахунковий ресурс роботи бокового лонжерону рами ПРТ-9 становить  $T_1 = 1771$  год.

1. Довбуш Т.А. Оцінка ресурсу роботи і обґрунтування конструкції несучої системи розкидачів добрив: дисертація на здобуття наук. ступ. к.т.н.; спеціальність 05.05.11/ Т.А. Довбуш. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 189 с.

УДК 621.81

Андрій Дячун, к. т. н., доц., Микола Артем

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ НАВИВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

Andrii Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., Mykola Artem

### THE STUDY OF POWER CHARACTERISTICS FOR WINDING OF PROFILE SPIRAL BLANKS

Одним із основних способів виготовлення профільних гвинтових заготовок (ПГЗ) є наступна послідовність операцій. Формування профільної стрічки з наступним навиванням на оправу. Основною перевагою даного способу є можливість одержання ПГЗ з малим внутрішнім радіусом. Для проектування технологічного оснащення навивання ПГЗ виникає необхідність в дослідженні силових показників цього процесу.

Схему процесу навивання ПГЗ показано на рисунку 1. Рівняння рівноваги частини профільної стрічки, що піддається деформації запишемо наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} \text{по осі } x: & -F_{T1} - F_{T2} \cdot \cos \alpha + N \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha = 0; \\ \text{по осі } y: & -P + F_{T2} \cdot \sin \alpha - N \cdot \sin \alpha + F \cdot \cos \alpha = 0; \\ \text{сума моментів: } & P \cdot (l + H_0) + F_{T1} \cdot R_3 + F_{T2} \cdot R_0 - N \cdot R_c - M_{sz} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $F_{T1}$  - сила тертя між роликком та профільною стрічкою, Н;  $F_{T2}$  - сила тертя між ПГЗ та оправою, Н;  $\alpha$  - кут повороту оправу, град;  $N$  - поздовжня сила, Н;  $F$  - рівнодіюча нормальних контактних напружень на ПГЗ, Н;  $P$  - сила гнуття притискним роликком, Н;  $l$  - відстань між центрами оправу та притискного ролика, м;  $H_0$  - висота гофри профільної стрічки, м;  $R_3$  - зовнішній радіус профільної гвинтової заготовки, м;  $R_0$  - радіус оправу, м;  $R_c$  - середній радіус профільної гвинтової заготовки, м;  $M_{sz}$  - момент гнуття профільної стрічки на ребро, Н·м. При відомому моменті гнуття  $M_{sz}$  можна

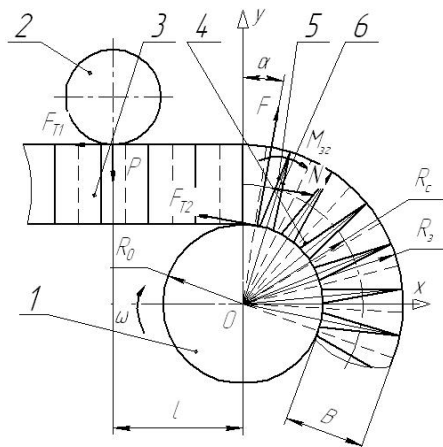


Рис. 1. Розрахункова схема дії сил в процесі навивання профільної стрічки на оправу: 1 – оправу; 2 - притискний ролик; 3 - профільна стрічка; 4 – профільна гвинтова заготовка; 5, 6 - лінії згину

знайти усі сили, що виникають в процесі навивання, розв'язавши систему рівнянь (1). В даному випадку:

$$F = \frac{-P \cdot (\mu_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 1)}{\mu_2 \cdot \sin \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot (-\mu_2 \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + \cos \alpha}; \quad (2)$$

$$N = \frac{\mu_1 \cdot P + F \cdot (\mu_2 \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{\cos \alpha}. \quad (3)$$

де  $\mu_1$  - коефіцієнт тертя між притискним роликком та профільною стрічкою;

$\mu_2$  - коефіцієнт тертя між оправою та ПГЗ.

Експериментальні дослідження показали, що максимальна сила гнуття  $P$  притискним роликком виникає на початковій стадії деформування, тобто, коли кут  $\alpha$  рівний нулю.

Одержані рівняння можна використовувати при інженерних розрахунках пристроїв для навивання ПГЗ.



УДК 621.867.42

Андрій Дячун, к. т. н., доц., Андрій Мельничук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ У ГВИНТОВОМУ КОНВЕЄРІ ІЗ ОБЕРТОВИМ КОЖУХОМ

Andrii Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., Andrii Melnychuk

### THE STUDY OF BULK MATERIAL KINEMATICS IN A SCREW CONVEYOR WITH ROTATING CASING

Для встановлення характеру переміщення вантажу у гвинтовому конвеєрі з обертовим кожухом розглянуто рух виділеного об'єму матеріалу в координатах хуз (рис. 1). Прийнято до уваги швидкісний режим роботи конвеєра, при якому відбувається одночасне змішування та транспортування вантажу. Із умови контакту виділеного об'єму матеріалу А з гвинтовою поверхнею шнека та циліндричною поверхнею кожуха, його розміщення визначається радіальним параметром  $R$  і кутовим параметром  $\theta$ .

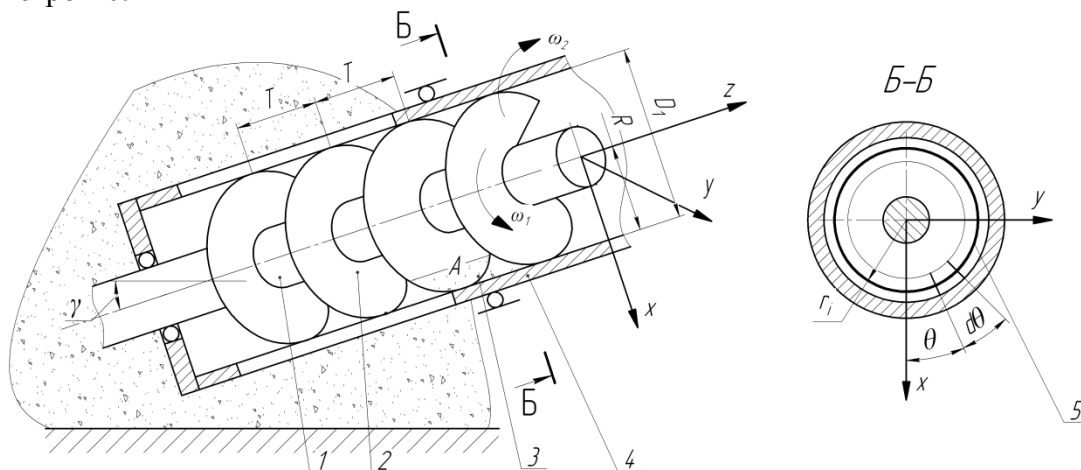


Рис. 1. Розрахункова схема переміщення виділеного об'єму матеріалу у нахиленому гвинтовому конвеєрі з обертовим кожухом: 1 – привідний вал; 2 – гвинтовий робочий орган; 3 – виділений об'єм матеріалу; 4 – обертовий кожух; 5 – траєкторія руху матеріалу при швидкісному режимі

В параметричному вигляді, з достатньою апроксимацією, координати виділеного об'єму матеріалу А визначаються такими залежностями:

$$\begin{cases} x_A = R \cos \theta; \\ y_A = R \sin \theta; \\ z_A = \frac{T(\omega_1 t \pm \omega_2 t - \theta)}{2\pi}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_A$ ,  $y_A$ ,  $z_A$  – координати матеріалу, м;  $R$  – радіальний параметр матеріалу, м;  $\theta$  – кутовий параметр матеріалу, рад;  $\omega_1$  – кутова швидкість обертання шнека, рад/с;  $\omega_2$  – кутова швидкість обертання кожуха, рад/с;  $t$  – час, с.

Швидкість руху матеріалу доцільно розглядати відносно взаємного руху шнека і кожуха:

$$\begin{cases} \dot{x}_3 = \frac{dR}{dt} \cos \theta + R \sin \theta \left( \omega_1 \pm \omega_2 - \frac{d\theta}{dt} \right); \\ \dot{y}_3 = \frac{dR}{dt} \sin \theta - R \cos \theta \left( \omega_1 \pm \omega_2 - \frac{d\theta}{dt} \right); \\ \dot{z}_3 = \frac{T}{2\pi} \left( \omega_1 \pm \omega_2 - \frac{d\theta}{dt} \right). \end{cases} \quad (2)$$

Прискорення матеріалу:

$$\begin{cases} \ddot{x}_3 = R \cos \theta \frac{d\theta}{dt} \left( \omega_1 \pm \omega_2 - \frac{d\theta}{dt} \right) - R \sin \theta \frac{d^2\theta}{dt^2}; \\ \ddot{y}_3 = R \sin \theta \frac{d\theta}{dt} \left( \omega_1 \pm \omega_2 - \frac{d\theta}{dt} \right) + R \cos \theta \frac{d^2\theta}{dt^2}; \\ \ddot{z}_3 = -\frac{T}{2\pi} \frac{d^2\theta}{dt^2}. \end{cases} \quad (3)$$

При стабільному режимі транспортування у швидкохідному конвеєрі (рис. 2), в якому матеріал рухається по гвинтовій траєкторії, дійсні умови:  $\frac{d\theta}{dt} = \text{const} = \omega_\theta$ ,

$\frac{d^2\theta}{dt^2} = 0$ ,  $\frac{dR}{dt} = 0$ ,  $R = \text{const}$ , де  $\omega_\theta$  - кутова швидкість обертання матеріалу, рад/с.

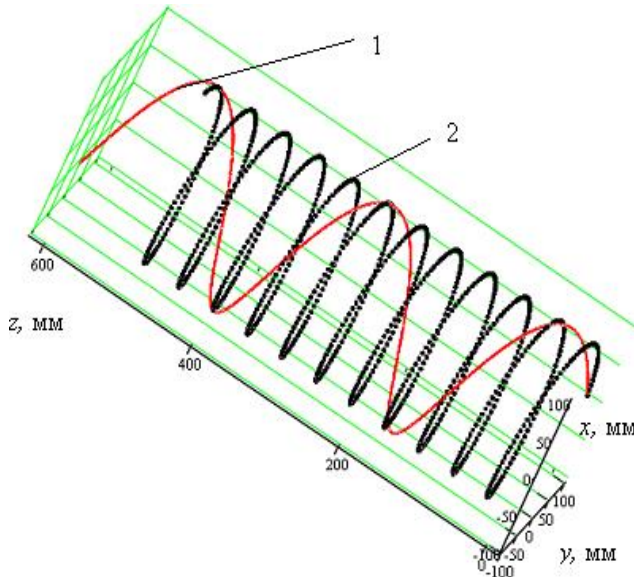


Рис. 2. Траєкторія руху матеріалу у швидкохідному конвеєрі: 1) кожух обертається у протилежному напрямку обертання шнека 2) кожух обертається в напрямку обертання шнека  $R=100$  мм;  $\omega=32$  рад/с

При прийнятих умовах знайдено проекції швидкості руху матеріалу відносно взаємного руху шнека і кожуха на осі системи координат хуз:

$$\begin{cases} \dot{x}_3 = R \sin(\omega_\theta t) (\omega_1 \pm \omega_2 - \omega_\theta); \\ \dot{y}_3 = -R \cos(\omega_\theta t) (\omega_1 \pm \omega_2 - \omega_\theta); \\ \dot{z}_3 = \frac{T}{2\pi} (\omega_1 \pm \omega_2 - \omega_\theta). \end{cases} \quad (4)$$

Прискорення матеріалу визначаємо за рівняннями:

$$\begin{cases} \ddot{x}_3 = R \omega_\theta \cos(\omega_\theta t) (\omega_1 \pm \omega_2 - \omega_\theta); \\ \ddot{y}_3 = R \omega_\theta \sin(\omega_\theta t) (\omega_1 \pm \omega_2 - \omega_\theta); \\ \ddot{z}_3 = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Встановлено, що для режиму швидкохідного транспортування доцільно надавати обертовий рух кожуху в напрямку протилежному обертанню шнека, а для процесу змішування транспортованого матеріалу доцільним є обертання кожуха в напрямку обертання шнека.

## УДК 621.91

Андрій Дячун, к. т. н., доц., Ярослав Олійник

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВЩИНИ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ КІНЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

Andrii Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., Yaroslav Oliinyk

### THE STUDY OF CUTTING THICKNESS FOR MILLING BY END-MILLING CUTTERS

Під час процесу фрезерування радіусних поверхонь кінцевими фрезами товщина різання металу змінюється від нуля під час врізання зуба до  $h_{\max}$  під час виходу зуба з контакту із заготовкою. Оскільки траєкторія переміщення зуба відповідає циклоїді, то вказані вище переміщення можна представити у вигляді векторної суми двох переміщень: обертання зуба навколо центра фрези на кут  $\alpha$  та переміщення зуба вздовж траєкторії одержуваного контуру на кут  $\Theta$ . При цьому обробка можлива по зовнішньому контуру та по внутрішньому контуру.

Знайдено товщину зрізу під час фрезерування по зовнішньому контуру:

$$h_i = \sqrt{(r \cdot \sin \alpha)^2 + (R_3 + r(1 - \cos \alpha))^2 + (R_3 + r)^2} - 2\sqrt{(r \cdot \sin \alpha)^2 + (R_3 + r(1 - \cos \alpha))^2} \cdot (R_3 + r) \cos(\beta + \theta). \quad (1)$$

де  $r$  – радіус фрези по вершинах зубів, мм;  $\alpha$  – миттєвий кут обертання фрези, град;  $R_3$  – радіус одержуваного контуру, мм;  $\beta$  – миттєвий кут переміщення першого зуба відносно центра контуру, град;  $\theta$  – миттєвий кут переміщення другого зуба фрези вздовж еквідистанти одержуваного контуру, град.

Товщина зрізу під час фрезерування по внутрішньому контуру:

$$h_i = \sqrt{r^2 + (R_3 - r)^2} - 2r(R_3 - r) \sin \alpha + (R_3 - r)^2 - 2\sqrt{r^2 + (R_3 - r)^2} - 2r(R_3 - r) \sin \alpha \cdot (R_3 - r) \cos(\beta + \theta). \quad (2)$$

Миттєвий кут переміщення першого зуба відносно центра контуру під час фрезерування по зовнішньому і внутрішньому контуру відповідно

$$\beta = \arctg\left(\frac{r \sin \alpha}{(R_3 + r) - r \cos \alpha}\right); \quad \beta = \arctg\left(\frac{r \cos \alpha}{(R_3 - r) - r \sin \alpha}\right). \quad (3)$$

Товщина зрізу  $h_i$  досягає максимуму  $h_{\max}$  під час виходу зуба з контакту із заготовкою, при цьому миттєвий кут обертання фрези знайдено за формулами:

- під час фрезерування по зовнішньому контуру

$$\alpha = \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + t)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right); \quad (4)$$

- під час фрезерування по внутрішньому контуру

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{r^2 + (R_3 - r)^2 - (R_3 - t)^2}{2r \cdot (R_3 - r)}\right), \quad (5)$$

де  $t$  – глибина фрезерування, мм.

Одержані рівняння можуть використовуватись для силового та динамічного розрахунку процесу фрезерування контурів кінцевими фрезами.

УДК 621.8

Петро Казмірчук, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ГОЛОВКА ДЛЯ НАРІЗАННЯ ВНУТРІШНІХ РІЗЬ

Peter Kazmirchuk, post-graduate student

### HEAD FOR INTERIOR RISK

Широкое використання різьбових з'єднань в машинах і механізмах обумовлено їхньою простотою конструкції, високою несучою здатністю, простотою з'єднання та роз'єднання деталей з застосуванням різноманітних різьбових з'єднань, сприяє також наявність значної номенклатури спеціальних різьбових деталей, їх широка стандартизація та мала вартість в умовах масового виробництва.

Застосування різьбових з'єднань сприяє також наявність значної номенклатури спеціальних різьбових деталей, пристосованих до різних конструктивних варіантів зєднання, їхня широка стандартизація та мала вартість сприяє їх широкому впровадженню у виробництво.

Головка для нарізання внутрішніх різь зображено на рис.1, яка виконана у вигляді циліндричного корпуса 1 в якому встановлені всі механізми і деталі пристрою. З лівого кінця опорного стержня 2 виготовленні Т-подібні пази 3, під кутом  $15^\circ$ , які розміщені рівномірно по колу і які є у взаємодії з Т-подібними повзунками-виступами 4 повзунів 5, з можливістю осьового переміщення.

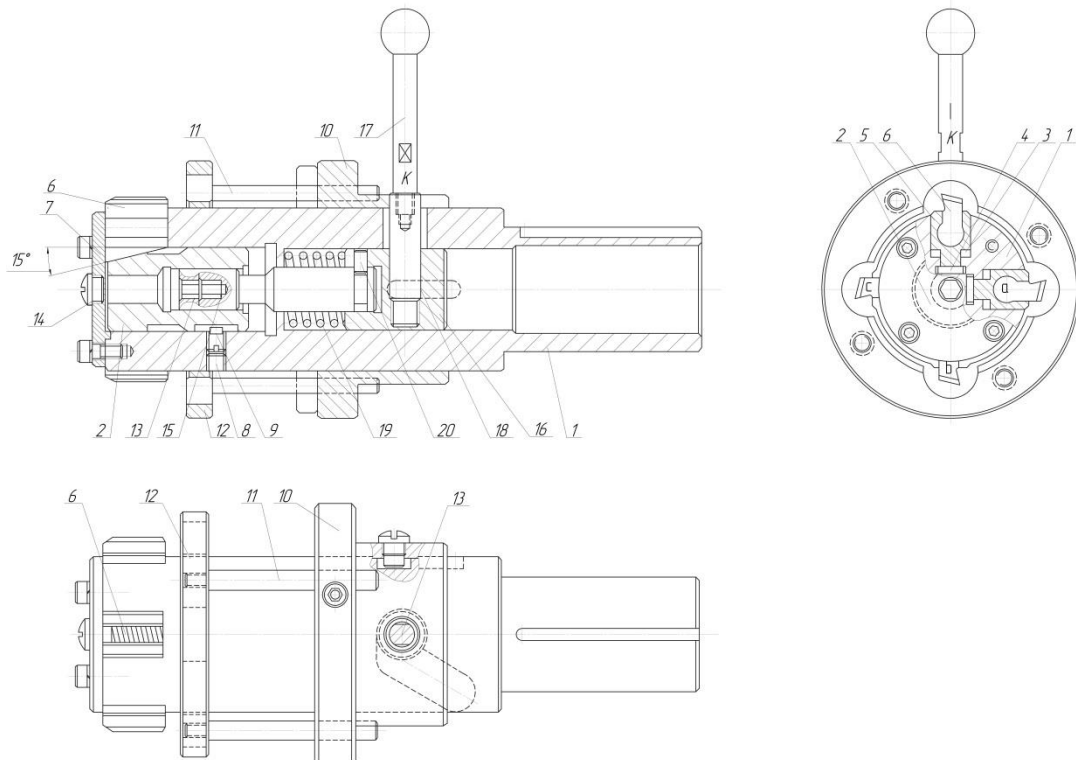


Рис.1. Головка для нарізання внутрішніх різь

В повзунах 5 по центру встановленні різьбові гребінки 6, які затилуванні в сторону руху головки гребінки 6 марковані за годинниковою стрілкою, які відрізняються одна від одної зміщенням профілю кроку від позначки «К» – вліво на  $0,5 \pm 0,05$  мм (крок  $t=2$ мм) на чотирьох гребенях.

Різьбові гребінки 6 маркують за годинниковою стрілкою 1, 2, 3, 4, які відрізняються одна від одної зміщенням профілю вліво на  $0,5 \pm 0,05$  мм (при кроці  $t=2$ мм) на чотирьох гребенях.

Для запобігання випадання гребінок 6 на торці опорного стержня 2 використовують кришку 7, яку кріплять гвинтами. Установка головки на довжину розміру нарізання різі здійснюється гвинтом 8 в пазу 9 опорного стержня 2, а також кільцем вимикання 10 і стержнями 11, які опорно кріпляться до корпусу 1 і кільцем опорним 12.

Механізм регулювання величини різі здійснюють регулювальним гвинтом 13 шляхом продольного його переміщення опорного стержня 2. Для цієї мети відкручуються пробки 14 шестигранним ключем, який вводиться в центральний отвір кришки 7 викручується гвинт 13 до тих пір поки він не впреться в середині в тіло опорного стержня 2. Після цього регулювальний шестигранний ключ вводиться через стопорний гвинт 15 в шестигранний отвір регулювального гвинта 13 і повертається в ту чи іншу сторону. Регулювальний гвинт за допомогою штифтів 8, з'єднаний із сердечником 16, зв'язаним через рукоятку 17 з корпусом 1. Після цього закінчення регулювання розмір нарізної різі фіксується стопорним гвинтом 13.

Виключення мітчика здійснюється, як і автоматично так і вручну. Після автоматичного вимкнення та закінчення нарізання різі, упорне кільце 12 і зв'язне з ним кільце вимикання 10 зупиняється гребінками 6, дякуючи самозабезпеченню продовжують рухатись вперед і захоплюють з собою корпус із всіма зв'язними з ним деталями. Включене в роботу положення, здійснюється шляхом повороту рукоятки 17 або поверхні назад опорного пальця 12. При ручному вимиканні необхідно рукоятку 17 повернути за годинниковою стрілкою, тоді кільце вимикання 10 заставить палець зіскочити 18 з прямолінійної дільниці паза корпусу, що призведе до самовиключення мітчика.

Робота головки здійснюється на ступним чином. Гребінка 6 своїми нижніми Т-подібними виступами входять у взаємодію з Т-подібними виступами опорного стержня 2 з можливістю осьового і радіального переміщення. Механізми включення і виключення головки виконанні з рукояткою 17, сердечником 16, пружиною 19, гвинтом регулюванням 13 та стопорним гвинтом 15 з штифтом 20. Переміщення цього механізму вперед здійснюється включенням головки, а назад – виключенням. При цьому гребінки 6 можуть бути ліві і праві – відповідно різі можна виготовляти також ліві і праві.

Настроювання головки на заданий розмір нарізання різі змінною гребінок 6 і налаштування здійснюють за допомогою втулки-калібра, який є на кожний тип різі (на креслені не показано).

До переваг головки відноситься спрощення конструкції і зручність в експлуатації.

**УДК 631.42**

**Когут Р., Хомик Н.І., к. т. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ГРЕЙФЕРА НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8В**

**Kohut R., Khomik N.I., Ph.D., Assoc. Prof.**

### **REASONING OF MECHANISM CLAMSHELL FORKLIFT PE-0,8B**

Особливість сільськогосподарського виробництва обумовлює різноманітні методи і прийоми обробки вантажів. Звичайними прийомами залишається підйом, переміщення та розвантаження. Перенос вантажу здійснюється окремими порціями з періодичним циклом. Тому широке застосування знайшли навантажувачі періодичної дії, які призначені для підйому і транспортування вантажу при обслуговуванні виробничих процесів: завантаження транспорту, переробка сільськогосподарських продуктів та ін.

Технологічне обладнання навантажувача – це підйомно-поворотна стріла, до якої кріпиться змінний робочий орган. Основні вузли навантажувача: рама, колона, яка приводиться в дію з механізмом повороту, стріла і надставка з гідроциліндрами керування, робочий орган (захватний пристрій для вантажу), виносні упори, на які опирається навантажувач під час роботи. Залежно від розмірів стріли та надставки, ходів гідроциліндрів визначається робоча зона навантажувача, яка характеризується висотою підйому вантажу, максимальним вильотом стріли, глибиною забору, кутом повороту стріли. Привод всіх циліндрів здійснюється від гідросистеми навантажувача.

Технологічний цикл навантажувачів періодичної дії складається з таких операцій: захват і перенесення вантажу, розвантаження і підведення робочого органу, тобто вантаж може переміщатися як у вертикальній, так і горизонтальній площинах.

Навантажувачі обладнують змінними робочими органами для різноманітних вантажів. Серед них: грейфер – для роботи зі сипучими матеріалами, кігті, вила – для в'язких матеріалів, крюк для поштучних вантажів. Це надає навантажувачам універсальних якостей.

Грейферні навантажувачі з гідроприводом використовують для завантаження ґрунту, гравію, силосу, соломи, кукурудзи, коренеплодів, органічних та мінеральних добрив, сипучих та малосипучих матеріалів, штучних та упакованих у тару товарів, а також для проведення екскаваторних робіт, тобто і там, де потрібні великі зусилля врізання челюстів робочого органу в матеріал, який навантажується. Все частіше виникає необхідність застосування цих машин при навантаженні таких вантажів, які доводиться забирати з поверхні ґрунту або зі спеціально підготовленої площадки.

При роботі з навантажувачем-екскаватором необхідно, у першу чергу, встановити його так, щоб була можливість виставити за допомогою домкратів колону у вертикальне положення, забезпечити зручність вантаження у транспортні засоби і найширший фронт робіт з однієї установки.

Грейферами обладнують різного виду навантажувачі спеціального виконання або трактори серійного випуску. На пересувні крани-навантажувачі можна навісити змінні грейфери різних конструкцій. Грейфери, які використовуються для сільськогосподарських робіт, мають різний принцип дії: грейфери, які працюють як гравітаційні, занурення у матеріал відбувається під дією сили тяжіння (канатні і приводні); напорні грейфери, які занурюються у матеріал під дією додаткових зусиль

штанг. При зачерпуванні легких матеріалів (наприклад, сіна) занурення відбувається під дією зусилля штанги, при черпанні важких та ущільнених матеріалів (наприклад, силос) додатково за допомогою гідроциліндрів.

Гідравлічні грейфери для сільськогосподарських робіт із живленням від гідравлічної системи навантажувача є найбільш перспективними.

Робочий орган навантажувача шарнірно кріпиться до стріли. Він виконаний у вигляді двочелюсного захвату, челюсті якого звершують кругову траєкторію руху навколо загальної осі і приводяться у рух гідроциліндром через траверсу і дві тяги.

Механізм грейфера навантажувача ПЕ-0,8 призначений для здійснення руху челюстей грейфера при їх змиканні та розмиканні. Привод грейфера гідравлічний. Рух челюстей здійснюється двома гідроциліндрами: кожна челюсть грейфера приводиться окремим гідроциліндром. Механізм грейфера складається зі стійки, поворотних челюстей захвату, які шарнірно з'єднані зі стійкою, двох гідроциліндрів. Челюсті здійснюють обертальний рух навколо осі, на яку вони насаджені. На кінці челюсті знаходяться зубці грейфера, які при обертальному русі челюсті описують траєкторію поглиблення челюсті у ґрунт. Характерна особливість грейферного механізму – всі ланки здійснюють рух паралельно одній площині.

Недоліком існуючих конструкцій грейферів є захват разом з порцією вантажу частини ґрунту. Це пояснюється тим, що челюсті грейфера у кінці захвату поглиблюються у землю і захоплюють верхній шар ґрунту товщиною 10 см.

На основі технологічно циклу роботи механізму грейфера розроблено його розрахункову схему, яка дозволила провести силовий аналіз конструктивних елементів механізму грейфера.

Шарнір, до якого кріплять челюсті створює силовий момент, який змушує челюсть обертатися. Робоча зона челюсті має форму півкола з радіусом  $r=375$  мм. Зуби, що розміщені на кінці челюсті, впираються у поверхню ґрунту. Зі сторони ґрунту виникає реакція, яка прикладена до зубів грейфера і направлена по дотичній до кола у точці розміщення зубів грейфера при їх контакті з ґрунтом. У шарнірі кріплення механізму грейфера до стріли виникають сили реакції. Якщо реакція ґрунту старасться припідняти грейфер, то реакція зі сторони стріли, навпаки направлена вниз і сприяє поглибленню грейфера у матеріал для кращого захвату. Також необхідно врахувати і сили тяжіння від мас механізму грейфера і самого робочого органу. Сила тяжіння грейфера викликана дією маси челюсті, вона напрямлена вертикально вниз і прикладена у центрі тяжіння челюсті. Масу челюсті, як і масу грейфера, при проектному розрахунку визначають виходячи із призначення грейфера і з урахуванням матеріалу, з якого його виготовлено.

У результаті розрахунків встановлено, що найбільш навантаженими елементами є рамка та стійка механізму грейфера. Здійснено пошук оптимальних кінематичних параметрів механізму грейфера і проведений проектний розрахунок на міцність рамки та стійки механізму грейфера.

УДК 621.9.048

Кондратюк О.М.<sup>1</sup>, к.т.н. доц; Серілко Л.С.<sup>1</sup>, к.т.н. доц., Галан Ю. Я.<sup>2</sup>, аспірант

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ УСТАНОВКИ

O.Kondratyuk, L. Serilko, Y.Galan

### THE STUDYING WORK OF VIBRATION-VIRTUAL INSTALLATION

При розробці і впровадженні нової високопродуктивної фінішної обробки, використовують вібраційний метод обробки деталей складної форми в сипучому абразивному середовищі. Процес вібраційного оброблення (ВіО) супроводжується

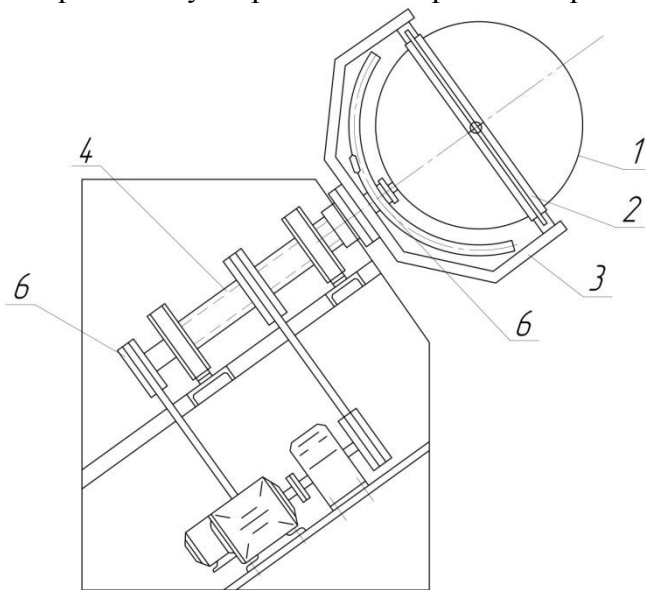


Рисунок 1 – Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки.

взаємодією на деталь, яка обробляється, сукупністю факторів: великою кількістю мікроударів частинок робочого середовища, яка забезпечує пластичну деформацію, зняття металу і його окислів, змінних прискорень, які забезпечують високу рухомість і ударний характер взаємодії частинок робочого середовища і деталей, наявність хімічних і поверхнево-активних розчинів, які входять в склад ЗОР. Велика кількість різновидностей цього методу потребує досконалого його вивчення і дослідження.

Схему вібраційно-відцентрової установки, робоча камера якої здійснює складні кутові коливання та обертання навколо похилої осі наведено на рис.1 [1]. Робоча камера 1 шарнірно встановлена в кільці 2, яка за

допомогою підшипників кріпиться до ведучої вилки 3. Вилка 3 жорстко з'єднана з пустотілим валом 4, рух якого відбувається від електродвигуна за допомогою пасової передачі. В середині пустотілого валу 4 знаходиться вал 5 кривошипного механізму 6, який здійснює кутові коливання робочої камери 1. Виберемо нерухому систему координат  $Oxyz$  (рис 2), яка зв'язана з корпусом вібраційно-відцентрової установки (ВВУ). Вилка 1 повертається навколо осі  $Oy$  на кут  $\alpha$ , рамка 2 навколо осі  $Oz$  на кут  $\beta$ , а камера 3 навколо осі  $Ox$  на кут  $\gamma$ . Зв'яжемо з вилкою 1 систему координат  $Ox_1y_1z_1$ , з рамкою 2  $Ox_2y_2z_2$ , із камерою 3  $Ox_3y_3z_3$ . Оскільки вилка 1 обертається навколо осі  $Oy$  з постійною кутовою швидкістю  $\omega_1$ , то  $\alpha = \omega_1 \cdot t$ . Кривошип  $O_1A$  обертається навколо осі  $Oy$  з постійною кутовою швидкістю  $\omega_2$ , отже  $\varphi = \omega_2 \cdot t$ , тоді кути  $\beta$  і  $\gamma$  будуть рівні: [2]

$$\begin{cases} \beta = \arctg \frac{r \cdot \sin \varphi}{H}; \\ \gamma = -\arctg \frac{r \cdot \cos \varphi}{\sqrt{H^2 + r^2 \sin^2 \varphi}}. \end{cases} \quad (1)$$

де  $r$  - радіус кривошипа,  $H = O_1O$  відстань між початком координат  $Oxyz$  і площиною обертання кривошипа  $O_1A$ .



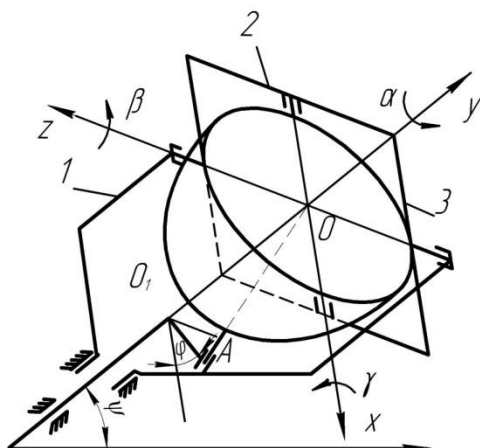


Рисунок 2 – Схема нерухомої системи координат Охуз

Прийmemo відношення конструктивних параметрів  $\lambda = \frac{r}{H}$ . Згідно досліджень [2] величина  $\lambda \leq 0.25$ , що забезпечує стійку роботу ВВУ з амплітудою кутових коливань  $\beta$  і  $\gamma$  не більше  $15^\circ$ .

Розглянемо умовну рівновагу частинки абразиву, яка знаходиться на внутрішній поверхні камери. Згідно принципу Д'Аламбера [3] будемо мати:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_T + \vec{\phi} = 0 \quad (2)$$

де  $\vec{P}$  – сила тяжіння,  $\vec{N}$  – нормальна реакція поверхні камери,  $\vec{F}_T$  – сила тертя,  $\vec{\phi}$  – сила інерції,  $\vec{\phi} = -m\vec{a}$ .

Проведемо через кожну точку  $M_i$  з координатами  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $(i=1\dots 12)$  нормаль, вектор якої матиме координати:

$$X_i = -x_i; Y_i = -y_i; Z_i = -z_i. \quad (3)$$

Проектуючи рівняння (2) на нормаль отримаємо:

$$N = P_n + \phi_n, \text{ де } \vec{P} = m\vec{g}, N' = \frac{N}{m} = g_n + a_n. \quad (4)$$

Вектор прискорення вільного падіння має координати:

$$g_x = -g \cos \psi; g_y = g \sin \psi, g_z = 0. \quad (5)$$

де  $\psi$  кут нахилу осі Оу до горизонту.

Знаючи проекції прискорення точки  $M_i$  на координатні осі  $a_{xi}, a_{yi}, a_{zi}$  можна визначити величину  $N'$ .

$$N' = \frac{(g_x + a_{xi})X_i + (g_y + a_{yi})Y_i + (g_z + a_{zi})Z_i}{\sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2}}. \quad (6)$$

Визначимо кінетичну енергію частинки абразиву, яка знаходиться в точці  $M_i$  в моменти часу, коли проходить відрив частинки абразив від камери  $N' > 0$ .

$$E_k = \frac{mV_i^2}{2} = \frac{m(V_{xi}^2 + V_{yi}^2 + V_{zi}^2)}{2} \quad (7)$$

де  $V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}$  – проекції швидкості точки  $M_i$  на осі координат в момент часу  $t_k$ .

Тоді кінетична енергія, яку віддає камера частинкам абразиву в точці  $M_i$  за час  $t_1$  буде рівна:

$$T_i = \sum_{k=1}^{t_1} E_k \quad (8)$$

Кінетична енергія, яку отримують частинки абразиву від всієї камери за час  $t_1$  буде рівна:

$$T = \sum_{i=1}^{80} T_i \quad (9)$$

Величина  $t_1$  визначається з умови, що за цей час робоча камера здійснить повне число обертів навколо осі  $Oy$ .

$$t_1 = \frac{60}{\Delta n_1} \quad (10)$$

де  $\Delta n_1$  – крок зміни частоти обертання камери навколо осі  $Oy$ .

Після цього визначаємо кінетичну енергію, яку віддає камера частинці абразиву одиничної маси за час  $t_1$ .

$$T' = \frac{T}{m \cdot t_1} \quad (11)$$

На рис. 3 наведена поверхня відгуку залежності питомої кінетичної енергії  $T'$  від частоти обертання вилки  $n_1$  і кривошипа  $n_2$

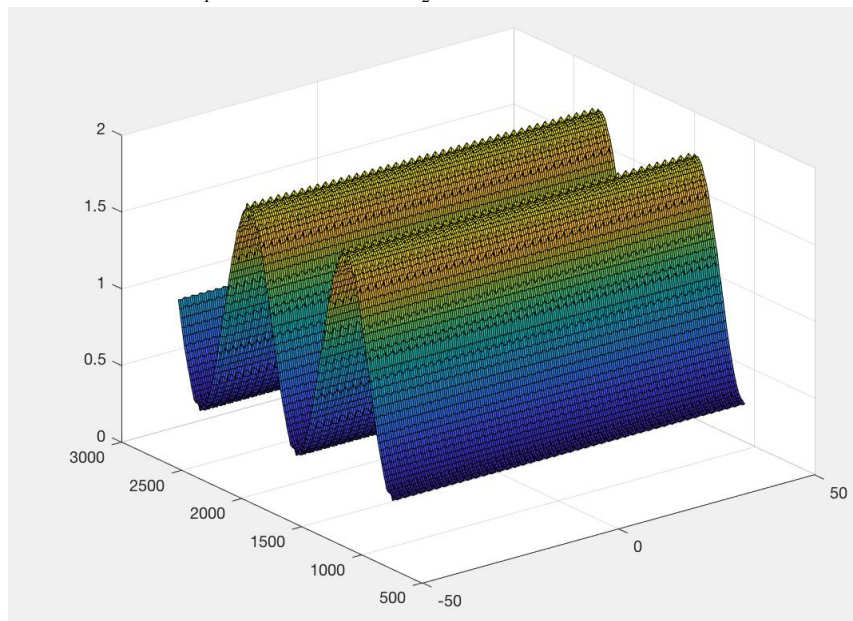


Рисунок 3 – Поверхня відгуку залежності питомої кінетичної енергії  $T'$  від частоти обертання вилки  $n_1$  і кривошипа  $n_2$

1. Пат. 109854 МПК В24 В31/6. Вібраційно-відцентрова установка. / Кондратюк О.М., Галан Ю.А., Ляшук О.Л., Скиба О.П. Бюл. №17, 12.09.2016.

2. Аналіз визначення сили різання і зняття металу при обробці деталей в абразивному середовищі вібраційно-відцентрового станка / Л.С. Серілко, О.М. Кондратюк / Всеукраїнський науково – технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». Випуск №2 (47), 2007. С. 64-69.

3. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002 р. – 512 с.: іл.  
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B0%D0%B5%D0%B4%D1%80>

УДК 537.8, 539.3

О. Король, Б. Береженко, О. Гурик к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОСТИГАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ

О. Korol, B. Berezhenko, O. Huryk, Ph.D., Assoc. Prof.

### DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR CYLINDER PART INDUCTION HEATING

Розроблено математичну модель остигання по всій робочій поверхні деталі циліндричної форми, після заливання розплавленого металу в технологічний тигель. Охолодження буде проходити від 1600°C до 20°C. Причому при 1450°C – 1600°C як залитий рідкий метал, так і підготовлений на границі між ними основний метал будуть в рідкому стані та в сумі рідкого металу й аустеніту, тобто будуть створені умови для їх взаємного перемішування та дифузії, що сприятиме їх дійсному з'єднанню.

За допомогою розробленої математичної моделі проведено дослідження залежності температури від частоти і сили струму в індукторі та тривалості нагрівання. Розроблені основи індукційного нагрівання та наплавлення деталей циліндричної форми невеликих діаметрів, які дозволяють проектувати нагрівальні системи індуктор-магнітопровід з урахуванням їх електрофізичних, енергетичних та геометричних параметрів. Отримані теоретичні і експериментальні результати дослідження нагрівальної системи (індуктор, магнітопровід) підтвердили обґрунтованість застосування вибраної методики з достатньою для інженерних розрахунків і практичних цілей точністю в межах 3-4 %.

Після досягнення необхідної температури наплавлення джерело нагрівання вимикають і деталь циліндричної форми (колесо) вільно остигає. На циліндр невеликої товщини в цьому випадку діє тільки тепловий екран.

Рівняння вільного остигання циліндричної деталі має вигляд:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} - m^2 T - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = 0. \quad (1)$$

Внаслідок того, що температура повинна бути симетричною відносно центру деталі, можемо записати таку умову:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0; \text{ при } r=0.$$

На краю циліндричної деталі, де маємо теплове екранування, гранична умова матиме вигляд

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial r} + K_T \alpha T = 0, \quad (2)$$

$$\text{де } K_T = \frac{\lambda_T}{d_T \alpha}.$$

Будемо шукати розв'язок рівняння (1) у формі

$$T = C J_0(\nu r) e^{-a\lambda^2 t}. \quad (3)$$

Підставивши вираз (3) в граничну умову (2), одержимо:

$$C\nu[-J_1(\nu r_2)]e^{-a\lambda^2 t} + K_T\alpha CJ_0(\nu r_2)e^{-a\lambda^2 t} = 0.$$

Звідси після розділення на  $C \cdot e^{-a\lambda^2 t}$  одержимо рівняння для визначення  $\nu$ :

$$-\nu J_1(\nu r_2) + K_T\alpha J_0(\nu r_2) = 0. \quad (4)$$

Оскільки коренів цього рівняння – нескінченна кількість, то розв’язок (3) набуде вигляду

$$T = \sum_{j=1}^{\infty} C_j J_0(\nu_j r) \cdot e^{-a\lambda_j^2 t}. \quad (5)$$

Для знаходження коефіцієнтів  $C_j$  використаємо умову, що в момент початку остигання  $t = \tau$  температура рівна  $T_\tau(r)$  – кінцевій температурі наплавлення.

Тобто  $T = T_\tau(r)$  при  $t = \tau$  (6). Помноживши вираз для температури (5) при  $t = \tau$  на  $J_0(\nu_j r)$  і проінтегрувавши його в границях від 0 до  $r_2$ , будемо мати формулу

$$\int_0^{r_2} T_\tau J_0(\nu_j r) r dr = C_j e^{-a\lambda_j^2 \tau} \int_0^{r_2} [J_0(\nu_j r)]^2 r dr,$$

яка при  $t = \tau$  набуде вигляду

$$\int_0^{r_2} T_\tau(r) J_0(\nu_j r) r dr = C_j e^{-a\lambda_j^2 \tau} \int_0^{r_2} [J_0(\nu_j r)]^2 r dr.$$

З цієї формули знаходимо

$$C_j = \frac{\int_0^{r_2} T_\tau(r) J_0(\nu_j r) r dr}{e^{-a\lambda_j^2 \tau} \int_0^{r_2} [J_0(\nu_j r)]^2 r dr}. \quad (7)$$

Підставляючи коефіцієнти  $C_j$ , знайдені по формулі (7), у вираз для визначення температури (5), одержимо кінцеву формулу для знаходження температури остигання деталі циліндричної форми:

$$T = \sum_{j=1}^{\infty} \frac{\int_0^{r_2} T_\tau(r) J_0(\nu_j r) r dr}{\int_0^{r_2} [J_0(\nu_j r)]^2 r dr} J_0(\nu_j r) \cdot e^{a\lambda_j^2(\tau-t)}, \quad (8)$$

в якій корені  $\nu_j$  визначаються з рівняння (4).

З цієї формули також видно, що кінцева температура нагрівання однозначно визначає температуру остигання.

**УДК621.8**

**Роман Котик, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПАТРОН ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЛЬЦЕВИМИ РІЖУЧИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ**

**Roman Kotik, post-graduate student**

### **PATTERN FOR PROCESSING PARTS WITH BOTTLE BURNING TOOLS**

Велике значення вдосконалення виробництва машин має технологічне оснащення і інструментальне виробництво.

Розвиток промисловості передових країн світу здійснюється шляхом впровадження у виробництво науково містких технологій та конструкцій машин, створення яких є актуальним і перспективним напрямком науково-технічного процесу. Сучасний стан розвитку машинобудування вимагає пошуку нових шляхів покращення експлуатаційних і технологічних параметрів деталей машин, що дасть змогу підвищити якість продукції, підвищити її параметри, зменшити собівартість її виготовлення та ремонту. В машинобудуванні важливим є завдання розроблення прогресивних технологічних процесів, прогресивного технологічного обладнання, оснащення, різального та вимірювального інструментів.

Підвищення міцності та довговічності машин і механізмів шляхом введення в їх конструкції нових технічних рішень, відпрацювання конструкції на технологічність, розроблення прогресивних технологій їх виготовлення, проектування технологічного оснащення, різального та вимірювального інструментів є актуальним завданням машинобудівних та ремонтних підприємств.

Патрон для оброблення деталей пальцевими ріжучими інструментами представлено на рис.1, який виконано у вигляді ступінчастого корпусу 1 з лівої сторони у центральному еліпсному отворі 2 якого жорстко встановлено еліпсну оправку з можливістю осьового кругового переміщення, яку виконано із двох половинок нижньої 3 і верхньої 4.

Між ними встановлені пружні елементи – пружини 5 з горизонтальним розміщенням між ними з великим кроком. В другому варіанті фіг.3 пружина 5 встановлені вертикально в отвори 6 з верхніми центрувальними елементами 7 в кількості 2...4штук в залежності від величини крутного моменту і довжини оправки, яку в зборі мають діаметр рівний меншому діаметрі еліпсної оправки з можливістю кругового провертання. Причому з лівого кінця нижньої половинки 4 виконано глухий квадратний отвір 8, який є у взаємодії з кінцями ріжучого інструменту 9. Верхня частина 4 еліпсної оправки по довжині є коротшою від нижньої і вони виконані у двох варіантах. Перший між нижньою 3 і верхньою 4 половинками виконано осьовий отвір 10, який є у взаємодії з циліндричною пружною пружиною 5 з великим кроком (фіг.2). Другий варіант фіг.3 пружини 5 встановлені вертикально в отвори 6 нижньої півкруглої половини в кількості 2...4 штуки в залежності від довжини оправки і величини крутного моменту. Крім цього половинки розрізаних оправок зцентровані відомими центрувальними елементами 7 і стягнуті пружними елементами 11 відомої конструкції.

Крім цього еліпсний отвір з лівого торця ступінчастого циліндричного корпусу закритий кришкою 12 і еліпсним ущільнення 13, який є у взаємодії з зовнішнім діаметром еліпсної оправки 3 і 4 з можливістю осьового і кругового переміщення. Це забезпечує відповідну фіксацію положення вильоту еліпсної оправки 3 з мітчиком 9, який встановлений в глухий квадратний отвір 8 еліпсної оправки з лівого її кінця.

Мітчик 9 служить для виконання відповідних операцій в заготовці 15, яка жорстко закріплена в патроні токарного верстату, він здійснює осьове переміщення, заготовки.

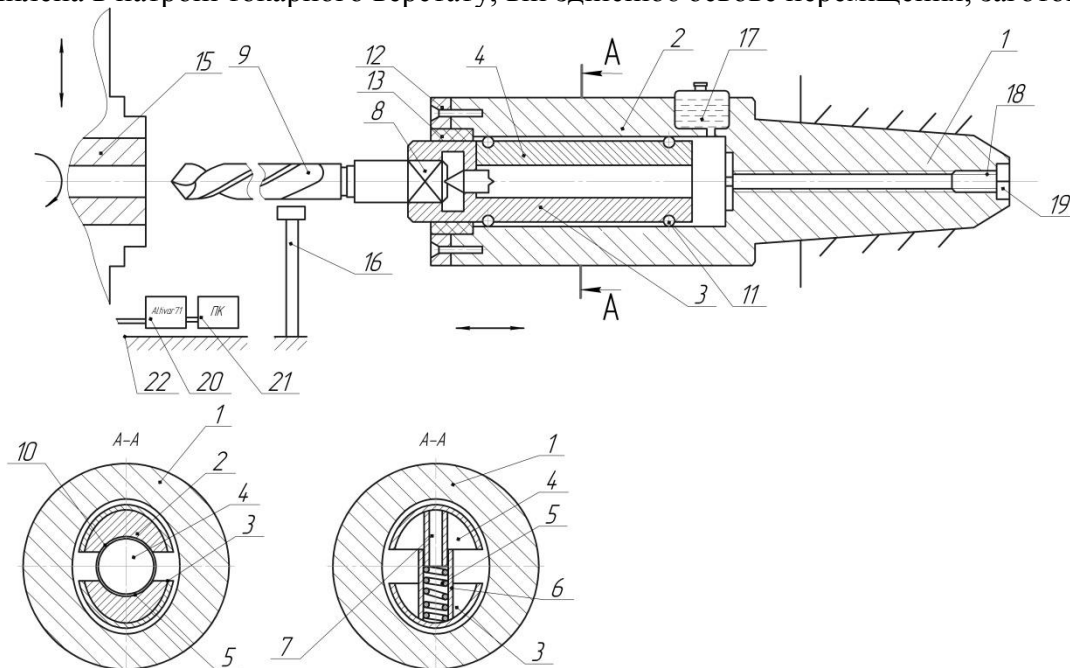


Рис.1. Патрон для оброблення деталей пальцевими ріжучими інструментами

Для обмеження осьового переміщення і включення реверсу в нижній зоні переміщення торця оправки 3 і 4 встановлено упор-перемикач 16 на станині верстату. Крім цього в зону еліпсного отвору 2 залито мастило для зменшення тертя, яке розміщено зверху корпуса 1 в ємкості 17. З правого торця корпуса отвір 18 закритий (заглушений) гвинтом 19. Крім цього на столі верстату встановлені Altivar71 20 і персональний комп'ютер 21 для заміру зусилля і параметрів різання. Використання еліпсного з'єднання оправка - еліпсний отвір значно зменшують сили тертя і підвищують точність проведення досліджень.

Роботу патрона розглянемо на прикладі нарізання різі, яка здійснюється наступним чином. Заготовка 15 в центральному отворі якої необхідно нарізати різь, жорстко кріпиться в патроні 22, а мітчик 9 жорстко кріпиться в квадратному отворі оправки 3. Включається верстат і патрон задньою бабкою здійснює рух осьової подачі вліво і здійснює процес нарізання різі. При цьому рух ступінчатого циліндричного корпуса 1 призупиняється, а оправка 3 з мітчиком 9 продовжує нарізання різі до того часу коли оправка з своїм лівим торцем не переключить упор-перемикач 16. Після цього включається реверс і заготовка 15 з патроном 22 обертаються в протилежному напрямку. Після виходу мітчика 9 з отвору заготовки 15 верстат зупиняється і заготовку знімають, а на її місце встановлюють наступну.

До переваг дослідного патрона відносять розширення технологічних можливостей і підвищення чутливості системи і точності замірів процесів нарізання різі.

**УДК621.8**

**Роман Котик, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПАТРОН З ГВИНТОВИМИ ЗАТИСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

**Roman Kotik, post-graduate student**

### **PATRON WITH COUPLING STOCKING ELEMENTS**

Постійний розвиток техніки на сучасному етапі вимагає використання деталей, які є тонкостінними оболонками. В даний час їх кількість значно збільшується в загальній масі деталей, що піддаються механічній обробці. Разом із збільшенням частки тонкостінних виробів в загальній масі оброблюваних деталей, підвищуються і технічні вимоги до точності розмірів, шорсткості оболонкових поверхонь, форми і їх взаємного розташування, вимоги до якості поверхневого шару. Внаслідок основної особливості тонкостінних виробів – їх малої жорсткості, виконання цих вимог є досить складним завданням.

Найбільші труднощі при обробці оболонкових деталей виникають при вирішенні питання їх базування і закріплення на верстаті. Закріплення оброблюваних заготовок в пристроях і прикладання сил приводить до виникнення похибок. Для тонкостінних виробів, що характеризуються малою жорсткістю, похибки, пов'язані з прикладанням сил закріплення можуть приймати великі значення, тому цей чинник є визначальним при конструюванні затискних пристроїв і підборі оптимальних режимів обробки.

Для затиску тонкостінних виробів використовуються різного типу патрони, пристрої і оправки: багатоклачкові, з гофрованими затискними елементами, цангові розтискні оправки, оправки та патрони з оболонковими затискними елементами та ін. Окремо слід виділити гвинтові затискні пристрої (ГЗП) із пружними гофрованими затискними елементами, до яких відносяться затискні патрони та оправки із гвинтовими елементами затиску, що в порівнянні із іншими є дешевшими у виготовленні та експлуатації. Проте їх розробленню і дослідженню приділено мало уваги, що потребує подальших теоретичних і експериментальних досліджень.

Затискний гвинтовий патрон зображено на рис.1, який виконано у вигляді планшайби 1, яка з правого торця від шпинделя виконана у вигляді циліндра 2 з глухим центральним отвором. На зовнішній поверхні циліндра 2 нарізана різь, яка є у взаємодії з лівою 3 і правою 4 гайками, які з'єднані між собою болтами 5 і зафіксовані у визначеному місці контргайкою 6. Між торцями гайок 3 і 4 виконана циліндрична канавка 7, яка є у взаємодії з поводковою шайбою 8, внутрішній діаметр якої є більшим внутрішнього діаметра L-подібної спіралі 9. Останню встановлено в центральний глухий отвір циліндра 2, причому лівий кінець L-подібної поводкової спіралі 9 жорстко з'єднано з поводковою шайбою 8, яка встановлена у внутрішній діаметр глухого центрального отвору з можливістю осьового переміщення. По зовнішньому діаметру останньої рівномірно виконані по колу, наприклад, три поводки, які є у взаємодії з косими пазами 10, які виконані на циліндричній поверхні циліндра 2 з можливістю осьового переміщення. Правий кінець L-подібної поводкової спіралі 9 жорстко закріплено до шайби 11, яка жорстко закріплена до правого торця циліндра 2, а внутрішній діаметр шайби 11 є більшим внутрішнього діаметра L-подібної поводкової спіралі. Остання внутрішнім діаметром є у взаємодії з зовнішнім діаметром заготовки 12 для її закріплення. Крім цього, у глухий отвір циліндра 2 запресована втулка 13, яка є упором для базування заготовки 12. В разі потреби для збільшення зусилля кріплення, кількість поводкових шайб 8 може бути збільшена.

Використання L-подібної поводкових спіралі 9 значно підвищує зусилля затиску. Внутрішній діаметр шнека може бути у взаємодії з зовнішньою поверхнею заготовки 12 через пружний циліндричний елемент, який забезпечує їх взаємний контакт без деформації і пошкодження поверхні заготовки 12.

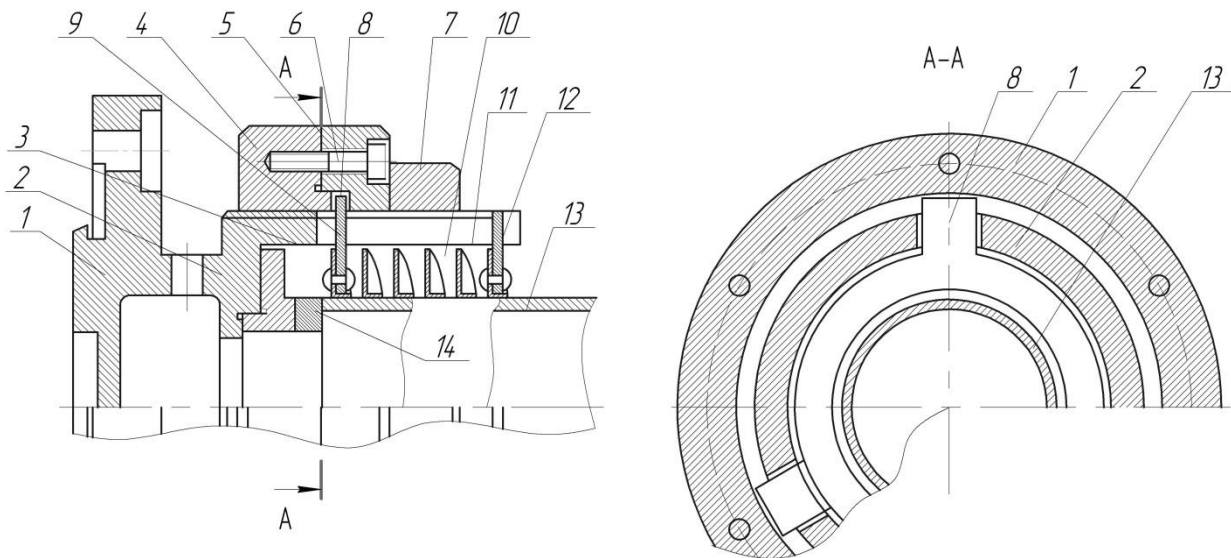


Рис. 1 Патрон з гвинтовими затискними елементами

Робота затискного гвинтового патрона здійснюється наступним чином.

Патрон планшайбою 1 жорстко кріпиться до шпинделя, наприклад, токарного верстата (на кресленні не показано). За допомогою гайок 3 і 4, які переміщують в праве крайнє положення L-подібну поводкову спіраль 9 і затискують його внутрішній діаметр, в який встановлюють циліндричну заготовку 12 до упора з втулкою 13 з його базуванням, гайки 3 і 4 вручну переміщують у ліве крайнє положення і тим самим L-подібну поводкову спіраль 9 розтягують, в результаті чого внутрішній діаметр її зменшується і при цьому здійснюється затиск заготовки 12.

При розтягуванні L-подібної поводкової спіралі 9 її поводки провертаються, тому паз 10 повинен бути виконаний косим під необхідним кутом.

Крім цього L-подібна поводкова спіраль 9 зі сторони кріплення заготовки 12 з метою не пошкодження циліндричної поверхні є у взаємодії з пружним елементом, який на кресленні не показано.

Після цього здійснюють з заготовкою відповідні операції - зачистку, полірування і т.п. По закінченні технологічних операцій гайки 3 і 4 вручну переводять у праве положення, L-подібна поводкова спіраль 9 стискується і збільшується його внутрішній діаметр і заготовка 12 звільняється від затиску і її міняють на іншу.

До переваг патрона належить підвищення зусилля затиску а також конструкція відпрацьована на технологічність і універсальність і забезпечує підвищення продуктивності праці.



## УДК 519.2

Петро Кривий<sup>1</sup>, к. т. н., проф., Михайло Михайлишин<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., Володимир Дзюра<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Надія Тимошенко<sup>2</sup>, к. т. н., доц.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

### УТОЧНЕННЯ МЕТОДУ АПРІОРНО-ЕМПІРИЧНИХ ФУНКЦІЙ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ МАЛОЇ ВИБІРКИ

Peter Kriviy<sup>1</sup>, Ph.D., Prof., Mikhail Mikhailishin<sup>1</sup>, Ph.D., Volodimir Dzyura<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof., Nadiya Timoshenko, Ph.D., Assoc. Prof.

### RECTIFICATION OF THE AREA-EMPIRICAL FUNCTIONS METHOD FOR DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION LAW AND ITS CHARACTERISTICS ON THE BASIS OF THE MAXIMUM SELECTION THEORY

Проаналізовано методи визначення законів розподілу випадкових величин і їх характеристик на основі теорії малої вибірки [1-5], а саме метод прямокутних вкладів (МПВ), метод зменшення невизначеності (МВН), метод ітерацій (МІ) і метод апіорно-емпіричних функцій (АЕФ).

Відзначено простоту, достовірність, високу ефективність і можливість визначати і згладжувати емпіричну функцію розподілу шуканого показника при числі спостережень  $n \geq 3$  методу АЕФ.

Разом з цим відмічено ряд недоліків цього методу. Не здійснюється перевірка на однорідність стохастичного ряду значень, що різко виділяються. Науково недостатньо обґрунтовано ширина інтервалу  $\Delta$  варіацій ряду, область існування функції розподілу  $F(x)$ . Окрім цього метод АЕФ реалізується з використанням графічних побудов, що унеможлиблює використання програмного забезпечення.

Уточнення методу АЕФ полягає у наступному. Обґрунтовано ширину інтервалу  $\Delta$  виходячи із 4 обмежень, що надає можливість отримати  $\Delta_{min}$  при якому інтервали не будуть накладатись один на іншого.

Запропоновано таке розсіювання (область існування функції)  $\Delta_p$  визначати, скориставшись [5] за формулою:

$$\Delta_p = 2 \cdot l \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_e)^2}{n-1}}, \quad (2)$$

де  $l$  – величина, що залежать від обсягу вибірки  $n$  і рівня надійності.

Отримано аналітичний вираз апіорної функції розподілу  $F_a(x)$  у вигляді

$$F_a(x) = \frac{3}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \sigma_e}} \cdot \int_b^a e^{\left\{ -\frac{4,5[x_i - 0,5(x_{min} + x_{max})]^2}{l^2 \sigma_e^2} \right\}^k},$$

А також аналітичну формулу так званої функції обліку

$$F_a(x) = \frac{0,59}{l \cdot \sigma_e} \cdot \int_b^a e^{\left\{ -\frac{4,5[x_i - 0,5(x_{min} + x_{max})]^2}{l^2 \sigma_e^2} \right\}^k}.$$

і приріст  $\Delta F_a(x)$  апіорної функції розподілу у вигляді

$$\Delta F_a(x) = \frac{1 - \omega}{n},$$

де  $\omega$  – коефіцієнт достовірності апріорної інформації, прийнятий  $\omega=0,5$ .

Отримано аналітичний вираз апріорної функції  $F_a(x)$  у вигляді

$$F_a(x) = \frac{3}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \sigma_e}} \cdot \int_b^a e^{-\frac{4,5[x_i - 0,5(x_{\min} + x_{\max})]^2}{l^2 \sigma_e^2}} dx$$

а також 11 аналітичних формул так званої функції обліку у вигляді

$$F_{0k_0}(x) = \frac{0,59}{l \cdot \sigma_e} \cdot \int_b^a e^{-\left\{ \frac{4,5[x_i - 0,5(x_{\min} + x_{\max})]^2}{l^2 \sigma_e^2} \right\}} + j_{k_0}$$

де  $k_0 = 0, 1, 2, \dots, \frac{n-1}{n}, n$ ;  $j_k = 0, 0,05, 0,10, 0,15, \dots, 0,45, 0,50$ .

Розв'язавши сумісно відповідні рівняння прямих перпендикулярів поставлених в границі інтервалів і рівняння л-тих функцій обліку, отримано точки перетину ординати яких дорівнюють значенням емпіричної функції  $F_a(x)$ .

Використавши [3] і побудувавши в системі координат  $X_p O U_p$ , де  $X_p$  – квантіль випадкової величини  $X$ , а  $U_p = \frac{X_p - M(X)}{\sqrt{D(X)}}$  пряму і визначивши кут  $\varphi$  нахилу її до осі

$O X_p$  визначимо дисперсію емпіричного розподілу  $D(X) = \frac{1}{\text{tg}^2(\varphi)}$ , а довжина відрізка

ОВ між початком координат і лінією перетину прямої осі  $O X_p$  буде математичним сподіванням  $M(x) = OB$ .

#### Література

1. Гаскаров Д.В. Малая выборка / Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.
2. Демаков И.П., Потепун В.Е. Статистические методы определения законов распределения при анализе точности и надежности промышленных изделий по результатам эксперимента / И.П. Демаков, В.Е. Потепун. – Л. : Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1970. – 39 с.
3. Демаков И.П. Организация испытаний на надежность и обработка их результатов / И.П. Демаков, Ю.Г. Белазезян. – М. Машиностроение : 1974. – 56 с.
4. Чавчанидзе В.В. Об организации распределения на основе малого числа наблюдений / В.В. Чавчанидзе, В.А. Кумсишвилли // В сб. применение вычислительной техники для автоматизации производства М.: Машгиз, 1961, 129-140 с.
5. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями / А. Хальд. Пер. с англ. – М. : Изд.-во иностр. литер., 1956. – 664 с.
6. Petro D. Kryvyi, Volodymyr O. Dzyura, Nadiya M. Tymoshenko, Volodymyr V. Krupa Technological heredity and accuracy of the cross-section shapes of the hydro-cylinder cylindrical surfaces. Canadian Journal of Science, Education and Culture, 2014, No.2. (6), (July - December). Volume I. "Toronto Press", 2014. - 549 p.301-310.

**УДК 621.787.4**

**Петро Кривий<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Надія Тимошенко<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., доц.; Андрій Сенік<sup>1</sup>, асистент, Мирослав Шарик<sup>1</sup>, ст. викладач**

<sup>1</sup> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка»

**ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ДОРНУВАННЯ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРІВ**

**Petro Kryvyy, Ph.D. Assoc.Prof.; Nadija Tymochenko Ph.D. Assoc.Prof.; Andriy Senyk,  
Myroslav Sharyk**

**PROBABILISTIC APPROACH TO THE DETERMINATION OF CYLINDRICAL  
HOLES BURNISHING FORCE**

Проаналізовано літературні джерела [2-5], присвячені проблемі дорнування циліндричних отворів, зокрема визначенню зусилля дорнування.

Відзначено, що у вищезгаданих джерелах діаметр дорна  $d_d$ , величина натягу  $N$  як різниці діаметра дорна і діаметра  $d_{вт}$  втулки та коефіцієнт тертя  $\varphi$  в існуючих залежностях для визначення зусилля  $P_d$  дорнування подані як постійні величини.

Проте діаметр втулки, який виконаний з певною точністю, має відповідне встановленому квалітету поле розсіювання, що дорівнює допуску, тому величина натягу  $N$  буде випадковою з нормальним законом розсіювання.

Окрім цього доведено [4, 5], що значення коефіцієнта тертя  $\varphi$  можуть коливатись у різних межах, а значить, його величина також буде випадковою. Грунтуючись на центральній граничній теоремі [1], прийємо гіпотезу, що величина  $P_d$  буде випадковою з нормальним законом розподілу.

Використавши [2], зусилля  $P_d$  виразимо залежністю:

$$P_d = A \cdot N + B \cdot N \cdot f + Cf,$$

$$\text{де } A = \frac{\pi \cdot d_d \cdot P_d}{2}, \quad B = \frac{\pi \cdot d_d \cdot P_e}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad C = \pi \cdot d_d \cdot P_d \cdot b.$$

Введемо позначення:  $P_d = Q$ ;  $N = X$ ;  $f = Y$ ;  $X \cdot Y = Z$  і отримаємо:

$$Q = A \cdot X + B \cdot Z + C \cdot Y.$$

Знаючи характеристики розподілу незалежних випадкових величин  $X$  і  $Y$ , а саме: математичні сподівання, які приблизно дорівнюють середнім значенням, тобто  $M(X) \approx \bar{X}$ ,  $M(Y) \approx \bar{Y}$ , дисперсії  $D(X)$  і  $D(Y)$ , середні квадратичні відхилення  $\sigma_x = \sqrt{D(X)}$  і  $\sigma_y = \sqrt{D(Y)}$  та щільності розподілу за нормальним законом

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_X} \cdot e^{-\frac{(X_i - \bar{X})^2}{2\sigma_X^2}}, \quad f(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Y} \cdot e^{-\frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{2\sigma_Y^2}}$$
 і використавши теореми про

чисельні характеристики [1], отримано залежності для визначення математичного сподівання величини  $Q$ , тобто  $M(Q)$ , дисперсіє  $D(Q)$  та середнього квадратичного відхилення  $\sigma(Q)$ .

$$M(Q) = A \cdot M(X) + A \cdot B \cdot C \cdot M(X) \cdot M(Y) + C \cdot M(Y),$$
$$D(Q) = A^2 D(AX) + B^2 [A^2 \cdot C^2 \cdot D(AX) \cdot D(CY) + A^2 \cdot C^2 \cdot M^2(AX) \cdot D(CY) + A^2 \cdot C^2 \cdot M(CY) \cdot D(AX)] + C^2 D(CY),$$

Максимальне значення зусилля дорнування  $P_{\text{dmax}}$  виразиться залежністю:

$$P_{\text{dmax}} = M(Q) + 3\sigma(Q).$$

Запропонований імовірнісний підхід, окрім отримання з певною імовірністю максимального зусилля дорнування дає можливість встановити вплив кожної із складових  $X, Y, Z$  на  $P_d$ , а також, використавши критерії Стьюдента і Фішера, суттєвість відмінностей між математичними сподіваннями і дисперсіями випадкових величин  $X, Y, Z$ .

### Література:

1. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
2. Осипов Ю.К. Повышение качества прессовых соединений типа «тонкостенная свертная втулка-корпус» с использованием метода упрочнения – калибрующей обработки дорнованием. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. Специальность 05.03.01. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки. Алтайский госуд.технич. ун-т, Барнаул. – 2007. – 129 с.
3. Проскуряков Ю.Г. Эксплуатационные свойства свертных втулок, обработанных дорнованием/ Ю.Г.Проскуряков, М.А.Миканадзе// Вестник машиностроения, 1963, №7. – С.44-46.
4. Проскуряков Ю.Г. Объемное дорнование отверстий/ Ю.Г.Проскуряков и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 234 с.
5. Проскуряков Ю.Г. Дорнование цилиндрических отверстий с большими натягами. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1982. – 168 с.

УДК 621.36

Андрій Курко, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СТАТИЧНИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАНОК ЗАМКНУТОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ.

Andrii Kurko, Ph.D., Assoc. Prof.

### STATIC TRANSFER OF LOAD PARAMETERS OF THE LAMPS OF CLOSED AUTOMATIC DIFFERENTIAL TRANSMISSION.

Зміна передаточного відношення зубчастого механізму забезпечується комбінуванням зубчастих коліс [1]. Це призводить до розриву силового потоку і виключає можливість позиційного безступінчастого регулювання передаточного відношення. Технологічні можливості при виготовленні різноманітних варіаторів та широке використання цифрових пристроїв для управління трансмісіями сучасних транспортних засобів тільки кількісно ускладнюють конструкції.

Регулювання передачі без розриву силового потоку обумовлює необхідність включення в кінематичний ланцюг варіатора. Таким чином в поєднанні з засобами автоматизації забезпечується можливість збільшення (чи зменшення) реактивного крутного моменту в залежності від технологічного навантаження.

Проте режими роботи позиційних варіаторів не завжди обумовлені технологічним навантаженням. Нерідко позиційні варіатори забезпечують суто кінематичні режими. В цьому випадку необхідний зовнішній «примусовий» вплив.

Суттєвою завадою до розв'язання задачі позиційного регулювання механізмів, що складаються з зубчастих передач, є несистемний підхід.

За конструктивну основу позиційного регулювання в кінематичному ланцюгові, що складається з зубчастих передач, взято конічний диференціал.

Не зупиняючись на загальновідомих перевагах і недоліках, акцентовано увагу на суто конструктивному факті: конічний диференціал – механізм просторовий. Ця особливість дає можливість просторового поєднання диференціальних механізмів. Мається на увазі як розташування їхніх осей, так і переміщення вздовж чи відносно цих осей, наприклад, перетворення однієї з ланок у рухому реактивну ланку [2].

Зовнішній позиційний вплив у даній замкнутій автоматичній диференціальній передачі здійснюється шляхом кутового позиціонування однієї з рухомих осей сателітів.

В результаті дослідження підтверджено можливість перерозподілу силових параметрів між ланками замкнутої диференціальної передачі. Встановлено, що діапазон позиційного регулювання становить  $-\pi/2 \dots \pi/2$ . При цьому можливе реверсування вихідної ланки.

Поєднання позиційного силового перерозподілу зі схемною можливістю безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки забезпечує працездатність замкнутої автоматичної диференціальної передачі.

### Литература.

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с., ил.
2. Інерційний диференціальний трансформатор моменту: пат. №86532 Україна МПК № 201302670; заявл.04.03.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

УДК 621.941-229.3

**І.В. Луців, д. т. н., проф.; В.Н. Волошин, к. т. н., доц.; В.М. Буховець**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВАРІАЦІЇ ЖОРСТКОСТІ ПІДСИСТЕМИ ЗАТИСКУ ЗАГОТОВКИ  
КОМПЛЕКСНОГО САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ  
ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof.; V.N. Voloshyn, Ph.D, Assoc. Prof.; V.M. Buhovets**  
**VARIATIONS OF STIFFNESS THE SUBSYSTEM OF CLAMPING  
WORKPIECE INTEGRATED SELF-ADJUSTING EQUIPMENT FOR TURNING**

Відносні коливання оброблювальної деталі та інструменту при токарній обробці викликають похибки обробки поверхонь деталей [1]. Як ефективний засіб підвищення точності і продуктивності різання, забезпечення його вібростійкості може служити комплексне технологічне оснащення адаптивного типу [2].

Динамічна стійкість комплексного технологічного оснащення адаптивного типу є дуже важливою характеристикою. Для її оцінки можна використати розрахункову динамічну схему для багатолезової обробки у вигляді просторової багатомасової моделі з інерційними і пружно-демпфуючими зв'язками, що включає динамічні моделі підсистеми заготовки і кінематичних міжінструментальних зв'язків [1]. Для побудови математичної моделі стійкості комплексного самоналагоджувального оснащення до автоколивань при багатолезовій обробці необхідно визначити динамічні характеристики підсистем розрахункової моделі, зокрема підсистеми затиску заготовки. При затиску заготовки у кулачкових токарних патронах значення жорсткості підсистеми заготовки в площині, перпендикулярній до осі її обертання, періодично змінюються по куту повороту заготовки [1]. Періодична зміна жорсткості обумовлена тим, що при розташуванні заготовки навпроти затискного елемента токарного патрона жорсткість завжди більша, ніж при її розташуванні між кулачками. Враховуючи це отримано матрицю жорсткості підсистеми заготовки в площині, нормальній до осі обертання шпинделя, яка має вигляд:

$$C = \begin{bmatrix} c(1 + \mu \cos 3\omega t) & 0 \\ 0 & c \left( 1 + \mu \cos \left( 3\omega t + \frac{3}{2} \pi \right) \right) \end{bmatrix},$$

де  $c$  – радіальна жорсткість підсистеми затиску заготовки;  $\omega$  – частота обертання шпинделя;  $t$  – час;  $\mu$  - рівень модуляції параметрів жорсткості підсистеми затиску, який залежить від конструктивних параметрів токарного кулачкового патрона.

Параметри  $c$  та  $\mu$  визначалися експериментально на спеціально розробленому стенді для визначення радіальної жорсткості у будь-якому кутовому положенні токарного патрона. В результаті обробки експериментальних даних отримані епюри жорсткості підсистеми затиску заготовки по куту повороту.

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

2. Луців І.В. Комп'ютерне моделювання складових самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки/ Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М.// Вісник НУ «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2012.– Випуск 746. – С.28 – 31.

**УДК 621.881**

**І. Луців, д. т. н., проф.; В. Кушик, к. т. н., доц.; В. Буховець, І. Ярема, к. т. н., ст. наук. співроб.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**КОНСТРУКТОРСЬКЕ І ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ  
ПРОДУКТИВНОСТІ І ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ  
НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ**

**I. Lutsiv, Dr., Prof.; V. Kushyk, Ph.D., Assoc. Prof.; V. Buhovets, I. Yarema, Ph.D., Sen. Researcher**

**DESIGN CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PROVIDING OF HIGH  
PRODUCTIVITY AND ACCURACY MACHINING OF LOW RIGIDITY PARTS ON  
TURNING LATHES**

В умовах багатонаменклатурного виробництва при переході на обробку деталей різних розмірів значно збільшується час на переналадку технологічного обладнання, особливо токарних верстатів, в яких затискним патроном є цангові механізми [1]. Це пов'язано із значним часом на заміну цанг. Тому пошук нових конструкцій цангових патронів із розширеним діапазоном діаметрів затискуваних заготовок до 2-3 мм, а також розробка методики їх проектування та розрахунку і експериментальних досліджень, особливо при обробці деталей малої жорсткості є актуальним завданням [2]. З метою розв'язання вказаної задачі, як і для ряду інших подібних проблем, розроблені конструкції широкодіапазонних цангових патронів з рядною мультиплікацією. При цьому за рахунок ряду конструкторських і технологічних засобів реалізуються конкретні важливі вимоги до забезпечення високої продуктивності і точності обробки деталей малої жорсткості, зокрема: 1) надійний затиск з широким відхиленням діаметру; 2) забезпечення стабільних силових характеристик; 3) рівномірність радіальної і осьових жорсткостей; 4) високі показники характеристик міцності. Розроблені конструкції та їх технологічне забезпечення дозволяють досягнути покращених характеристик щодо якості обробки деталей. При цьому стабілізація зусилля затиску сумісно із запровадженням обробки декількома лезами із адаптацією до умов обробки [3] дозволяє одночасно із забезпеченням необхідної точності обробки забезпечити також підвищення продуктивності різання. Таким чином, забезпечується вагомий ефект комплексного застосування таких самоналагоджувальних систем затиску і обробки. Особливе значення такого конструкторсько-технологічного забезпечення полягає у комплексній токарній обробці деталей із полімер-композитних матеріалів. Експериментальні дослідження, зокрема токарної обробки деталей, показали, що для фторопласту-4 макропохибки в поперечному січенні зменшені у 1,66 - 3,87 рази, при обробці деталей із капролону-В – у 1,25-1,62 рази. При цьому при дворізцевій обробці досягнуто збільшення продуктивності порівняно із традиційним матеріалом – у 1,8-2,2 рази.

**Література**

1. Кузнецов Ю.Н., Кушик В.Г., Юрчишин О.Я. Широкодиапазонные и многофункциональные зажимные механизмы: теория и практика. – К.: ООО «ЗМОК» – ООО «ГНОЗИС», 2011. – 424с., ил.
2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах. – Тернопіль, Тернограф. 2011. – 692 с., іл.
3. I. Lutsiv, V. Voloshyn, V. Buhovets Ring-shaped parts form accuracy improvement in lathe machining using complex self adjusting equipment Professional Studies: Theory and Practice (Technological sciences), Siaulai, Lithuania 2016 - PP. 80-85.

УДК 621.86

О. Л. Ляшук, д. т. н., доц., Р.Я. Лещук, к. т. н., А.Є. Дячун, к. т. н., доц., В.М. Клендій к. т. н., О.Л. Третьяков

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГВИНТОВОГО ЕКСТРУДЕРА

O. Liashuk, A. Diachun, R. Leshchuk, V.Klendiy, A Tretyakov

### THE COMPUTER SIMULATION OF THE WORKING ELEMENT OF THE SCREW EXTRUDER

Гвинтові поверхні являються робочими у великої частини деталей, що виготовляються в умовах машинобудівних виробництв. Оскільки робочі поверхні зазнають великих навантажень, до них ставляться високі вимоги за міцністю, тому в технологічних процесах виготовлення таких деталей необхідно використовувати процеси поверхневого зміцнення. Відомі методи поверхневого зміцнення – гартування, високотемпературне термомеханічне оброблювання (ВТМО), накатування, розкачування, обдування шротоми та ін., які не вимагають складного і дорогого обладнання [1-3]. Гартуванням можна зміцнювати деталі виготовленні із конструкційних сталей, однак деталі з гвинтовими поверхнями часто виготовляють вальцюванням, навиванням з таких матеріалів як сталі Ст. 3, Сталь08кп і їм подібні, які не гартуються. Принципова відмінність ВТМО від термічного оброблення з нагрівом під вальцювання або навивання полягає у створенні таких умов високотемпературного пластичного деформування та подальшого гартування, за яких гальмується розвиток рекристалізаційних процесів і створюється особливий структурний стан, який характеризується підвищеною густиною недосконалостей будови кристалічної ґратки та особливими їх розшаруваннями з утвореними розгалуженнями субграниць, що не забезпечить потрібного зміцнення деталі. За допомогою пакету прикладних програм було створено комп'ютерну модель секції робочого органу екструдера. Загальний вигляд моделі та позначення для подальших розрахунків представлено на рис. 1.

Для розрахунку глибини деформованого шару та отримання відповідних графічних залежностей від прикладеного зусилля було проведено моделювання відповідних умов досліду. Фрагмент робочого органу екструдера жорстко закріплювали з обох сторін (рис. 2 показано з лівої та правої сторони), а до радіусної гвинтової канавки прикладали зусилля. Змінними були наступні параметри: величина зусилля; час прикладання зусилля.

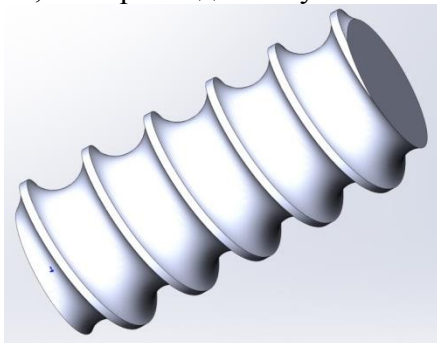


Рисунок 1 – Модель фрагмента робочого органу гвинтового екструдера

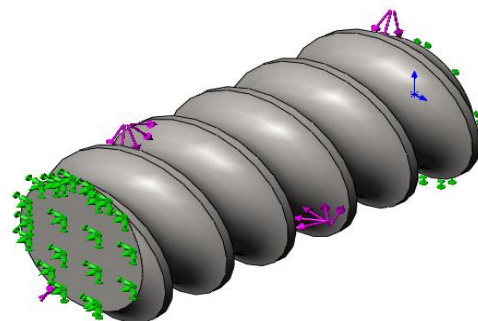


Рисунок 2 – Модель фрагмента робочого органу гвинтового екструдера з прикладеним до нього навантаженням



Далі у вікні програми отримували графічне відображення переміщення компонентів робочого органу (рис. 3) та напруження компонентів робочого органу (рис. 4) та під дією прикладеного зусилля.

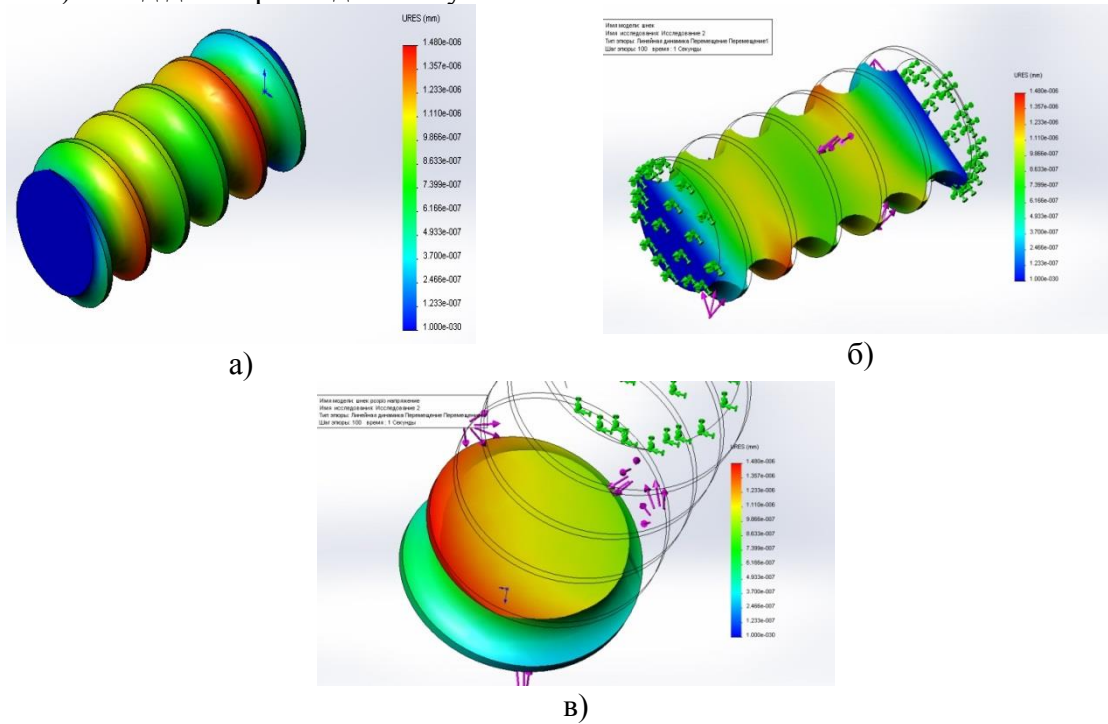


Рисунок 3 – Переміщення компонентів робочого органу під дією прикладеного зусилля обробки: а) загальний вигляд; б) епюра розподілу пластичних переміщень в повздовжньому перерізі; в) епюра розподілу пластичних переміщень в поперечному перерізі

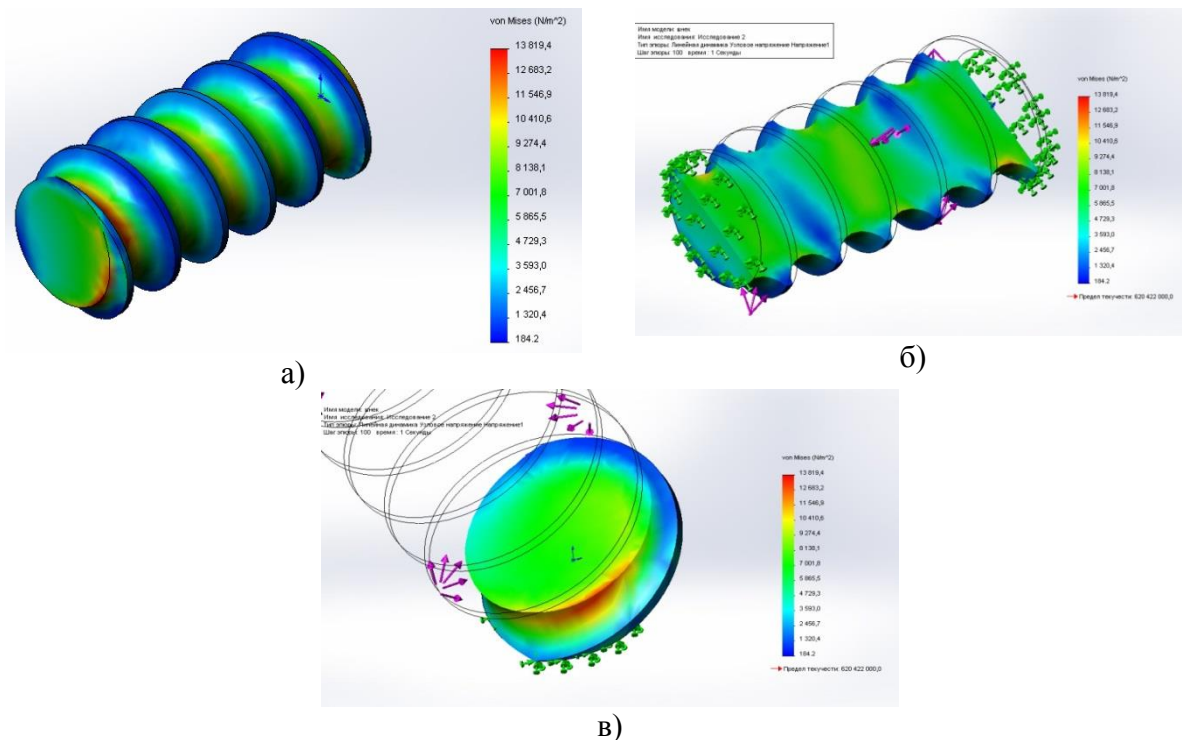


Рисунок 4 – Напруження компонентів робочого органу під дією прикладеного зусилля обробки: а) загальний вигляд; б) епюра розподілу напружень в повздовжньому перерізі; в) епюра розподілу напружень в поперечному перерізі

З отриманих вище графічних зображень можна встановити, що із збільшенням прикладеного динамічного зусилля величина деформованого шару також збільшується, але поряд із цим збільшуються внутрішні напруження в середині матеріалу, які при величині зусилля 2500 Н не перевищують 14 МПа, що забезпечує запас міцності матеріалу майже 44 рази.

Також можна встановити неоднорідність розподілу пластичних деформацій та напружень по всій площині гвинтового робочого органу екструдера. Це пояснюється тим, що інструмент для вібраційного зміцнення поверхні рухався по гвинтовій спіралі робочого органу, а не по всій площині.

За отриманими значеннями розраховували величину деформованого шару  $a$  при зміні зусилля  $P$ , часу обробки  $t$ . Відповідні графічні залежності показані на рис. 5.

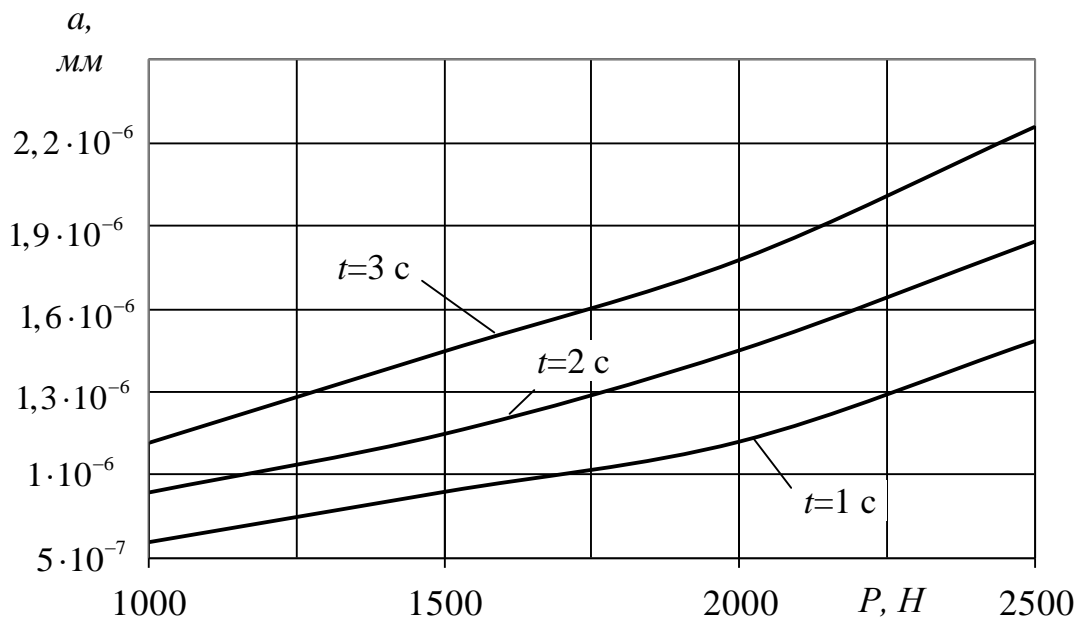


Рисунок 5 – Графічні залежності глибини деформованого шару  $a$  від зміни зусилля  $P$  та часу обробки  $t$ .

Як видно із залежностей, при збільшенні зусилля та часу обробки зростає величина деформованого шару. Найбільше її зростання спостерігається для зусилля  $P = 2500$  Н та часу обробки більше 3 с., а найменше – для  $P = 1000$  Н.

Умови комп'ютерного моделювання є близькими до експериментального дослідження. Порівняння отриманих результатів дозволяє зробити висновок про подібність отриманих значень та побудованих на їх основі відповідних графічних залежностей. Різниця між розрахунковими та експериментальними значеннями коливається в межах 6...9 %.

#### Література.

1. Киричек А.В. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.Г. Лазуткин — М.: Машиностроение, 2004. - 288 с.
2. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / Л.А. Хворостухин, С.В. Шишкин, И.П. Ковалев, Р.А. Ишмаков. — М.: Машиностроение, 1988. - 144 с.
3. Кузнецов Н.Д. Технологические методы повышения надежности деталей машин / Н.Д. Кузнецов, В.И. Цейтлин, В.И. Волков — М.: Машиностроение, 1993. - 304 с.

**УДК 621.8**

**Олександр Маруніч, аспірант, Любомир Слободян**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ГВИНТОВИЙ ЗМІШУВАЧ З ПІДНІМАЛЬНО-ПЕРЕСИПНИМ МЕХАНІЗМОМ**

**Alexander Marunich, post-graduate student, Lubomyr Slobodian**

### **GWIN MIXER WITH LONG-TERM MECHANISM**

Розроблена конструкція гвинтового змішувача з піднімально-пересипним механізмом відноситься до галузі піднімально-транспортних машин і може мати використання в різних галузях народного господарства для транспортування і змішування сипких матеріалів. Основними робочими і навантажувально-розвантажувальними органами багатьох машин є гвинтові механізми. Їх питома вага як транспортних і змішувальних пристроїв складає в середньому 45...50%.

Специфіка їх роботи визначається різноманітністю операцій технологічних процесів, а також фізико-механічними властивостями вантажів, які визначають номенклатуру і конструктивні параметри гвинтових механізмів.

Гвинтовий змішувач з піднімально-пересипним механізмом зображено на рис.1, який виконано у вигляді рами 1, на якій жорстко закріплена опора 2, а зверху на ній встановлено механізм регулювання кута нахилу 3 гвинтового змішувача. До механізму регулювання 3 жорстко прикріплено корпус 4 гвинтового змішувача з транспортною трубою 5 з можливістю зміни положення кута нахилу, знизу до якої жорстко до корпусу 4 закріплено електродвигун 6. До привідного вала електродвигуна 6 через запобіжну муфту 7 приєднано вал 8, до якого жорстко прикріплено гвинтовий робочий орган 9. Гвинтовий робочий орган виконано у вигляді гвинтової спіралі з звичайним профілем по зовнішньому діаметрі, який встановлений в нижній частині змішувача, а друга верхня частина гвинтового робочого органу виконана у вигляді вала приводу 10 до якого приварено гвинтову спіраль гофрованого 11 профілю (фіг.3). Знизу до транспортної труби 8 приєднано бункер 12 з різними секціями 13 для транспортування і змішування різних матеріалів.

В зоні верхнього кінця гвинтового робочого органу 9 на приводному валу 10, паралельно до вала 8, жорстко встановлено привідний диск 14 піднімально-транспортного механізму круглої форми з можливістю кругового провертання. По периферії привідного диска перпендикулярно до його площини зі сторони верхнього кінця транспортної труби 5 рівномірно по колу встановлені ємності 15 у вигляді прямокутних призм, з радіусними боковинами 16 для зручності вивантаження і змішування сипучих матеріалів в ємність, які відкриті з середини. При цьому приводний вал 10 привідного диска 14 жорстко встановлено у верхній частині 17 корпусу 4 з можливістю кругового провертання, а його привід здійснено від шестерні 18 вала 8 на шестерню 19 привідного вала 10, яка жорстко на ньому закріплена.

Крім цього зверху над циліндричною трубою 5 встановлена опорна півкругла труба 20, лівий кінець якої з'єднаний з зоною завантаження змішувача, а правий - з зоною розвантаження прямокутних ємностей 15. Піднімально-пересипний механізм з ємностями 15 разом з опорною півкруглою трубою герметично закриті металічним корпусом. На вході змішувача під бункером 12 встановлено шибер 21, а на виході вивантажувальний шибер 22. Керування роботою змішувача здійснюється з пульта керування 23, а готовий змішуваний матеріал зсипається в ємність 24.

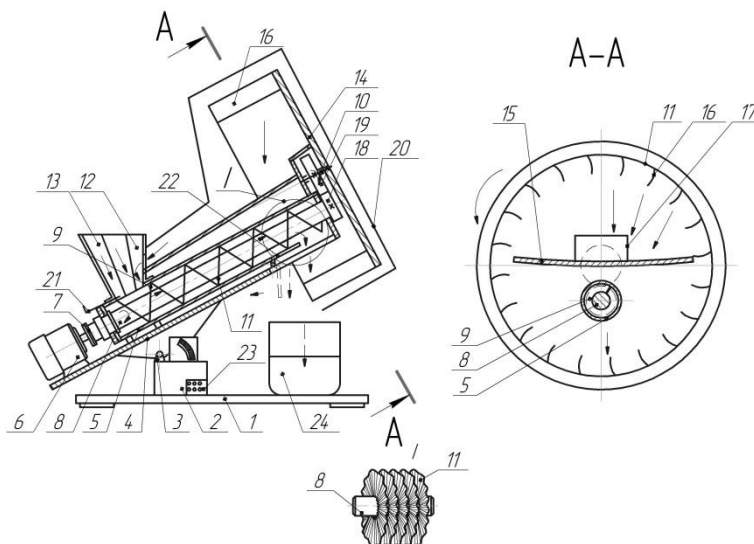


Рис.1. Гвинтовий змішувач з піднімально-пересипним механізмом

Робота гвинтового змішувача з піднімально-пересипним механізмом здійснюється наступним чином. В бункер 12 засипають складники сипких матеріалів змішування в заданих пропорціях. Сипкий матеріал поступає по стрілках на шнек 9, який обертається і при обертанні шнека матеріал змішується, переміщається вгору і при закритому шибері 22 поступає в ємності 15. При обертанні поворотного диска 11 піднімально-пересипного механізму він піднімається вгору і висипається на опорну круглу півтрубу 20 і зсипається вниз в зону додаткового змішування. Для покращення технологічного процесу змішувач оснащений гвинтовим гофрованим робочим органом 11, який розміщений у верхній частині змішувача. При готовності до використання порошкового змішаного матеріалу шибер 22 відкривають і цей матеріал зсипається в ємність 24.

В разі потреби кут нахилу змінюють відомим способом. Робота гвинтового змішувача з піднімально-пересипним механізмом здійснюється в двох режимах: безперервному, коли шибер 22 постійно відкритий, і другий режим - коли сипкий матеріал переміщається по замкнутому циклу з пересипом, коли для забезпечення високої якості змішувального матеріалу сипкий матеріал проганяють при закритому шибері 23. Останній відкривають коли матеріал готовий до використання.

В разі потреби покращення процесу змішування без утворення мертвих зон в муфту 7 закладають кулачки відповідної конструкції для створення вібрації.

До переваг гвинтового змішувача з піднімально-пересипним механізмом відноситься розширення технологічних можливостей і покращення якості змішування.

**УДК621.8**

**Назар Марчук, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПРОФІЛЬНИЙ МІТЧИК ДЛЯ НАРІЗАННЯ РІЗИ В ГАЙКАХ**

**Nazar Marchuk, post-graduate student**

### **LUNES OF TOTAL VERNATURE FOR DETERMINING LONG-TERM PACKAGINGS**

Інтенсивний розвиток машинобудування тісно пов'язаний з розробленням прогресивних конструкцій технологічного оснащення. Відомо, що понад 60% деталей більшості сучасних машин і механізмів мають різьбові отвори, обробка яких ріжучими інструментами в деталях з кольорових металів, сплавів, а також з високо пластичних сталей являє собою досить складну технологічну задачу. Це має особливо серйозне значення при виготовленні точних різьбових отворів.

Створення нових конструкцій деталей машин з різьбовими отворами інструментальних матеріалів, удосконалення конструкції мітчиків і оптимізація геометрії ріжучої частини, поліпшення якості робочих поверхонь, застосування оптимальних налагоджень і нових видів охолодження не вирішують повністю питання високопродуктивного та якісного виготовлення внутрішніх різьблень у високо пластичних матеріалах.

Широке використання різьбових з'єднань в машинах і механізмах обумовлено їхньою простотою конструкції. Високою несучою здатністю, простотою з'єднання та роз'єднання деталей застосуванням різноманітних різьбових з'єднань, сприяє також наявність значної номенклатури спеціальних різьбових деталей, їх широка стандартизація та мала вартість в умовах масового виробництва.

Профільний мітчик для нарізання різі в гайках зображено на рис.1, який виконано у вигляді станини 1, на якій встановлені всі вузли і деталі, а кожна із шестигранних секцій 2 знизу є у взаємодії з заготовками гайок 3, відсувним диском 5, а магазин оснащений центральним механізмом повороту 6 кожної із шести секцій на 60°. Це шестигранний магазин 2 для подачі заготовок гайок 3, де у внутрішній корпус з шести сторін жорстко встановлені (приклеєні) пластичні пластини 4, які гасять динамічні навантаження при взаємодії з заготовками гайок 6.

Г-подібний мітчик 10 дещо збільшених розмірів виконано з двох частин вертикальної верхньої, яка обертається і нижньої 15 Г-подібної, яка центрується в Г-подібній трубі із гайками 3. Зверху над завантажувальною позицією 8 магазину встановлено притискний механізм поверхні гайки 3 до верхньої ріжучої частини мітчика 9, який працює в автоматичному реверсному режимі відомим способом.

Для зменшення шуму при роботі пристрою у внутрішній отвір труби 17 жорстко встановлено пластичну трубу 14 (приклеєна), яка по внутрішньому діаметру є у взаємодії з зовнішніми параметрами гайок 3 з можливістю їх вільного осьового переміщення.

Внизу під магазином 2 встановлена завантажувальна секція 7 з внутрішнім шестигранником з конусною зручною західною частиною для гайок 3, який є у періодичній взаємодії з зовнішніми гранями гайок з можливістю осьового переміщення, яка знизу підтримує потік гайок і за допомогою пневмоприжима 8 подає гайку 3 до контакту з мітчиком 9, який лівим кінцем різьго загвинчується у внутрішній отвір 10 мітчика в напрямок само закручування. Для мітчиків збільшених типорозмірів така конструкція, яка складається з двох деталей дає значну економію металу.

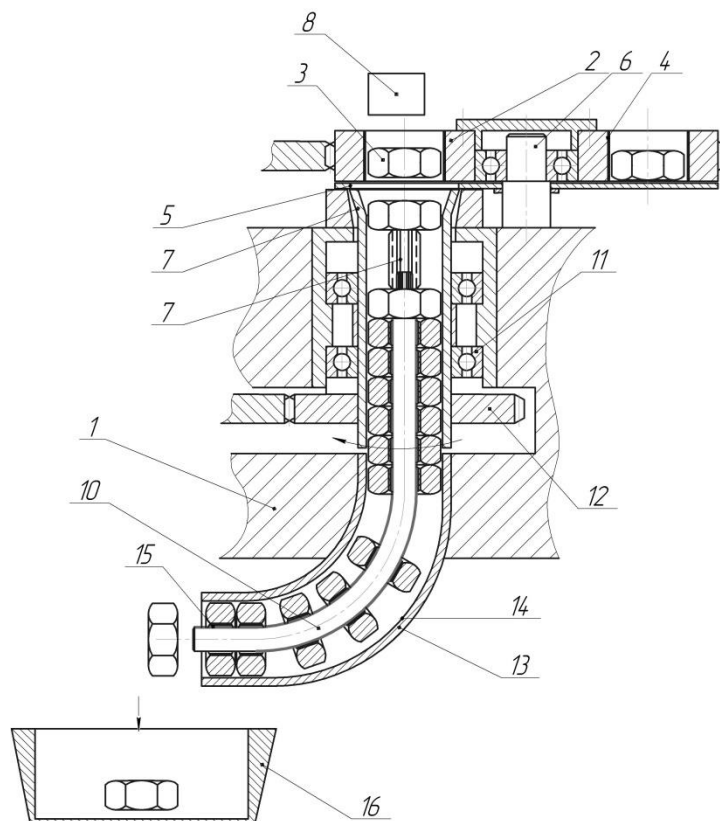


Рис.1. Профільний мітчик для нарізання різі в гайках

Знизу під завантажувальною секцією в станині жорстко встановлена на двох підшипниках 11 шестигранна труба 7 з можливістю кругового провертання. Зверху шестигранна труба 7 виконана з індивідуальним приводом 12 зі зручним заходом шестигранних гайок в середині труби. Знизу шестигранна труба 7 встановлена співвісно до Г-подібної труби 13 дещо збільшеного діаметра і жорстко закріплена до станини 1.

На зовнішній діаметр Г-подібного хвостовика 10 жорстко одягнена пластична труба 15, яка зовнішнім діаметром є у взаємодії з внутрішніми діаметрами гайок для зменшення шуму від взаємодії гайок з Г – подібним хвостовиком.

При цьому гайка накручується і зміщується в зігнутій трубі 13, після чого прижим 8 подає наступну гайку 3 та інші де відбувається нарізання різі. При цьому гайки проштовхують одна другу і по зігнутому хвостовику 14 вони переміщуються і збираються в ємкість 16. Використання пластмасових пружних труб 14, 15 і пластин 6 при нарізанні різі забезпечує безшумну роботу і покращує умови роботи при неперервній подачі мастила.

При наповненні ємкості 16 її забирають і встановлюють нову порожню.

Нарізати різьбу в гайках (шестигранних або круглих з пазами або лисках) можна на спеціальних гайконарізних одно- і багатошпіндельних верстатах або на вертикально-свердлильних верстатах гайковими мітчиками без реверсування, тобто без вивертання мітчика. Під час нарізування виріб не закріплюється, а утримується від прокручування простим пристроєм. Для заповнення гайками всієї довжини прямого хвостовика мітчик виймають з патрона, і гайки вільно скидаються. Якщо хвостовик кривий, то нарізування різьби і знімання готової гайки відбувається автоматично. Гайкові мітчики для різьби понад M22 можна виготовляти з хвостовиками, що прикручуються.

До переваг пристрою відноситься зменшення шуму і покращення умов роботи.

УДК 621.865.8

Володимир Савків<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Роман Михайлишин<sup>1</sup>, Франтішек Духон<sup>2</sup>, к. т. н., проф.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>2</sup>Словацький технічний університет в Братиславі

## ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ТА ВИТРАТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМИННО-ВАКУУМНОГО ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Volodymyr Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., Roman Mykhailyshyn, Frantisek Duchon, Ph.D., Prof.

### DETERMINATION OF LIFTING AND FLOW CHARACTERISTICS OF BERNOULLI-VACUUM GRIPPING DEVICE

При розв'язанні проблем автоматизації завантаження та розвантаження оброблюваних деталей на окремих верстатах і автоматичних лініях набувають широкого застосування безконтактні пневматичні захоплювальні пристрої (ЗП). Вони відрізняються високою надійністю та довговічністю роботи, низькою собівартістю виготовлення, можливістю безконтактного захоплення та утримування заготовок та деталей незалежно від їх матеріалу, механічних характеристик, структури поверхневого шару та температури.

Безконтактні пневматичні захоплювачі промислових роботів і маніпуляторів володіють низькою переваг. Однак в цьому напрямку немає детальних теоретичних і експериментальних досліджень, які дозволили б створити конструкції захоплювачів більшої вантажопідймальності, надійності в роботі та високої швидкодії. Аналіз наукових публікацій [1] показує, що питанням удосконалення конструкцій безконтактних пневматичних захоплювачів, з метою забезпечення високих експлуатаційних характеристик, приділяється недостатньо уваги. Останню обставину підтверджує також аналіз конструкцій та характеристик струминних захоплювальних пристроїв (СЗП), котрі виготовляють відомі закордонні корпорації (Bosh Rexroth, Schmalz, SMC Pneumatics, Festo). Розробкою струминно-вакуумних захоплювальних пристроїв, у яких суміщено принцип Бернуллі із захоплювачами вакуумного типу, займається корпорація "Mechatronic systemtechnik" [2].

У порівнянні з вакуумними, струминні захоплювачі відрізняються високою надійністю, довговічністю роботи, точністю базування об'єктів, а також високими динамічними характеристиками. До недоліків даних пристроїв можна віднести порівняно низькі силові характеристики.

Запропонований вакуумно-струминний захоплювальний пристрій [3] для плоских об'єктів маніпулювання (рис. 1, 2) у порівнянні із струминним захоплювачем аналогічних витратних характеристик, має в 2.5-4 рази вищу вантажопідйомність. Крім цього в даному пристрої відсутні недоліки характерні для вакуумних захоплювачів.

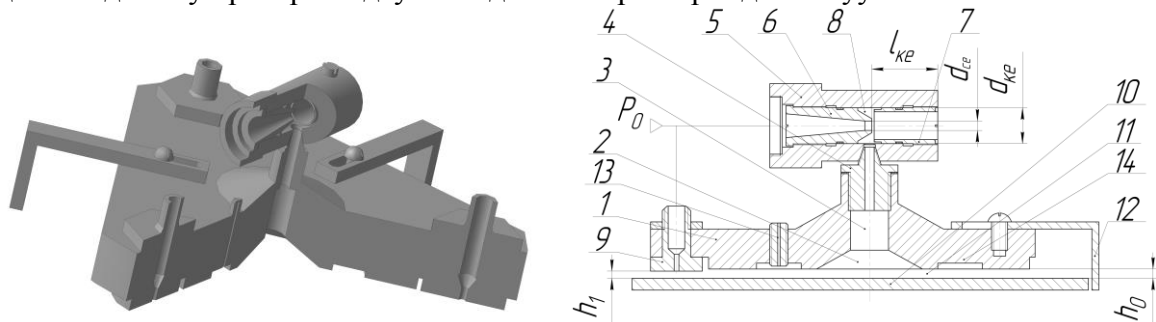
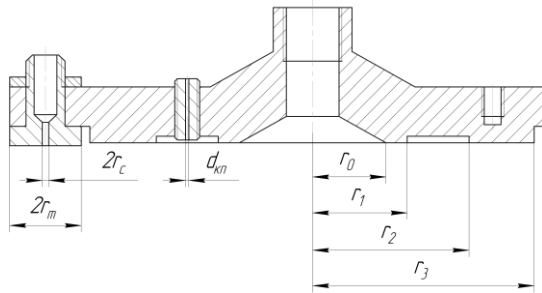


Рис. 1. Загальний вигляд струминно-вакуумного захоплювального пристрою

Визначення сумарна масова витрата повітря, що засмоктується з атмосфери через капілярний дросель 13 у кільцеву порожнину 14 та витрата трьох струминних захоплювальних пристроїв, можна визначити за формулою:



$$G_{\Sigma} = \frac{\pi h_0^3 p_1^2}{12 \mu_0 R T_a \ln(r_1/r_0)}$$

$$\cdot \left[ \frac{\frac{p_a^2}{p_1^2} \left( \frac{h_0^3}{3 \ln(r_3/r_2)} + \frac{d_{kn}^4}{64b} \right) + \frac{h_0^3}{3 \ln(r_1/r_0)}}{\frac{h_0^3}{3 \ln(r_3/r_2)} + \frac{d_{kn}^4}{64b} + \frac{h_0^3}{3 \ln(r_1/r_0)}} - 1 \right], \quad (1)$$

Рис. 2. Конструкція та геометричні параметри жорсткого присосу

де  $d_{kn}$ ,  $b$  – діаметр та довжина капілярного дроселя,  $\mu_0 = 1,71 \cdot 10^{-5} + 4,94 \cdot 10^{-8} t$  [кг/(с·м)] – коефіцієнт динамічної в'язкості повітря,  $R = 287,14$  Дж/(кг·°К) – газова стала для повітря,  $T_a$  – абсолютна температура потоку повітря в змішувальній камері ежектора, яка приблизно рівна температурі оточуючого середовища,  $p_1$  – абсолютний тиск створюваний ежектором в порожнині 2,  $p_2$  – абсолютний тиск у порожнині 14,  $p_a$  – атмосферний тиск,  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  – радіуси торцевої поверхні присосу.

Сумарна сила (Рис. 3.), що виникає від дії на ОМ різниці атмосферного тиску й абсолютного тиску в зоні навпроти присосу 1 ( $0 < r < r_3$ ) та трьох СЗП:

$$F = 3F_{СЗП} + \pi r_0^2 (p_a - p_1) + \pi (r_2^2 - r_1^2) (p_a - p_2) +$$

$$+ 2\pi \int_{r_0}^{r_1} \left( p_a - \sqrt{p_2^2 - \frac{p_2^2 - p_1^2}{\ln \frac{r_1}{r_0}} \ln \frac{r_1}{r}} \right) r dr + 2\pi \int_{r_2}^{r_3} \left( p_a - \sqrt{p_a^2 - \frac{p_a^2 - p_2^2}{\ln \frac{r_3}{r_2}} \ln \frac{r_3}{r}} \right) r dr. \quad (2)$$

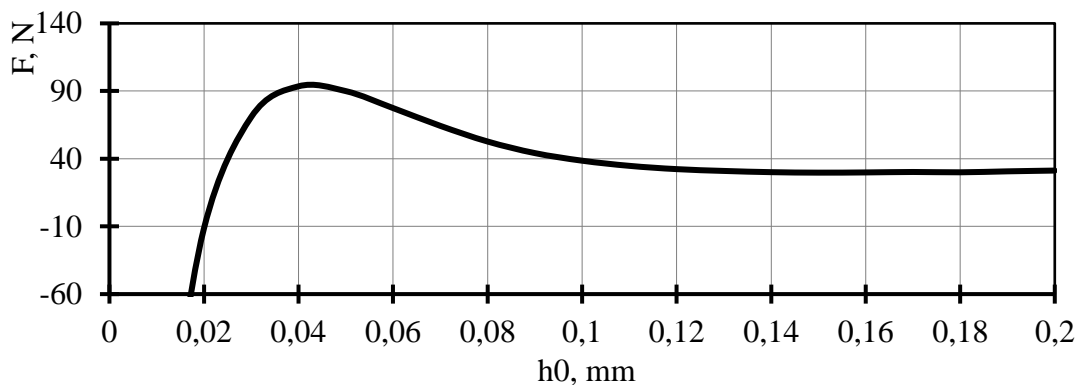


Рис. 3. Графік залежності піднімальної сили струминно-вакуумного захоплювача від величини радіального зазору  $h_0$

### Література

- Babur O. Evaluation of handling results of various materials using a non-contact end-effector. / O. Babur, E. Fehmi, F. Fehim // Industrial Robot: An International Journal. – 2003. – № 30(4). – P. 363–369.
- Офіційний веб сайт фірми Mechatronic systemtechnik gmbh [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mechatronic.at/technology/end-effectors.html>
- Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2017. – DOI: 1729881417741740.



УДК 621.865.8

Володимир Савків, к. т. н., доц., Роман Михайлишин, Олег Борух  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ СТРУМИННОГО ЗАХОПЛЮВАЧА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Volodymyr Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., Roman Mykhailyshyn, Oleg Boruh  
ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION BERNOULLI GRIPPER DURING  
THE HANDLING OPERATION

Під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій за допомогою промислових роботів оснащених струминними захоплювачами, необхідно забезпечувати надійність утримування об'єктів маніпулювання та мінімальні енерговитрати. В захоплювальних пристроях струминного типу [1] піднімальна сила створюється за рахунок аеродинамічного ефекту притягання, що виникає завдяки використанню стисненого повітря. Надійність роботи таких пристроїв суттєво залежить від витрати стисненого повітря задля збереження рівноваги об'єкта маніпулювання відносно захоплювального пристрою при виконанні промисловим роботом транспортних функцій. Тому завдання дослідження енерговитрат процесу маніпулювання об'єктами з застосуванням оптимальної орієнтації захоплювального пристрою є достатньо актуальною. У роботах [2-3] запропонована модель оптимальної орієнтації струминного захоплювального пристрою (СЗП) під час транспортування об'єкта маніпулювання по прямолінійній траєкторії, також авторами було запропоновано модель для визначення оптимальної орієнтації захоплювального пристрою при маніпулюванні об'єктами з зміщеним центром мас.

У даній роботі досліджено енерговитрати струминного захоплювача під час транспортування об'єкта маніпулювання по прямолінійній траєкторії (Рис. 1). Прямолінійна траєкторія розбивається на 8 ділянок: 1-захоплення і відвід, 2-підйом та переорієнтація, 3-розгін, 4-переорієнтація, 5-переорієнтація, 6-уповільнення, 7-опускання і переорієнтація, 8-підвід і розвантаження. Відповідно до [3] знайдемо мінімальну необхідну силу притягання при таких параметрах об'єкта маніпулювання та системи :  $A=0.5$  m,  $B=0.5$  m,  $H=0.05$  m,  $E=0$  m,  $d=0.01$  m,  $c=0.005$  m,  $f=0.6$ ,  $m=1$  kg.

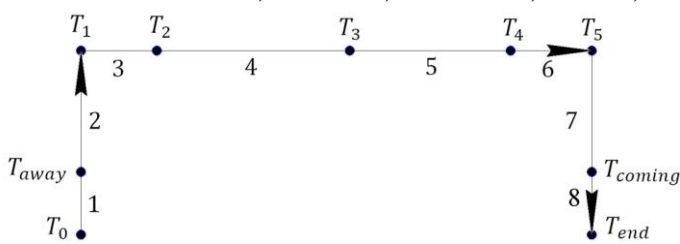


Рис. 1. Прямолінійна траєкторія руху СЗП

Відповідно до [3] знайдемо мінімальну необхідну силу притягання при таких параметрах об'єкта маніпулювання та системи :  $A=0.5$  m,  $B=0.5$  m,  $H=0.05$  m,  $E=0$  m,  $d=0.01$  m,  $c=0.005$  m,  $f=0.6$ ,  $m=1$  kg. Із технічних характеристик СЗП [1] знаючи необхідну силу притягання

можна знайти витрату стиснутого повітря на кожній ділянці траєкторії.

Таблиця 1.

| Без оптимізації орієнтації СЗП |  |                 |                                   | З оптимізацією орієнтації СЗП |   |                 |                                   |
|--------------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|-----------------|-----------------------------------|
| Ділянка                        | Параметри руху   | Сила притягання | Витрата (приведена до норм. умов) | Ділянка                       | Параметри руху  | Сила притягання | Витрата (приведена до норм. умов) |
| $T_0-T_1$                      | $a=11\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ ,<br>$\beta=\pi/2$ рад  | 21Н             | 135л/хв                           | $T_0-T_1$                     | $a=0,5\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ ,<br>$\beta=\pi/2$ рад  | 20Н             | 130л/хв                           |
| $T_1-T_5$                      | $a=18\text{ м/с}^2$ , $v=0,6\text{ м/с}$ ,<br>$\beta=0$ рад      | 40Н             | 210л/хв                           | $T_1-T_5$                     | $a=5\text{ м/с}^2$ , $v=0,6\text{ м/с}$ , $\beta=0$<br>рад        | -1,3Н           | 0л/хв                             |
| $T_5-T_{\text{end}}$           | $a=11\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ ,<br>$\beta=-\pi/2$ рад | 21Н             | 135л/хв                           | $T_5-T_{\text{end}}$          | $a=0,5\text{ м/с}^2$ , $v=0,3\text{ м/с}$ ,<br>$\beta=-\pi/2$ рад | 20Н             | 130л/хв                           |

Для заданих параметрів захватної системи отримано графік витрати стиснутого повітря за одну вантажно-розвантажувальну операцію (Рис. 2.).

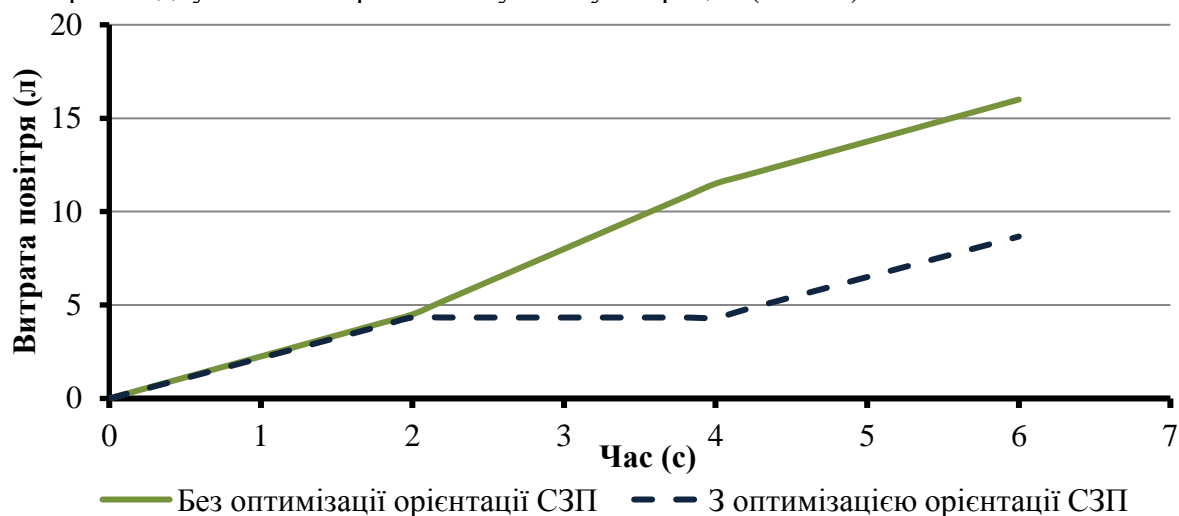


Рис. 2. Витрата повітря СЗП на виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції

Витрата стиснутого повітря за одну операцію, при використанні методу оптимізації орієнтації СЗП, зменшилась на 44%. Питома витрата електроенергії при виробництві стисненого повітря визначається за формулою:

$$H = \frac{0.00272 \cdot L_{iz}}{\eta_{iz} \eta_e \eta_n} \left( \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{1000 \text{ м}^3} \right), \quad (1)$$

де  $L_{iz}$  - робота ізотермічного стиснення,  $\eta_{iz}$  - ізотермічний к.к.д. компресора,  $\eta_e$  - к.к.д. електродвигуна,  $\eta_n$  - к.к.д. передачі.

Для параметрів  $L_{iz} = 15700 \text{ (Кгм} / \text{м}^3)$ ,  $\eta_{iz} = 0,72$ ,  $\eta_e = 0,7$ ,  $\eta_n = 0,8$ ,  $Q = 7 \text{ л}$ , знищення енерговитрат на виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції складає:

$$H_o = H \cdot Q = \frac{106 \cdot 7}{1000} = 0,742 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \quad (2)$$

Отже, застосування методу оптимізації орієнтації струминного захоплювального пристрою під час виконання однієї вантажно-розвантажувальної операції дозволяє скоротити енерговитрати до 44% (0,742 Квт·год).

#### Література

1. Офіційний сайт фірми Aventics [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.aventics.com/de/ru/pneumatics-shop/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F-nct-pgr.256330>
2. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – № 187. – P. 264 – 271. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.374.
3. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.

УДК621.8

Тетяна Навроцька, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

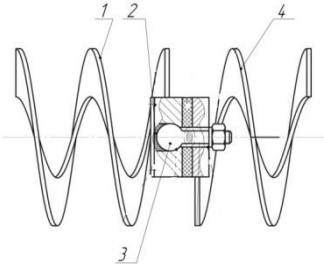
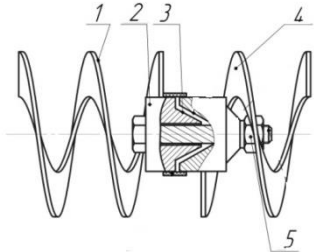
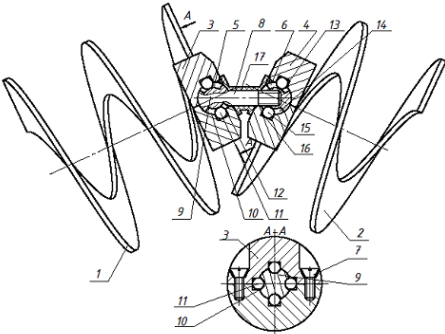
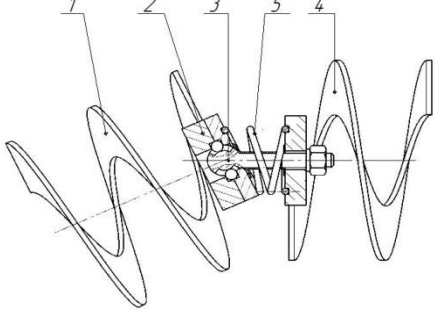
### КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГНУЧКИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

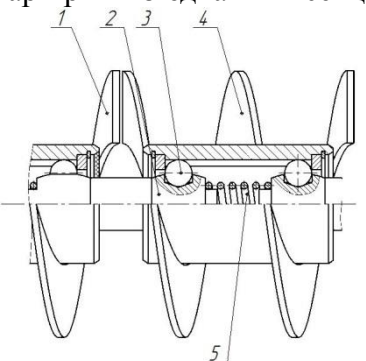
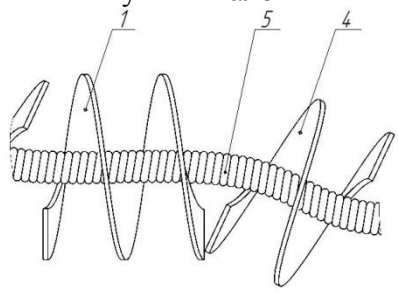
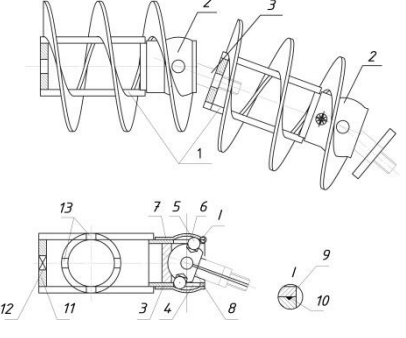
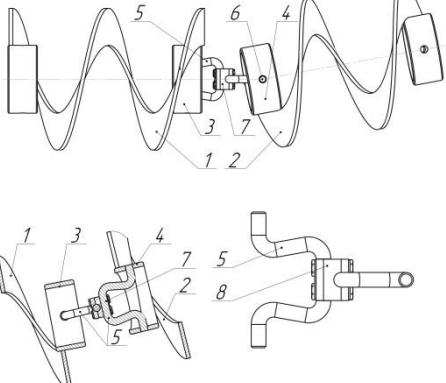
Tatyana Navrotska, post-graduate student

### CONSTRUCTIVE EXECUTION OF WORKING BODIES OF FINE GUNS CONVEYORS

Конструктивне виконання робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів.

В таблиці 1 представлено конструктивне виконання секційних гнучких гвинтових робочих органів конвеєрів.

| №п/п                  | Конструктивне виконання секційних гнучких гвинтових робочих органів конвеєрів  |   |
|-----------------------|--|---|
| 1                     | 2  |   |
| 1<br>Патент<br>81482  | <p>Гнучка гвинтова спіраль з фрикційним з'єднанням</p>  $T = \frac{\pi}{2} zfpbD_{cp}^2$ | <p>4<br/>Патент<br/>81482</p> <p>Гнучка гвинтова спіраль з еліптичним з'єднанням секцій</p>  $T = fN \frac{D_{cp}}{2}$                        |
| 2<br>Патент<br>124004 | <p>Секційна спіраль з двохшарнірним з'єднанням</p>  $T = 2RnN \cos \alpha_K$            | <p>5<br/>Патент<br/>124004</p> <p>Секційна гвинтова спіраль з кульковим з'єднанням</p>  $T = RnN \cos \alpha_K - \frac{T_{32}}{\cos \lambda}$ |

|  |   |          |   |
|--|---|----------|---|
| <p>3<br/>Патент<br/>85011</p>  | <p>Гнучка гвинтова спіраль з шарнірним з'єднанням секцій</p>  $T = \frac{C \cdot \cos \alpha' \cdot [\Delta'_o -  R_0 \cos \varphi' (\sec \alpha' - 1) ]}{\operatorname{tg} \left[ \arcsin \left( \frac{r_k - h_n}{r_k} \right) \right]} \times$ $\times [R_o (1 + \cos \varphi' (\sec \alpha' - 1)) + r_k - h_n]$ | <p>6</p> | <p>Гвинтова секційна спіраль з гнучким валом</p>  $T = \frac{\varphi E \pi r^4 t_c}{4 \pi \delta_{nom} \cdot L_c \left( 1 - \frac{\varphi}{360} \right)}$ |
| <p>7<br/>Патент<br/>123628</p>   | <p>Гнучка гвинтова спіраль</p>    | <p>8</p> |    |
| <p>1 – привідна гвинтова секція; 2 – з'єднувальна секція; 3 – передавальний елемент пружнього моменту; 4 – ведена гвинтова спіраль; 5 – пружина стиснення</p> $T_1 = \frac{T \left( 2\pi + 4 \left( \mu_2 + \mu_3 \left( 1 + \frac{r}{R} \right) \operatorname{tg} \gamma \right) \operatorname{tg} \alpha \right)}{2\pi}$ <p><math>T_1</math> - обертовий момент на ведучому валу; <math>T</math> - обертовий момент;<br/> <math>\mu_2, \mu_3</math> - коефіцієнт тертя на 2 і 3 поверхнях; <math>z</math> - кількість поверхонь тертя;<br/> <math>f</math> - коефіцієнти тертя в передачах; <math>p</math> - тиск в зоні передачі крутного моменту;<br/> <math>b</math> - ширина фрикційного диска; <math>D_{cp}</math> - середній діаметр фрикційного диска;<br/> <math>N</math> - потужність приводу; <math>R</math> - радіус пружини; <math>n</math> - кількість пружин; <math>\alpha_K</math> - кут нахилу секцій; <math>T_{зг}</math> - згинний момент; <math>\lambda</math> - кут; <math>n</math> - кількість контактуючих кульок, <math>n=2;4;6;8</math>. <math>R_{об}</math> - радіус розміщення кульок в обоймі; <math>N_1</math> - нормальна сила в точці контакту кульок і канавок.</p> |   |          |   |

**УДК621.8**

**Тетяна Навроцька, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ЛЮНЕТ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ДОВГОМІРНИХ  
ЗАГОТОВОК**

**Tatyana Navrotska, post-graduate student**

**LUNES OF TOTAL VERNATURE FOR DETERMINING LONG-TERM  
PACKAGINGS**

Корисна модель відноситься до галузі машинобудування і металорізальних верстатів, і може використовуватись для відрізання довгомірного циліндричного профільного прокату.

Відомий люнет для відрізання тонких заготовок від прутка, який виконано у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора (Патент №98902 Україна «Люнет для відрізання профільних заготовок» Гевко І.Б. та інші. Бюл.№9, 2015).

Основний недолік люнета – обмежені технологічні можливості і складність в роботі.

Метою корисної моделі є розширення технологічних можливостей і спрощення процесу роботи шляхом виконання люнета токарного верстату у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора, причому вузол переміщення люнета виконано у вигляді роз'ємного кронштейна, який в поперечному вертикальному січенні має форму верхнього і нижнього неповних півкругів, які є у взаємодії з циліндричними роликками, які зверху є у взаємодії з обмежуючою сіткою з якої виступають їх верхні частини, і які зі сторони токарного патрона заточенні під кутом для кращого заходу заготовки при її горизонтальному переміщенню, і які є у періодичній взаємодії з заготовкою прутка з можливістю кругового провертання, який відрізають, причому обмежуючі сітки жорстко кріпляться до тіл кронштейна відомим способом, а простір між роликками насичений в'язким мастилом, крім цього радіуси поперечних січень роз'ємних кронштейнів є більшими радіусів заготовок.

Для розширення технологічних можливостей токарних верстатів нами запропонована нова конструкція люнету.

Люнет токарного верстату для відрізання довгомірних заготовок зображено на рис.1, який виконано у вигляді плити 1, роз'ємного кронштейна 2, який в поперечному вертикальному січенні має форму нижнього 3 і верхнього 4 неповних півкругів, які є у взаємодії з циліндричними роликками 5 з можливістю радіального переміщення.

Останні зверху є у взаємодії з обмежуючою сіткою 6, з якої виступають їх верхні частини і які є у періодичній взаємодії з заготовкою прутка 7. Пруток одним кінцем жорстко кріпиться в патроні 8 токарного верстату, а другим кінцем впирається в упор 9. Обмежуючі сітки 6 жорстко кріпляться до роз'ємних кронштейнів верхнього 4 і нижнього 3 відомим способом з можливістю їх прокручування в них і тим самим зменшуючи зусилля тертя.

Роз'ємний кронштейн 2 жорстко встановлений на плиті-основі 1, яка встановлена на направляючі верстата (на кресленні не показано) з можливістю осьового переміщення. З правої сторони плити-основи жорстко встановлено різцетримач 10 з відрізним різцем 11, а навпроти нього з другої сторони заготовки 7 на плиті-основі жорстко встановлено додатковий різцетримач 12 з спеціальним фасонним різцем 13. З правої сторони каретки встановлено упор 9 на якому встановлюється довжина відрізної

заготовки 7. Заготовка 7 жорстко кріпиться в токарному патроні 8 верстату з можливістю кругового провертання. Крім цього ролики 5 зі сторони токарного патрона 8 заточенні під кутом 14 для кращого заходу заготовки 7 при її горизонтальному переміщенню під час порізки.

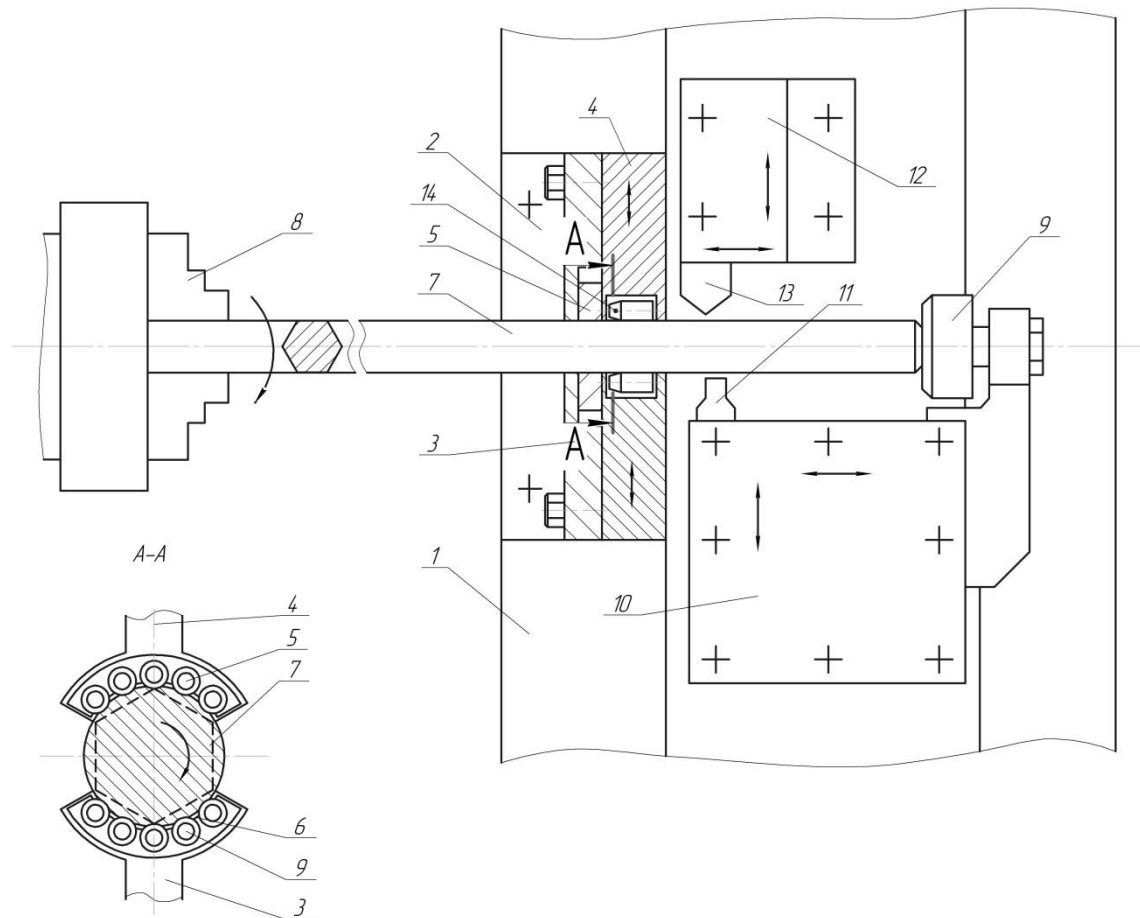


Рис. 1. Люнет токарного верстату для відрізання довгомірних заготовок

Робота верстату з люнетом запропонованої конструкції відбувається наступним чином. Кругла чи профільна заготовка 7 жорстко кріпиться в токарному патроні 8, а її профіль є у взаємодії з тілами кочення для зменшення прогину, які значно зменшують сили тертя, просовується між ролики 5 нижнього і верхнього кронштейна до упора 9. Після чого включають верстат підводять відрізний різець 11 з основним різетримачем 10 і надрізають заготовку 7 на глибину 3...4 мм. Після чого фасонним різцем 13 знімають фаску на заготовці, після чого відрізають заготовку.

До переваг люнета відноситься підвищення технологічних можливостей і покращення умов праці.

**УДК 621.91**

**Юрій Паливода, к. т. н., доц., Сергій Бута**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПІСЛЯ  
ВИГЛАДЖУВАННЯ**

**Yurii Palyvoda, Ph.D., Assoc. Prof., Sergii Buta**

**THE STUDY OF SURFACES CYLINDRICITY AFTER BURNISHING**

Для дослідження відхилення від циліндричності при вигладжуванні проведено серію експериментів. Відхилення від циліндричності поверхні обертання при вигладжуванні залежить від великої кількості технологічних факторів. До цих факторів належать методи і режими обробки: умови охолодження та мащення інструмента, хімічний склад і мікроструктура оброблюваного матеріалу, конструкція, геометрія та стійкість вигладжувального інструмента, тип і стан устаткування та технологічного оснащення, жорсткість та динамічні характеристики елементів технологічної системи. Як бачимо, залежність відхилення від циліндричності поверхні від згаданих вище факторів носить складний і суперечливий характер. Тому для її дослідження передбачається використання експериментальних методів дослідження, оскільки теоретичні методи дуже трудомісткі, і не можуть з достатньою точністю описати процес формування відхилення від циліндричності при вигладжуванні циліндричної поверхні. Оскільки на відхилення від циліндричності поверхні впливає велика кількість факторів і вивчення її формування потребує значної кількості часу і матеріалів, дослідження проводили з метою вивчити вплив лише технологічних факторів, залишивши постійними геометричні фактори та матеріал заготовки.

Експеримент планували на основі багатофакторного аналізу, тобто одночасно варіюванням усіх змінних факторів,  $x_1(P_r)$ ,  $x_2(S)$ ,  $x_3(n)$ ,  $x_4(\Delta R_1)$ . Щоб знайти залежність  $\Delta R = f(P_r, S, n, \Delta R_1)$  використовували повний факторний експеримент типу  $2^k$ , де  $k$  – кількість змінних незалежних факторів ( $k=4$ ), що потребує реалізації 16 основних дослідів. Враховуючи те, що дисперсії в кожній точці факторного простору однорідні, було вирішено скористатись схемою реалізації експерименту з дублюванням в одній точці (у центрі плану) чотири рази.

Шукана математична модель досліджуваного процесу:

$$\ln \Delta R = 0,97 + 0,093x_1 + 0,07x_2 + 0,12x_3 + 0,114x_4. \quad (1)$$

При переході від кодованих факторів до натуральних, рівняння (1) записано наступним чином:

$$\ln \Delta R = -3,007 + 0,169 \ln P_r + 0,127 \ln S + 0,59 \ln n + 0,24 \ln \Delta R_1, \quad (2)$$

де  $P_r$  – радіальна сила вигладжування, Н;  $S$  – подача, мм/об;  $n$  – частота обертання заготовки, об/хв.;  $\Delta R_1$  – початкове відхилення від циліндричності поверхні заготовки, мкм.

Отже, кінцева формула для визначення відхилення від циліндричності поверхні в процесі вигладжування має вигляд:

$$\Delta R = 0,049 \cdot P_r^{0,169} \cdot S^{0,127} \cdot n^{0,59} \cdot \Delta R_1^{0,24}. \quad (3)$$

Слід зауважити, що дана емпірична залежність адекватно відображає процес на проміжках змінних параметрів:  $100 < P_r < 300$  Н,  $0,04 < S < 0,12$  мм/об,  $400 < n < 600$  об/хв.,  $6 < \Delta R_1 < 10$  мкм.

**УДК 621.91**

**Юрій Паливода, канд. техн. наук, доц., Павло Пашко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ**

**Yurii Palyvoda, Ph.D., Assoc. Prof., Pavlo Pashko**

### **THE DEVELOPMENT OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM FOR TURNING PROCESS**

Розроблена система контролю токарної обробки важкооброблюваних матеріалів включає датчики, засоби передачі отриманої інформації, засоби обробки сигналів та встановлення умов різання, засоби зворотного зв'язку та зміни умов різання. Для контролю режимів різання використовуються методи вимірювання сили різання, температури різання, акустичної емісії. На токарних різцях можливе застосування тензодатчиків та п'єзоелектричної кераміки, крім цього вони легко встановлюються на різних токарних верстатах, передають інформацію про процес різання та володіють можливістю контролю умов різання в режимі реального часу. При виникненні значних змін у силах різання чи температурі в зоні різання адаптивний ріжучий інструмент передає інформацію оператору або ж системі контролю для корекції процесу токарної обробки із його продовженням або зупиненням, щоб уникнути виникнення браку чи руйнування ріжучого інструменту.

В процесі різання контролюються режими різання такі як подача, швидкість різання, глибина різання, системи охолодження та змащування. Процес контролю цих режимів включає виявлення, збір та аналіз вихідних сигналів і є одним із основних факторів, що впливає на надійність процесу різання. Система контролю режимів різання поєднує інформацію із декількох джерел для вдосконалення процесу виявлення дестабілізації процесу різання та уникнення браку виготовлених деталей. Основні переваги даної системи включають: зменшення часу різання, покращення шорсткості обробленої поверхні, підвищення стійкості різця, забезпечення можливості оброблення заготовок складної форми та низької жорсткості з високою точністю та ефективністю; контроль процесу різання та його оптимізація; безперервне коригування умов різання; моніторинг в реальному часі формування стружки, сил різання і взаємодію між заготовкою та інструментом в зоні різання.

Інструменти для токарної обробки можуть включати мехатронні системи на основі тензодатчиків та температурних методів або мікроелектронні механічні системи. Вирішення проблеми максимальної ефективності токарної обробки успішно реалізується шляхом використання верстатів із числовим програмним керуванням, які оснащені системами адаптивного, оптимального керування процесом різання, з регулюванням умов обробки в режимі реального часу при виготовленні деталі.

Також при токарній обробці оптимізація режимів різання залежить від того, наскільки точно початкові дані характеризують реальні умови перебігу процесу, та наскільки змінюються вихідні параметри, що прийняті при розрахунку та виборі початкових режимів різання, програм керування, припусків, динамічних властивостей токарного верстата, початкових властивостей оброблюваної поверхні. Умови процесу токарної обробки можуть змінюватися стохастичним чином через безперервну зміну ріжучих властивостей твердосплавних пластинок, які неможливо точно визначити у будь-який момент часу, наявності невизначеності динамічних властивостей всієї технологічної системи при цьому для кожної деталі з оброблюваної партії є нормальний розподіл припусків, твердості, властивостей матеріалу та ін.



**UDC 621.81**

**M. Pylypets, Dr., Prof., L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

**COMPUTER AIDED PROCESS DESIGNING OF MANUFACTURING  
WORKPIECES BY SHEET METAL FORMING**

**М. Пилипець, д.т.н., проф.; Л. Данильченко, к.т.н., доц.**

**АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА  
ЗАГОТОВОК З ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ**

During the recent 10-15 years, Computer Aided Process Planning and Die Design evolved as one of the most important engineering tools in sheet metal forming, particularly in the automotive industry. This emerging role is strongly emphasized by the rapid development of Finite Element Modelling, as well.

In the recent years, the role and importance of metal forming processes in manufacturing industry have been continuously increasing primarily due to its material and cost-effective nature. It is further emphasised by the recent advances in tools, materials and design, which in turn provide significant improvements in the mechanical properties and tolerances of the products. Moreover, in the recent years metal forming develops in the direction of net-shape or near-net-shape manufacturing to reduce the need for subsequent machining operations and to minimise the total manufacturing cost. Consequently, in metal forming both the process planning and the tool design represent very important and complex tasks. The global competition also requires that manufacturing industry – besides the skill and the experience accumulated in the shop practice – should increasingly utilise proven techniques of Computer Aided Engineering for rapid and cost effective process design and tool manufacturing. The application of various methods of Computer Aided Engineering has become one of the most important topics in manufacturing industries.

Sheet metal forming is one of the most widely applied manufacturing processes in manufacturing industry. Parts made from sheet metal can provide, with appropriate design, a high strength to weight ratio. They are increasingly used from small electrical components through the automobile industry up to large aircraft structures for various purposes. Despite the increasing number of applications of sheet metal parts, surprisingly little quantitative design information is available in the technical literature. Most companies use internal guidelines for part design, based on experience with the geometries and materials used in that specific company. While such design guidelines are extremely useful and practical, they do not necessarily consider in detail the fundamental reasons for selecting a given design. Thus, when a new part, a new material, or a new process is introduced the entire set of experience-based design guidelines must be re-evaluated and modified.

Therefore, it is necessary to develop generic design methods based on metal forming analysis and on systematic experimental investigation. This tendency can be clearly observed in the development of various knowledge-based systems for designing sheet metal parts and for process planning of forming processes. As in many other metal forming applications, process planning and design of dies for sheet forming can benefit from a combined application of knowledge based systems and process modelling. Recently, many companies are applying CAD/CAM techniques and knowledge-based expert systems to improve and partially automate die design and manufacturing function.

Among them, a general system for the process planning of sheet forming processes performed in progressive dies should be mentioned. In this system, the process planning and the die-design functions are integrated into a knowledge-based expert system. It has a modular structure with well defined tasks of each module and providing streamlined data and

information flow between the various modules.

It consists of a geometric module for creating, exporting and importing the object geometry, a blank module for determining the optimum shape, size, and nesting of blanks, a technological design module for designing the process sequence based on empirical rules and technological parameters, a tool design module for designing the tools and selecting a tool of standard size, and an NC/CNC post processor module for preparing programs for NC/CNC manufacturing of tool elements.

The forming simulation in sheet metal forming technology and its industrial applications have greatly impacted the automotive sheet metal product design, die developments, die construction and tryout, and production stamping in the past decades. It led to significant progresses not only in fundamental understanding of sheet metal formability, forming mechanics, numerical methods, but also to the fruitful industrial applications in a wide range of industrial production.

The automotive die and stamping industry benefit most from the stamping simulations. The technology advancement speeds up the historical transition in automotive die development and stamping from a tryout-based workshop practice to a science-based, technology-driven engineering solution. The applications and benefits may be summarized as follows:

1. Stamping simulation is used as a Design for Manufacturability (DFM) tool to assess and validate the product styling surface designs to ensure a formable sheet product design;
2. It may be used as a die engineering tool in stamping die developments.
3. It may be used as a tryout tool to shorten production die tryout and thus to significantly reduce die cost and lead-time.
4. It may be used as a problem solving tool for production troubleshooting to reproduce manufacturing problems, and to provide solutions for process control improvements.
5. It may be used as a simulation-based manufacturing guide to use the simulation output to drive consistency among die engineering, die construction, and production stamping.

Due to the global competition – and this is particularly valid for the automotive industry – there is an overall demand to improve the efficiency in both the process planning and in the die design phase, as well as to reduce the time and product development costs and to shorten the lead times. It requires the efficient use of simulation techniques from the earliest stage of product development, to give feedback from each step to make the necessary corrections and improvement when it takes the least cost. This principle is illustrated in the schematic flow chart of simulation based process planning and die design as shown in Fig. 1.

With this approach, stamping defects may be minimized and even eliminated before the real die construction stage. If any correction or redesign is needed, it can be done immediately, with a very short feedback time, thus it leads to a much smoother die try-out if necessary at all and to significantly shorter lead times with less development costs.

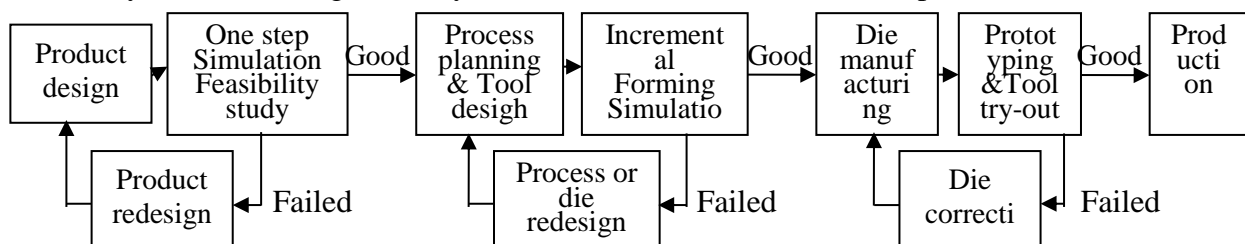


Figure 1 – Workflow in simulation based process planning and die design

УДК 631.326

Піхоцький В., Довбуш Т.А., к. т. н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПЛОСКОЇ РАМИ

Pikhockiy V., Dovbush T.A., Ph.D.

### THE DISCLOSURE OF THE UNCERTAINTY OF THE STATIC FLAT FRAME

**Ключові слова:** рама, сила.

**Keywords:** frame, force

Проведемо розкриття статично-невизначеної плоскої рами, навантаженої системою сил (рис. 1а) методом сил і методом мінімуму потенціальної енергії деформації (ММПЕД).

Задана система 4-3=1 раз статично невизначена. Розкриваючи статичну невизначеність методом сил: вибираємо основну систему (рис. 1б); записуємо рівняння методу сил  $X_1 \delta_{11} = -\Delta_1(F)$ .

Будуємо епюри згинальних моментів від зовнішніх навантажень та одиничної сили в основній системі (рис. 1в,г).

Коефіцієнт  $\delta_{11}$  та вільний член рівняння  $\Delta_1(F)$  визначаємо графо-аналітичним способом:

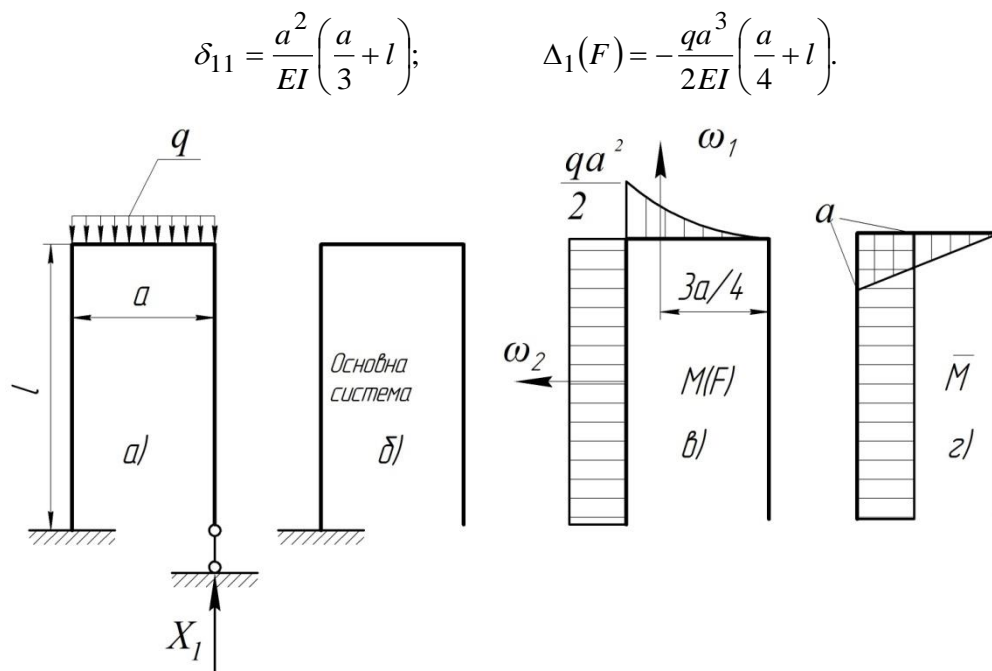


Рисунок 1. Навантажена рамна система  
 З рівняння методу сил, отримаємо:

$$X_1 = \frac{q \cdot a}{2} \cdot \frac{\left( \frac{a}{4} + l \right)}{\left( \frac{a}{3} + l \right)}$$

Для розкриття статичної невизначеності ММПЕД записуємо функцію потенціальної енергії деформації системи:

$$U = \int_0^a \frac{\left(\frac{q \cdot x^2}{2} - X_1 \cdot x\right)^2}{2EI} dx + \int_0^l \frac{\left(\frac{q \cdot a^2}{2} - X_1 \cdot a\right)^2}{2EI} dx.$$

На підставі формули Лейбніца диференціюємо отриманий вираз за параметром  $X_1$ ,  $\frac{\partial U}{\partial X_1}$ , а потім інтегруємо по  $x$ . Отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial X_1} &= \frac{1}{EI} \left\{ \int_0^a \left( -\frac{qx^3}{2} + X_1 \cdot x^2 \right) dx + \int_0^l \left( -\frac{qa^3}{2} + X_1 \cdot a^2 \right) dx \right\} = \\ &= \frac{1}{EI} \left\{ X_1 \cdot a^2 \cdot \left( \frac{q}{3} + l \right) - \frac{q \cdot a^3}{2} \cdot \left( \frac{q}{4} + l \right) \right\}. \end{aligned}$$

$$\text{Застосовуючи ММПЕД } \frac{\partial U}{\partial X_1} = 0, \text{ визначаємо } X_1 = \frac{q \cdot a}{2} \cdot \frac{\left(\frac{a}{4} + l\right)}{\left(\frac{a}{3} + l\right)}.$$

Висновок. Метод мінімуму потенціальної енергії деформації дозволяє розкрити статичну невизначеність без побудови епюр згинальних моментів від зовнішніх та одиничних навантажень, що значно скорочує час розв'язку задачі.

1. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. – 332 с
2. Довбуш Т.А. Оцінка ресурсу роботи і обґрунтування конструкції несучої системи розкидачів добрив: дисертація на здобуття наук. ступ. к.т.н.; спеціальність 05.05.11/ Т.А. Довбуш. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 189 с.

УДК 670.191.33

Рибак Т., д.т.н., проф.; Паламарчук П., к.т.н.; Бортник І.М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ШТАНГИ ОБПРИСКУВАЧА ШИРОКОЇ РОЗГОРТКИ

Rybak T., Dr., Prof.; Palamarchuk P., Ph.D.; Bortnyk Ig.

### STUDY OF A STRAINED-DEFORMED STATE OF SPRAYER BARBELL

Аналіз публікацій з дослідження штанг обприскувачів широкої розгортки, показує, що вони спрямовані, в основному, на математичне чи імітаційне моделювання коливних процесів з переходом до дослідження напружено-деформівного стану (НДС) штанг широкої розгортки [1], у котрих застосовуються існуючі чи спеціально сконструйовані додаткові динамічні елементи та використовуються інноваційні матеріали. Інформація ж про експериментальні дослідження НДС штанг широкої розгортки практично відсутня, хоча такі данні є основою для проектування машин для хімічного захисту рослин [2].

Мета роботи – запропонувати методику дослідження напружено – деформівного стану елементів штанги обприскувача широкої розгортки за наступними напрямками

1. Розвиток модифікованого методу мінімуму потенціальної енергії деформації (МММПЕД) для оцінки НДС елементів мобільних с/г агрегатів.
2. Експериментальні напрямки досліджень НДС несучих систем с/г агрегатів.

При розрахунках на міцність, наприклад, несучих систем штангових обприскувачів, найбільш ефективним виявився, модифікований метод мінімуму потенціальної енергії деформації (МММПЕД) з розвитком адитивності функції потенціальної енергії деформації; правила Лейбніца про дефернціювання підінтегральних функцій; теореми про найменшу роботу та окремих властивостей інтегрального числення.

Формування основ МММПЕД. Базовими аналітичними положеннями при формуванні та розвитку МММПЕД увійшли теореми: потенціальна енергія деформації є однорідна функція другої степені від зовнішніх сил або переміщень (класичний постулат); та Кастеліано: «Якщо потенціальна енергія деформації пружної системи є однорідною функцією другої ступені від зовнішніх сил або переміщень, то часткова похідна від потенціальної енергії за шуканим внутрішнім силовим фактором дає переміщення яке відповідає цій силі».

Для отримання залежності, наприклад, функції потенціальної енергії деформації при розтягу-стиску силою  $F$ , розглянемо конструктивний елемент довжиною  $l$ . Усі наступні твердження справедливі при виконанні для матеріалу елемента закону Гука, тобто абсолютне видовження (позначимо  $\Delta l$ ) прямопропорційне силі  $F$  та довжині  $l$  елемента і обернено-пропорційне його жорсткості, а саме добутку площі поперечного перетину  $A$  елемента на фізичну характеристику матеріалу елемента  $E$ .

У випадку, коли на тіло діє одна сила, наприклад  $F$ , теорема Кастиліано легко доводиться графічно (рис. 1).

Надамо переміщенню  $\delta$  нескінченно малий приріст  $d\delta$ , тоді приріст потенціальної енергії (заштрихована площа на рис. 1) буде

$$dU = F d\delta \quad (1)$$

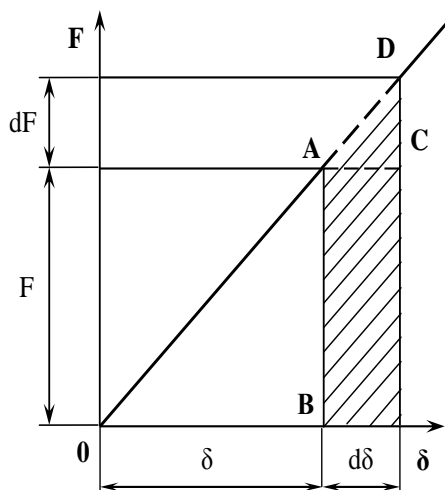


Рис. 1. Діаграма потенціальної енергії деформації розтягу-стиску

При розгляді таких систем “зайві” невідомі відкидаються і вплив їх на систему замінюють поки що невідомими зусиллями  $X, Y, Z$ . Якщо “зайві” закріплення такі, що переміщення за напрямком зусиль  $X, Y, Z$  дорівнюють нулю, то з теореми Кастиліано випливає, що:

$$\frac{dU}{dX} = 0; \quad \frac{dU}{dY} = 0; \quad \frac{dU}{dZ} = 0. \quad (4)$$

Описану методику застосовано для розрахунку штанги широкої розгортки обприскувача. Для визначення зовнішніх силових факторів проведено експериментальні дослідження на спеціальному стенді, який відноситься до нестандартизованих засобів досліджень.

Мета експериментальних досліджень – визначення величини зовнішніх динамічних факторів та розподілу напружень у найбільш небезпечних перетинах елементів штанг обприскувача широкої розгортки, величини та характеру зміни прискорень і кутових швидкостей секцій штанг обприскувача широкої розгортки.

Експериментальні дослідження проводились спільно провідними інженерами ПАТ «Богуславська сільгосптехніка» та фахівцями «Навчально-науково-виробничого центру випробування функціонально-технічних засобів виробництва і взаємодії з науково-промисловими комплексами» ТНТУ імені Івана Пулюя [3].

Результати проведених стендових випробувань штанг обприскувача широкої розгортки, тобто значень напружень в елементах штанг, величин та характеру зміни прискорень і кутових швидкостей секцій штанг обприскувача, є базовими даними для розрахунку напружено – деформованого стану елементів штанг при проектуванні машин для хімічного захисту рослин.

### Література

1. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. / Рибак Т.І. – ВАТ “ТВПК “Збруч”, 2003. – 332 с.
2. Рибак Т.І., Олексюк В.П., Сташків М.Я. Експериментальні методи досліджень довговічності металоконструкцій мобільних машин для хімічного захисту рослин // Вісник ХДТУСГ, 2004. – Випуск 23. – С. 119-122.
3. Паламарчук П.В. Стендові випробування штанг широкозахватного обприскувача / П.В. Паламарчук, М.П. Гавриленко, М.Я. Сташків, І.М. Бортник // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – Вип. 45. – Ч. II. – С. 98 – 102.

УДК 631.356

Тимофій Рибак, д.т.н., проф.; Анатолій Довбуш, Наталія Антончак  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ОЦІНКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ

**T. Rubak, Dr., Prof.; A. Dovbush, N. Antonchak**  
**EVALUATION OF METHODS OF DEFINITION OF TENSELY-DEFORMABLE  
THE STATE OF CONSTRUCTIVE SYSTEMS**

Розрахунок конструктивних систем – це складний аналітично-графічний процес. Складність полягає в тому, що будь-яка система плоска чи просторова складається з численних замкнутих контурів, в кожному з яких при довільному зовнішньому навантаженні виникає шість внутрішніх силових факторів, визначення яких з рівнянь статички не можливе. Для розкриття статичної невизначеності та подальшої оцінки напружено-деформівного стану конструктивних систем існує декілька методів. На прикладі (рис. 1а) проведемо аналіз двох методів розкриття статичної невизначеності: методу сил та модифікованого методу мінімуму потенціальної енергії деформації (ММПЕД).

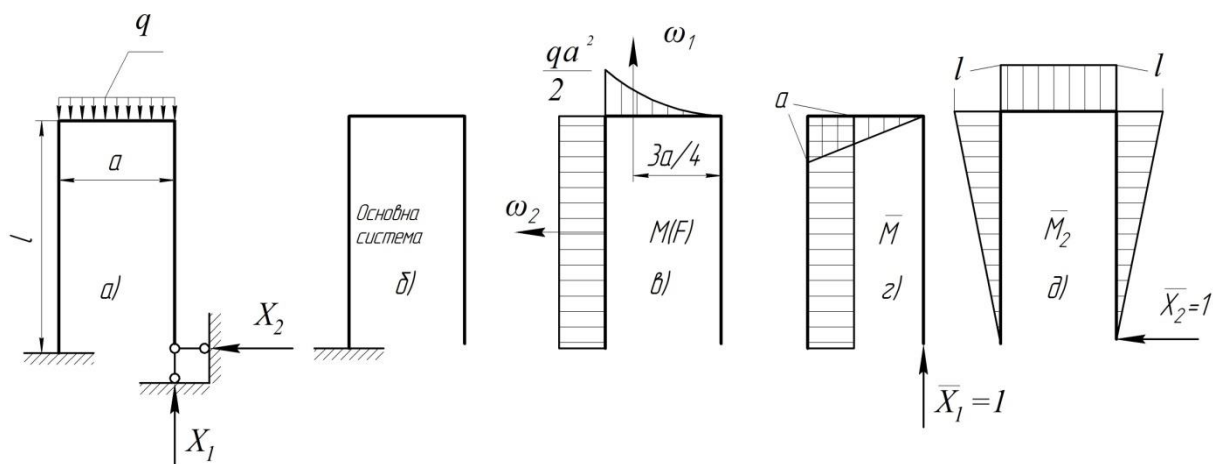


Рисунок 1. Плоска конструктивна система

Система (рис. 1а)  $5-3=2$  рази статично невизначена. Розкриваючи статичну невизначеність методом сил: вибираємо основну систему (рис. 1б); записуємо канонічне рівняння методу сил

$$\begin{cases} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} = -\Delta_1(F); \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} = -\Delta_2(F). \end{cases}$$

Будуємо епюри згинальних моментів від зовнішніх навантажень та одиничних сил в основній системі (рис. 1 в, г, д). Коефіцієнти та вільні члени рівнянь визначаємо графоаналітичним способом:

$$\delta_{11} = \frac{a^2}{EI} \left( \frac{a}{3} + l \right); \quad \delta_{22} = \frac{l^2}{EI} \left( \frac{2l}{3} + a \right); \quad \delta_{12} = \delta_{21} = -\frac{a \cdot l}{2EI} (a + l);$$

$$\Delta_1(F) = -\frac{qa^3}{2EI} \left( \frac{a}{4} + l \right); \quad \Delta_2(F) = \frac{qa^2l}{2EI} \left( \frac{a}{3} + \frac{l}{2} \right).$$

$$\begin{cases} X_1 \cdot \frac{a^2}{EI} \left( \frac{a}{3} + l \right) - X_2 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) = \frac{qa^3}{2EI} \left( \frac{a}{4} + l \right); \\ -X_1 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) + X_2 \cdot \frac{l^2}{EI} \left( \frac{2l}{3} + a \right) = -\frac{qa^2l}{2EI} \left( \frac{a}{3} + \frac{l}{2} \right). \end{cases}$$

Для розкриття статичної невизначеності модифікованим ММПЕД запишемо функцію потенціальної енергії деформації конструктивної системи (рис. 1а):

$$U = \int_0^l \frac{(X_2 \cdot x)^2}{2EI} dx + \int_0^a \frac{\left( \frac{q \cdot x^2}{2} - X_1 \cdot x + X_2 \cdot l \right)^2}{2EI} dx + \int_0^l \frac{\left( \frac{q \cdot a^2}{2} - X_1 \cdot a + X_2 \cdot l - X_2 \cdot x \right)^2}{2EI} dx.$$

Використовуючи формулу Лейбніца диференціюємо отриманий вираз за параметрами  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $\frac{\partial U}{\partial X_1}$ ,  $\frac{\partial U}{\partial X_2}$ , а потім інтегруємо по  $x$ . Отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial X_1} = \frac{1}{2EI} \left\{ X_1 \cdot \frac{a^2}{EI} \left( \frac{a}{3} + l \right) - X_2 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) - \frac{qa^3}{2EI} \left( \frac{a}{4} + l \right) \right\}; \\ \frac{\partial U}{\partial X_2} = \frac{1}{2EI} \left\{ -X_1 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) + X_2 \cdot \frac{l^2}{EI} \left( \frac{2l}{3} + a \right) + \frac{qa^2l}{2EI} \left( \frac{a}{3} + \frac{l}{2} \right) \right\}. \end{cases}$$

Застосовуючи модифікований ММПЕД  $\frac{\partial U}{\partial X_1} = 0$ ,  $\frac{\partial U}{\partial X_2} = 0$  отримаємо аналогічну методу сил систему рівнянь

$$\begin{cases} X_1 \cdot \frac{a^2}{EI} \left( \frac{a}{3} + l \right) - X_2 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) = \frac{qa^3}{2EI} \left( \frac{a}{4} + l \right); \\ -X_1 \cdot \frac{a \cdot l}{2EI} (a + l) + X_2 \cdot \frac{l^2}{EI} \left( \frac{2l}{3} + a \right) = -\frac{qa^2l}{2EI} \left( \frac{a}{3} + \frac{l}{2} \right). \end{cases}$$

З збільшенням ступені статичної невизначеності розв'язок конструктивної системи методом сил ускладнюється у зв'язку із збільшенням епюр згинальних моментів, тому доцільніше використовувати аналітичний метод (ММПЕД).

### Література

1. Рибак Т.І. Опір матеріалів. Конспект лекцій : Навчальний посібник / Рибак Т.І. – Тернопіль : ТНТУ, 2016 р. – 252 с.
2. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль «Збруч», 2003 р. – 332 с.



УДК 621.326

Тимофій Рибак, д.т.н., проф., Ганна Цьонь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Tymofii Rybak, Dr., Prof., Anna Tson

### GROUND OF PARAMETERS OF MODULE FOR TOPS COLLECTION

Важкі та змінні умови технологічної роботи гичкозбиральних машин і недостатнє пристосування існуючих конструкцій гичкозрізувальних пристроїв до цих змін не дозволяють отримати постійних агротехнічних показників, особливо при високих врожаях, нерівномірному розташуванні коренеплодів в рядку, незадовільному стані гички, забур'яненості поля, тому існує необхідність у розробці нових та вдосконаленні існуючих конструкцій гичкозбиральних машин [1].

Одним із основних параметрів до якого ставляться високі вимоги під час виконання технологічного процесу збирання буряків є якість зрізу гички з головок коренеплодів, яка виконується за допомогою ножів гичкозрізувального апарату бурякозбиральних машин.

Технологічний процес роботи модуля для збирання гички коренеплодів в першу чергу регламентується та в значній мірі залежить від технологічної подачі зрізаних ножами роторного гичкоріза рослинних компонентів до гвинтового конвеєра.

Для обґрунтування параметрів модуля для збирання гички на стадії його конструктивної розробки та проектування доцільно проаналізувати та визначити на теоретичному рівні можливі межі зміни технологічної подачі зрізаних ножами роторного гичкоріза рослинних компонентів до гвинтового конвеєра з метою отримання аналітичних функціональних закономірностей зміни технологічної подачі гички від параметрів насаджень коренеплодів і технологічних параметрів роботи модуля.

Відомо, що у загальному аспекті теоретична подача зрізаних ножами роторного гичкоріза рослинних компонентів з одного рядка коренеплодів за проміжок часу  $t$ , яку позначимо через  $\Pi_k(t)$ , складається з сумарної подачі зрізаної гички  $\Pi_z(t)$  та подачі бур'янів  $\Pi_o(t)$ , які знаходяться в рядку або в одному суміжному міжрядді

$$\Pi_k(t) = \Pi_z(t) + \Pi_o(t). \quad (1)$$

Якщо збирання гички відбувається з  $N$  рядків коренеплодів 1 (рис. 1), тоді сумарна теоретична подача зрізаних ножами 3 роторного гичкоріза 2 рослинних компонентів  $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t)$  до гвинтового конвеєра за проміжок часу  $t$  визначається за формулою

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t) = \sum_{i=1}^N \Pi_{zi}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{oi}(t), \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^N \Pi_{zi}(t)$  – сумарна подача зрізаної гички з  $N$  рядків коренеплодів, кг.

$\sum_{i=1}^N \Pi_{oi}(t)$  – сумарна подача зрізаних бур'янів з  $N$  міжрядь коренеплодів, кг.

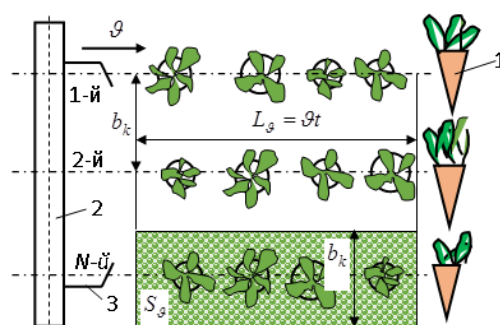


Рисунок 1 – Схема до розрахунку подачі зрізаних рослинних компонентів до гвинтового конвеєра: 1 – коренеплід; 2 – роторний гичкоріз; 3 – ніж

Теоретична подача зрізаної гички  $\Pi_z(t)$  ножами роторного гичкоріза з кожного одного  $i$ -го рядка коренеплідів за проміжок часу  $t$  залежить в основному від кількості коренеплідів  $K_z$  з яких зрізано гичку ножами роторного гичкоріза та урожайності гички  $i$ -го рядка коренеплідів  $U_z$ , або  $\Pi_z(t) = U_z K_z(t)$ .

Кількість коренеплідів  $K_z$ , шт., на одному  $i$ -му рядку з якого зрізано гичку ножами роторного гичкоріза за час  $t$  руху модуля можна визначити за формулою

$$K_z = L_g k_z = gt k_z; \quad K_z = \frac{L_g}{c_k} = \frac{gt}{c_k}; \quad K_z = \Gamma_k S_g = \Gamma_k gt b_k, \quad (3)$$

де  $L_g$  – шлях, або кількість погонних метрів, який пройде модуль за час його переміщення  $t$ , м;  $k_z$  – середня кількість коренеплідів на 1 п.м, шт.;  $c_k$  – середня відстань між коренеплодами в одному рядку, м;  $g$  – швидкість руху модуля, м/с;  $\Gamma_k$  – наявна густина насаджень коренеплідів в одному рядку на час збирання, шт./м<sup>2</sup>;  $S_g$  – площа посівів коренеплідів з яких зрізано гичку одного рядка, м<sup>2</sup>;  $b_k$  – ширина міжряддя коренеплідів, м.

Теоретична подача зрізаних бур'янів  $\Pi_\sigma(t)$  ножами роторного гичкоріза з кожного одного  $i$ -го міжряддя коренеплідів за проміжок часу  $t$  залежить в основному від шляху  $L_g = gt$ , який пройде модуль за час  $t$ ; ширини міжряддя  $b_k$  посівів коренеплідів або площі  $S_g$  з якої зрізано бур'яни; питомої маси  $M_\sigma$  бур'янів на  $i$ -му міжрядді коренеплідів або  $\Pi_\sigma(t) = S_g(t) M_\sigma$ .

Отже, з врахуванням наведених записів  $\Pi_z(t) = U_z K_z(t)$ ,  $\Pi_\sigma(t) = S_g(t) M_\sigma$  і третьої залежності  $K_z = \Gamma_k gt b_k$  середня теоретична подача зрізаної гички  $\Pi_{z.c}(t)$ , кг, з кожного одного  $i$ -го рядка та зрізаних бур'янів  $\Pi_{\sigma.c}(t)$ , кг, з кожного одного  $i$ -го міжряддя коренеплідів ножами роторного гичкоріза до гвинтового конвеєра за проміжок часу  $t$  буде визначатися за формулою:

$$\Pi_{z.c}(t) = \frac{dL_g}{dt} b_k t \Gamma_{k.c} U_{z.c} \frac{dL_g}{dt} b_k = \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \Gamma_{k.c} U_{z.c}; \quad \Pi_{\sigma.c}(t) = \frac{dL_g}{dt} b_k t M_{\sigma.c}. \quad (4)$$

1. Рибак Т.І. Огляд гичковиделяючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення / Т.І. Рибак, О.П. Цюнь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Випуск 134. «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Харків: Віровець А.П. «Апостроф», 2013. – с. 203-207.

**УДК 631.316**

**Тимофій Рибак, д.т.н., проф., Петро Паламарчук, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

**ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН НА РІВЕНЬ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ  
ЗДІЙСНЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.**

**Timofiy Rybak, Dr., Prof., Petro Palamarchuk, Ph.D.**

**INFLUENCE OF GEOMETRICAL CONSTRUCTIONS WORKING ORGANS  
AGRICULTURAL MACHINES AT THE LEVEL OF ENERGY CONSUMPTION  
IN CARRYING OUT TECHNOLOGICAL OPERATIONS.**

Однією з найбільш енергоємних операцій в процесі виробництва с/г продукції є передпосівний обробіток ґрунту, на яку припадає до 40% затрат енергії. Не дивлячись на тривалу історію розвитку землеробства чітко обґрунтування параметрів ґрунтообробних машин набуло актуальності лише останнім часом.

У більшості розвинутих країн спостерігається тенденція до зростання питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на 1 га. с/г угідь і на одного працівника. Але темпи зростання виробництва продукції випереджають зростання витрат тому енергоємність валової продукції знижується.

Впровадження генної інженерії та хімзахисту забезпечує високий рівень продуктивності тварин і урожайності сільськогосподарських культур і коректну собівартість виробництва продукції, але в суспільстві зростає попит на екологічно чисту «зелену» продукцію.

З технічних напрямків енергозбереження пріоритетними є вдосконалення структури парку тракторів та самохідних машин, а також оптимізація рівня їх енергонасиченості, більш широке використання комбінованих машин і агрегатів, перехід від тягових до тягово-привідних машино-тракторних агрегатів зниження енергоємності окремих технологічних процесів і операцій, технічна реалізація інноваційних рішень, обґрунтованих з економічної, екологічної та соціальної точок зору які кардинально не змінюють звичного способу життя.

На даний час актуальними є три напрямки економії енергоресурсів:

- вдосконалення технологічного процесу з позиції зменшення його енергоємності;
- розвиток енергозбереження;
- використання поновлюваних джерел енергії.

Незважаючи на різноманітність пропонованих методів обробітку ґрунту механічний залишається основним. В сукупності заходів активної дії, спрямованих на зменшення тягового опору ґрунтообробних машин, все більшого значення набуває вібраційна та імпульсна дія на ґрунт, що сприяє зменшенню опору просування робочих органів та деякому покращенню якісних показників роботи.

Розглядаючи робочі процеси ґрунтообробних машин помітно, що ґрунт досі не розглядається як природний об'єкт біосистеми. Але родючість ґрунту і потенційна продуктивність рослин визначають високопродуктивне і стійке функціонування агросистеми.

Зважаючи, що еволюція живої природи триває тисячоліттями живі організми за багатьма функціонально технічними параметрами та ефективністю дії на продукт переробки значно перевищують аналогічні технічні засоби створені людством. Враховуючи це в сільськогосподарському машинобудуванні при створенні робочих органів машин доцільно проводити пошук аналогів у живій природі.

Постійний пошук та порівняння цікавих і корисних для с/г машин процесів і явищ, властивостей і характеристик природних об'єктів, їх опис, аналіз та визначення

меж застосування забезпечують створення і вдосконалення ґрунтообробної техніки на якісно новому рівні. Розв'язання цієї проблеми забезпечує зниження енергозатрат, підвищення якості роботи ґрунтообробних машин, збереження родючості ґрунту, підвищення урожайності с/г культур та загальне покращення екологічного оточення та підвищення ефективності с/г виробництва.

Теорія імпульсної дії робочих органів на ґрунт розглядалася О.О. Дубровським. Примусовий привід коливальних ланок в таких системах веде до неоправданого підвищення енерговитрат, ускладнює конструкцію і знижує надійність машини в цілому, а пасивні робочі органи нелінійних пружинних підвісок не вирішують питання зворотних динамічних зв'язків та автоматичного узгодження з почерговими фазами деформації та руйнування ґрунту. На даний час актуальним є «підказаний» самою природою процес багатоконтактно-ударної дії на ґрунт.

Вибір біологічних прототипів робочих органів доцільно проводити серед комах і птахів, які пройшли довгий шлях еволюції, порівняно з ссавцями, наприклад, порівняльний аналіз продуктивності риття жука-носорога та капустианки у співвідношенні до маси тіла показав їх співмірність, не дивлячись на відмінності у формі ніг.

Використання принципу багатоконтактно-ударної робочого органу з оброблюваним матеріалом потребує більш детального аналізу деформаційних властивостей ґрунту, що забезпечує моделювання багатоконтактних взаємозв'язків як між елементами робочого органу, так і його дії на ґрунт.

При проектуванні робочих органів ґрунтообробних машин з позиції біонічних систем за основу доцільно брати кінцівки ніг птахів які пристосовані до розпушування та переміщення значних об'ємів ґрунту в пошуках корму та створення гнізд.

Механізм взаємодії таких органів з ґрунтом може бути двох типів: багатоконтактні зубчасті з жорстким елементом і віброударні з віброуючим, при контакті з ґрунтом, робочими ланками.

Проведений теоретичний аналіз показав, що за основу робочого органу доцільно брати лапу тетері, у якого пальці товсті, а кігті сильні, але досить тупі.

За результатами досліджень пропонується каток виконаний у вигляді рами на якій закріплено два обертових вали. Вісь обертання перпендикулярна до напрямку руху. На валах є шнекова навівка в протилежних напрямках. До навівки по гвинтовій лінії болтовими з'єднаннями кріпляться розпушувачі які являють собою тримачі до яких болтовими з'єднаннями прикріплена лопатка.

Лезо лопатки виконано у вигляді пів конуса, який верхньою частиною кріпиться до тримача, а на нижній вирізано три зубці які імітують ногу птаха (крайні зубці коротші), що зменшує опір входженню леза в ґрунт.

Робочий процес проходить наступним чином. При опусканні під вагою катка лопатки втискаються в ґрунт. В процесі поступального руху вал повертається і відбувається відколювання часток ґрунту. При виході лопатки поверхневий родючий шар частково перемішується. Ступінь подрібнення ґрунту регулюється кількістю розпушувачів на одиницю довжини вала.

Пропонована конструкція забезпечує:

- зниження експлуатаційних витрат за рахунок зменшення енергозатрат на обробіток ґрунту, підвищення продуктивності праці на 25%;
- покращується родючість ґрунту завдяки зменшенню втрат вологи на випаровування та створення більш сприятливих умов для діяльності аеробних бактерій;
- зменшення ступеня схильності до ерозії верхнього родючого шару ґрунту за рахунок збереження стерні і зменшення кількості ерозійно-небезпечних часток.

УДК 621.867

Роман Рогатинський д.т.н., проф.; Олена Рогатинська, к.т.н., доц.; Василь Дмитроца; Павло Леськів  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО ДВОВАЛЬНОГО КОНВЕЄРА

Roman Rogatynskyi, Dr., Prof.; Olena Rogatynska, Ph.D., Assoc.Prof.; Vasyl Dmytrotsa; Pavlo Les'kiv  
INVESTIGATION OF HIGH-SPEED CONVEYOR WITH DOUBLE SCREW

Гвинтові конвеєри широко використовуються в народному господарстві для транспортування та технологічної обробки насипних вантажів. Із збільшенням продуктивності та пропускної здатності транспортно-технологічних систем виникає проблема збільшення габаритних розмірів самих гвинтів, що суттєво ускладнює та здорожує їх виготовлення. Вирішення даного питання вирішується шляхом впровадження гвинтових конвеєрів з двома розташованими паралельно гвинтами менших діаметрів замість конвеєра з одним шнеком великого діаметра.

Покращення експлуатаційних властивостей та зменшення енергоємності двовальних гвинтових конвеєрів досягається шляхом реалізації транспортування вантажу в режимі біжучої хвилі, коли біжучий шар вантажу зависає між шнеками, які обертаються та шляхом оптимізації їх швидкісного режиму.

Такий режим досягається конструктивним вирішенням швидкохідного двовального гвинтового конвеєра, що запропонований авторами [1]. З метою збільшення продуктивності двовального гвинтового конвеєра шляхом збереження прямолінійного напрямку транспортування сипкого вантажу, збільшення кутової швидкості обертання валів, збереження працездатності та підвищення стабільності транспортування при перенавантаженнях, швидкохідний двовальний гвинтовий конвеєр виконаний у вигляді основи, на якій закріплено русло транспортування, з розташованими в ньому двома шнеками з лівою та правою навивками гвинтів, причому профіль русла транспортування виконано у вигляді двох жолобів, що сходяться посередині і, відповідно, формують двосторонній потік, рис. 1.

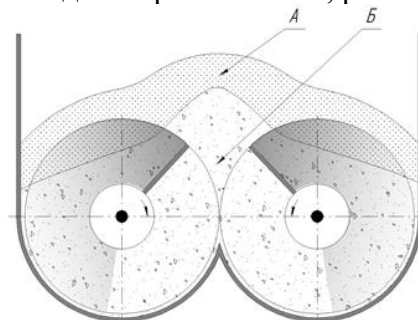


Рисунок 1. Формування завислого шару в міжвитковому руслі:

поз.А - транспортування при перевантаженні русла насипним вантажем (початок розвантаження); поз.Б – формування завислого шару вантажу у вигляді біжучої хвилі.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність застосування розроблених двовальних швидкохідних конвеєрів, що транспортують насипний вантаж в режимі біжучої хвилі. Так із рис.2,а видно, що, при незначному коефіцієнті завантаження, вантаж на віддалі трьох кроків гвинта від зони завантаження уже піднімається шнеками і два русла зливаються в одне, що чітко видно при збільшенні коефіцієнті завантаження, рис.2,б.

Транспортування відбувається також при надмірному коефіцієнті завантаження, коли вантаж перебиває вали, рис.3,а і у випадку зупинки одного із шнеків, рис.3,б. Оскільки кутова швидкість робочого шнека, при цьому, перевищує значення, встановленого для тихохідного режиму, то вантаж пересипається через вал (рис.3,б).

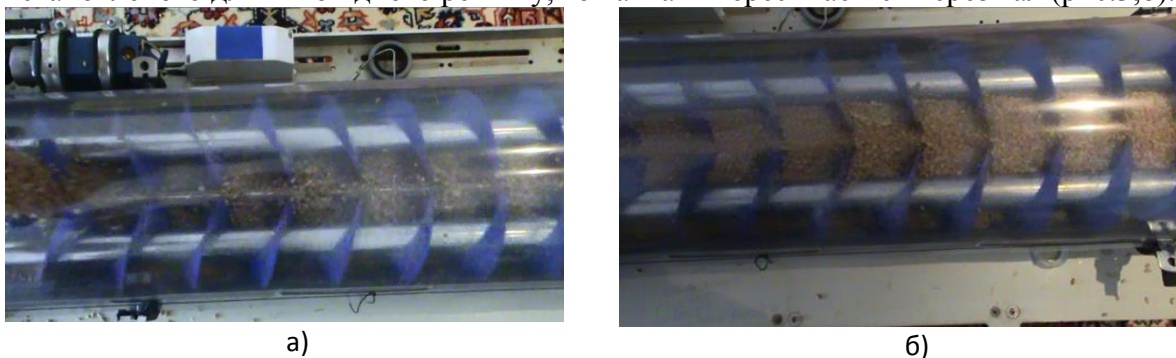


Рисунок 2. Формування русла з біжучим потоком у швидкохідному двовальному конвеєрі: а) при коефіцієнті заповнення  $\varphi < 0,3$ ; а) при коефіцієнті заповнення  $\varphi > 0,4$ .

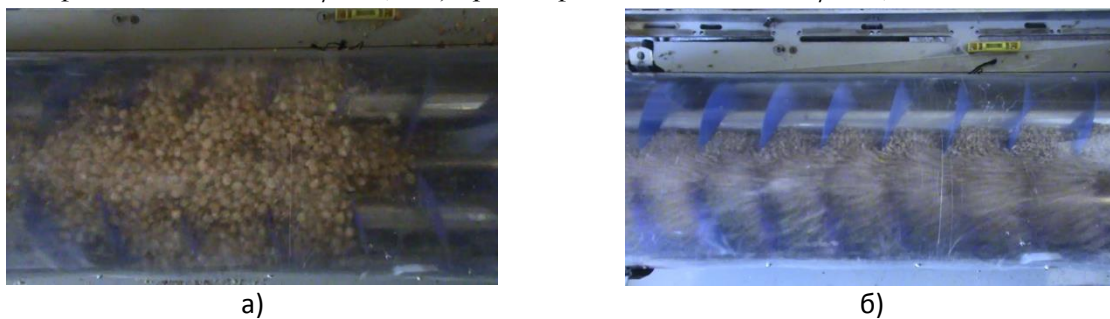


Рисунок 3. Потік вантажу у швидкохідному двовальному конвеєрі: а) при надмірному коефіцієнті заповнення ( $\varphi > 0,8$ ); б) при зупинці одного із шнеків.

Важливою перевагою двовальних конвеєрів є те, що вони, практично, не чутливі до нерівномірності завантаження та перевантаження. На рис. 4 наведено формування потоку при одноразовому надмірному завантаженні русла насипом.

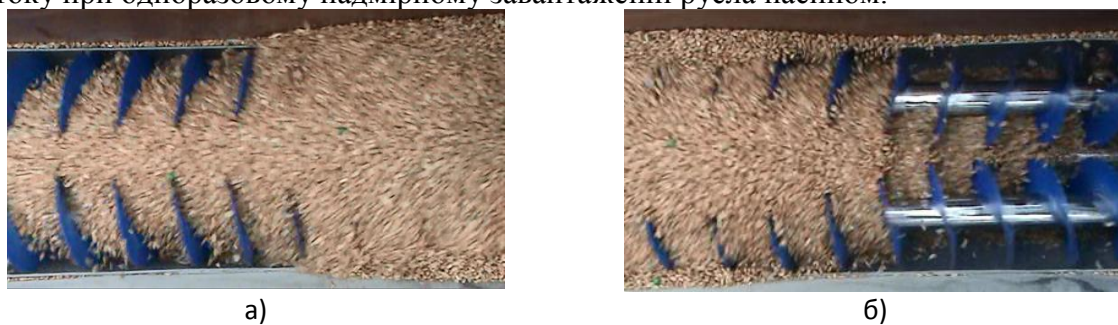


Рисунок 4. Формування потоку при завантаженні разовим насипом: а) зона розвантаження насипного бурта на початку формування потоку; б) – завершення потоку.

Такий режим характерний при розвантаженні транспортних засобів, наприклад автомобілів, що дозволяє ефективно використовувати двовальні гвинтові конвеєри у ролі розвантажувачів.

#### Перелік посилань.

1. Пат. 52567 Україна, МПК В 65 G 33/08. Швидкохідний двовальний гвинтовий конвеєр / Рогатинська О.Р, Дмитроца В.Л., Дмитроца Л.П.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201003998 ; заявл. 06.04.20109 ; опубл. 25.08.2010 Бюл. № 16.

УДК 658.53.621.003

Андрій Сенік

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОГРЕСИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ДЛЯ ПРИВОДНИХ РОЛИКОВО-ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ

Andrii Senyk

### ECONOMIC EFFICIENCY OF THE PROGRESSIVE MANUFACTURING PRODUCTION PROCESS OF SPLIT BUSHINGS FOR DRIVING ROLLED- BUSHING CHAINS

Проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення згортних втулок [1] на Новосибірському заводі низьковольтної апаратури і методики розрахунку економічної ефективності [2, 3].

Запропоновано прогресивний технологічний процес виготовлення згортних втулок для приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ), який забезпечує підвищену точність форми за параметрами: відхилення від круглості і бочкоподібності їх внутрішніх циліндричних поверхонь (ВЦП); зменшення енергозатрат при формуванні згортних втулок; підвищення стійкості деформуючих фільтрів при калібруванні втулок і підвищення зносостійкості приводних ланцюгів ПРВЛ за рахунок покращення умов контактування поверхонь втулок і валиків у шарнірах ПРВЛ.

На основі експериментально отриманих діаграм зміни зусилля формування втулок в процесі їх згортання заготовки для традиційного і запропонованого технологічних процесів отримана залежність для визначення зменшення енергозатрат при формуванні окремої згортної втулки:

$$\Delta N_{et} = \frac{1}{51 \cdot t_{n.x.}} (A_{mp} - A_{zn}) = \frac{L}{51 \cdot t_{n.x.}} \left[ \int_0^L f(F_{mo}) dF_{mp} - \int_0^L \psi(F_3) dF_3 \right] \text{ (кВт)}$$

де  $A_{mp}$  і  $A_{zn}$  - роботи, виконані при формуванні однієї згортної втулки за традиційною і запропонованою технологіями відповідно (кГм);  $t_{n.x.}$  - час одного подвійного ходу (сек.);  $L$  - довжина заготовки (картки) втулки,  $L = \pi \cdot D_{em}$ , (м);  $f(F_{mo})$  і  $\psi(F_3)$  - відповідно функції зміни зусилля деформування заготовки (картки) в процесі її згортання (кГс).

Тоді економічний ефект від економії енергозатрат буде:

$$E_1 = \frac{1}{N_{et}} \cdot F_{\delta} \cdot K \cdot N_{вер.} \cdot C_1, \text{ (грн).}$$

де  $F_{\delta}$  - дійсний річний фонд часу;  $K$  - коефіцієнт, що враховує час простоїв при налагодженні і обслуговуванні верстату;  $N_{вер.}$  - кількість верстатів;  $C_1$  - ціна 1 кВт/год., (грн).

Економічний ефект від підвищення стійкості деформуючих фільтрів утворюється від зменшення їх кількості і часу простою верстата на його переналагодження (заміну зруйнованої фільтри та під наладку верстата).

Передбачуваний річний економічний ефект визначиться як різниця витрат на придбання фільтер і зменшення частки заробітної плати у собівартості виготовлення втулок:

$$E_{2,3} = (N_{\phi.тр} - N_{\phi.з})C_{\phi} + (T_{\phi.з} - T_{\phi.тр}) \cdot m \cdot N_{\epsilon} \cdot P_{рв} \cdot C_{\epsilon}, \text{ (грн.)}$$

де  $N_{\phi.тр}$  і  $N_{\phi.з}$  – відповідно потрібна кількість деформуючих фільтер при традиційному і запропонованому технологічних процесах (шт.);  $T_{\phi.тр}$  і  $T_{\phi.з}$  – відповідно стійкість деформуючих фільтер при традиційних і запропонованих технологіях;  $C_{\phi}$  – вартість деформуючої фільтери (грн.);  $T = 2$  – кількість змін;  $N_{\epsilon}$  – кількість верстатів, які функціонують на протязі календарного виробничого року;  $P_{рв}$  – продуктивність верстата за основний час (шт./год);  $C_{\epsilon}$  – вартість однієї згортної втулки (грн.).

Економічний ефект у сфері експлуатації ПРВЛ від збільшення їх зносостійкості і довговічності визначиться з умови, що збільшення довговічності на певну величину у відсотках рівнозначно збільшенню на таку ж величину випуску ПРВЛ.

Тоді в загальному економічний ефект виразиться залежністю:

$$E_4 = \alpha_i \cdot N_{iП.Р.} \cdot C_{iП.М.} \quad E_4 = \sum_{i=1}^4 \alpha_i N_i C_i, \text{ (грн.)},$$

де  $i = 1, 2, 3, 4$  – кількість рядів у ПРВЛ;  $\alpha_i$  – відповідно доля збільшення зносостійкості одно-, дво-, три- і чотирирядних ПРВЛ;  $N_{iП.Р.}$  – річні програми випуску одно-, дво-, три- і чотирирядних ПРВЛ;  $C_{iП.М.}$  – ціна одного погонного метра одно-, дво-, три- і чотирирядних ПРВЛ;

Загальний економічний ефект виразиться як сума складових:

$$E = \sum_{j=1}^4 E_j, \text{ (грн.)},$$

де  $j = 1 - 4$  кількість складових, що формують загальний економічний ефект.

#### Література:

1. П.Д. Кривий, А.А. Сенік. Технологічне спорядження для формування згортних втулок / Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2003. – Том 8. – №2. – С. 29-34.
2. Расчеты экономической эффективности новой техники : Справочник / Под общ. ред. К. М. Великанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 448с.
3. Расчеты экономической эффективности новой техники : Справочник / Под ред. Д-ра эконом. наук проф. К. М. Великанова. - Л. : Машиностроение, 1975. – 432с.



УДК 631.326

Сенів Т., Довбуш А.Д., ст. викл.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПЛОСКИХ РАМ

Seniv T. Dovbush A.D.

### ANALYSIS OF METHODS DISCLOSURE OF THE UNCERTAINTY OF THE STATIC FLAT FRAME

**Ключові слова:** рама, сила.

**Keywords:** frame, force

Проведемо аналіз методів розкриття статично-невизначеної плоскої рами, навантаженою системою сил (рис. 1а) застосовуючи метод сил і метод мінімуму потенціальної енергії деформації (ММПЕД).

Задана система 4-3=1 раз статично невизначена. Розкриваючи статичну невизначеність методом сил: вибираємо основну систему (рис. 1б); записуємо рівняння методу сил  $X_2 \delta_{22} = -\Delta_2(F)$ .

Будуємо епюри згинальних моментів від зовнішніх навантажень та одиничної сили в основній системі (рис. 1в,г).

Коефіцієнт  $\delta_{22}$  та вільний член рівняння  $\Delta_2(F)$  визначаємо графо-аналітичним способом:

$$\delta_{22} = \frac{l^2}{EI} \left( \frac{2l}{3} + a \right); \quad \Delta_2(F) = -\frac{qa^2 l}{2EI} \left( \frac{a}{3} + \frac{l}{2} \right).$$

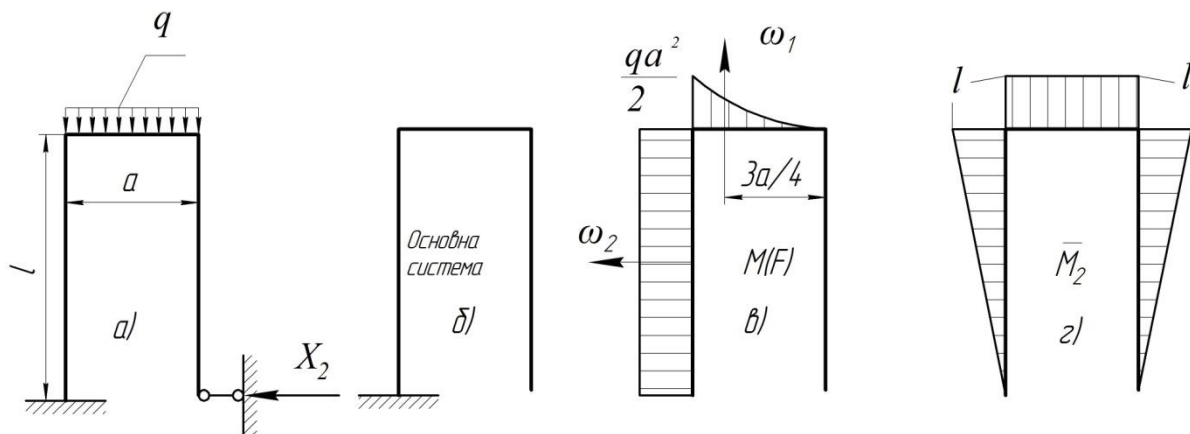


Рисунок 1. Навантажена рамна система

З рівняння методу сил, отримаємо:

$$X_2 = \frac{q \cdot a^2}{2 \cdot l^2} \cdot \frac{\left( \frac{a \cdot l}{3} + \frac{l^2}{2} \right)}{\left( \frac{2 \cdot l}{3} + a \right)}.$$

Для розкриття статичної невизначеності ММПЕД записуємо функцію потенціальної енергії деформації системи:

$$U = \int_0^l \frac{(X_2 \cdot x)^2 dx}{2EI} + \int_0^a \frac{\left(\frac{q \cdot x^2}{2} + X_2 \cdot l\right)^2 dx}{2EI} + \int_0^l \frac{\left(\frac{q \cdot a^2}{2} + X_2 \cdot l - X_2 \cdot x\right)^2 dx}{2EI}.$$

На підставі формули Лейбніца диференціюємо отриманий вираз за параметром  $X_2$ ,  $\frac{\partial U}{\partial X_2}$ , а потім інтегруємо по  $x$ . Отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial X_2} &= \frac{1}{EI} \left\{ \int_0^l ((X_2 \cdot x) \cdot x) dx + \int_0^a \left( \left( \frac{qx^2}{2} + X_2 \cdot l \right) \cdot l \right) dx + \int_0^l \left( \left( \frac{qa^2}{2} + X_2 \cdot l - X_2 \cdot x \right) \cdot (l - x) \right) dx \right\} = \\ &= \frac{1}{EI} \left\{ X_2 \cdot l^2 \cdot \left( a + \frac{2l}{3} \right) + q \cdot l \cdot a^2 \cdot \left( \frac{a}{6} + \frac{l}{4} \right) \right\}. \end{aligned}$$

$$\text{Застосовуючи ММПЕД } \frac{\partial U}{\partial X_2} = 0, \text{ визначаємо } X_2 = \frac{q \cdot a^2 \cdot \left( \frac{a \cdot l}{3} + \frac{l^2}{2} \right)}{2 \cdot l^2 \cdot \left( \frac{2 \cdot l}{3} + a \right)}.$$

Метод мінімуму потенціальної енергії деформації розкриває статичну невизначеність без побудови епюр згинальних моментів від зовнішніх та одиничних навантажень, що значно скорочує час розв'язку задачі.

1. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. – 332 с
2. Довбуш Т.А. Оцінка ресурсу роботи і обґрунтування конструкції несучої системи розкидачів добрив: дисертація на здобуття наук. ступ. к.т.н.; спеціальність 05.05.11/ Т.А. Довбуш. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 189 с.

**УДК 631.356.24**

**Скальський О.Ю., аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПОРІВНЯЛЬНІ ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**

**Skalsky O.Yu., Post-graduate student**

### **COMPARATIVE FIELD RESEARCHES OF THE COMBINED COPPER OF CORNERBOARDS OF CYCORIA**

Для підтвердження технологічної ефективності застосування копача для викопування коренеплодів цикорію [1] було проведено польові порівняльні дослідження в умовах господарства із застосуванням польової установки.

Раціональні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів комбінованого копача під час проведення порівняльних польових досліджень було встановлено за результатами теоретичних і попередніх експериментальних досліджень. При цьому раціональні конструктивно-кінематичні параметри комбінованого копача були наступними: діаметр диска 0,45 м; кут атаки диска 30 град; глибина ходу диска 9 см; діаметр приводного вала 0,6 м; частота обертання приводного вала 500 об/хв; глибина ходу лапи розрихлювача 16 см.

На першому етапі провели польові дослідження базової коренезбиральної машини без застосування розрихлювача. У подальшому визначали агротехнічні показники якості роботи комбінованого копача і, на основі порівняльної характеристики показників удосконаленої і базової коренезбиральної машини, визначали загальну технологічну ефективність роботи комбінованого копача.

Результати агротехнічних показників якості виконання технологічного процесу порівняльних польових досліджень модернізованої і базової коренезбиральної машини наведено у таблиці, при цьому показники якості роботи визначено відносно загальної маси кожної проби коренеплодів цикорію.

Аналіз наведених показників якості викопування та підбирання коренеплодів цикорію показує, що модернізована машина дозволяє значно зменшити втрати та пошкодження коренеплодів цикорію порівняно з базовою.

При цьому загальні втрати коренеплодів, які викопуються комбінованим копачем знижуються в 2,4 раза відносно показника базового копача – 2,2 % у модернізованої машини проти 5,3 % у базової, що пояснюється застосуванням лапи розрихлювача, а також адекватно регламентує зниження у 3,2 раза кількості невикопаних (залишених у ґрунті) підземних частин коренеплодів цикорію – 4,5 % у базового копача проти 1,4 % у комбінованого копача.

Показники втрат коренеплодів, які визначаються, як кількість невикопаних цілих коренеплодів, залишених на поверхні ґрунту та присипаних ним у порівнювальних машин однакові та становлять, відповідно, 0,1 %, 0,5 % і 0,2 %.

Значне зниження загальної кількості пошкоджень коренеплодів цикорію (приблизно у 2 рази – 20,7 % у базового копача проти 10,1 % у комбінованого копача) також підтверджує технологічну доцільність його застосування та є суттєвим у плані подальшого удосконалення технологічного процесу збирання крихких коренеплодів, при цьому кількість коренеплодів із зламанною хвостовою частиною зменшується приблизно у 4,5 раза.

Показники якості за складом зібраного вороху коренеплодів цикорію під час їх збирання модернізованою та базовою коренезбиральними машинами суттєво не відрізняються та приблизно однакові. Незначне збільшення загальних домішок (на 2,0 %) у зібраному воросі коренеплодів цикорію та складових компонентів домішок (вільного та налиплого ґрунту на коренеплодах, залишків гички на головках коренеплодів – на 0,4 %, рослинних решток – на 1,2 %, вільної гички та бур'янів – на

0,8 %) у базового копача відносно комбінованого копача є наслідком меншої загальної маси зібраних коренеплодів кожної окремої проби, або більшими, порівняно з комбінованим копачем, загальними втратами коренеплодів цикорію.

Таблиця 1

Показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію під час проведення порівняльних досліджень

| Найменування показників                        | Значення показників |        |        |
|--|---------------------|--------|--------|
|  | Модернізована       | Базова | АТВ    |
| Робоча швидкість руху, м/с                     | 1,5                 | 1,5    | до 1,5 |
| Глибина підкопування:                          |                     |        |        |
| - середня, см                                  | 8,9                 | 9,0    | -      |
| - середньоквадратичне відхилення, $\pm$ см     | 0,8                 | 0,83   | -      |
| Якість підкопування і підбору коренеплодів, %: |                     |        |        |
| - зібрано машиною                              | 97,8                | 94,7   | 97,5   |
| - втрати, всього                               | 2,2                 | 5,3    | 2,5    |
| у тому числі:                                  |                     |        |        |
| - невикопаних цілих коренеплодів               | 0,1                 | 0,1    | -      |
| - невикопаних частин коренеплодів              | 1,4                 | 4,5    | -      |
| - на поверхні ґрунту                           | 0,5                 | 0,5    | -      |
| - присипаних ґрунтом                           | 0,2                 | 0,2    | -      |
| Склад вороху зібраних коренеплодів, %:         |                     |        |        |
| - коренеплоди                                  | 93,8                | 91,8   | 92,0   |
| - домішки, всього                              | 6,2                 | 8,2    | 8,0    |
| у тому числі:                                  |                     |        |        |
| - вільного ґрунту                              | 1,4                 | 1,8    | 1,5    |
| - налиплого ґрунту на коренеплодах             | 1,5                 | 1,9    | -      |
| - рослинних решток, всього                     | 3,3                 | 4,5    | 3,5    |
| у тому числі:                                  |                     |        |        |
| - вільної гички та бур'янів                    | 1,8                 | 2,6    | 2,0    |
| - залишків гички на головках коренеплодів      | 1,5                 | 1,9    | 1,5    |
| Пошкодження коренеплодів, %:                   |                     |        |        |
| - всього                                       | 10,1                | 20,7   | 15,0   |
| у тому числі:                                  |                     |        |        |
| - з зламанною хвостовою частиною               | 2,4                 | 10,9   |        |
| - з ранами тіла                                | 8,7                 | 8,8    |        |
| - сильнопошкоджених                            | 5,5                 | 10,5   | 7,0    |

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що використання комбінованого копача з обґрунтованими його конструктивно-кінематичними параметрами забезпечує значне підвищення ефективності процесу збирання коренеплодів цикорію і є перспективним напрямком для подальшого удосконалення процесу збирання крихких коренеплодів.

#### Література

1. Барановський В.М., Скальський О.Ю., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 108265 Україна, МПК А01D 25/04. Комбінований копач коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201600390; заявлено 18.01.2016; опубліковано 11.07.2016. Бюл. № 13/2016.

УДК 621.8

Любомир Слободян, здобувач

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ З ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ НА ВЕРТИКАЛЬНУ ВІТКИ

Lubomyr Slobodian, applicant

### STAND FOR THE INVESTIGATION OF THE TRANSPORT OF SUGAR MATERIAL FROM THE HORIZONTAL FOR VERTICAL EARTH

Стенд для дослідження перевантаження сипкого матеріалу з горизонтальної на вертикальну секцію рис.1, який виконано у вигляді рами 1 на якій встановлено завантажувальний горизонтальний кожух 2 з гвинтовим робочим органом 3 з вертикальний кожух 4 з вертикальним гвинтовим робочим органом 5. Горизонтальний кожух 2 встановлено на рамі 1 на підставці 6 для сприяння процесу перевантаження сипкого матеріалу з горизонтального кожуха 2 до вертикальної секції 4 по нахиленому лотку 7, який встановлено під кутом  $\alpha$  до горизонту. Крім цього до початку горизонтального кожуха 2 жорстко під'єднаний завантажувальний бункер 8 з сипким матеріалом 9, який необхідно переміщати на вихід вертикальної секції 5.

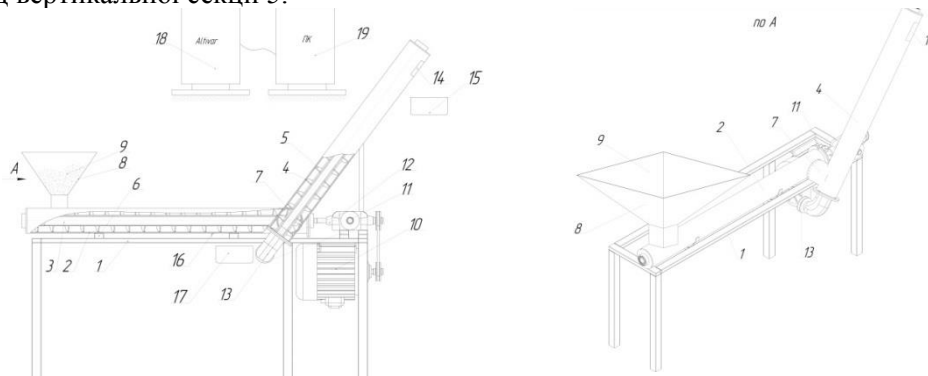


Рис.1. Стенд для дослідження перевантаження сипкого матеріалу з горизонтальної на вертикальну секцію

Привід горизонтальної секції 2 через гвинтовий робочий орган 3 під'єднаний до приводу 10, редуктора 11 з двома вихідними кінцями. Другий кінець редуктора 12 під'єднаний через ланцюгову передачу 13 до вертикального вала 5 вертикальної секції.

Вертикальний кожух встановлено під кутом до горизонту за допомогою механізму регулювання кута нахилу відомої конструкції 7, а в зоні вивантаження вертикальної секції виконано вивантажувальне вікно 14 відомої конструкції для транспортування сипкого матеріалу в ємкість 15.

Крім цього в кінці вивантажувальної секції встановлено вивантажувальне вікно з заслонкою 16 для замірів потоку в ємкість 17, а вихід сипкого матеріалу з вертикальної секції 5 заміряємо при вивантаженні матеріалу з лотка 15.

До стенда під'єднані прилади для заміру потужності Altivar 18 і персональний комп'ютер 19.

Робота стенда для дослідження характеристик гвинтових завантажувачів здійснюється наступним чином. Провівши цикл підготовчих операцій, відкривши заслонку завантажувального бункера 9 з сипучим матеріалом включають стенд з пульта керування. При цьому закривають заслонку 16 для того щоб встановиться стабільний технологічний процес роботи стенда і після чого засікають час і здійснюють процес подачі сипкого матеріалу в зону вивантаження через вивантажувальний лоток 14 в ємкість 17. Це перша серія експериментів роботи стенда де за допомогою Altivara 18 і персонального комп'ютера визначають його продуктивність і затрата потужності.

При другій серії дослідів закривають заслонку 16, включають стенд і доводять його роботу до стабільного. Після чого засікають час і відкривають заслонку, щоб сипкий матеріал поступав в ємкість 15 на протязі 5 чи 10хв. Її заміряють і заміряють потужність приводу і роботу всього стенда. Після чого встановлюють характеристику стенда.

Слід відмітити те, що запропонований стенд можна використовувати, як завантажувач і при цьому необхідно закрити заслонку 16.

УДК 621.833.60

Володимир Стрілець, к. т. н., проф., Олег Стрілець, к. т. н., доц., Андрій Савлук,  
студент

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## ЗАМКНУТА ГІДРОСИСТЕМА В ЯКОСТІ ГАЛЬМІВНОГО ПРИСТРОЮ

Volodymyr Strilets, Ph.D., Prof., Oleh Strilets, Ph.D., Assoc. Prof., Andriy Savluk,  
student

### CLOSED HYDROSYSTEM AS A BRAKE DEVICE

Проаналізовані існуючі гальмівні пристрої, які застосовуються у техніці в любых галузях промисловості. Процес роботи цих пристроїв називають гальмуванням, а пристрої – гальмами. Наприклад у механізмах піднімання вантажів гальма мають зупинити ці механізми та утримувати вантаж на висоті, а також забезпечувати повільне опускання вантажу з регульованою швидкістю. У механізмах пересування та повороту, гальма використовують для зупинки візка або крана на заданому шляху. В транспортерах та елеваторах гальма служать для зупинки цих машин і запобігання їх зворотного руху і таке інше. Будова та принцип роботи колодкових, стрічкових, дискових і вантажоупорних гальм широко описані у класичних і періодичних технічних літературних джерелах. Основним недоліком таких гальмівних пристроїв є складність конструкції, велика матеріаломісткість, використання у них фрикційних зв'язків, що приводять до інтенсивного спрацювання деталей, та не продуктивні затрати енергії, особливо, на опускання вантажів у вантажопіднімальній техніці.

Актуальною науково-технічною задачею є розробка нових гальмівних пристроїв, які були б конструктивно простіші та виключали фрикційні зв'язки. Тому пропонується нове гальмо у вигляді замкнутої гідросистеми, розроблене на рівні патентів на винаходи (пат. № 44135 UA і пат. №2211796 RU), які усувають вказані недоліки.

На рис. 1 показана схема гальмівного пристрою у вигляді замкнутої гідросистеми, який складається з шестеренчастого гідронасоса 1, трубопроводів 2, регульовального крана 3, зворотних клапанів 4, 5, 6 і ємності для рідини 7. Всі складові деталі монтуються на корпусі 8 шестерінчастого гідронасоса 1.

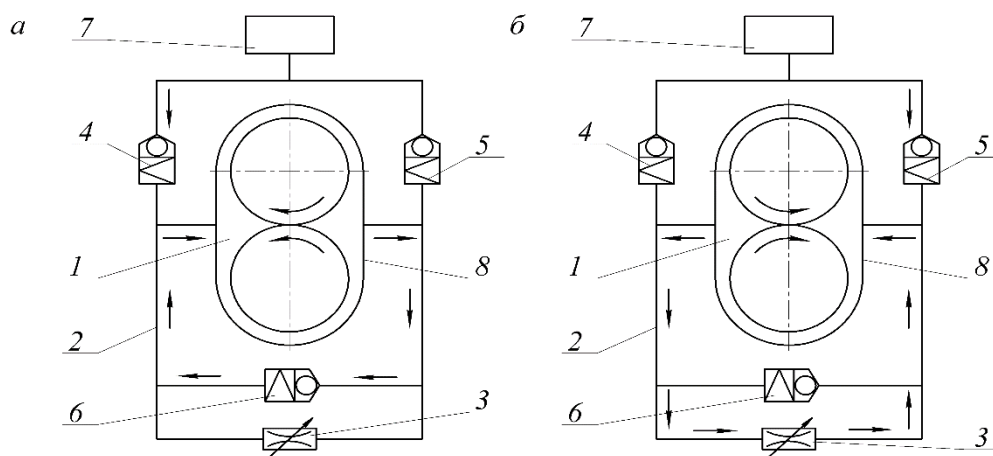


Рис. 1. Гідравлічні схеми замкнутої гідросистеми: а – робота при підніманні вантажу;  
б – робота при опусканні вантажу

Далі гальмо, у вигляді замкнутої гідросистеми, корпусом 8 приєднується до корпуса редуктора приводу робочого механізму, наприклад, механізму підйому вантажу, а вал приводу шестеренчастого гідронасоса 1 з'єднується з валом цього механізму безпосередньо, або через зубчасту передачу.

Гальмівний пристрій у вигляді замкнутої гідросистеми, на прикладі механізму піднімання вантажу, працює таким чином. При обертанні вала редуктора приводу механізму піднімання вантажу за напрямком підйому вантажу шестеренчастий гідронасос 1 приводиться в роботу – перекачує рідину по першому замкнутому колу (див. рис. 1, а). У цей час регулювальний кран 3 закритий. По закінченні піднімання, вантаж зупиняється і своєю вагою створює зворотний обертальний момент, тобто напрямок вала привода шестерінчастого гідронасоса 1 міняється на зворотний. Так як система замкнута регулювальним краном 3 і зворотними клапанами 5 і 6 здійснюється стопоріння шестеренчастого гідронасоса 1 і вала редуктора – піднятий вантаж знаходиться у підвішеному стані.

Для опускання вантажу відкривається регулювальний кран 3. Рідина рухається по другому замкнутому колу (див. рис. 1, б) – шестеренчастий гідронасос 1 і регулювальний кран 3. При цьому обертається шестеренчастий гідронасос 1 і вал редуктора – вантаж плавно опускається з швидкістю, яка залежить від кількості рідини, що пропускається через відкритий регулювальний кран 3. При закритті регулювального крана 3 гідросистема стопориться, припиняється рух рідини по другому замкнутому колу гідросистеми. Зупиняється рух шестеренчастого гідронасоса 1 і вала редуктора – опускання вантажу припиняється. Дозаповнення гідросистеми рідиною здійснюється із ємності 7 через зворотні клапани 5 і 6.

Для розрахунку любого гальма визначають розрахунковий гальмівний момент,  $M_{\Gamma}$ .

$$M_{\Gamma} = K_{\Gamma} \frac{Q_{\sigma} D_0}{2i_n u_m} \eta_m, \quad (1)$$

де  $K_{\Gamma}$  – коефіцієнт запасу гальмування;  $Q_{\sigma}$  – вантажопідйомність;  $D_0$  – діаметр барабана по осі каната;  $i_n$  – кратність поліспасти;  $u_m$  – передаточне число механізму підйому вантажу, від вала барабана до вала установки гальма;  $\eta_m = 0,80 \dots 0,85$  – коефіцієнт корисної дії механізму підйому вантажу.

Вибір гідронасоса для гальма, у вигляді замкнутої гідросистеми рекомендується виконувати за діаметром вихідного вала, який визначається

$$d = \sqrt{\frac{M_{\Gamma}}{0,2[\tau_{\kappa}]}} \quad (2)$$

де  $M_{\Gamma}$  – гальмівний момент;  $[\tau]_{\kappa} = 15 \dots 30 \text{ МПа}$  – допустимі напруження кручення для матеріалу вала.

В замкнутій гідросистемі розрахунку підлягають трубопроводи, по яких рухається рідина і вони є найбільш вразливим, за відомими методиками, наведеними у технічній літературі.

Такий гальмівний пристрій поліпшує експлуатаційні показники, на прикладі механізму піднімання вантажів вантажопідйомних машин – спрощується конструкція і керування опусканням вантажу, зменшується матеріаломісткість та енергетичні затрати на опускання вантажу, збільшується довговічність за рахунок відсутності робочих фрикційних зв'язків.

УДК 621.833.65

Олег Стрілець, к. т. н., доц.

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ У ЗУБЧАСТОМУ ДИФЕРЕНЦІАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАМКНУТОЇ ГІДРОСИСТЕМИ

Oleh Strilets, Ph.D., Assoc. Prof.

### SPEED CONTROL WITH GEAR DIFFERENTIAL VIA CLOSED HYDROSYSTEM

Розглядаються широко відомі ступінчасті і безступінчасті способи керування змінами швидкості та пристрої для їх реалізації. Основними недоліками ступінчастого керування швидкістю є складність конструкцій пристроїв, їх велика матеріаломісткість, великі динамічні навантаження, які виникають при переході з однієї швидкості на другу та важкість автоматизації. Для безступінчастого керування швидкістю характерне велике спрацювання деталей за рахунок використання фрикційних гальм і блокувальних фрикційних муфт. Як наслідок цього, зменшується довговічність і надійність деталей приводів і машин в цілому. Тому виникають задачі створення нових способів і пристроїв керування змінами швидкості, які б усували вказані недоліки. Проблема створення нових пристроїв для зміни швидкості машин, очевидна. Розробка на рівні винаходів зупинника вантажу, що переміщається (пат. № 44135 UA і пат. №2211796 RU) у вигляді замкнутої гідросистеми і застосування його у зубчастих диференціалах, привело до створення нових пристроїв для керування змінами швидкості. Розроблені пристрої усувають вказані недоліки.

На рис. 1 показана гідравлічна схема замкнутої гідросистеми, яка складається з гідронасоса 1, трубопроводів 2, регулювального крана 3, зворотного клапана 4 і ємності з рідиною 5.

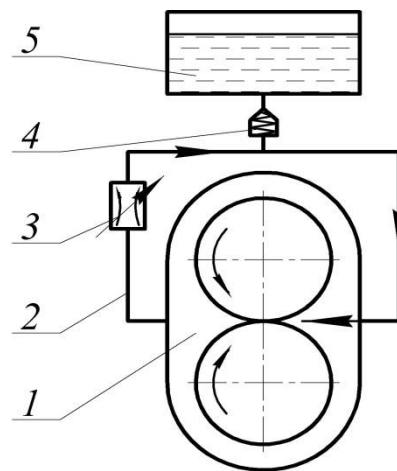


Рис. 1. Гідравлічна схема зупинника

Замкнута гідросистема працює наступним чином. При обертанні гідронасос перекачує рідину в замкнутій гідросистемі складеній з трубопроводів, зворотного клапана, ємності для рідини і регулювального крана – коли регулювальний кран відкритий. Якщо регулювальний кран закритий, тоді замкнута гідросистема закрита, тобто гідронасос зупинений і, при цьому, ланка на якій встановлений гідронасос буде зупинена. Цей принцип роботи замкнутої гідросистеми використаний для керування кутовою швидкістю веденої ланки зубчастого диференціала через зміну швидкості



однієї з ланок керування за рахунок пропускної здатності рідини, яка рухається в замкнутій гідросистемі, через регульовальний кран. Тобто кутова швидкість ланки керування  $\omega_k$  змінюється від 0 до  $\omega_{k \max}$ . Дозаповнення гідросистеми рідиною здійснюється із ємності 5 через зворотний клапан 4.

Розглянемо схеми установки замкнутої гідросистеми на ланках керування швидкістю зубчастого диференціала.

На рис. 2 показана схема зубчастого диференціала, де керування швидкістю виконується через епіцикл. Зубчастий диференціал складається з сонячного зубчастого колеса 1, сателітів 2, опорного зубчастого колеса – епіцикла 3 і водила 4 розміщених у корпусі 5. На корпусі 5 розміщена зупинник 6 і зв'язаний з епіциклом 3 зубчастою передачею 7.

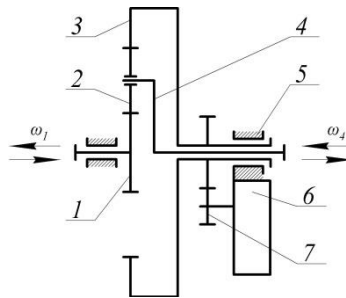


Рис. 2. Схема зубчастого диференціала з керуванням швидкістю через епіцикл

У цьому випадку, коли ведучою ланкою буде сонячне зубчасте колесо, а веденою – водило. Керування зміною веденої ланки – водила здійснюється через епіцикл. Якщо прийняти кутову швидкість ведучої ланки (сонячного зубчастого колеса)  $\omega_1 = const$ , тоді за рахунок зміни швидкості епіцикла ( $\omega_3 = var$ ) за допомогою замкнутої гідросистеми можна плавно змінювати швидкість веденої ланки – водила ( $\omega_4$ ). Тобто, маємо те, що епіцикл через зубчасту передачу 7 приводить у рух гідронасос, який перекачує рідину в замкнутій гідросистемі – коли регульовальний кран відкритий. Якщо регульовальний кран закритий, тоді замкнута гідросистема закрита, тобто шестеренчастий гідронасос зупинений і, при цьому, зупинений епіцикл ( $\omega_3 = 0$ ). Таким чином, в залежності від пропускної здатності регульовального крана, швидкість епіцикла  $\omega_3$  змінюється від 0 до  $\omega_{3max}$  і, при цьому, змінюється швидкість водила 4 ( $\omega_4$ ).

Аналогічно буде виконуватись зміна швидкості в зворотному напрямку, коли ведучою ланкою буде водило, а веденою ланкою буде сонячне зубчасте колесо.

Далі розглянуті зубчасті диференціали, коли ланками керування будуть сонячне зубчасте колесо або водило. У випадку керування через сонячне зубчасте колесо ведучою ланкою будемо мати водило, а веденою епіцикл, або навпаки. В залежності від пропускної здатності регульовального крана, швидкість сонячного зубчастого колеса ( $\omega_1$ ) змінюється від 0 до  $\omega_{1max}$ . Для керування через водило ведучою ланкою будемо мати сонячне зубчасте колесо, веденою епіцикл, або навпаки. Зміна швидкості досягається тим, що водило через зубчасту передачу приводить у рух шестеренчастий насос подібно, як у перших двох прикладах. В залежності від пропускної здатності регульовального крана замкнутої гідросистеми, швидкість водила ( $\omega_4$ ) змінюється від 0 до  $\omega_{4max}$  і, при цьому, змінюється швидкість сонячного зубчастого колеса ( $\omega_1$ ), або епіцикла ( $\omega_3$ ).

## **УДК 621.8**

**Володимир Тесля, к.т.н., Любомир Слободян, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ГВИНТОВИЙ ЗАВАНТАЖУВАЧ-ЗМІШУВАЧ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ПРИВОДОМ**

**Vladimir Tesla, Ph.D., Lubomyr Slobodian, post-graduate student**

#### **MULTIPLAYER MEMORY DRIVER WITH CENTRAL DRIVER**

Відомий гвинтовий конвеєр з ексцентричним приводом, який виконано у вигляді рами, привідного шківа, який встановлений на опорній ексцентричній трубці, яка в свою чергу встановлена на рамі з двох сторін і має внутрішній зубчатий кінець, який є у взаємодії з привідним колесом і привідним валом.

Гвинтовий завантажувач-змішувач з центральним приводом зображено на рис.1, який виконано у вигляді рами 1, на якій встановлено завантажувальний горизонтальний 2 і вертикальний 3 циліндричні кожухи з гвинтовими робочими органами горизонтальними 4 і вертикальними 5 з приводами 6 з запобіжними муфтами. Причому горизонтальний кожух 2 встановлена під кутом 2-5° до горизонту в сторону подачі сипкого матеріалу, а нижній кінець вертикального кожуха 3 встановлено у вільну зону горизонтального кожуха 2. Горизонтальна завантажувальна секція гвинтового робочого органу виконана у вигляді гвинтових гофрів 7 для покращення процесу змішування сипких матеріалів. Вертикальний гвинтовий робочий орган 5 виконано Г-подібної форми, причому співвідношення горизонтальної полицки до вертикальної становить в межах 2...7 мм, при мінімальній величині вертикальної полицки 2-4мм.

До кінця горизонтального завантажувального робочого органу секції 4 жорстко приєднана гнучка гвинтова спіраль 8 з гнучким валом 9 і з гнучким кожухом 10 для збільшення зони завантаження гвинтового конвеєра. На кінці гнучкого циліндричного кожуха 10 жорстко встановлено циліндричний наконечник 11 з конічним кінцем для зручності його введення в купу сипкого матеріалу. Наконечник 11 забезпечує не попадання великих кусків в зону транспортування, які можуть спричинити його поломку і сприяє кращому пересипанню сипких матеріалів в зону транспортування, який виконано у вигляді циліндричних елементів з осьовими пазами, шириною більшою у 2-6 разів самих більших зернин транспортних матеріалів.

Наконечник 11 жорстко прикріплений до рукоятки 12 з можливістю їх переустановлення в інше місце, коли з одного місця купи сипкого матеріалу вибрано певну кількість матеріалу, а зона вивантаження горизонтальної секції 2 розміщена в півкруглому корпусі підставки 14 і утворюють сприятливу об'ємну зону 15, в якій встановлено нижній кінець вертикальною гвинтового робочого органу 5 для вільного транспортування матеріалів вертикальним гвинтовим робочим органом. В зоні правого кінця горизонтального циліндричного кожуха 2 поза його зоною виконана опора циліндрична 14. Завантажувач-змішувач оснащений заслінкою 16 відомої конструкції для кінцевого його очищення після завершення технологічного процесу.

На виході вертикального кожуха 3 жорстко встановлено вивантажувальний лоток 17 для транспортування сипких матеріалів в ємність або кузов машини 18. Вертикальний кожух 3 жорстко встановлено в механізм регулювання кута його нахилу до горизонту 19 відомої конструкції, а до рами 1 жорстко закріплено пульт керування 20. Вал вертикального гвинтового робочого органу 5 знизу встановлено в упорний сферичний підшипник 21 з можливістю кругового повертання в ємності 15 і зміни кута нахилу відомої конструкції, який по зовнішньому діаметру виконано циліндричної форми, який є у жорсткій взаємодії з внутрішньою циліндричною поверхнею нижньої частини кожуха 3. Зверху підшипник закритий ущільнюючим диском. Крім цього вертикальний вивантажувальний лоток 17 є у взаємодії з зовнішнім діаметром

вертикального жолоба 3 в зоні вивантаження сипких матеріалів через гумову прокладку відомої конструкції, яка створює відповідне тертя і сприяє жорсткому утримуванню вивантажувального лотка 17.

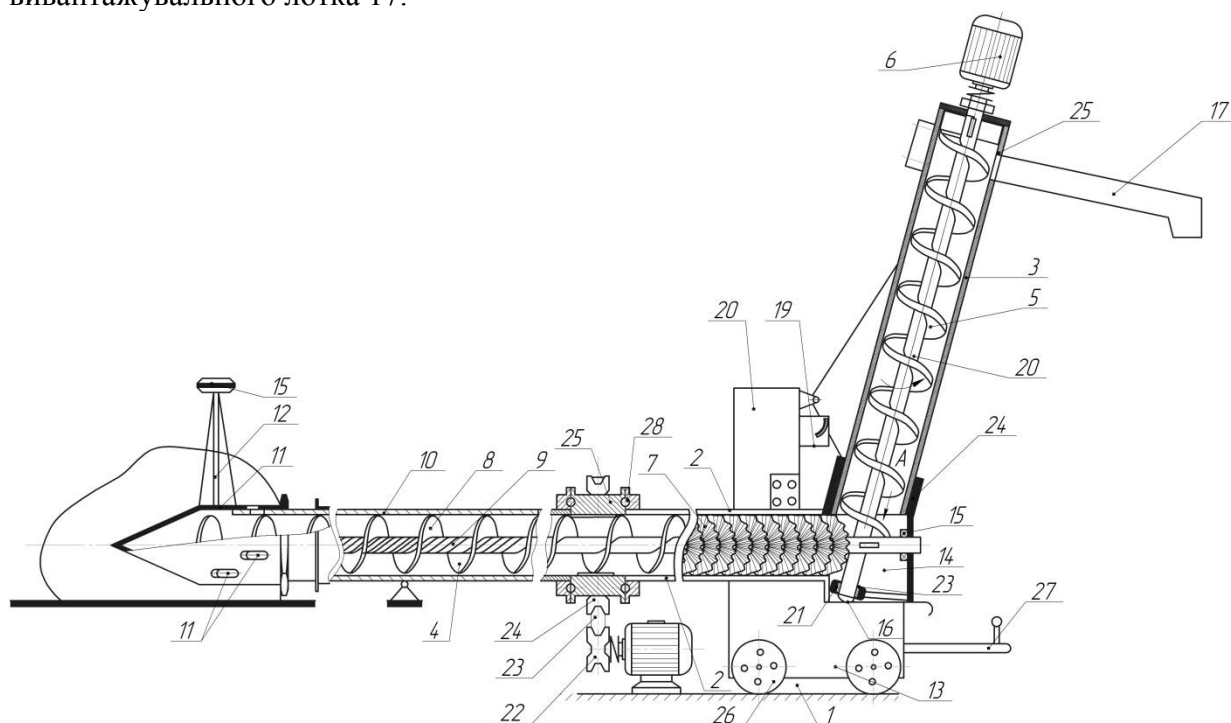


Рис.1. Гвинтовий завантажувач-змішувач з центральним приводом

Центральний привід механізму 22 встановлений на рамі 1 по середині довжини горизонтальної секції і за допомогою передачі 23 і зірочки 24 передається на корпус 25 і горизонтальний гвинтовий робочий орган 2. Плоскі гвинтові секції центрального приводу жорстко встановлені на валу і приварені до корпусу 25, а його вал є у взаємодії з основним валом 4 через шліци відомим способом і є його приводом. Крім цього завантажувач-змішувач встановлено на підставку 14 з опорними колесами 26 з гальмівними елементами і рукояткою його переміщення 27. Крім цього корпус 24 центрується кульками 28, а гвинтові гофровані елементи 7 жорстко встановлені на валу, який є у взаємодії з основним горизонтальним валом 2 через шліци відомим способом.

Робота завантажувача-змішувача гвинтового типу здійснюється наступним чином. Кінець гнучкої спіралі 8 з гнучким кожухом 10 з наконечником 11 вводять в купу сипкого матеріалу 29 разом з рукояткою 13. Після цього включають привід за допомогою пульта керування 20. За допомогою гнучкої спіралі 8 сипкий матеріал переміщується по горизонтальній трасі в жолобі 2 за допомогою плоских гвинтових елементів корпусу 25, де він інтенсивно змішується гвинтовим гофрованим робочим органом 7 і подається в зону вивантаження об'ємного збірника циліндричної форми і звідси вертикальним гвинтовим робочим органом 5 в зону вивантаження і вивантажувальний лоток 17 і в ємність для збору матеріалу (кузов машини) 18 або різного типу тари. В разі вибору сипкого матеріалу з даної зони, завантажувальну секцію за допомогою рукоятки 13 переставляють в нове місце.

До переваг завантажувача-змішувача гвинтового типу належить розширення технологічних можливостей, підвищення продуктивності праці, зменшення травмування насінневого матеріалу і підвищення експлуатаційної надійності і довговічності завантажувача. При цьому механізм може працювати в двох режимах як транспортер і як транспортер-змішувач, і тим самим забезпечує збільшення коефіцієнта його використання.

**УДК 621.42**

**Цебенко Б., Хомик Н.І., к.т.н., доц..**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШТАНГИ НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б**

**Zebenko B., Khumox N.I., Ph.D., Assoc. Prof.**

### **REASONING OF CONSTRUCTION BARBELL FORKLIFT PE-0,8B**

**Ключові слова:** навантажувач, штанга, колона.

**Keywords:** forklift, barbell, column

Навантажувач-екскаватор ПЕ-0,8Б – це універсальна машина для навантажувально-розвантажувальних та екскаваторних робіт. Особливості конструкції складових частин і робочих органів навантажувача-екскаватора ПЕ-0,8Б дозволяють експлуатацію його у різноманітних умовах. Змінні робочі органи дозволяють його використання для переміщення різноманітних матеріалів із заглибленням та на значну висоту, а також із поворотом колони на кут  $270^{\circ}$ .

Робоча зона навантажувача при роботі грейферами для сипких та для соломистих матеріалів, забезпечує висоту вантаження 3,6 м та глибину опускання на 2,2 м з поворотом колони на  $270^{\circ}$ .

Можна використовувати цей агрегат і як бульдозер. Максимальна вантажопідйомність – 800 кг.

Колона навантажувача ПЕ-0,8 є найбільш навантаженим елементом конструкції маніпулятора. Про це свідчать часті випадки поломок частин колони. Особливо часто трапляються поломки у зоні роботи механізму повороту, а саме хвостовика колони і зубчатого колеса. Тому дослідження, направлені на зниження напруженого стану колони, дозволять підвищити надійність конструкції.

Поворот поворотної частини навантажувача, підйом і опускання стріли, зміна її вильоту, привод робочого органу, підйом і опускання домкратів і бульдозера здійснюється гідравлічною системою, що приводиться в рух через редуктор від валу відбору потужності енергозасобу. Гідросистема навантажувача запобігає динамічним навантаженням та гідродарам у процесі роботи агрегату.

Робочий орган навантажувача кріпиться з допомогою механізму робочого органу до стріли, а стріла до колони, яка забезпечує поворот на  $270^{\circ}$ . Отже, колона є найбільш навантаженим елементом конструкції маніпулятора.

Механізми для повороту маніпуляторів відрізняються конструктивним виконанням залежно від умов експлуатації.

Для маніпуляторів великих вантажних моментів рекомендують застосовувати редукторний механізм, що забезпечує, неперервні обертання поворотної платформи. Для малогабаритних навісних навантажувачів, де допускається обмежений кут повороту маніпулятора, доцільно застосовувати важільний механізм. Для маніпуляторів невеликих вантажних моментів, а також там, де важливу роль відіграє компактність механізмів, можна використовувати гвинтовий чи рейковий механізми повороту.

Для навантажувальних маніпуляторів, де поряд з компактністю механізму вимагаються значні кути і швидкості повороту доцільно застосовувати рейковий механізм. Високі технічні параметри і невисока вартість рейкового механізму сприяли тому, що цей механізм має широке застосування для повороту маніпуляторів більшості навісних і самохідних навантажувачів.

Основною кінематичною характеристикою маніпулятора навантажувача є висота підйому вантажу і максимальний виліт стріли. Ці параметри проектують під технічні вимоги і вони визначають робочу зону навантажувача.

При виконанні робіт із навантаження сіна, соломи використання навантажувача-екскаватора ПЕ-0,8Б потребує удосконалення у напрямку збільшення висоти підйому робочого органу з вантажем, що дозволить повніше використати його технологічні можливості.

Оскільки солонисті матеріали, мають порівняно малу об'ємну масу, то навантажувач при їх переміщенні є постійно недовантаженим. Однак, значний об'єм таких матеріалів при їх укладанні у великі стоги, або навантаженні із них на транспортні засоби потребує транспортування на більшу відстань. Тому є потреба у збільшенні робочої зони навантажувача.

Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є збільшення робочої зони навантажувача при вантаженні матеріалів з малою об'ємною масою (сіно, солома) завдяки застосуванню телескопічних стріл.

Телескопічні маніпулятори зручні в керуванні робочим органом (грейфером, кігтями), однак їх недоліком є високі вимоги до точності виготовлення і необхідність додаткового пристрою для приводу телескопічної частини.

Збільшити висоту робочої зони навантажувача ПЕ-0,8Б можна за допомогою спеціального подовжувача, тобто штанги. Подовжувач монтується на базі стріли навантажувача, яка кріпиться до надставки шарніру робочого органу. Для збереження орієнтації подовжувача у робочому положенні застосовують тягу і фіксатори.

У результаті застосування подовжувача збільшується зона вантажопідйомності навантажувача, що і потрібно при вантаженні солонистих матеріалів.

Підйом вантажу з використанням подовжувача, що складається зі штанги і тяги, виконується у два етапи. На першому етапі відбувається рух рукояті до її максимального ходу. Другий етап підйому супроводжується рухом стріли і вантаж переміщується у найвищу точку.

Для визначення співвідношення ланок маніпулятора введена величина середнього моменту як відношення виконаної роботи до загального кута повороту ланки. Розглядалися три випадки співвідношення довжин ланок маніпулятора, тобто стріли і надставки. У результаті проведених розрахунків встановлено, що внаслідок приєднання штанги виліт маніпулятора збільшився на довжину 2,2 м і досяг 6,6 м. Вага допустимого вантажу зменшилася, і з робочим органом не перевищує 1000 Н.

Використання подовжувача не зменшує стійкості агрегату при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт, оскільки вантажопідйомність робочого органу становить 500 кг, що цілком достатньо для солонистих вантажів.

При роботі навантажувача зі штангою виліт маніпулятора не змінюється, тому відпадає необхідність залучення додаткових циліндрів для приводу подовжувача.

1. Тіщенко Л.М., Білостоцький В.О. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів. – Харків, 2003. – 406 с.

**УДК 621.34**

**М.І. Цепенюк, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО ОБЕРТАННЯ ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ**

**М.І. Tsepenyuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SYNCHRONOUS ROTATION MECHANISM WITH BALANCING ELECTRIC SHAFT**

Система синхронного обертання із зрівноважувальним електричним валом служить для синхронізації обертових рухів валів електродвигунів у багатопривідних механізмах. Дана система є найбільш простою і надійною в експлуатації. Для забезпечення синхронного обертання валів основних приводних двигунів у даній системі використовуються додаткові асинхронні двигуни з фазними роторами, які механічно з'єднані із роторами основних двигунів, а обмотки даних роторів з'єднані між собою.

Теоретичні дослідження динаміки механізмів синхронного обертання проводяться з врахуванням електромеханічних перехідних процесів при деяких допущеннях, прийнятих при математичному описанні електромеханічної системи. Крім того, нелінійні диференціальні рівняння досліджуваних систем розв'язуються в переважаючій більшості числовими методами з використанням комп'ютерної техніки. Все це впливає на точність результатів досліджень, тому необхідна експериментальна перевірка результатів теоретичних розрахунків.

Для проведення експериментальних досліджень була спроектована і виготовлена модель механізму синхронного обертання із зрівноважувальним електричним валом, яка складається із асинхронного короткозамкнутого електродвигуна, двох зрівноважувальних асинхронних двигунів із фазними роторами, обмотки яких з'єднані між собою, маховика, муфти змінної жорсткості. Для вимірювання кутової швидкості обертання маховика використовувався тахогенератор постійного струму ТМГ-30П. Кут розузгодження системи вимірювався при допомозі сельсин типу АЗМ.

Навантаженням на основний двигун у даному випадку є момент сил інерції маховика.

Досліджувався розгін механізму при різних значеннях жорсткості пружної муфти. Дослідження показали, що закон зміни кута розузгодження має коливний характер при незмінній частоті 6,7 Гц. Максимальне значення кута спостерігається після декількох коливань. Час наступлення максимуму менший за час розгону механізму. Активне затухання коливань кута розузгодження відбувається тільки при синхронній швидкості руху. Незатухаючі коливання кута з невеликими амплітудами, які мають місце упродовж всього часу руху механізму, підтверджують наявність в системі електричного вала квазіусталених процесів.

Досліджувався також вплив механічних коливань на характер зміни кута розузгодження. Встановлено, що при резонансних пружних коливаннях у графіку кута розузгодження появляється періодична складова тільки у двох періодах коливань. Це пояснюється тим, що механічні пружні коливання затухають значно швидше за зрівноважуючі.

Досліджувана експериментальна модель була описана диференціальними рівняннями і були проведені розрахунки перехідних процесів, які досліджувались експериментально. Розходження теоретичних і експериментальних досліджень становить 5-9%, що є допустимо.

УДК 621.867.52

О.П. Шовкун

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

## ПНЕВМАТИЧНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ПРИВІД

Alexander Shovkun

### PNEUMATIC VIBRATORY DRIVE

Для вібраційного транспортування, в деяких випадках, доцільно застосувати негармонійні коливання. Особливість негармонійних коливань полягає в тому, що вони дозволяють отримати ефект вібротранспортування по горизонтальній або нахиленій площині виключно при поздовжніх коливаннях (вертикальна складова коливань відсутня).

Складність полягає в проектуванні вібраційних приводів з асиметричним законом руху робочого органу.

Розроблений пневматичний вібраційний привід з асиметричним законом руху робочого органу зображений на рис. 1.

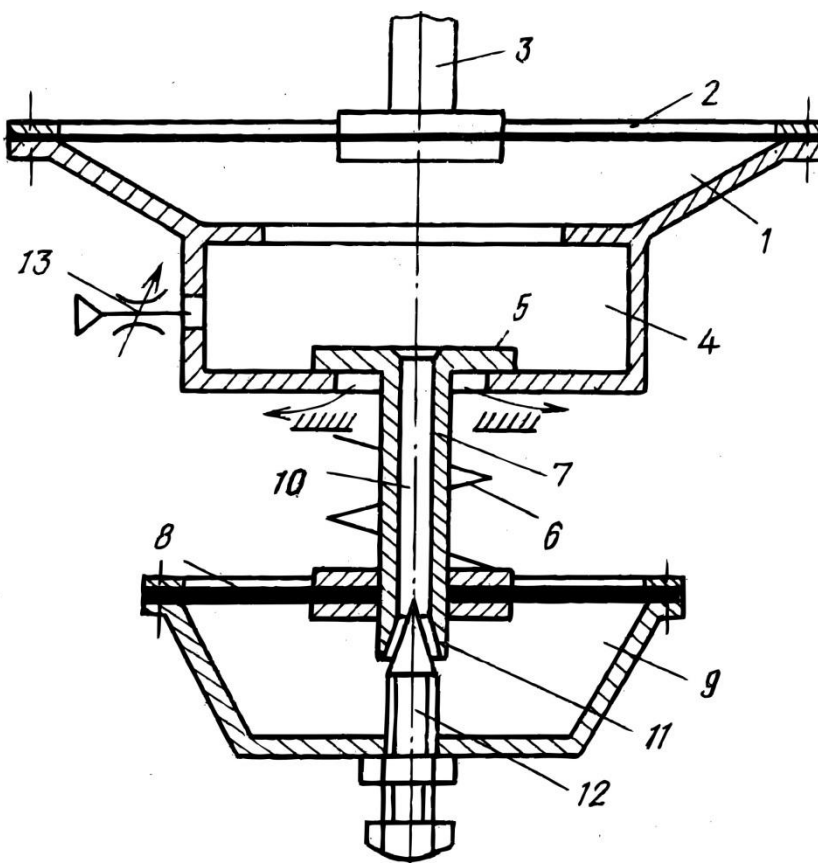


Рис.1

Пневматичний вібраційний привід складається з робочої камери 1 з діафрагмою 2, до якої прикріплений шток 3, що здійснює зв'язок з робочим органом вібраційного пристрою, наприклад вібраційного живильника.

Робоча камера 1 з'єднана з клапанною камерою 4, всередині якої розміщений клапан 5, підпружинений пружиною стиску 6.

Клапан 5, виконаний разом з штоком 7, який закріплений в жорсткому центрі діафрагми 8 керуючої камери 9. Всередині штоку виконано циліндричний отвір 10, який закінчується конічною поверхнею 11, що спряжена з конічною поверхнею штифту 12, встановленого всередині керуючої камери 9, з можливістю осьового переміщення.

Клапанна камера 4, за допомогою дроселя 13 має зв'язок з магістраллю стиснутого повітря.

Привід працює наступним чином. Стиснуте повітря проходячи скрізь дросель 13 потрапляє всередину клапанної камери 4, робочої камери 1, і тисне на діафрагму 2, приводячи в рух робочий орган вібромашини за допомогою штока 3.

Стиснуте повітря, також, скрізь циліндричний канал 10, і перепускний дросель, утворений спряженими конічними поверхнями 11 каналу 10 і штифту 12 попадає в керуючу камеру 9 і тисне на діафрагму 8. Зі сторони клапанної камери на шток 7 діє сила:

$$F = (P_1 \times S_{\text{эф}}) + (C \times X_0) ,$$

де  $P_1$  – тиск в клапанній камері,

$S_{\text{эф}}$  – ефективна площа клапану,

$C$  – жорсткість пружини,

$X_0$  – початковий стиск пружини.

З іншого боку, зі сторони керуючої камери:

$$F = (P_2 \times S_{\text{діаф}}),$$

де  $P_2$  – тиск в керуючій камері,

$S_{\text{діаф}}$  – ефективна площа діафрагми керуючої камери.

Коли ці сили зрівнюються – клапан відкривається. При цьому стиснуте повітря виходить з камер 1, 4, та 9 в атмосферу. З камери 9 повітря виходить через канал 10.

Коли виконується умова:

$$C \times (X_0 + X) = (P_2 \times S_{\text{діаф}}) ,$$

де  $X$  – переміщення клапану, – клапан закривається, і цикл повторюється.

За рахунок того, що клапан переміщується на величину  $X$ , в напрямку робочої камери, січення перепускного дроселя збільшується, і вихід повітря з камери 9 відбувається швидше ніж її заповнення.

Це призводить до асиметрії коливань робочого органу вібраційного приводу.

## Література.

1. А.С. СССР № 1178665 М.кл. В 65 G 27/22, Рыбак Л.П., Шовкун А.П. Пневматический вибрационный привод.



**Секція: МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Керівники: д.т.н., проф. Явоський Б.І., д.т.н., проф. М.В. Приймак, д.т.н., проф.

Паламар М.І., д.т.н., проф. С.А. Лупенко

Вчений секретар: к. т. н. Золотий Р.З.

**УДК 62-97; 519.876.5**

**Галина Григорчук ассистент, Андрій Олійник, д.т.н., проф., Любомир Григорчук, к.п.н, доц.**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ДІЮЧИМИ ЦИЛІНДРИЧНИМИ  
ОБЕРТОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

**Grygorchuk G.V., Oliinyk A.P., Grygorchuk L.I.**

**WAYS OF SOLVING TASKS THE MANAGEMENT PROBLEM FOR THE  
ACTIVE CYLINDRICAL ROTATING OBJECTS.**

До капілярно–пористих тіл відносяться матеріали, в яких рідина в основному зв'язана капілярними силами: (вологий кварцовий пісок, будівельні матеріали, деревне вугілля тощо). В процесі обезводнення капілярно–пористі тіла стають крихкими і в висушеному стані можуть бути перетворені в порошок, вони мало стискаються і всмоктують будь–яку рідину, яка їх змочує. Для таких тіл капілярні сили значно перевищують сили тяжіння, тому вони повністю визначають розподіл рідини в тілі.

Важливим є те, що природа утворення різних видів зв'язку вологи зумовлює механізм її видалення при сушінні. Для видалення адсорбційною зв'язаною вологою її необхідно всередині матеріалу перетворити в пару, для цього необхідно затратити теплоту. Волога набухання переміщується всередині матеріалу шляхом дифузії через стінки клітинок. Волога макро– і мікрокапілярів переміщується по капілярах.

У цукробуряковому виробництві висушуванню піддаються цукор–пісок та віджятий буряковий жом. Процес сушіння полягає у видаленні вологи з матеріалів для їх кращого зберігання та надання їм транспортабельності. Теплоносієм слугує підігріте повітря, що переміщається по відношенню до висушуваного цукру протилежно або перехресним напрямком. Для процесу сушіння цукру використовують сушильно–охолоджувальні установки одно- або двобарабанні, багатотрубні сушильні агрегати або установки з псевдокиплячим шаром цукру–піску.

Для удосконалення та покращення роботи сушильно–охолоджуваної установки висушування цукру розглянемо обертові циліндричні теплотехнічні об'єкти, що характеризуються такими властивостями: неперервністю теплового процесу, розподілом температурного поля по довжині об'єкту, розбиттям обертового теплового об'єкту на зони з можливістю окремого управління температурою на кожній з них, повздовжнім переміщення оброблюваного матеріалу, сталим часом його перебування на конкретній позиції обертового об'єкту та значним впливом етапу термічної обробки та його характеристики.

При аналізі технічного стану обертових об'єктів геометричної конфігурації, крім експериментальних методів оцінки основних характеристик, широко використовуються методи математичного моделювання, реалізація яких для діючих об'єктів ускладнюється природою явищ та процесів, що моделюється. Будь яка задача управління діючими об'єктами, або оцінки його технічного стану може мати три основних підходи до її розв'язання.

1. Нехай для об'єкта, що моделюється, відомими є початкові характеристики  $\bar{x}$ , до яких входять всі проектні параметри та очікувані умови експлуатації. В такому випадку

значення параметрів  $\bar{y}$ , в які переходять в процесі експлуатації характеристики  $\bar{x}$ , можуть бути одержані шляхом розв'язання деякого функціонального рівняння виду:

$$\bar{y} = A(V_1, V_2, \dots, V_n)\bar{x} \quad (1)$$

де  $A(V_1, V_2, \dots, V_n)$  - деякий оператор, який формалізує всі впливи  $V_1, V_2, \dots, V_n$ , що діють на об'єкт в процесі експлуатації; його структура є відомою. Фактично (1) - це рівняння, або система рівнянь математичної фізики з коректно поставленими граничними та початковими умовами, для яких розв'язок (точний або наближений) існує і визначається однозначно, що доводиться відповідними математичними викладками та результатами [4]. Задача (1) як правило розв'язується на етапі проектування.

2. Якщо для об'єктів відомими є характеристики  $\bar{x}$ , а також функції  $V_1(t), V_2(t), \dots, V_m(t)$  задають дію найбільш загальних силових, фізичних, кліматичних та інших факторів – наприклад, робочий тиск в системі, режим обертання, теплові характеристики, тощо. Особливістю такого підходу є те що  $V_1(t), V_2(t), \dots, V_m(t)$ ,  $m < n$  є відомими функціями. В такому випадку задача записується у вигляді

$$\bar{y} = A_t(V_1(t), \dots, V_m(t))\bar{x} \quad (2)$$

де  $A_t$  відрізняється від  $A$ , наведеного в (1), більш простою структурою. При цьому для системи або рівняння (2) також встановлюється відповідності, проте більш прості, ніж в (1), граничні та початкові умови. В окремих випадках в задачі (2) враховуються зміни просторової конфігурації досліджуваного об'єкта.

3. Найбільш загальним та природнім випадком, що виникає при розв'язанні задач управління, або аспекти технічного стану досліджуваними об'єктами є наступний: в початковий момент часу (наприклад, на початку експлуатації) відомими є характеристики  $\bar{x}$  об'єкта, а за результатами технічного обстеження визначаються характеристики  $\bar{y}$  об'єкта, що є фактично зміненими в процесі експлуатації характеристиками  $\bar{x}$ . В реальних випадках  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  визначаються не на всій поверхні досліджуваного тіла (часто це є практично неможливим), а лише на деякій частині (підмножини) цього об'єкта. В такому випадку задача управління або технічного стану об'єкта формалізується наступним чином: необхідно розв'язати задачу:

$$\begin{cases} \bar{y} = A\bar{x} \\ \bar{x}(\Omega) = \bar{x}_B \\ \bar{y}(\Omega) = \bar{y}_B \end{cases} \quad (3)$$

де  $\Omega$  – частина області, на якій задаються  $\bar{x}_B$  та  $\bar{y}_B$ ,  $A$  – оператор з невідомою структурою,  $\bar{x}_B$  та  $\bar{y}_B$  значення параметрів стану об'єкта на всій області простору, який він займає. Очевидно, задача (3) є некоректно поставленою, для її розв'язання необхідно запропонувати певні умови регуляризації [5]. В такому випадку задача (3) розкладається на такі під задачі:

а) визначення  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  на всій області, яку займає досліджуваний об'єкт за відомими значеннями  $\bar{x}_B$  та  $\bar{y}_B$ ;

б) встановлення структури оператора  $A$  для визначення природи сил та навантажень, що діють на досліджуваний об'єкт та їх кількісних характеристик.

Розв'язання задачі:

а) розв'язання з вибором апарату інтерполяції або апроксимації даних, який дозволяє відтворити  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  за відомими  $\bar{x}_B$  та  $\bar{y}_B$ . При цьому застосовується апарат інтерполяційних кубічних сплайнів або цих же сплайнів із згладжуванням, а також апарату апроксимації в залежності від інформації про точність вимірювання  $\bar{x}_B$  та  $\bar{y}_B$  або про природній характер зміни величини  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  в процесі експлуатації (лінійність залежностей, виділення найбільш характерних сил та навантажень, температурні режими, тощо).

На етапі б) за визначеними  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  відновлюється структура оператора А. Наприклад, вибирається модель процесу деформації та напруженого стану, наслідок чого розв'язується задача типу (2) за відомим  $\bar{x}$  визначаються

$$\bar{y}_t = A_t^*(V_1(t), \dots, V_m(t))\bar{x}. \quad (4)$$

Вибір оператора  $A_t$  вважається завершеним, якщо значення  $\bar{y}_t$  мало відрізняється від  $\bar{y}$ . За знайденим оператором

$$A_t = \lim_{T \rightarrow N} A_t^*,$$

Який є результатом підбору  $A_t^*$  протягом N-разового розв'язання задачі (4) визначають не тільки значення  $\bar{y}$ , але і прогнозовані значення  $\bar{y}_B$ , які дозволяють робити прогнози стосовно оцінки залишкового ресурсу об'єкта.

Отже при моделюванні процесу деформування та напруженого стану з використанням інтерполяційних процедур здійснюється відтворення просторового положення циліндричних, ділянок в контрольний та початковий моменти часу, визначаються компоненти вектора переміщень пов'язаних з досліджуваним тілом в системах координат. При цьому будуються алгоритми регуляції відповідних некоректних задач. Компоненти тензорів деформації та напружень визначаються в рамках моделі пружньодеформованого тіла. За складеною математичною моделлю розроблено програмний комплекс розрахунку параметрів деформації та напруженого стану для циліндричних ділянок, при цьому враховується точність вимірювання переміщень точок поверхні та іншої діагностичної інформації, а також умови спряження елементів конструкції з використанням техніки інтерполяційних поліномів Ерміта. Розроблено методику аналізу інформації про переміщення об'єктів з використанням методу Хіммельблау для виявлення завідомо невдалих результатів вимірювання.

## Література

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочное пособие. – Под редакцией В.В.Клюева. – М: машиностроение, 2003-654с
2. Вологжанинов Ю.И. Приближенные методы разделения напряженной и экспериментальной механике. – Ю.И.Вологжанинов. – К.:Наукова думка – 1993 – 157с
3. Олійник А.П. Математичний апарат для контролю НДС трубопроводів при зміні їх просторового положення. - /А.П.Олійник, Л.М.Заміховський. – Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2008-306с.
4. Седов Л.И. – Механика сплошных сред. - /Л.И.Седов – М.: Наука 1984-572с
5. Тихонов А.Н. Методы решения некоректних задач. - /А.Н.Тихонов, В.Я.Аренів. – М.:Наука 1979- 285с
6. Штангеев К.О. - Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. ЮНІДО 2015

### УДК 539.3

Дивдик О.В., Ясній В.П., Цимбалюк Л.І., Луцик Н.С.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

## МОДЕЛЮВАННЯ ПСЕВДОПРУЖНОЇ ПОВЕДІНКИ СПЛАВІВ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ЗА СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ РОЗТЯГОМ

Dyvdyk O., Iasnii V., Tymbaliuk L., Lutsyk N.

### MODELING OF PSEUDOELASTIC BEHAVIOR OF SMA UNDER STATIC TENSION LOADING

Сплави з пам'яттю форми (СПФ) з ефектом псевдопружності [1–3] знаходять застосування в аерокосмічній промисловості [4], ядерній енергетиці, цивільному та промисловому будівництві [3,5,6] тощо. Використання таких матеріалів залежить від механічних та функціональних властивостей, а також від температур їх фазових перетворень. Тому важливо вміти змодельовати деформівну поведінку матеріалу СПФ з ефектом псевдопружності.

Характеристики механічних властивостей дротини СПФ діаметром 1,5 мм досліджували на повітрі за температури 16°C (табл. 1). Випробування проводили на модернізованій машині FP 100 з автоматизованим керуванням і системою збирання даних.

Моделювання NiTi сплаву виконано методом скінченних елементів за допомогою прикладного програмного пакету Ansys Workbench [7,8]. Фізичні властивості і характеристики прямих (SAS>FAS) і зворотних (SSA>FSA) фазових перетворень за деформування розтягом і розвантаження матеріалу подані у табл. 1.

Таблиця 1 Властивості матеріалу

|                                       |                   |                   |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| SAS (початок фазового перетворення)   | МПа               | 450               |
| FAS (кінець фазового перетворення)    |                   | 460               |
| SSA (початок зворотного перетворення) |                   | 190               |
| FSA (кінець зворотного перетворення)  |                   | 100               |
| $\sigma_{0,2}$                        |                   | 338               |
| Модуль пружності                      |                   | $52,7 \cdot 10^3$ |
| $\epsilon_L$                          | мм/мм             | 0,07              |
| Коефіцієнт Пуассона                   |                   | 0,36              |
| Густина                               | г/см <sup>3</sup> | 6,45              |

Змодельовано деформівну поведінку дротини з нікель-титанового сплаву діаметром 1,5 мм та довжиною 30 мм за дії статичного навантаження, яка жорстко закріплена в точці (А) з прикладеним навантаженням в точці (В) по осі Z (рис. 1). Проведена дискретизація моделі скінченним елементом (рис. 2) із загальною кількістю елементів - 896, вузлів - 4531. Розмір одного елемента становить 0,5 мм.

Весь етап моделювання задавався в 8 кроків із 100 підкроками в одному кроці. Перший крок, навантаження розтягом зразка силою  $F = 817$  Н (рис. 3). Другий крок - розвантаження  $F = 130$  Н (рис. 4, а). Третій крок – навантаження  $F = 730$  Н. Четвертий крок – розвантаження  $F = 120$  Н. П'ятий крок – навантаження  $F = 730$  Н. Шостий крок – розвантаження  $F = 220$  Н. Сьомий крок – навантаження  $F = 660$  Н. Сьомий крок – розвантаження  $F = 100$  Н (рис. 4, б).

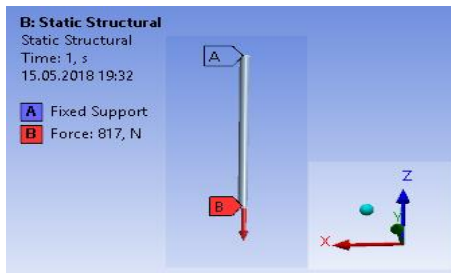


Рисунок 1 Модель зразка, закріплення (A) і прикладена сила (B)

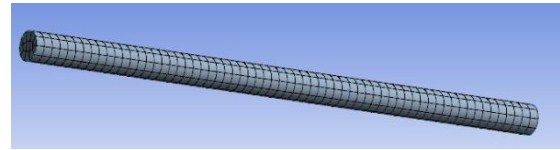


Рисунок 2 Скінченоелементна модель дротини

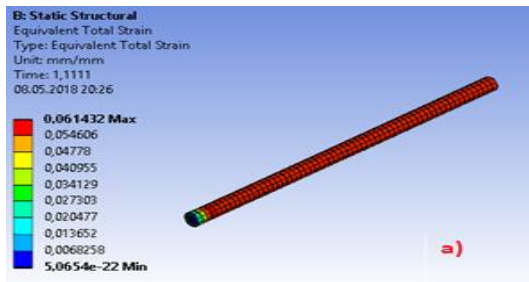
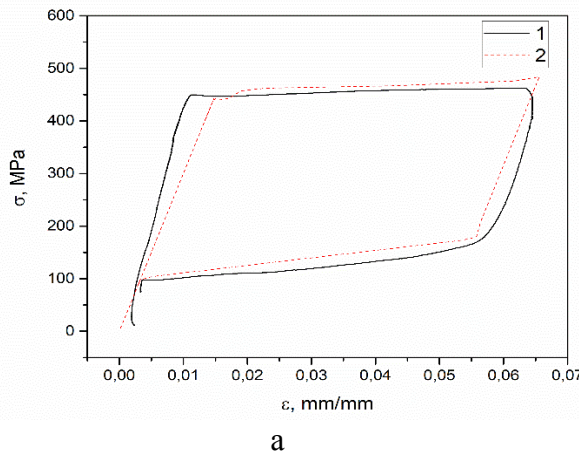
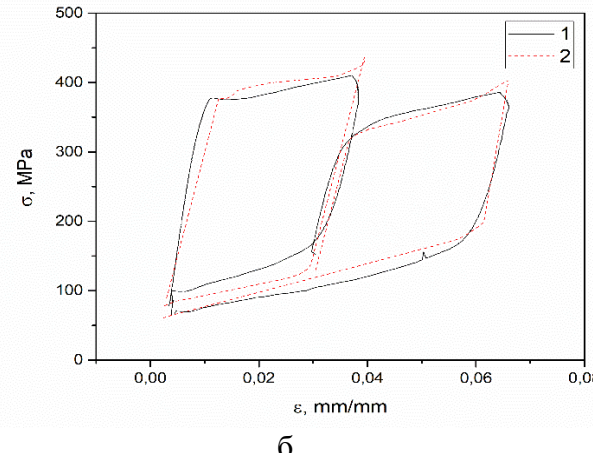


Рисунок 3 Розподіл деформацій – а) та напружень – б) після прикладання сили 817 Н



а



б

Рисунок 4 Залежність напружень від деформацій отримані експериментально (1) та моделюванням (2) при статичному (а) та повторно статичному (б) навантаженні  
 Змодельовано деформівну поведінку NiTi сплаву при статичному та повторно статичному навантаженні, що збігається з експериментальними даними.

#### Список використаної літератури

1. Miyazaki S. et al. Shape memory effect and pseudoelasticity in a TiNi single crystal // Scr. Metall. Pergamon, 1983. Vol. 17, № 9. P. 1057–1062.
2. Ma H., Cho C. Feasibility study on a superelastic SMA damper with re-centring capability // Mater. Sci. Eng. A. Elsevier, 2008. Vol. 473, № 1–2. P. 290–296.
3. Yasniy P. et al. Calculation of constructive parameters of SMA damper // Sci. J. TNTU. 2017. Vol. 88, № 4. P. 7–15.
4. Ясній П., Ясній В. Демпфуючий пристрій для транспортування довгомірних конструкцій : пат. 116582 Україна МПК F16F 7/12; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10. 2017.
5. Ma H., Yam M.C.H. Modelling of a self-centring damper and its application in structural control // J. Constr. Steel Res. Elsevier, 2011. Vol. 67, № 4. P. 656–666.
6. Torra V. et al. The SMA: An Effective Damper in Civil Engineering that Smoothes Oscillations // Mater. Sci. Forum. Trans Tech Publications, 2012. Vol. 706–709. P. 2020–2025.
7. ANSYS, 2013, SAS IP, Inc., Ansys Help System, Mechanical APDL, Theory reference.
8. Бруйка В.. Інженерний аналіз в Ansys Workbench. 2010. 271 p.

**УДК 658.012.011.56:681.3.06**

**В.П. Жирук, Я.І. Кінах, к. т. н, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРОГРАМНА СИСТЕМА ОБРОБКИ МЕТОДАНИХ**

**V.P. Zhyruk – Master, I.I. Kinakh – Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SOFTWARE SYSTEM FOR PROCESSING WEATHER DATA**

Людина завжди хотіла знати, яка погода буде завтра, ввечері або через дві години. Багато століть пройшло поки людство навчилося точно прогнозувати і визначати погоду на день, тиждень і навіть на місяць вперед. На сьогоднішній день точний прогноз погоди дають метеоцентри, причому в будь-якій точці планети.

Для ведення господарської діяльності та проведення наукових досліджень часто потрібно знати та розуміти вплив погодних умов на ті чи інші явища. Тому виникає проблема обробки та аналізу метеорогічних даних, відслідковування закономірностей та побудови аналітичних моделей.

На сьогоднішній день, кожен дослідник погоди повинен мати доступ до метеорогічних та мати можливість аналізувати погодні показники з різних куточків землі. Саме тому, виникла потреба створити систему, де люди можуть мати зручний доступ до великого сховища даних та мати можливість проводити свої дослідження та мати можливість відслідковувати погодні дані, які надходять із різних куточків землі.

Система надасть можливість зручного доступу до сховища даних, яке містить погоду зі всіх куточків світу за історичний період спостереження за погодніми умовами. Дані будуть постійно надходити із публічних джерел, тому сховище буде підтримувати актуальність інформації.

Система повинна мати можливість швидкої обробки запитів дослідників, оскільки об'єм сховищ даних зазвичай складає гігабайти даних. Також користувачі повинні мати можливість переглядати результати запитів та аналізу у зручний спосіб у вигляді графіків та діаграм.

Для створення системи було використано стек технологій Microsoft для зберігання, обробки та візуалізації даних.

### **Література**

1. Довідка [Електронний ресурс] - <http://dovidka.biz.ua/znachennya-pogodi-dlya-lyudini/>
2. Вікіпедія [Електронний ресурс] - <https://uk.wikipedia.org/wiki/Погода>

УДК 51.7

П.М. Камуля , М.І. Яворська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТ У ПОТЕНЦІЙНИХ ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ ПРИ ВІДКРИТОМУ ПРОТИСТОЯННІ

P.M. Kamulia , M.I. Yavorska

### THE SIMULATION MODEL OF FORECASTING LOSS IN POTENTIAL ARMED CONFLICTS AT AN OPEN STAND

Ключові слова збройний конфлікт, рівняння Ланчестера , імітаційна модель.

Keywords: combat actions, Lanchester's equations, simulation model.

Запропонована модель прогнозу втрат при відкритому протистоянні сторін у збройному конфлікті, побудована на основі рівнянь Ланчестера [2] виду:

$$\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= -a_1(t)N_1 - b_1(t)N_2 + c_1(t) \\ \frac{dN_2}{dt} &= -a_2(t)N_2 - b_2(t)N_1 + c_2(t),\end{aligned}$$

де  $N_1, N_2$  – задають ефективну чисельність бойових одиниць із врахуванням специфіки протистояння (наприклад, кількість бойових одиниць у випадку гомогенної взаємодії, добуток кількості і бойової ефективності даного бойового модуля за умови участі у конфлікті гетерогенних структур), при виборі яких виходять із виду і масштабу конкретних бойових дій[4];

$a_1(t), a_2(t)$  - коефіцієнти не бойових втрат сторін;

$b_1(t), b_2(t)$  - коефіцієнти бойових втрат;

$c_1(t), c_2(t)$  - чисельність (ефективна чисельність) резерву, що підводиться або відводиться в процесі протистояння(в одиницях вимірювання  $N_1, N_2$  ).

Динаміку зміни параметрів  $a_1(t), a_2(t), b_1(t), b_2(t)$  отримують виходячи із статистичної обробки даних щодо аналогічних подій, врахування середньоінтегральних коефіцієнтів значимості і помітності бойових одиниць для противника, бойової активності використовуваних модулів, густини розподілу ресурсів на місцевості, топографією місцевості, погодніми умовами, фортифікаційним та людським факторами, тощо [1,3].

Імітаційна модель для відтворення співвідношень реалізована в середовищі MATLAB SIMULINK і приведена на рис 1. Значення  $a_1(t), a_2(t), b_1(t), b_2(t)$  формуються в середовищі MATLAB і передаються через блоки A1, A2, B1, B2 відповідно. Блоки візуалізації забезпечують вивід прогнозованої чисельності бойових одиниць протягом заданого часу моделювання, динамік зміни показників боєздатності та не бойових втрат, а також підведення ресурсу до обох сторін .

На рис.2 показано отриманий прогноз для  $N_1, N_2$  за прийнятих умов

Побудована модель дозволяє досліджувати наслідки відкритого протистояння сторін в залежності від заданих характеристик підрозділів.

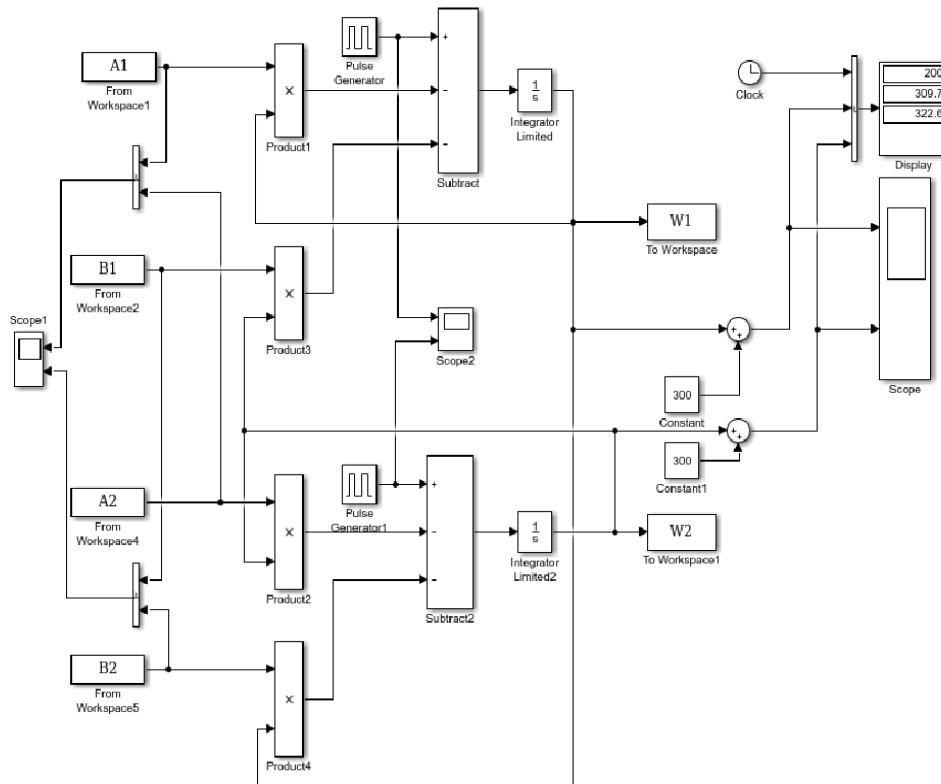


Рис.1 Імітаційна модель прогнозування втрат при відкритому протистоянні.

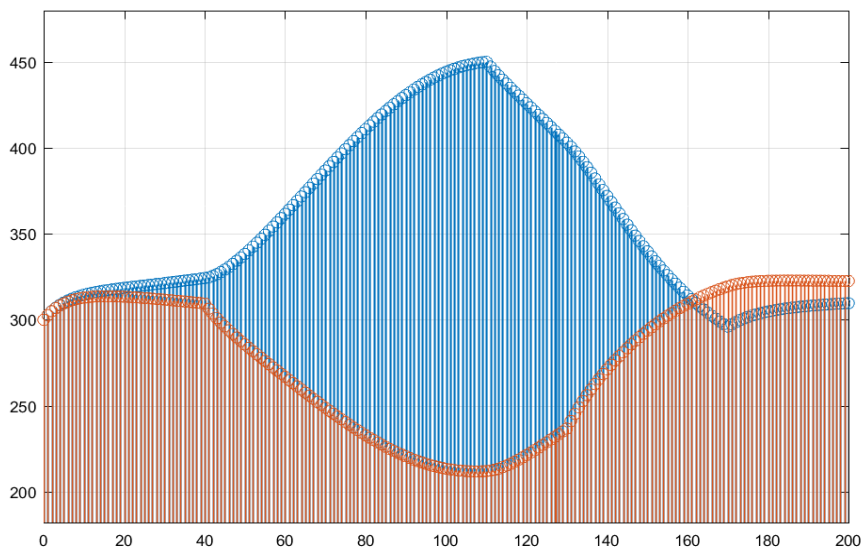


Рис.2 Динаміка зміни  $N_1, N_2$  в процесі моделювання .

Література

- [1] Dupuy, T. N. 1995. Attrition. Forecasting Battle Casualties and Equipment Losses in Modern War. Fall Church, VA: Nova Publication.
- [2] Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры.-М.: Физматлит,2001.-320с.-ISBN 59221-0120-X.
- [3] Н.В. Митюков Определение жертв войн через ланчестерские модели. Историческая психология и социология истории.№2. 2009
- [4] Ганс фон Дах “Тотальный опір”-Львів .Видавництво “Астролябія”,2014.-160с.+6с.



## УДК 51.7

Іван Смолюх

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТ У ПОТЕНЦІАЛЬНИХ ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ МІЖ РЕГУЛЯРНИМИ І ПАРТИЗАНСЬКИМИ ЧАСТИНАМИ

I. Smoliukh, M. Yavorska

#### THE SIMULATION MODEL FOR LOSSES FORECASTING DURING POTENTIAL COMBAT ACTIONS BETWEEN REGULAR AND PARTISAN FLANKS

Ключові слова: збройний конфлікт, рівняння Ланчестера, імітаційна модель.

Keywords: combat actions, Lanchester's equations, simulation model.

Запропонована модель, що базується на одній із модифікацій рівнянь Ланчестера виду:

$$\frac{dN_1}{dt} = -a_1(t)N_1 - b_2(t)N_2 + c_1(t)$$
$$\frac{dN_2}{dt} = -a_2(t)N_2 - b_1(t)N_1N_2 + c_2(t)$$

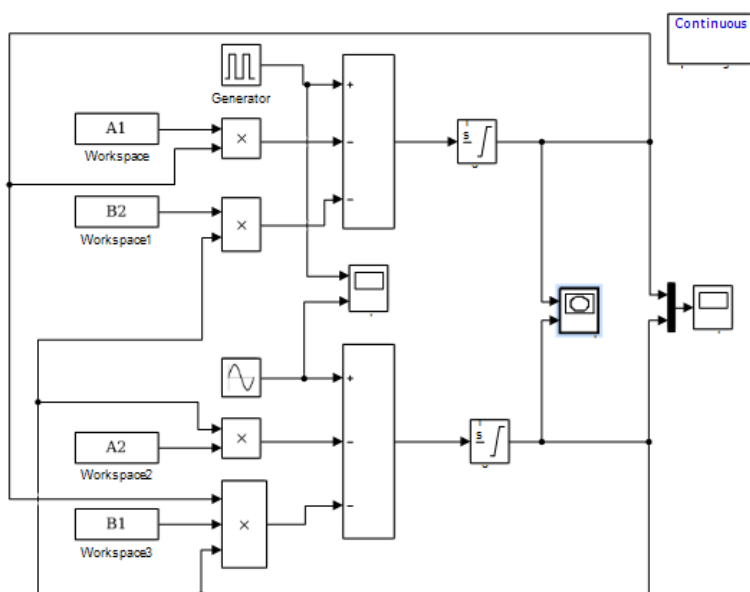
де  $N_1, N_2$  – задають ефективну чисельність бойових одиниць із врахуванням специфіки протистояння (наприклад, кількість бойових одиниць у випадку гомогенної взаємодії, добуток кількості і бойової ефективності даного бойового модуля за умови участі у конфлікті гетерогенних структур), при виборі яких виходять із виду і масштабу конкретних бойових дій; [4]

$a_1(t), a_2(t)$  – коефіцієнти небойових втрат сторін;

$b_1(t), b_2(t)$  – коефіцієнти втрат в процесі протистояння;

$c_1(t), c_2(t)$  – чисельність (ефективна чисельність) резерву, що підводиться або відводиться в процесі протистояння (в одиницях вимірювання  $N_1, N_2$ ).

Імітаційна модель для відтворення приведених співвідношень реалізована в



середовищі MATLAB SIMULINK, показаний на рис 1. Динаміку зміни параметрів  $a_1(t), a_2(t)$   $b_1(t), b_2(t)$  отримано із статистичної обробки даних щодо аналогічних подій, середньоінтегральних коефіцієнтів значимості і помітності бойових одиниць для противника, бойової активності використовуваних

модулів, густини розподілу ресурсів на місцевості, топографією місцевості, погодніми умовами, та людським факторами, тощо [1,2].

Рис.1 – Імітаційна модель

На рис.2 показано отриманий прогноз для  $N_1, N_2$  в процесі протистояння сторін.

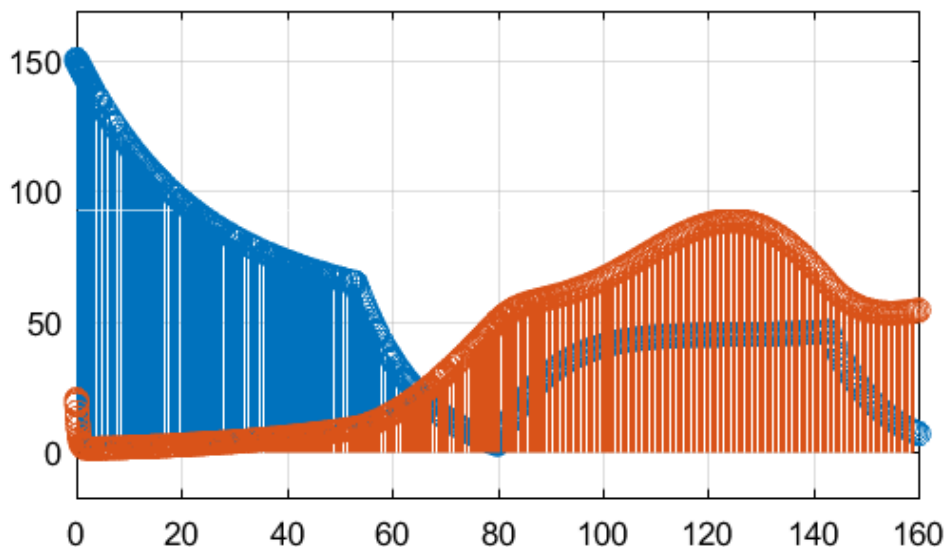


Рис.2 – Отриманий прогноз для динаміки  $N_1, N_2$  в процесі протистояння. При моделюванні вважали, що  $a_1(t), a_2(t), b_1(t), b_2(t), c_1(t), c_2(t)$  змінюються як показано на рис.3.

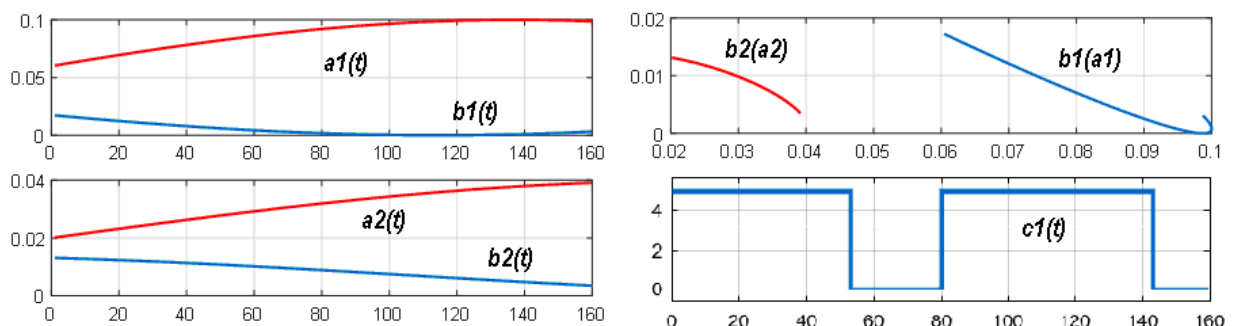


Рис.3 – Коефіцієнти небойових та бойових втрат, та об'єм резерву, що підводиться в процесі протистояння.

Запропонована модель дозволяє прогнозувати динаміку втрат у потенціальних збройних конфліктах між регулярними і партизанськими частинами з врахуванням внутрішнього стану, бойової активності та підведеного ресурсу протидіючих сторін, а також досліджувати вплив деморалізуючих чинників на бойові якості підрозділів.

Література

- [1] Dupuy, T. N. 1995. Attrition. Forecasting Battle Casualties and Equipment Losses in Modern War. Fall Church, VA: Nova Publication.
- [2] Н.В. Митюков Определение жертв войн через ланчестерские модели. Историческая психология и социология истории. №2. 2009
- [3] Самарський А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры. –М.: Физматлит, 2001. –320с. –ISBN 59221-0120-X.
- [4] Ганс фон Дах “Тотальний опір”-Львів .Видавництво “Астролябія”,2014.-160с.+6с.

УДК 670.191.33

Сташків М., к.т.н., доц.; Цьонь О.П., к.т.н., доц.; Бортник І.М., ас.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КРАЙОВОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ТРІЩИНИ ПРИ ЗГІНІ ТОНКОСТІННОГО ЕЛЕМЕНТА ВІДКРИТОГО ПРОФІЛЮ

Stashkiv M., Ph.D., Assoc. Prof.; Tson O., Ph.D., Assoc. Prof.; Bortnyk Ig., As.  
MODELING OF THE EDGE - CRACK PROPAGATION IN THE THIN-  
WALLED C-ELEMENT UNDER BENDING

При конструюванні машин та споруд широко застосовуються тонкостінні елементи з різноманітною формою поперечного перетину. Такі елементи досить часто мають конструктивні чи технологічні концентратори напружень, які в умовах експлуатації приводять до накопичення пошкоджень та утворення тріщин.

При моделюванні напружено - деформованого стану тонкостінного елемента з тріщиною методом скінчених елементів (МСЕ), для отримання достовірних результатів необхідно забезпечити побудову адекватної моделі з ефективною сіткою скінчених елементів, наприклад, за методикою, запропонованою у [1].

Мета роботи – побудувати модель розвитку крайової тріщини у тонкостінному елементі типу швелера засобами програмного комплексу ANSYS Workbench Academic.

Об’єкт дослідження – коефіцієнт інтенсивності напружень (КІН) у вершині крайової поперечної тріщини, що поширюється у швелері при чистому згині.

Моделювали тонкостінний елемент довжиною 500 мм з розмірами поперечного перетину 100×50×5 мм при дії згинального моменту  $M_{z2} = 1000$  Н·м (рис. 1, а), що створює у бездефектному профілі швелера нормальні напруження  $\sigma \approx 35$  МПа (рис.1, б).

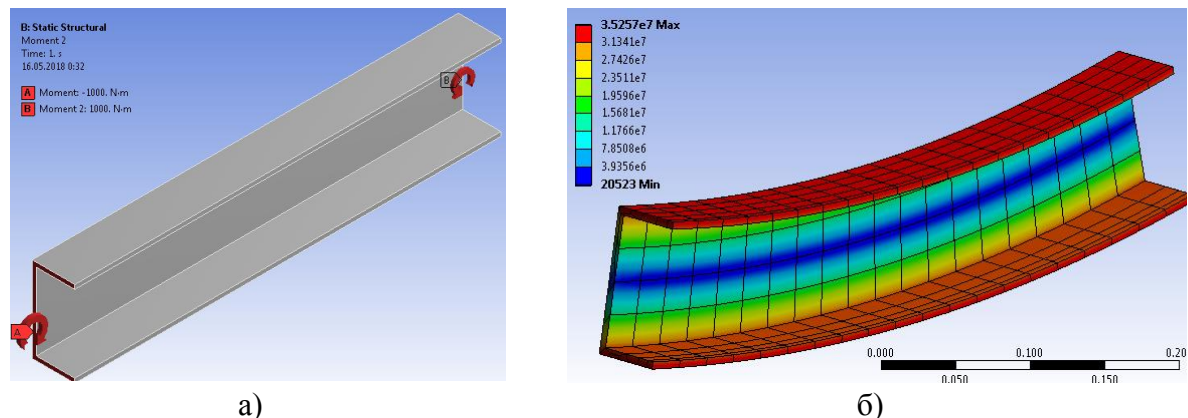


Рис. 1. Схема навантаження та деформації модельованого зразка

Довжину тріщини  $L$  задавали з кроком 5 мм при поширенні у полиці швелера (від 5 до 45 мм) та з кроком 10 мм при поширенні тріщини у стінці (від 55 до 105 мм).

При моделюванні прийнято наступні обмеження: тріщина поширюється строго ортогонально до осі елемента і напружений стан у її вершині визначається лише КІН нормального відриву  $K_I$ ; впливом тріщини на характер деформації швелера нехтуємо (вважаємо, що тонкостінний елемент постійно знаходиться під дією чистого згину).

Для моделювання крайової тріщини засобами ANSYS Workbench Academic застосовано опцію Pre-Meshed Crack. Для створення сітки скінчених елементів застосовано метод MultiZone. Розмір гексагональних елементів глобальної сітки - 25 мм (рис. 2, а). Для побудови локальної сітки у вершині тріщини застосовано метод Virtual Topology (рис. 2, б), а фронт тріщини розбито на 15 ділянок. Розміри елементів локальної сітки - 0,5...2,5 мм.

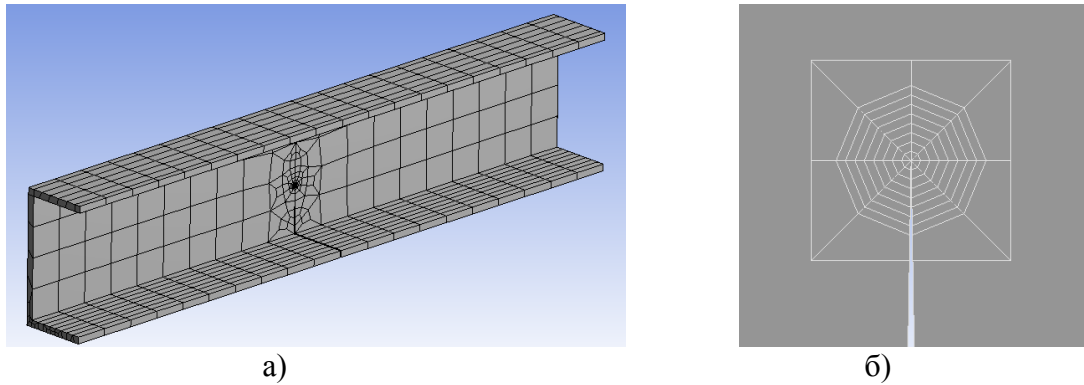


Рис. 2. Моделювання швелера з крайовою поперечною тріщиною

Результати розрахунку КІН нормального відриву  $K_I$  в залежності від довжини тріщини  $L$  при її поширенні у тонкостінному швелерному профілі, подано у таблиці.

| $L$ , мм               | 5   | 10  | 15  | 20  | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 55   | 65   | 75   | 85   | 95   | 105  |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_I$ , МПа $\sqrt{м}$ | 4.5 | 6.4 | 8.1 | 9.4 | 10.9 | 12.4 | 13.7 | 15.2 | 16.7 | 22.3 | 27.4 | 33.7 | 42.5 | 55.8 | 77.9 |

Проведено порівняння результатів імітаційного моделювання (точки) поширення тріщини у тонкостінному швелерному профілі з результатами математичного моделювання (лінія) [2] (рис. 3).

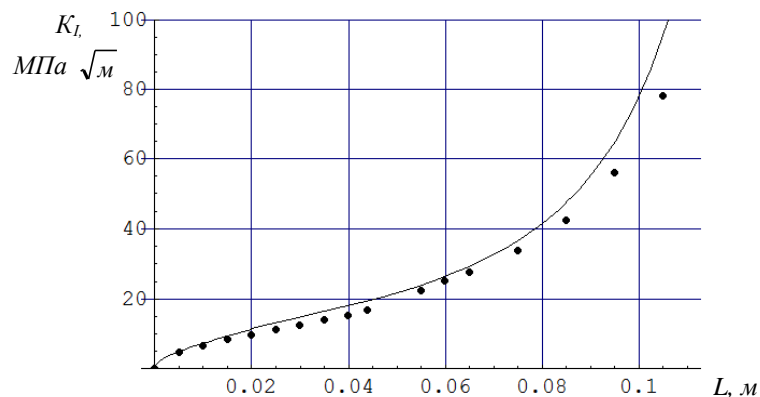


Рис. 3. Порівняння результатів математичного та імітаційного моделювання тонкостінного швелера з крайовою поперечною тріщиною

Результати моделювань досить добре узгоджуються між собою. Розбіжність між значеннями КІН нормального відриву  $K_I$ , отриманими при імітаційному та математичному моделюванні, не перевищує 10 % при довжині тріщини до 80 мм.

Надалі доцільно дослідити вплив поширення тріщини на характер деформації елемента швелерного профілю з врахуванням КІН поперечного та поздовжнього зсуву.

### Література

1. Моделювання смуги з крайовою поперечною тріщиною при одновісному розтягу / А. Станько, М. Сташків // Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції в 2-х т. Т.1. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – С. 93-94.
2. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. - № 2. – С. 92 – 108.

**УДК 519.246.8**

**Михайло Фриз, к.т.н., доцент, Богдана Млинко, к.т.н., доцент**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

## **ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ПЕРІОДИЧНОЇ АВТОРЕГРЕСІЇ З ВИПАДКОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ**

**Mykhailo Fryz, Ph.D., Assoc. Prof., Bogdana Mlynko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **PARAMETER ESTIMATION OF RANDOM COEFFICIENT PERIODIC AUTOREGRESSIVE MODEL**

Обґрунтування математичних моделей інформативних стохастичних сигналів, процесів та завод є одним із найбільш важливих етапів розробки інформаційно-вимірjuвальних та інформаційно-керуючих систем, автоматизованих систем аналізу ресурсоспоживання (електро-, газо-, водоспоживання), інформаційних технологій медичної діагностики та ін. Математична модель є теоретичним підґрунтям структурної, програмної та технічної реалізації розроблюваних систем і технологій, основою алгоритмів опрацювання сигналів та методів прийняття рішень.

У згаданих прикладних областях поширеним є використання лінійних випадкових процесів (ЛВП), а також лінійних періодичних випадкових процесів, які дозволяють врахувати циклічні властивості досліджуваних сигналів, спричинені, наприклад, ритмічним характером навантажень енерго-, газо- чи водопостачальних систем, вібрацій підшипників електричних машин, імпедансу біологічних тканин живих організмів, електрофізіологічних сигналів.

Найчастіше ЛВП використовується в задачах математичного моделювання сигналів, які можна зобразити у вигляді суми великого числа стохастично незалежних імпульсів із випадковими параметрами, які виникають у послідовні моменти часу, що утворюють пуассонівський потік. Але якщо ці імпульси є стохастично залежними випадковими функціями, то адекватною математичною моделлю буде умовний лінійний випадковий процес (УЛВП), який являє собою стохастичний інтеграл від випадкової функції (ядра) за процесом із незалежними приростами (ЛВП має подібну конструкцію, у якій ядро – не випадкова функція).

Для задач статистичного оцінювання, прогнозування та прийняття рішень найчастіше використовується ЛВП з дискретним часом у вигляді послідовності авторегресії, а для циклічних процесів – періодичної авторегресії. Аналогічно, ефективним інструментом статистичного аналізу УЛВП є послідовність авторегресії з випадковими коефіцієнтами (АРВК), властивості та методи оцінювання параметрів якої у випадку її стаціонарності досліджені багатьма авторами. Задачу статистичного аналізу періодичної АРВК досліджено лише для частинного випадку, де періодичними є лише математичні сподівання відповідних коефіцієнтів, що змінюються за синусоїдальним законом. Отже, актуальною є задача оцінювання параметрів моделі періодичної авторегресії з випадковими коефіцієнтами в загальному випадку.

У доповіді обґрунтовано можливість здійснення статистичного аналізу УЛВП із дискретним часом із використанням моделі авторегресії з випадковими коефіцієнтами. Така модель є частинним випадком УЛВП. Запропоновано метод оцінювання параметрів послідовності періодичної авторегресії з випадковими коефіцієнтами, суть якого полягає у представленні досліджуваної послідовності у вигляді сукупності  $L$  (де  $L$  - період) стаціонарних та стаціонарно зв'язаних підпослідовностей та застосуванні до кожної з них двоетапного методу найменших квадратів для знаходження відповідних оцінок. Результати комп'ютерного імітаційного моделювання підтверджують слушність запропонованих статистичних оцінок.

**УДК 004.045**

**Роман Чаплінський, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ І ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

**Roman Chaplinskyi, Post-graduate**

### **MODELING AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF THE MEDICAL INFORMATION SYSTEM**

#### **Актуальність проблеми**

Комп'ютерні інформаційні технології набувають все більшого застосування в медичній діяльності. За останні роки значно збільшилася кількість нових методів діагностики та лікування. Об'єм інформації про стан здоров'я пацієнтів, який необхідно опрацювати лікарю, значно збільшився. Наприклад, список різних лабораторних показників, постійно розширюється, результати роботи лабораторій надають лікарю до 80% найбільш важливої та необхідної для діагностики інформації. Крім того, дані про здоров'я кожного пацієнта розподілені, як правило по декількох медичних установах, що надають допомогу в профілактиці і лікуванні захворювань [1].

В сучасних умовах проблема комплексної автоматизації є найбільш актуальною для кожного лікувального закладу. Щоденно в них необхідно вирішувати ряд складних задач, пов'язаних з внесенням, опрацюванням та зберіганням інформації про лікування, діагностиці, діагнозах пацієнтів, практичним керуванням потоками інформації, короткостроковим та довгостроковим плануванням, статичним та фінансовим аналізом.

Таким чином, актуальним напрямком розвитку медичної інформатики буде розробка комплексних медичних інформаційних систем (МІС), що дозволяють обробляти інформацію по всьому циклу лікування пацієнта: поступлення – діагностика – лікування – реабілітація – моніторинг [2].

#### **Постановка проблеми**

Останні дослідження в галузі проектування МІС показують, що застосування традиційних методів розробки інформаційних систем не дає необхідного ефекту. Як наслідок, використання існуючих МІС не може забезпечити повний перехід на електронний документообіг в вітчизняних медичних закладах.

Повністю позбутися використання паперової документації не вдалося навіть в західних університетських медичних центрах, де в розрахунку на одну лікарняну палату припадає до 10 і більше комп'ютерної техніки [3]. Також слід зазначити, що серед причин такої проблеми є аспекти юридичного характеру та інші.

#### **Мета дослідження**

Метою дослідження є аналіз і оцінка ефективності методів проектування комплексної МІС з використанням математичного моделювання процесів її функціонування.

Для досягнення необхідної мети потрібно вирішити наступні задачі:

1 Визначити основні недоліки традиційних технологій розробки медичних інформаційних систем, що знижують ефективність, та їх застосування.

2 Визначити і класифікувати керовані та некеровані фактори, що впливають на ефективність роботи комплексної МІС.

3 Розробити комплексну медичну інформаційну систему, яка б відповідала сучасним вимогам функціонування багатопрофільного медичного закладу.

4 Розробити метод побудови структури бази даних МІС з врахуванням специфіки предметної області і виявлених недоліків традиційних технологій їх розробки.

5 Математична модель інформаційної мережі лікувально-профілактичного закладу. Формула розрахунку прогнозуючого часу підключення до бази даних. Алгоритм вибору оптимальної схеми впровадження медичної інформаційної системи.

### **Особливості реалізації**

Оскільки галузь охорони здоров'я має тенденцію до змін дуже важливо розробляти ІС відповідно до існуючих в сучасній сфері ІТ комунікаційних, апаратних та програмних стандартів та протоколів, щоб забезпечити в майбутньому, по-перше, сумісність МІС різного рівня між собою для об'єднання їх в єдину систему, а по друге, зменшити затрати у разі виправлення або налагодження деяких модулів системи, коли виникає така можливість.

Найбільш ефективною методологією проектування медичної інформаційної системи буде об'єктно-орієнтований підхід. Враховуючи архітектурні особливості об'єктно-орієнтованого підходу необхідно здійснювати розробку МІС із застосуванням проміжного програмного забезпечення, що відповідає за доступ до бази даних. Єдину базу даних системи необхідно розподілювати на окремі, но зв'язані між собою бази. При цьому в окремі бази даних повинні бути виділені окремі документи (з якими найчастіше працюють користувачі) і архіви. Об'єм баз даних поточних документів повинен містити тільки актуальні документи тих пацієнтів, які в даний час знаходять на лікуванні в медичному закладі, що використовує МІС. Всі решту документи повинні бути поміщені в архівні бази даних. Застосування такої структури даних дозволить отримати миттєвий доступ до найбільш важливої інформації системи на довгостроковій експлуатації інформаційної системи, а також зберігати значні об'єми даних з метою ретроспективного аналізу.

В ході роботи над інформаційною системою необхідно використовувати методи:

- проектування реляційних та об'єктно-орієнтованих БД;
- методи математичного моделювання;
- хронометричне дослідження часу роботи користувачів МІС.

Застосування таких методів дозволить здійснювати оптимальний вибір параметрів впровадження медичної інформаційної системи, а також виконувати адаптацію і гнучкі налаштування системи з врахуванням специфіки конкретного медичного закладу.

### **Список використаних джерел**

1 Емелин И.В. Интеграция стандартов медицинской информатики [Текст] / И.В. Емелин // Кремлевская медицина: Клинический вестник. – 2000. – № 4. – С. 68-76.

2 Мацуга О.М. Інформаційна технологія обробки неоднорідних медичних даних для підтримки прийняття рішень під час діагностики [Текст] / О.М. Мацуга - Дніпропетровськ, 2007 – 18 с.

3 Савостина Е.А. Мониторинг ресурсного обеспечения сети ЛПУ на основе компьютерной программы «Паспорт ЛПУ» [Текст] / Е.А. Савостина – Главврач. 2003 – Том 3. -№ ММШ. – С.50-55.

УДК 612.78:661.831-073.97-71

Євгенія Яворська, к.т.н., доцент, Оксана Дозорська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ФУНКЦІЇ ЛЮДИНИ

Yevgeniya Yavorska, Ph.D., Assoc. Prof., Oksana Dozorska

### MATHEMATICAL MODEL OF ELECTROENCEPHALOGRAPHIC AND ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS FOR THE TASK OF HUMAN COMMUNICATIVE FUNCTION RESTORATION

Комунікативна функція є найважливішим засобом обміну інформацією між людьми [1]. Однак спостерігається зростання кількості людей із обмеженою або втраченою комунікативною функцією, через різного роду захворювання та травми. Тому, задача пошуку способів відновлення комунікативної функції мови, як найважливішого засобу спілкування людей, є актуальною для медицини.

Для вирішення задачі відновлення комунікативної функції можуть бути використані технічні засоби корекції звуковимови або технічні засоби часткової компенсації втраченої комунікативної функції мови. Однак, недоліками таких систем є обмежені функціональні можливості, відсутність на ринку медичної техніки, висока вартість при індивідуальному замовленні, тривалий час адаптації програмного забезпечення під окремого пацієнта. Відповідно актуальним є розроблення нових технічних засобів відновлення комунікативної функції мови.

В області діагностичної та реабілітаційної медицини поширеними сьогодні стають опосередковані методи оцінювання роботи органів та їх систем, що ґрунтуються на положеннях системно-сигнальної концепції, відповідно до якої основним джерелом відомостей про роботу системи є сигнал, який утворюється в процесі функціонування цієї системи. Тому, відновлювати комунікативну функцію можна шляхом належного опрацювання біосигналів, які виникають у процесі мовлення. В праці [2] обґрунтовано метод відновлення комунікативної функції, що ґрунтується на відборі та опрацюванні електроміографічних (ЕМГ) сигналів, які відібрані з поверхні шиї поблизу голосових складок та електроенцефалографічних (ЕЕГ) сигналів, локалізовано відібраних з ділянок поверхні голови пацієнта, що розташовані поблизу мовних центрів.

Запропонований в праці [2] метод включає в себе такі три етапи:

1) За результатами опрацювання ЕЕГ сигналів встановлюються часові моменти початку  $t_x$  та кінця  $t_{xx}$  процесу мовлення (рис. 1)

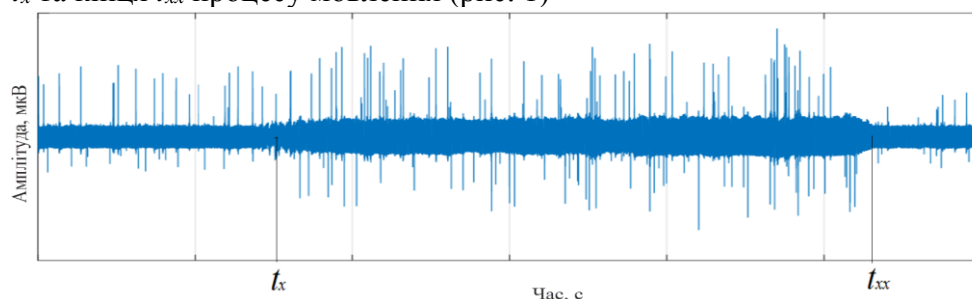


Рис. 1. Реєстрограма ЕЕГ сигналу

2) За результатами опрацювання ЕМГ сигналів встановлюються часові моменти присутності ознак основного тону, що є індикаторами голосних та приголосних вокалізованих фонем (рис. 2)



3) За змінами значень частоти основного тону проводиться ідентифікація голосних та приголосних вокалізованих фонем. Проводиться розпізнавання мови (рис. 2).

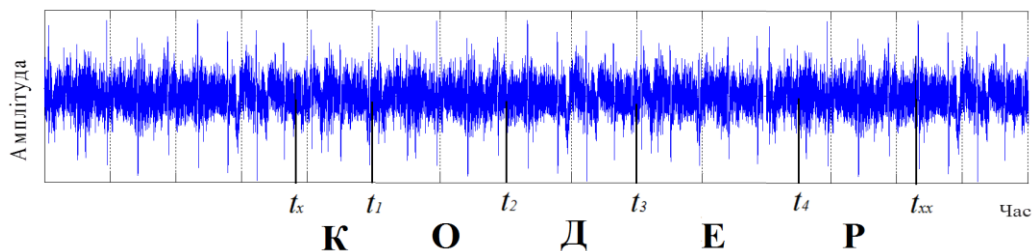


Рис. 2. Реєстрограма ЕМГ сигналу

Однак, необхідним є обґрунтування методу опрацювання таких типів біосигналів, що визначатиметься математичною моделлю таких біосигналів. Вона повинна бути адекватною фізичній природі сигналів та поставленій задачі і містити інформативні ознаки, за якими можна було б проводити виявлення та ідентифікацію окремих фонем.

В ході проведених досліджень встановлено, що в структурі ЕЕГ сигналів повинні проявлятися ознаки зміни мозкової активності при реалізації комунікативної функції, а в структурі ЕМГ сигналів – ознаки наявності основного тону при вимовлянні голосних та приголосних вокалізованих звуків. Відповідно, ознаки основного тону в структурі ЕМГ сигналів можна знаходити, використавши методи формантного аналізу, що передбачає обчислення амплітудних спектрів та оцінювання частотного діапазону, в який повинна входити частота основного тону. При опрацюванні ЕЕГ та ЕМГ сигналів методами гармонічного аналізу детермінованих коливань встановлено, що оцінки амплітудних спектрів обчислені для вибірок однакового об'єму, взятих з реєстрограм цих сигналів, є мінливими, крім того змінюється частотний склад сигналів. Відповідно неможливо за цими оцінками встановити наявність ознак основного тону в структурі цих сигналів.

Модель стаціонарного випадкового процесу відображає складність ЕЕГ та ЕМГ сигналу в спектральному розподілі потужності, але не відображає його часової структури, що є необхідним для знаходження часових моментів початку та закінчення процесу мовлення, а у випадку ЕМГ сигналів – часових моментів появи проявів основного тону в структурі цих сигналів для наступної ідентифікації окремих фонем. Отже модель ЕЕГ та ЕМГ сигналів у вигляді стаціонарного процесу не буде адекватною поставленій задачі відновлення комунікативної функції мови.

В структурі ЕЕГ та ЕМГ сигналів мають проявлятися ознаки реалізації комунікативної функції, що, в свою чергу можна трактувати як зміни типу стаціонарності таких сигналів. Відповідно, як математичну модель ЕЕГ та ЕМГ сигналів обґрунтовано кусково стаціонарний випадковий процес.

Запропоновано використати методи спектрально-кореляційного аналізу стаціонарних випадкових процесів, а опрацювання сигналів проводити на інтервалах часу визначеної тривалості. При цьому поставлена задача зводиться до виявлення часових моментів появи зміни типу стаціонарності таких сигналів.

#### Література:

1. Кашкин В.Б. Введение в теорию коммуникации : учеб. пособие / В.Б. Кашкин. – М. : ФЛИНТА, 2013. – 224 с. ISBN 978-5-9765-1424-9.
2. Дозорський В.Г. Відбір та опрацювання біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції мови людини / В.Г. Дозорський, О.Ф. Дозорська, Є.Б. Яворська // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Випуск 4(105) – С. 9-14.

## **Секція: КОМПЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ**

**Голови:** д.т.н., проф. Явоський Б.І., д.т.н., проф. М.В. Приймак, д.т.н., проф. Паламар М.І.,  
д.т.н., проф. С.А. Лупенко

**Вчений секретар:** к.т.н. Р.З. Золотий

**УДК 004.056**

**А.В. Бакан, Р.М. Небесний**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ ПРОТОКОЛУ IPV6**

**A. Bakan, R. Nebesnyu**

#### **MAIN COMPOSITION PARTS OF THE IPV6 PROTOCOL**

За версією протоколу IPv6 для Інтернет-адреси виділяється 16 байт (128 біт), що відповідає загальній кількості  $3,4 \times 10^{38}$  можливих адрес. Ці адреси прийнято записувати блоками по 8 біт у шістнадцятковій формі.

За протоколом IPv6 визначаються три типи адрес:

– Індивідуальна адреса (unicast): це ідентифікатор для одного інтерфейсу. Пакет, який буде надіслано на таку адресу отримає інтерфейс на який вказує ця адреса.

– Альтернативна адреса (anycast): це ідентифікатор для групи інтерфейсів (зазвичай розташованих на різних вузлах). Пакет, який надіслано на альтернативну адресу буде доставлено на один з інтерфейсів, що визначається цією адресою (на „найближчий” інтерфейс, в термінах протоколів маршрутизації).

– Групова адреса (multicast): це ідентифікатор для групи інтерфейсів (зазвичай розташованих на різних вузлах). Пакет, який надіслано на групову адресу буде доставлено на всі інтерфейси, що визначаються цією адресою.

Важливо зауважити, що в IPv6 більше немає ширококомовних адрес, оскільки їх функцію тепер виконує один з видів групової адреси.

Глобальні унікальні адреси, що використовуються для обміну повідомленнями через мережу Інтернет, мають певну структуру, що дозволяє об'єднувати префікси для маршрутизації таким чином, щоб зменшувати кількість записів у глобальних таблицях маршрутизації. Це забезпечує більш раціональну та масштабовану маршрутизацію всередині мереж. Зазвичай, глобальна унікальна адреса складається із глобального префіксу маршрутизації в 48 біт, 16-бітного ідентифікатора мережі та 64бітного ідентифікатору інтерфейсу (зазвичай, це формат EUI-64).

Розподілом адресного простору IPv6 як і адресного простору IPv4 займається IANA. Глобальні індивідуальні адреси IPv6 мають префікс 2000::/3, за виключенням декількох зарезервованих блоків з цього простору. Дещо менші блоки адрес із довжиною префіксу від 12 до 23 біт призначаються Регіональним Інтернет Реєстраторам, які у свою чергу розподіляють цей простір адрес меншими блоками між Локальними Інтернет Реєстраторами (з довжиною префікса від 19 до 32 біт). В розпорядження кінцевих користувачів надаються блоки з довжиною префіксу в 64 біти.

Ідентифікатор мережі використовується для ідентифікації власних підмереж всередині організації та дозволяє розробляти ієрархічну структуру адресації.

Формат EUI-64, що використовується для формування ідентифікатора інтерфейсу виконує перетворення з MAC адресою пристрою для її розширення до 64 біт.

Кожна адреса IPv6, окрім невизначеної (::), має "масштаб", який визначає, в якій частині мережі, вона діє. На даний момент існує три основних класи індивідуальних адрес:

– Link-local address – адреси, що використовуються лише всередині локальної мережі і не підлягають маршрутизації. Визначений блок адрес – fe80::/10. При цьому, якщо вузол IPv6 має декілька мережевих інтерфейсів, то кожен із них матиме свою link-local адресу;

– Unique Local address – адреси, що є унікальними, але задіяними лише всередині локальних мереж і не підлягають маршрутизації. Визначений блок адрес – fc00::/7.

– Global Unicast address – адреси, що є унікальними для всієї мережі Інтернет та використовуються для глобальних комунікацій.

Для групових адрес існує 8 різних "масштабів", які визначають різні межі дії всередині топології. Основними є такі:

– Interface-local – адреси, що є еквівалентом до loopback адрес, тобто пакети відправлені на таку адресу призначені поточному вузлу та не надсилаються далі. Визначений блок адрес – ff01::/16.

– Link-local – адреси, що охоплюють локальну мережу в якій знаходиться вузол. Визначений блок адрес – ff02::/16.

– Site-local – адреси, обмежені фізичною топологією локальної мережі. Визначений блок адрес – ff05::/16.

Вузол, що працює з IPv6 має одразу декілька адрес, це як мінімум loopback адреса та link-local адреса для кожного інтерфейсу. Також можуть бути додатково налаштовані unicast, anycast або multicast адреси. Для повноцінного функціонування IPv6 необхідно ще декілька multicast адрес: solicited-node та all-nodes. Ці адреси використовуються для визначення адреси каналного рівня, що пов'язана із даною мережевою адресою; знаходження сусідніх пристроїв; авто налаштування та ін.

Звичайно, одним із основних компонентів мережевого протоколу є заголовок. Він містить адреси пристроїв, між якими здійснюється передача повідомлення та опрацьовується кожним маршрутизатором.

Заголовок протоколу IPv6 має дещо спрощений формат в порівнянні із своїм попередником і має фіксовану довжину в 40 байт (довжина заголовку IPv4 може бути змінною від 20 до 60 байт). Відмінність, на якій роблять акцент – це відсутність поля контрольної суми. Це дещо спрощує процедуру обробки повідомлення.

Заголовки розширення є нововведенням на заміну опцій змінної довжини, вони розміщуються між основним заголовком IP пакету та заголовком вищого рівня. Пакет може не мати жодного або мати одразу декілька заголовків розширення, кожен із яких ідентифікується власним номером, який записується в полі Next Header кожного заголовку. Специфікація RFC 2460 визначає чотири види заголовків розширення та послідовність, порядок їх розміщення. Але існують заголовки розширення, що описані в окремих специфікаціях.

#### **Література:**

1. Diane Teare. Implementing Cisco IP Routing (ROUTE) Foundation Learning Guide Foundation learning for the ROUTE 642–902 Exam– Индианаполис: Cisco Press, 2004. 765 с.

2. RFC 2460 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460> – Назва з екрану

3. Arbor Networks. Стаття Marc Eisenbarth [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.arbornetworks.com/asert/2014/08/ipv4-is-not-enough/> – Назва з екрану.

4. IPv6 Readiness in the Communication Service Provider Industry. An Incognito Software Report, April 2014, 18 p.

**УДК 658.012.011.56:681.3.06**

**І.М. Бармак, Я.І. Кінах – к. т. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ  
БУДІВНИЦТВА ІЗ АНАЛІЗОМ ЛОКАЛЬНОГО РЕСУРСУ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ ТИПУ IOS ТА ANDROID**

**I.M. Barmak, I.I. Kinakh – Ph.D., Assoc. Prof.**

**AUTOMATED SYSTEM FOR BUILDING PLANNING AND  
IMPLEMENTATION WITH LOCAL RESOURCE ANALYSIS FOR IOS AND  
ANDROID OPERATING SYSTEMS**

Питання обчислення вартості є актуальним на початковій стадії планування будівництва приватного будинку. Зокрема, необхідність у врахуванні різних факторів при підрахунку приблизної орієнтованої ціни реалізації. Одними з ключових категорій витрат проекту є: управління проектуванням та будівництвом, майнові витрати, комісійні збори та податки, витрати на розробку, вартість зносу існуючого об'єкта, фундамент, вартість вікон та дверей, сантехнічні роботи, встановлення електричної проводки, встановлення системи опалення, розробка інтер'єру, будівництво гаража, басейну, тощо[2]. Також, отримання даних здійснюється з використанням застарілих технічних засобів, що не виключає помилку зі сторони людського фактору, або зі сторони обладнання.

Виникає потреба здійснити автоматизацію процесу підрахунку приблизної вартості за допомогою комп'ютерних засобів, а також перенести всі обчислення в автоматичні скрипти. Користувачу буде запропоновано ввести дані про заплановане будівництво, такі як: бюджет, країна, площа земельної ділянки, інформація про розміщення, тип ґрунту, запланована житлова площа, кількість поверхів, тип обладнання, тощо[1]. На основі введених даних, система підготує звіт по кожній категорії витрат обчисливши їх приблизну вартість на основі локального ресурсу. Програма буде корисною і для ведення звітності, коли користувач отримуючи реальні пропозиції чи здійснюючи витрати, буде записувати їх у базу даних. Це дозволить тримати всю інформацію про витрати та вартість проекту протягом усіх стадій будівництва від планування до реалізації з можливістю отримання звітів для порівняння обчисленої приблизної вартості з реальними витратами.

Програмна система буде орієнтована на користувачів мобільних операційних систем типу iOS та Android. Для створення системи буде використано фреймворк React Native, мову програмування JavaScript та фреймворк Meteor. В якості СУБД для даної системи було обрано MongoDB.

**Література**

1. Скільки коштує побудувати будинок - як розрахувати затрати. [Електронний ресурс] – 09.05.2018 – Режим доступу <http://akvilonpro.ua/ua/statji/stroitelstvo2/skolko-stoit-stroitelstvo-doma.html>
2. Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. Вип.16/ Відп. ред. М.М.Осетрін.- К.: КНУБА, 2003.- 267с.- 6.00

**УДК 004.67, 004.9**

**Н. Загородна, к.т.н., доц., Є. Жбанов**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМНИХ КАМПАНІЙ**

**Nataliya Zagorodna Ph.D., Assoc. Prof., Yevhen Zhanov**

### **ANALYSIS OF EFFICIENCY ASSESSMENT TOOLS FOR ADVERTISING CAMPAIGNS**

Будь-яка реклама в мережі Інтернет ставить собі за мету залучити трафік і розширити цільову аудиторію сайту, додатку або збільшити обсяг продажів. Ефективність рекламної кампанії, в свою чергу, залежить від коректної оцінки можливих маркетингових механізмів. Для цього потрібно ознайомитись із дієвими інструментами для оцінки ефективності рекламних кампаній.

#### **Аналіз ефективності онлайн-реклами**

Інтернет-маркетинг пропонує ряд спеціальних інструментів для точного підрахунку рівня ефективності рекламної кампанії. Базовими показниками ефективності є загальний трафік і, так звана, «правильна» поведінка користувача. Для підрахунку залученого трафіку і визначення його характеристик, відповідно до джерел, з яких він був отриманий, використовують такі веб-ресурси:

#### **Google Analytics**

Багатофункціональний сервіс від компанії Google. Лідер за популярністю та кількістю можливих звітів серед інструментів для статистичного аудиту рекламних кампаній. Google Analytics дозволяє відстежувати ефективність медійної і мобільної реклами за чисельними критеріями, наприклад, за допомогою відстеження цілей на кожній окремій сторінці або частині веб-сайту [1]. Він вважається найбільш гнучкою системою серед безкоштовних аналогів.

#### **Яндекс.Метрика**

Сервіс, що дозволяє веб-майстрам здійснювати аналіз цільової аудиторії за десятками різних показників. Яндекс.Метрика оновлює звіти кожні 5 хвилин, надаючи завжди актуальну інформацію про відвідуваність сайту та ефективність рекламної кампанії в цілому. Також підтримує гнучку фільтрацію та сегментацію даних на основі базових метрик та системи користувацьких звітів. Сервіс Яндекс.Метрика працює з 2009 року, однак в травні 2017 доступ до усіх сервісів Яндексу в Україні було заборонено указом Президента України [2].

#### **LiveInternet**

Сервіс для збору та аналізу метрик ефективності веб-сайтів. Характеризується простотою використання та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом. Лічильники даного сервісу встановлені більш ніж на 1.5 млн веб-ресурсів. Використовується для базового збору статистичних даних. Унікальною особливістю сервісу є частковий аналіз конкурентів [3].

В таблиці 1 наведено порівняння систем аналітики трафіку.

На веб-ресурсах часто встановлюють одразу декілька сервісів аналітики. Це дозволяє не втрачати специфічний функціонал та користуватись перевагами кожного окремого сервісу. Наприклад, використовувати інструмент аналізу конкурентів, який, згідно таблиці 1, надається лише сервісом LiveInternet.

**Таблиця 1. Порівняння систем аналітики трафіку**

| Критерій                                  | Google Analytics | Яндекс.Метрика             | LiveInternet             |
|---|------------------|----------------------------|--------------------------|
| Сегментація даних                         | +                | + (користувацькі звіти)    | + (обмежена сегментація) |
| Фільтрація даних                          | +                | + (базові фільтри)         | -                        |
| Відстеження цілей                         | +                | +                          | -                        |
| Відстеження ефективності окремих сторінок | +                | +                          | -                        |
| Відстеження рентабельності                | +                | +                          | -                        |
| Інтеграція з Google AdWords               | +                | + (за допомогою UTM-міток) | -                        |
| Інтеграція з Яндекс.Директ                | -                | +                          | -                        |
| UTM-мітки                                 | +                | +                          | -                        |
| Аналіз пошукового трафіку                 | +                | +                          | +                        |
| Відстеження поведінки на сторінці         | -                | + (вебвізор)               | -                        |
| Базовий аналіз конкурентів                | -                | -                          | +                        |
| Гостьовий доступ для менеджерів           | +                | +                          | +                        |
| Дозвіл на використання в Україні          | +                | -                          | +                        |

В сфері арбітражу трафіку аналіз маркетингових інструментів виконується з точки зору фінансової доцільності. Економічний аудит здійснюється за такими критеріями: вартість відвідуваності, ціна конверсій, сумарний дохід веб-ресурсу та середній чек. Такий вид аудиту проводять за допомогою зведених таблиць. У них зіставляють критерії оцінки з даними, що були отримані за допомогою веб-сервісів аналітики. На сьогодні існують інструменти, що об'єднують специфічний функціонал традиційних систем аналітики трафіку, інструментарій для виконання розрахунків за економічними критеріями та систему внутрішнього розподілу трафіку (TDS). Такі системи називають CPA трекарами. Економічний аудит ефективності рекламних кампаній зводиться до багатокритеріальної задачі прийняття рішень, розв'язання якої дозволить підвищити рівень їх рентабельності.

### Література

1. Сводки Google Analytics, их настройка и применение. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://q-seo.com.ua/blog/custom-dashboards-google-analytics/>
2. Указ Президента України №133/2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://ukurier.gov.ua/media/documents/2017/05/16/2017\\_05\\_17\\_133upu.pdf](https://ukurier.gov.ua/media/documents/2017/05/16/2017_05_17_133upu.pdf)
3. Анализ трафика сайта конкурента (2018). [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://livepage.pro/knowledge-base/competitor-traffic.html>

**УДК 621.316**

**Задорожна Ю.А.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ІОТ ТА КОНЦЕПЦІЇ SMART HOME**

**Zadorozhna Y.A.**

### **AUTOMATION OF LIVING SPACES USING IOT TECHNOLOGY AND SMART HOME CONCEPT**

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) - це концепція обчислювальної мережі фізичних предметів, з вбудованими технологіями, програмним забезпеченням та сенсорами для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем.

У парадигмі IoT кожна річ має свій унікальний ідентифікатор (Unique Identifier) або віртуальний ідентифікатор (Virtual Identifier), які об'єднуються у певну групу, створюючи тимчасові або постійні мережі. Повідомляючи про себе відповідну інформацію, елементи цих мереж дозволяють повністю автоматизувати процес логістики, а маючи вбудований інтелект, вони набувають здатності змінювати свої властивості і адаптуватися до навколишнього середовища, в тому числі для зменшення енергоспоживання.

Впроваджуючи в IoT такі ключові компоненти, як сенсори та актуатори, технологія стає об'єктом набагато більш широкого класу кіберфізичних систем, які також включають в себе розумні будинки, розумні мережі електропостачання, інтелектуальні транспортні системи і розумні міста.

На сьогоднішній день найбільш прогресивною концепцією взаємодії людини з житловим простором вважають концепцію "розумного будинку". Саме поняття "розумний будинок" було визначене Інститутом інтелектуальної будівлі у Вашингтоні в 70-х роках минулого століття і звучало так: "Розумний будинок – це будівля сучасного типу, що забезпечує продуктивне й ефективне використання робочого простору за рахунок впровадження автоматизації та високотехнологічних пристроїв".

Основною особливістю інтелектуального будинку є об'єднання окремих підсистем в єдиний керований комплекс. При використанні технології IoT, житлове приміщення перетворюється на систему, яка набуває здатності розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, і відповідним чином на них реагувати: одна з систем може керувати поведінкою інших за задалегідь визначеним алгоритмом. Саме так людина однією командою може вказати бажані показники середовища, в якому перебуває, а вже автоматика у відповідності із зовнішніми і внутрішніми умовами задає і відстежує режими роботи всіх інженерних систем та електроприладів. Окрім цього, при впровадженні автоматизації декількох підсистем забезпечується синергетичний ефект для всього комплексу.

### **Література**

1. Kranz M. Building the Internet of Things: Implement New Business Models, Disrupt Competitors, Transform Your Industry / Maciej Kranz. – New Jersey: Wiley, 2016. – 272 с. – (ISBN-10: 1119285666).
2. McEwen A. Designing the Internet of Things / A. McEwen, H. Cassimally. – New Jersey: Wiley, 2013. – 336 с. – (ISBN-10: 111843062X).
3. Nagender K. S. Smart Homes: Design, Implementation and Issues / K. S. Nagender, C. M. Subhas. – Luxembourg: Springer, 2015. – 180 с. – (ISBN-10: 3319135562).

**УДК 004.352.2**

**Капаціла Р. І., аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ЗЧИТУВАННЯ КАРДІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ**

**Kapatsila R.I.**

### **APPLICATION OF PHOTOPLOTISMOGRAPHY FOR THE CALCULATION OF CARDIOLOGICAL INDICATORS OF HUMAN**

Фотоплетизмографія - метод, який дозволяє визначати зміну розміру органів людини за допомогою фоточутливих елементів. Зокрема, він може використовуватися для вимірювання пульсу. В цьому випадку реєструється зміна інтенсивності світла від штучного джерела при проходженні пульсової хвилі. Як правило, для зняття показників використовуються остання фаланга пальця, мочка вуха, зап'ястя або скроня. Дуже часто принцип фотоплетизмографії застосовується в різних спортивних аксесуарах. Крім вимірювання пульсу за допомогою фотодіодів також можна вимірювати насичення крові киснем (оксигенація).

Для зчитування фотоплетизмограми потрібні джерело світла і фотоприймач. Джерелом зазвичай служить світлодіод, а приймачем - фототранзистор або фотодіод. Світло, що випромінює джерело, поглинається тілом людини. Зміна ступеню поглинання залежить від кількості крові в тій точці тіла, де знаходиться датчик. При зміні кількості крові, змінюється поглинання світла і сигнал на виході фотоприймача.

По відношенню один до одного джерело і приймач можуть розташовуватися двома способами. Ці способи називаються «на відображення» і «на просвіт». У разі «на відображення» приймач і джерело розташовуються в одній площині. Світло від джерела потрапляє на шкіру, частково поглинається і, відбиваючись, потрапляє на приймач.

У варіанті «на просвіт» джерело і приймач розташовуються по різні боки від частини тіла. Світло, що випромінює проходить палець наскрізь і потрапляє в фотоприймач.

Сигнал з фотоприймача надходить на схему посилення і фільтрації. Приклад такої схеми наведений на рисунку 1. Резистори R1 і R2 задають струм світлодіода і робочу точку фототранзистора відповідно. Конденсатор C1 прибирає постійну складову, яка виникає залежно від освітленості приміщення, де відбувається вимір. Підтягуючий резистор R3 зсуває напругу в позитивну область, так як підсилювач однополярний. Напруга зсуву подається також в зворотний зв'язок підсилювача, щоб уникнути насичення. Після посилення сигнал надходить на ще один розділовий каскад, щоб остаточно прибрати напругу зсуву. Потім відбувається оцифрування даних за допомогою АЦП. Ця схема є поширеною, але не єдиною.

Попри простоту схеми та її поширеність — існує цілий ряд параметрів котрі сильно впливають на точність даних. Серед них також такі чинники:

1. відсутність артефактів;
2. наявність вираженої пульсової хвилі в точці реєстрації;
3. конструкція чутливого елемента.

Розглянемо проблему наявності артефактів у досліджуваних сигналах.

Артефакт - не відноситься до корисної складової зміни форми сигналу, проте спектрально і амплітудно схожий з ним.



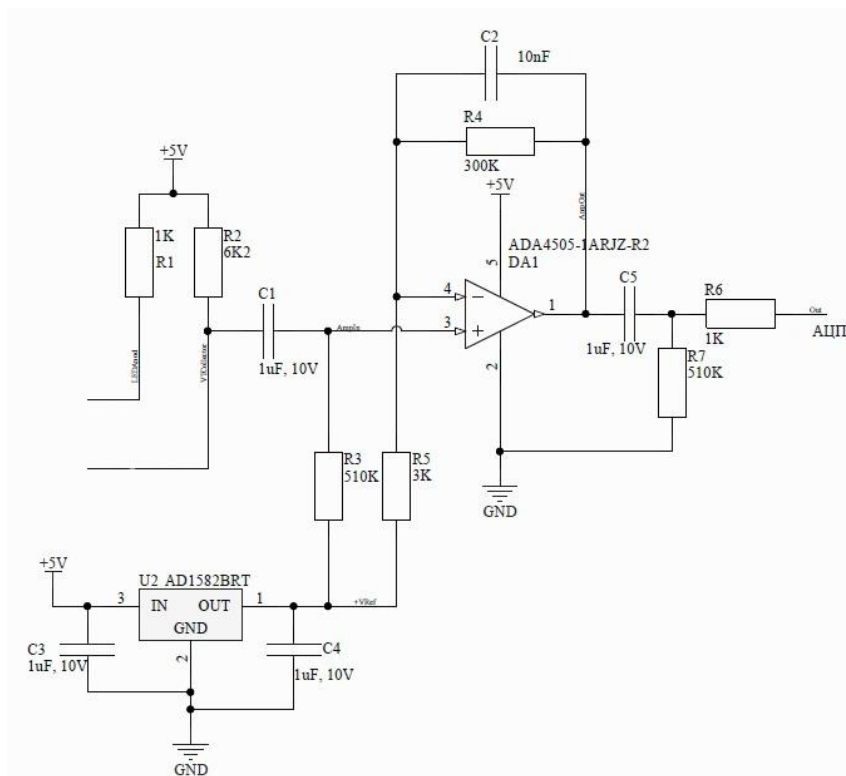


Рисунок 1. Принципова схема вимірювального приладу

Існують такі основні джерела артефактів:

1. пересування людини, що використовує фотоплетизмографію, відносного джерела освітлення, природного або штучного, наприклад, переміщення тіні від сонця під час занять спортом;
2. пересування джерела світла щодо людини або зміна яскравості цього джерела. Наприклад, мерехтіння люмінесцентних ламп;
3. дії, які не пов'язані з вимірюванням пульсу але при цьому спричиняють рух фотоплетизмографа або точок тіла в тому місці, де встановлений чутливий елемент. Наприклад, рухи передпліччя, що виникають при рухах пальцями, рухи кісток голови, пов'язані з промовою і мімікою.

Крім артефактів якість вимірювання пульсу залежить від вираженості пульсової хвилі. У однієї і тієї ж людини пульс може бути виражений дуже добре і дуже погано. У якості прикладу можна навести спостереження за зміною пульсу під час тригодинного комп'ютерного психо-фізіологічного тестування. Вимірювання пульсограми проводилося з мочки вуха. При цьому сигнал погіршувався з плином часу. Це може відбуватися досить швидко - за півгодини, і пов'язано з тим, що вушна кліпса погіршує кровотік, а також з вимушеною нерухомістю випробуваного.

Схожа ситуація спостерігається при вимірюванні пульсу з фаланги пальця. Зміна температури в приміщенні або легка зміна пози людини і викликане цим зміщення точки реєстрації на невелику відстань, що може привести до зниження рівня сигналу або зовсім до його зникнення.

При вимірюванні пульсу з скроні проблема відсутності сигналів загострюється. Площа скроні більше площі пальця, важче знайти точку, в якій пульс краще виявлений, і більша ймовірність, що користувач одягне датчик неправильно.

В цілому фотоплетизмографія є дуже простим та доступним способом кардіодіагностики, проте він володіє цілим рядом недоліків та особливостей що суттєво ускладнює його застосування для високоточних вимірювань.

УДК 658.012.011.56:681.3.06

**М.П. Карпінський, д. т. н, проф., Я.І. Кінах, к. т. н., доц., В.Р. Паславський, аспірант**

Академія технічно-гуманістична, Польща

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Львівський національний аграрний університет, Україна

## **ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ФАКТОРИЗАЦІЇ НА ТИПОВИХ АЛГОРИТМІЧНИХ СТРУКТУРАХ З МАСИВНИМ ПАРАЛЕЛІЗМОМ**

**М.Р. Karpinsky – Dr., Prof., I.I. Kinakh – Ph.D, Assoc. Prof., V.R. Paslavsky – postgraduate student**

### **PROGRAMMING ALGORITHMS OF FACTORIZATION ON TYPICAL ALGORITHMIC STRUCTURES WITH MASSIVE PARALLELISM**

Технологічні аспекти розробки ефективних обчислювальних програм з масивним паралелізмом пов'язані з низкою задач, зокрема, масштабованістю алгоритмів та програм, мобільністю програм та розробкою систематичних методів і технологій повторного використання готових програмних компонентів. Одним з ключових моментів при проведенні трудомістких обчислювальних експериментів з факторизації та дискретного логарифмування є зменшення часу розробки паралельних додатків[1]. Розглянемо підхід, що базується на використанні обмежених форм паралелізму, представлені у виді типових алгоритмічних структур (ТАС) з масивним паралелізмом, та розробці механізмів їх повторного використання. В програмуванні ці структури відомі під різними назвами: алгоритмічні шаблони, родові алгоритми, архітепи, типові проектні рішення.

Терміном ТАС позначають сімейство однотипних параметризованих алгоритмів[2]

$$S=A(P_S, P_F), \quad (1)$$

де  $S$  – множина алгоритмів  $A$  з набором  $P_S$  структурних та  $P_F$  функціональних параметрів.

Підхід передбачає реалізацію ТАС у виді шаблонів – заготовок, в яких зафіксована інваріантна частина, і є розподіленою комунікаційною структурою. Настроювання шаблону на конкретну область застосування здійснюється фіксацією структурних та функціональних параметрів[2]. Структурні параметри визначають топологію паралельної програми, функціональна частина визначає обчислювальний зміст алгоритму[2].

Таким чином, в найпростішому випадку ТАС виступають в якості операторів композиції або конструкторів, що дозволяють збирати складні програми з послідовних модулів. Використання ТАС в якості єдиного способу композиції накладає жорсткі обмеження на структуру програми.

### **Література**

3. М.М.Касянчук. Теоретичні основи виконання медулярних операцій множення та експоненціювання в теоретико-числовому базисі Крестенсона–Радемахера / М.М.Касянчук, Я.М.Николайчук, І.З.Якименко, Т.М.Долинюк // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – №2. – 2011. – с. 123–130.
4. Юдін О.К. Кодування в інформаційно-комунікаційних мережах: – Монографія. - К.:НАУ, 2007.-308с.

**УДК 004.042**

**В.В. Копина, Г.В. Шимчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **Пошукові системи та загальні принципи їх роботи**

**V. Kopyna, G. Shymchuk**

#### **SEARCH SYSTEMS AND GENERAL PRINCIPLES OF THEIR WORKS**

В теперішній час просто неможливо уявити життя без суспільства без виходу в мережу Інтернет. Якщо на початках Інтернет був засовом зв'язку для простих користувачів, то на даний час він став засобом комунікації структур державного рівня.

З розвитком веб-технологій створення сайтів стало більш доступним для аудиторії його користувачів і за рахунок цього в Інтернеті почали з'являтися все більше сайтів, тематика яких була абсолютно різною – від сайтів корпорацій, до сайтів маленьких фірм, що пропонують відвідати їх офіси в межах одного міста та замовити в них пакет певних послуг.

На сьогоднішній день пошукові системи це більше ніж просто нелінійні алгоритми. Це дає їм можливість максимально точно оцінити веб-сайт з більше ніж двохсот критеріїв. Тому зараз як ніколи стало актуальним завдання створення не просто якісного веб-сайту, але й підтримка його рівня довіри в пошукових системах, для отримання хорошої відвідуваності та конверсії від потенційних клієнтів.

Майже всі власники сайтів докладають чималих зусиль для їх розкручування та піару і хотіли б бачити сторінки свого сайта на найвищих позиціях в видачі пошукових систем. Досягти дійсно істотного ефекту в цьому напрямі можна тільки за допомогою пошукової оптимізації – комплексу заходів по проведенню SEO.

Актуальність SEO обумовлена великим рівнем конкуренції в мережі Інтернет та можливістю з мінімальними фінансовими затратами потрапити в топ пошукової видачі. Також важливим є той факт, що самі пошукові системи дають рекомендації веб-майстрам як проводити ті чи інші заходи пошукової оптимізації веб-сайту та враховують їх при оцінці релевантності контенту і сайту в цілому. Таким чином сайт належно проведеною SEO-оптимізацією стає більш конкурентно спроможним та приносить більше конверсії для його власника.

При розробці методики просування сайту важливим є питання вивчення механізмів роботи пошукових алгоритмів, оскільки на їх основі складаються закони пошукової оптимізації (так звана SEO-оптимізація) і просування сайтів.

Враховуючи це, весь комплекс заходів з SEO-оптимізації спрямований, власне, на просування українських сайтів саме в цих двох системах – Google і Яндекс. Саме топ-позиції у видачі цих пошукових систем дають реально додатковий трафік на сайт.

Якщо розглядати процес пошуку інформації в мережі, його можна розбити на наступні етапи:

- збір інформації зі сторінок сайтів в мережі Інтернет;
- індексація сайтів;
- пошук за запитом;
- ранжування результатів.

Незважаючи на те, що кожна пошукова система має свої особливості в алгоритмах пошуку та ранжування результатів, принципи роботи всіх пошукових систем загальні.

Збір даних здійснюється спеціальною програмою, яка є у кожній пошукової системи – пошуковий робот. Він призначений для перебору сторінок Інтернету з метою занесення інформації в базу даних пошукової системи. Як тільки ви запустили свій сайт

і дали роботу якої-небудь пошукової системи зрозуміти, що з'явився новий ресурс (з допомогою зовнішніх посилань на ваш сайт, додавання його сервіси додавання add url (англ., додати сайт) або використовуючи інші методи), робот приходить до вас, починає ходити по сторінках і збирати з них дані (це можуть бути текстовий вміст, зображення, відео та інші файли). Цей процес називається збором даних (англ. crawling) і він може відбуватися не тільки при запуску сайту. Робот становить для сайту розклад, коли він має на нього зайти в наступний раз, перевірити стару інформацію і додати нові сторінки, якщо такі є.

Керувати доступом на різні ресурси для пошукового робота можна з допомогою файлу robots.txt, в якому містяться правила і обмеження доступу до вмісту сайту на http-сервері. Карта сайту sitemap.xml (XML-файл з інформацією для пошукових систем про сторінки веб-сайту, які підлягають індексації) також може допомогти роботі, якщо з якихось причин навігація по сайту йому утруднена.

Робот може ходити по вашому сайту довгий час, однак це не означає, що він відразу з'явиться в пошуковій видачі. Сторінок сайту необхідно пройти такий етап, як індексація – складання для кожної сторінки зворотного (інвертованого) файлу індексу. Індекс – всі сторінки, які відомі пошуковій системі, тобто які пройшли індексацію. Індекс слугує для того, щоб швидко з нього виробляти пошук і складається зазвичай із списку слів з тексту та інформації про них (позиції в тексті, вага та ін).

Після того, як пройшла індексація сайту або окремих сторінок, вони з'являються в основній видачі пошукової системи і їх можна знайти за ключовими словами, присутнім у тексті. Процес індексації зазвичай відбувається досить швидко після того, як робот завантажить інформацію з вашого сайту.

При пошуку, насамперед, аналізується запит, введений користувачем (відбувається препроцесинг запиту), в результаті якого обчислюються ваги для кожного з слів. Вагою слова називається відношення частоти використання цього слова до загальної кількості слів, виражене у відсотках.

Далі, пошук здійснюється за інвертованим індексом, знаходяться всі документи в колекції (базі даних пошукової системи), які найбільш підходять під цей запит.

Документи, найбільш схожі з запитом, потрапляють в результати пошуку.

Після того, як найбільш схожі документи були відібрані з основної колекції, вони повинні ранжуватися, щоб у верхніх результати відображені найбільш корисні для користувача ресурси. Для цього використовується спеціальна формула ранжування, яка для різних пошукових систем має різний вигляд, однак для всіх з них основними чинниками ранжування є:

- вага сторінки (ТІЦ, PageRank);
- авторитетність домену;
- релевантність тексту запитом;
- релевантність текстів зовнішніх посилань запитом;
- а також безліч інших чинників ранжування.

#### **Література:**

1. Алгоритми пошукових систем [Електронний ресурс]: [сайт]: російська версія / Школа Інтернет маркетингу Emro. – текстові дані. – К., 2014. – Режим доступу: <http://emro.pro/seo-blog>.

2. Мара А. Пошукова оптимізація сайтів / Мара А. – К.: Школа Інтернет маркетингу Emro, 2013. – 129 с.

3. Ситник В.Ф., Писаревська Т.А., Єрьоміна Н.В., Краєва О.С. Основи інформаційних систем. Навчальний посібник. Київ: КНЕУ, 2001, 420

**УДК 004.09**

**В.О. Королик, Р.З. Золотий**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СИСТЕМ**

**V. Korolyk, R. Z. Zoloty**

### **COMPARING ANALYSIS OF SEARCH SYSTEMS**

У зв'язку з тим, що інформаційні технології набирають обертів у розвитку і з кожним днем дивують користувачів чимось новим, все частіше виникає потреба в тому, щоб скористатися пошуковими системами для швидкого та коректного отримання інформації для вирішення виниклого питання.

Для того щоб спрогнозувати перспективність використання сучасних пошукових систем, необхідно провести порівняльний аналіз, який також допоможе оцінити всі їх характеристики та можливості в цілому.

Підвищення ефективності пошукових процесів у глобальній мережі - мета даної роботи.

Пошукові системи в даній ситуації виступають об'єктами дослідження.

В наш час розроблено безліч різних пошукових сервісів і систем. Багато пошуковиків вже давно стали «ветеранами» в мережі Інтернету, в той час як деякі тільки почали свою активну діяльність.

Meta, DuckDuckGo, Google, Yandex - пошукові системи, які ми будемо порівнювати.

#### *Google*

Для того щоб об'єктивно визначити найважливіші сайти та сторінки (шляхом розрахунку рівняння з більше як 500 змінними і 2 млрд. термінів) і вивчити всю структуру посилань в Інтернеті, пошукова система Google активно користується алгоритмом PageRank. Також пошуковик за частки секунди може реалізувати серію одночасних розрахунків. Google в своїй роботі робить великий акцент на аналіз змісту кожної сторінки на визначення її якості та корисності для користувача. Максимальна релевантність введеного запиту досягається попереднім аналізом шрифтів, розташувань ключових слів, категорій, посилань і багатьох інших параметрів, проведених самою пошуковою системою.

#### *DuckDuckGo*

Якщо підбирати для себе пошуковик, який дотримується політики повної конфіденційності, слід віддати перевагу DuckDuckGo. Filter bubble їм взагалі не використовується, а отже, повнота відповіді на пошуковий запит виходячи з передбачення області інтересів користувача не обмежується. Пошуковик відмовляється збирати, зберігати й обробляти інформацію користувача (це стосується введених ними пошукових запитів, а також IP-адресів).

#### *Meta*

Одним з перших українських інтернет-порталів є Meta, яка використовує пошукову систему Google в зоні з україномовними сайтами або сайтами, будь-яким чином пов'язаними з Україною.

По суті META представляє широкопрофільний портал із зручною пошуковою системою. Пошукова система META дозволяє шукати по всьому українському Інтернету, а також по Реєстру українських сайтів з урахуванням російської і

української морфології. Це означає, що незалежно від граматичної форми ключових слів, отримуються документи, які містять шукані слова у всіх формах.

Потужна повнотекстова пошукова система, має оригінальну базу даних. Підтримує розвинену мову запитів, пошук за окремими полями документів. Виконує пошук з урахуванням морфології української, російської та англійської мов. Посилання супроводжуються анотаціями. Зручний та швидкий перегляд результатів.

#### *Yandex*

Яндекс – російська пошукова система, що надає російським користувачам зручний інструментарій для пошуку та оперування інформацією у всесвітній мережі Інтернет. Будучи повністю російською розробкою, Яндекс орієнтований саме на користувачів на території Росії та сусідніх держав.

Метою сервісу є швидкий і точний пошук інформації. У реалізації цього Яндекс, по суті, недалеко пішов від своїх «колег», використовуючи, в більшості випадків ті ж пошукові механізми, що й інші пошукові системи. Різниця лише в підходах до організації процесу пошуку. Наприклад, розробники Яндекса ввели такий інструмент, як зворотний індекс. Сенс його такий ж, як у алфавітного покажчика у звичайній книзі. Читач переглядає каталог слів, в якому вказуються номери сторінок, що містять те чи інше слово.

З огляду на швидкісний розвиток інформаційних технологій, в сучасній теорії інформації одну з основних позицій по праву займає задача пошуку даних. Оскільки кількість інформаційних ресурсів і даних, що в них містяться, з кожним днем збільшується в геометричній прогресії, виникає потреба у створенні більш ефективних методів або засобів для пошуку необхідної інформації. Перспективність кожної пошукової системи буде спрогнозована завдяки проведенню нами порівняльного аналізу, за допомогою якого ми оцінимо їх можливості і базові характеристики.

#### **Література:**

5. Вікіпедія [Електронний ресурс]: – 2018. – Пошукова система: - Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/пошукова\\_система/](http://uk.wikipedia.org/wiki/пошукова_система/).
6. Searchengines [Електронний ресурс]: – 2018. – Яндекс – Режим доступу: <https://www.searchengines.ru/category/yandex/>.
7. Tod's Blog [Електронний ресурс]. – 2018. – DuckDuckGo – Режим доступу до ресурсу: <http://tods-blog.com.ua/seo-smo/search-engines/duckduckgo/>.
8. Searchengineland [Електронний ресурс]. – 2018. – Google – Режим доступу до ресурсу: <https://searchengineland.com/guide/google/>.
9. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – 2018. – Мета – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/META/>.
10. PRChecker [Електронний ресурс]. – 2018. – Check Page Rank – Режим доступу до ресурсу: [http://www.prchecker.info/check\\_page\\_rank.php/](http://www.prchecker.info/check_page_rank.php/).
11. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – 2018. – Filter bubble – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Filter\\_bubble](https://en.wikipedia.org/wiki/Filter_bubble)

**УДК 621.373**

**Володимир Кругльов - аспірант, Михайло Паламар - д.т.н. проф., Андрій Чайковський - к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ ДЛЯ РАДІОСТАНЦІЇ З ППРЧ**

**Volodymyr Kruhlov, Mykhailo Palamar Dr., Prof., Andrii Chaikovskiy  
ANALYSIS OF DIGITAL FREQUENCY SYNTHESIZER FOR A HOP MODE  
RADIO STATION**

**Вступ.** При проектуванні синтезаторів сигналів важливим завданням що потребує детального аналізу, є задача частотного планування синтезатора. Для синтезаторів сигналів у системах зв'язку пред'являються високі вимоги щодо стійкості та спектрального складу, рівня фазового шуму та тривалості перехідних процесів.

З розвитком сучасної цифрової елементної бази при формуванні сигналів все більше застосовуються інтегровані цифрові синтезатори (DDS), що базуються на методі прямого цифрового синтезу і володіють низкою істотних переваг перед системами на базі ФАПЧ та широкими функціональними можливостями. Також відомий метод непрямого синтезу на основі фазового автоматичного підстроювання частоти (PLL) при якому вихідна частота формується за допомогою додаткового генератора (найчастіше це генератор, керований напругою - VCO), охопленого петлею ФАПЧ;

В роботі приведено результати проектування і дослідження елементів цифрового синтезатора частоти на основі VCO та DDS синтезаторів, розглянуто способи побудови та реалізації цифрового синтезатора для радіостанції Оріон Р-173 з ППРЧ. Запропоновано структуру радіостанції з ППРЧ з використанням генератора керованого напругою VCO та DDS прямого цифрового синтезу, розроблено структурну схему і алгоритм роботи цифрового синтезатора. Дослідження методів і засобів синтезу елементів цифрової радіостанції спрямовано на оптимізацію параметрів та підвищення технічних характеристик проектованої радіостанції.

**Результати роботи.** Для зменшення фактичного часу роботи на одній частоті та миттєвого переналаштування частоти, з низьким рівнем фазового шуму, гармонік та інтермодуляційних складових можна застосовувати синтезатор з прямим цифровим синтезом DDS, який володіє хорошими характеристиками з точки зору спектру вихідного сигналу і високою роздільною здатністю за частотою.

Схема DDS генерує синусоїдальний сигнал із заданою частотою. Частота вихідного сигналу визначається двома параметрами: частотою тактового сигналу і двійковим числом, записаним в регістр частоти. Це двійкове число, записане в регістр частоти, подається на вхід акумулятора фази. Якщо використовується ПЗУ з табличними значеннями синуса, то акумулятор фази обчислює адресу (відповідний миттєвому значенню фази) і подає його на вхід ПЗУ, при цьому на виході ПЗУ ми отримуємо поточне значення амплітуди в цифровому вигляді. Далі ЦАП перетворює це цифрове значення у відповідне значення напруги або струму. Для генерації синусоїди з фіксованою частотою постійна величина (приріст фази, яке визначається двійковим числом, записаним в регістр частоти) буде додано до величини, що зберігається в акумуляторі фази, з кожним імпульсом тактового сигналу. Якщо значення приросту велике, акумулятор фази буде швидко проходити всю таблицю синуса, що зберігається в ПЗУ, і частота сигналу при цьому буде висока. Якщо значення приросту фази мале, акумулятору фази знадобиться більше кроків, щоб пройти всю таблицю ПЗУ, і відповідно частота сигналу на виході буде низькою.

Управління та перезавантаження регістра частоти відбувається по послідовній шині. Тому швидкість перебудови DDS по частоті визначається в основному швидкістю його цифрового інтерфейсу. Для генерації вихідного синусоїдального сигналу потрібно тільки тактовий сигнал.

Джерело тактового сигналу DDS є головним джерелом фазових шумів, навіть незважаючи на ефект їх зменшення в процесі ділення частоти в DDS. Фазовий шум вихідного сигналу DDS теоретично менше фазового шуму тактового сигналу на  $20\log(FCLK / FOUT)$  dB, де FOUT - вихідна частота; FCLK - тактова частота. На практиці це поліпшення обмежена шумовим порогом схем DDS. Типовим для власного фазового шуму DDS є значення -130 dBc/Hz при розладі на 1 кГц від вихідної частоти. Якщо джерело тактового сигналу має менші фазові шуми, на виході DDS не може бути меншого значення. Тому цю величину називають «залишковий фазовий шум».

Відносне відхилення частоти на виході DDS одно відносного відхилення частоти тактового сигналу. Відносний джітер при розподілі частоти стає менше, хоча його абсолютне значення не покращується. DDS працює на високих тактових частотах, має вбудований помножувач частоти на основі PLL дозволяє використовувати менш високочастотний опорний генератор. Проте використання множення тактової частоти не завжди бажано, так як при цьому фазовий шум тактового сигналу збільшується в стільки ж разів, у скільки разів збільшується частота. Більш того, вище частоти зрізу фільтру PLL може спостерігатися пік фазових шумів. Для отримання високочастотного сигналу з низькими фазовим шумом потрібно тактувати DDS від високоякісного джерела. В якості такого джерела запропоновано використовувати VCO синтезатор.

Синтез частот з використанням системи фазового автоматичного підстроювання частоти (ФАПЧ) є добре відомим методом генерування одного з багатьох пов'язаних сигналів за допомогою керованої напруги генератора VCO. Вихідний сигнал від VCO подається на програмований дільник частоти, який забезпечує розподіл на вбрання ціле число, видаючи сигнал поділений частоти на фазовий детектор. Фазовий детектор порівнює сигнал поділеної частоти з сигналом опорної частоти від іншого генератора фіксованої частоти. Будь-яка різниця фаз між сигналом поділеної частоти і опорним сигналом видається з фазового детектора через мережевий фільтр і прикладається до VCO. Цей сигнал різниці фаз змушує вихідний сигнал VCO змінювати частоту таким чином, щоб фазова помилка між частотою поділеного сигналу і частотою опорного сигналу була мінімальною. Так як програмований дільник частоти ділить в ціле число раз, розмір кроку вихідний частоти обмежений до значення, рівного частоті опорного сигналу.

Джерело опорного сигналу для VCO повинен мати низький рівень фазового шуму і гармонік, тому використовується термокомпенсований кварцовий генератор з частотою 10 МГц та температурна нестабільність частоти  $\pm 2,5$  ppm. Розроблено макет цифрового синтезатора та досліджено параметри синтезатора на основі VCO та DDS.

**Висновок.** Отже використання VCO, DDS проектуванні синтезаторів сигналів у системах зв'язку дає низку переваг, зокрема, це мале енергоспоживання, низька вартість та невеликі габарити у поєднанні з відмінною якістю сигналу і можливістю цифрового управління з високою роздільною здатністю, роблять синтезатори VCO та DDS надзвичайно привабливими приладами в порівнянні із менш гнучкими схемами на дискретних елементах. В результаті реалізації тактування DDS від VCO генератора дало змогу підняти вихідну частоту синтезатора з низьким рівнем фазових шумів, гармонік та інтермодуляційними спотвореннями. Результати макетування покладено в основу програмного забезпечення та алгоритму роботи для цифрової радіостанції Оріон Р-173 з ППРЧ.



УДК: 613.16-06:612.

Я. Курко, к. м. н., доц.; О. Босюк ст. викладач; Вальчак Н. ст. викладач.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ "ВОЛЯ" ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТУДЕНТІВ

Ya. Kurko, Ph.D., Assoc. Prof.; Bosyuk O.; Valchak N.

### APPLICATION OF THE COMPLEX PROGRAM "VOLIA" FOR DETERMINING PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF STUDENTS

**Вступ.** Важливою психологічною рисою характеру, яка необхідна сучасному спортсмену є воля. Н.Ж, Булгакова і співавт. (2006) вважають, що високий рівень здібностей не гарантує успіху, якщо спортсмен не може проявити вольових зусиль у боротьбі за досягнення високих спортивних результатів.

**Мета** даної роботи полягає у встановленні сили волі спортсменів за допомогою новітніх діагностично-комп'ютерних програм.

**Матеріали і методи.** З метою визначення сили волі нами була розроблена та використана діагностична комп'ютерна програма "Воля" (рис. 1), свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 23221. Перед тестуванням програма автоматично встановлювала дату та робила запит про паспортні дані досліджуваного, які ми вносили у відповідні віконечка

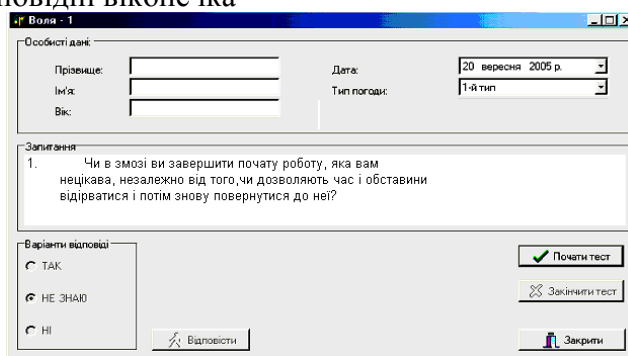


Рис. 1. Головне вікно тест-програми "Воля"

Досліджуваним пропонували прочитати і дати об'єктивні відповіді на запитання програми. Програма автоматично рахувала одержані бали і визначала ступінь волі.

#### Результати досліджень та їх обговорення.

У наших дослідженнях показника сили волі, ми встановили, що сила волі студентів залежать від інтенсивності занять з фізичного виховання та спорту (табл. 1).

Таблиця 1

Показники сили волі у 23-х студентів групи загальної фізичної підготовки та у 23-х студентів-спортсменів у балах.

| Показники           | n  | Студенти-спортсмени | Студенти загальної групи | P      |
|---------------------|----|---------------------|--------------------------|--------|
| Показники сили волі | 23 | 18,86 ± 0,74        | 25,69 ± 0,69             | < 0,05 |

Ми виявили, що у студентів групи загальної фізичної підготовки показник волі знаходився в межах 13-21 балів, що, свідчить про середній ступінь волі. Студенти-спортсмени показали високу ступінь волі, їх показник був в межах 22-30 балів.

**Висновок.** Згідно даних тестування, можна стверджувати, що заняття з фізичного виховання та спорту покращують та тренують силу волі студентів, і чим вища інтенсивність занять, тим кращі їхні психофізіологічні показники.

УДК: 613.16-06:612.

Я. Курко, к. м. н., доц., З. Кульчицький, ст. викладач, І. Казмірчук, ст. викладач.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ "REACTION-TEST" ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАРТОВОЇ РЕАКЦІЇ СПОРТСМЕНІВ

Ya. Kurko, Ph.D., Assoc.Prof.; Z. Kulchytsky, senior lecturer; I. Kazmirchuk, senior lecturer.

### APPLICATION OF REACTION-TEST COMPUTER PROGRAM FOR DETERMING SPARTANTS QUALITY REACTION

**Вступ.** Поступовий ріст спортивних рекордів, який спостерігається регулярно на чемпіонатах Світу і Олімпійських іграх є результатом впровадження передового досвіду роботи тренерів, нових ідей і біотехнологій.

Практика міжнародних змагань показує, що одна сота секунди вирішує перемогу, тому швидкість реакції плавців на стартовий сигнал є однією з умов успіху.

**Мета** даної роботи полягає у встановленні психофізіологічних показників студентів, а саме: швидкості реакції на звуковий (стартовий) сигнал за допомогою новітніх діагностично-комп'ютерної програми.

**Матеріали і методи.** Для оцінки швидкості реакції плавців ми використали розроблену нами діагностичну комп'ютерну програму "Reaction-Test", свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 13683.

Перед тестуванням програма автоматично встановлювала дату та робила запит про паспортні дані досліджуваного, які ми вносили у відповідні віконечка (рис. 1).

Рис.1. Головне вікно тест-програми "Reaction-Test"

Після натиску кнопки меню "Пуск" чи клавіші "Enter" через випадковий період часу подавався звуковий сигнал, почувши який, досліджувані, якомога швидше, натискали клавішу клавіатури комп'ютера "Enter". Після закінчення тестування у віконечку меню "Час реакції" з'являлися та автоматично зберігалися в реєстрі файла даних "Resultat.txt" відомості про час реакції.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Дослідження швидкості реакції на звуковий подразник показали, що у тестованій групі студентів-спортсменів час слухової реакції менший (швидкість більша), ніж у студентів загальної групи (табл. 1).

Таблиця 1

Час слухової (стартової) реакції студентів, мс ( $M \pm m$ )

| Показники            | n  | Студенти-спортсмени | Студенти загальної групи | P      |
|----------------------|----|---------------------|--------------------------|--------|
| Час слухової реакції | 24 | 221,85 ± 2,59       | 267,49 ± 2,62            | < 0,05 |

**Висновок.** Згідно даних тестування, можна стверджувати, що заняття з фізичного виховання та спорту покращують швидкість реакції студентів, і чим вища інтенсивність занять, тим кращі їхні психофізіологічні показники.

**УДК 004.67**

**Ярослав Литвиненко, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ**

**Iaroslav Lytvynenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **FUNDAMENTAL METHODOLOGIES OF SEGMENTATION OF THE CYCLIC SIGNALS**

В багатьох цифрових системах аналізу циклічних даних постає задача їх обробки, що полягає у сегментації (розбитті) досліджуваного сигналу на відповідні ділянки (сегменти) які характеризуються подібністю чи однаковістю. Такі сегменти несуть важливу, діагностичну інформацію про стан системи чи її підсистем яка генерує циклічний сигнал. Задача сегментації виникає під час створення автоматизованих систем діагностики, наприклад, систем діагностики серцево-судинної системи людини [1, 2, 3]. Від ефективності створених методів сегментації значною мірою залежить достовірність результату діагностики стану фізіологічного або технічного об'єкта. Тому, створення нових методів та алгоритмів сегментації є важливою та актуальною науково-технічною задачею.

Дана доповідь присвячена основам методології сегментації циклічних сигналів та побудова на її основі методів сегментації.

Перш за все, для побудови методології сегментації циклічних сигналів необхідно окреслити основні принципи які будуть лежати в її основі. В науці принципами є загальні вимоги до побудови теорії, сформульовані як те первинне, що лежить в основі певної сукупності фактів. Існування факту повторюваної структури в розгортанні циклічного явища чи процесу є головним принципом покладеним в основу методології сегментації. Твердження про наявність сегментної циклічної структури циклічних функцій, є головним, неодмінним яке обов'язково потрібно враховувати і в математичній моделі і в методах обробки (сегментації). Враховуючи такі факти характерні для циклічних функцій (сигналів), розглянемо принципи які покладені в основу методології сегментації циклічних функцій:

Перший принцип, враховує факт циклічного розгортання у часі чи просторі структури циклічного явища яке повторюється (феноменологічна властивість). Такий принцип є первинним він враховується сегментною циклічною структурою;

Другий принцип, враховує наявність в циклічній структурі сегментної зонної структури, яка повторюється на всіх його циклах. Такий принцип є вторинним він враховується сегментною зонною структурою. Потре слід відмітити, що не у всіх циклічних сигналах, на циклах, може спостерігатись сегментна зонна структура, наприклад, як це у випадку економічного циклічного процесу чи інших, тому власне, її існування є вторинним;

Третій принцип, враховує існування ізоморфізмів відносно відліків циклічної функції у всіх її сегментах-циклах та сегментах-зонах. Даний принцип є важливим для побудови методів сегментації, оскільки методологія сегментації циклічних функцій будується на теорії циклічного функціонального відношення [4], в якій постулюється наявність ізоморфізмів відносно відліків циклічної функції (сигналів), а також рівність за атрибутом (атрибутами) її однофазних значень;

Четвертий принцип, є наслідковим, він полягає у зв'язку сегментної структури та ритмічної структури завдяки цьому, можна проводити оцінювання ритму циклічної функції визначивши сегментну структуру.

Перелічені принципи є обґрунтованими, оскільки слідують із феноменологічних особливостей циклічних сигналів та математично формалізовані, що дозволяє будувати на чіткій математичній основі методи сегментації, враховуючи відповідні підходи до математичних моделей циклічних функцій.

На рисунку 1 у вигляді структурної схеми, подано складові для побудови методів сегментації циклічних функцій (сигналів).

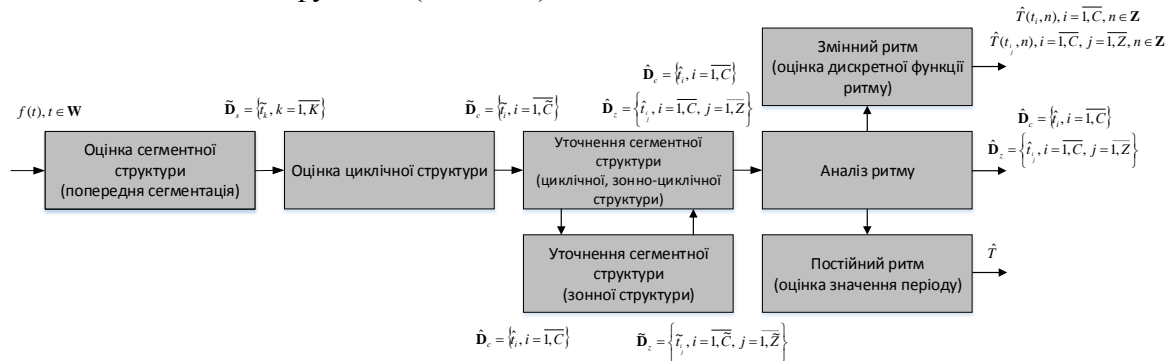


Рис. 1. Узагальнена структурна схема побудови методів сегментації циклічних функцій (сигналів)

Враховуючи таку структуру в роботі [5, 6], з врахуванням розробленої методології сегментації, створено метод сегментації детермінованих циклічних функцій. Розроблений метод дозволив проводити сегментацію циклічних детермінованих сигналів, а також ідентифікувати та формувати сегментну циклічну чи сегментну зонну структуру. Отримавши інформацію про сегментну структуру визначати функцію ритму (у випадку змінного ритму) чи оцінювати значення періоду (у випадку постійного ритму) для досліджуваних періодичних сигналів. В подальших дослідженнях планується провести порівняльний аналіз точності розроблених методів сегментації циклічних сигналів в медицині та механіці.

### Список використаних джерел

1. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й. Синєкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К.: ТОО “ВЕК+”, 1997. – 349 с.
2. Я. Литвиненко. Статистичний метод визначення зонної структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах / Я. Литвиненко, С. Лупенко, Л.Щербак // Вісник Тернопільського державного технічного університету.– 2005.–Т. 10, №3.–С.144–154.
3. I.V. Lytvynenko. The problem of segmentation of the cyclic random process with a segmental structure and the approaches to its solving / I.V. Lytvynenko / Journal of Hydrocarbon Power Engineering, Oil and Gas Measurement and Testing. 2016, Vol. 3, No. 1, pp. 30-37.
4. Лупенко С.А. Теоретичні основи моделювання та опрацювання циклічних сигналів в інформаційних системах. (Монографія) / Лупенко С.А. — Львів : В-во Магнолія 2006, 2016. — 343 с.
5. I.V. Lytvynenko. Method of segmentation of determined cyclic signals for the problems related to their processing and modeling/ I.V. Lytvynenko / Scientific Journal of the ternopil national technical university. 2018, Vol. 88, No. 4, pp. 153-169.
6. I. Lytvynenko Segmentation and statistical processing of geometric and spatial data on self-organized surface relief of statically deformed aluminum alloy / I. Lytvynenko, P. Maruschak, S. Lupenko, S. Panin // Applied Mechanics and Materials, 2015, Vol. 770, pp. 288-293.

**УДК 004.77**

**Сергій Лупенко<sup>1</sup>, д.т.н., професор; Олександра Оробчук<sup>1</sup>, аспірант; Тетяна Помазкіна<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>2</sup>Міжнародний благодійний фонд «Мінтан», Україна

## **ФОРМУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ КОНТЕНТУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ КИТАЙСЬКОЇ ОБРАЗНОЇ МЕДИЦИНИ**

**Serhii Lupenko, Dr., Prof.; Oleksandra Orobchuk, Tetiana Pomazkina**

### **FORMATION AND MANAGEMENT OF THE CONTENT OF THE E-LEARNING SYSTEM OF CHINESE IMAGE MEDICINE**

Самоосвіта стає невід'ємною важливою складовою сучасного освітнього процесу, що характеризується значною динамічністю і є неперервним процесом набуття знань, вмінь, навиків, з можливістю реалізації індивідуального підходу. Саме цей вид освіти здатний максимально збільшити доступ до відомостей про китайську образну медицину (КОМ) як важливої складової інтегративної медицини, а також забезпечити їх уніфікацію, інтенсифікувати підготовку імідж-терапевтів (КОМ-терапевтів) [1].

З точки зору комп'ютерно-інформаційних технологій процес самоосвіти найефективніше реалізувати як систему дистанційного електронного навчання (СЕН) [3]. Основою якісних систем дистанційного електронного навчання є якісний контент, який сформований за апробованими методиками та використання сучасних CMS (система менеджменту контенту) і відповідність міжнародним стандартам (наприклад, SCORM). Оскільки парадигма e-learning передбачає відсутність постійного контакту з інструктором, його функції мають реалізовуватись вдало сформованим і керованим контентом. Необхідну якість навчального матеріалу забезпечується ефективною взаємодією інженерів-когнітологів та експертів КОМ в процесі видобування знань, який має відповідати таким критеріям: унікальність, експертність (професійність), цілісність, повнота, релевантність.

Даній сфері притаманні приховані інтуїтивні й асоціативні знання, пов'язані з індивідуальними аспектами досвіду експерта КОМ, які важко піддаються формалізації та уніфікації. Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між поняттями, їх якісної структуризації, для наступної побудови ієрархічності термінологічно-понятійної структури КОМ слушно використати онтологічний підхід, який забезпечує ефективне проектування компонент будь-якої знання-орієнтованої інформаційної системи, особливо зважаючи на складну специфіку предметної області КОМ [4]. Інформаційна система з онтолого-керованою архітектурою, яка містить у своєму складі комп'ютерну онтологію китайської образної медицини, дасть змогу реалізувати всі переваги електронного навчання КОМ.

В організації дистанційного навчання CMS є найбільш перспективними, оскільки дають змогу ефективно формувати контент і відслідковувати результати навчання. Інтеграція нового контенту в СЕН не складає особливих проблем – процес доповнень стандартизований, зникає необхідність постійного програмування. Навчальне середовище має проектуватись із врахуванням принципів конструктивістських теорій навчання, основними з яких є: готовність до навчання, організація навчання за принципом спіралі (тут важливим є покрокове вивчення нової інформації; організація матеріалу, яка дасть змогу вивчати тему на різних рівнях; можливість застосовувати набутий досвід при вивченні наступних тем), вихід за рамки представленої інформації. Такий курс оптимально будувати з дискретних інтерактивних модулів, сформованих в єдиному стилі, кожен з яких є самодостатнім та максимально інформативним

навчальним матеріалом, перевіреном на точність, релевантність та узгодженість. Також для кожного блоку навчального контенту необхідно розробити практичні види діяльності з використанням аудіо- та мультимедійних форматів представлення знань, видобутих від експертів КОМ. Оскільки предметна область КОМ є складною для засвоєння початківцями, то забезпеченість мультимедіа навчального курсу суттєво покращить сприйняття інформації, підвищить інтерес до матеріалу, стимулює його вивчення, зробить навчальний процес більш ефективним [2]. Таку підтримку опрацювання контенту також забезпечать якісні методичні рекомендації по його опрацюванні, надані експертами КОМ. Формування і використання контенту системи електронного навчання китайської образної медицини представлено на рис. 1.

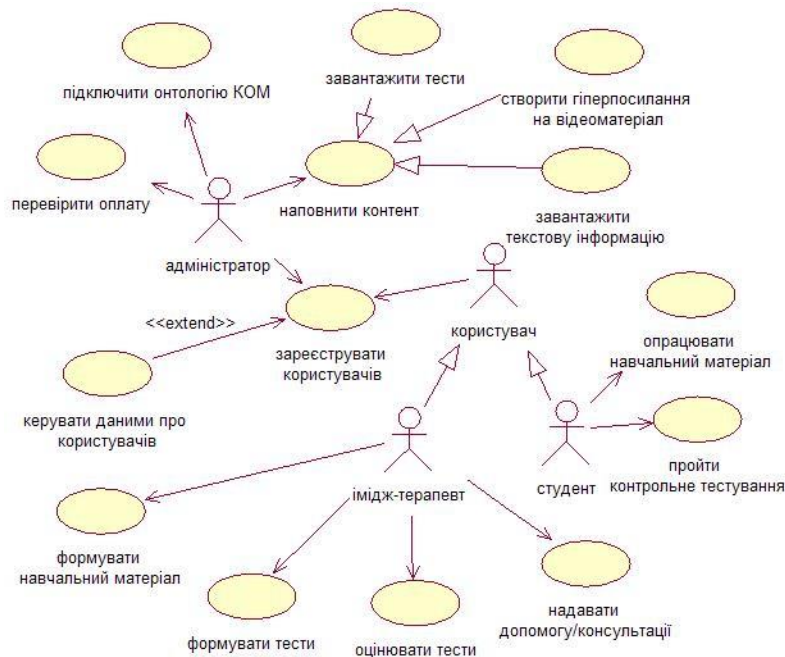


Рис.1. Діаграма прецедентів СЕН КОМ

Проектована система електронного навчання охопить як теоретичні, так і практичні аспекти самоосвіти та підвищення кваліфікації у відповідності до міжнародних освітніх практик, а онтоорієнтованість збільшить її потенціал, враховуючи темпи розвитку інтернет-технологій.

1. Оробчук О.Р., Лупенко С.А., Загородна Н.В. Формування онтоорієнтованого електронного навчального середовища як напрям становлення інтегральної медицини на прикладі КОМ. // Актуальні наукові дослідження в сучасному світі: Збірник наукових праць XXXII Міжнародної наукової конференції, 2017 р. – Переяслав-Хмельницький: Вип. 12(32). – С.56-61.
2. Nader Barzegar et al. The effect of teaching model based on multimedia and network on the student learning / Procedia - Social and Behavioral Sciences 47 (2012). – p. 1263-1267.
3. Петриков П. А. Подходы к разработке учебных материалов для дистанционного обучения // Молодой ученый. — 2012. — №2. — С. 59-62. — URL <https://moluch.ru/archive/37/4313/> (дата звернення: 29.04.2018).
4. O.Orobchuk, S.Lupenko, A.Pavlyshyn Conceptual Fundamentals for Ontological Simulation of Chinese Image Medicine as a Promising Component of Integrative Medicine // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science – 2017. – Vol. 15, Issue 140. – С. 28-32.

**УДК 004.9-519.6**

**Луцків А.М. доц., к.т.н., Пасіка Д.Р.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ СИСТЕМ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ГОЛОСОМ**

**Lutskiv A. M. Assoc. Prof, Ph.D., Pasika D.R., group CIм-51**

### **VOICE AUTHENTICATION SYSTEMS ALGORITHMS AND METHODS ANALYSIS**

Аутентифікація людини за голосом все частіше використовується у широкодоступних мобільних та веб-сервісах, багато провідних компаній ведуть активні розробки в даній сфері, наприклад: Nuance Communications (Apple Siri, Dragon Go, Barclays Voice security), Microsoft (Microsoft Cognitive Services), Google (Cloud Speech API) та інші. Таку поширеність аутентифікації за голосом та розпізнавання мовлення легко пояснити поширеністю пристроїв отримання аутентифікаційних ознак, більшість комп'ютерних систем та периферії обладнані мікрофонами, що робить біометричну аутентифікацію за голосом універсальним методом біометричної аутентифікації.

Системи аутентифікації особи за голосом працюють у режимах реєстрації (ідентифікації) та аутентифікації. Основними етапами роботи системи аутентифікації в режимі реєстрації є:

- 1) відбір голосових даних з пристрою введення (мікрофону);
- 2) дискретизація вхідних даних.
- 3) попередня фільтрація отриманого сигналу;
- 4) мінімізація діагностичних характеристик шляхом розкладу в «ряди» (отримання коефіцієнтів розкладу)
- 5) формування біометричного еталону на основі кількаразового повтору особою ключової фрази (голосового паролю).

На етапі 5 система повинна визначити стабільність еталону: якщо коридор допустимих значень (який може визначатись на основі дисперсії) буде надто великим, то процедура реєстрація має бути проведена повторно.

До основних етапів роботи системи аутентифікації за голосом людини належать:

- 1) відбір голосових даних з пристрою введення (мікрофону);
- 2) дискретизація
- 3) попередня фільтрація отриманого сигналу;
- 4) мінімізація діагностичних характеристик шляхом розкладу в «ряди» (отримання коефіцієнтів розкладу)
- 5) порівняння набору отриманих коефіцієнтів з еталонними коефіцієнтами в рамках допустимого коридору значень зареєстрованої особи – процес аутентифікації.

Етапи 1-4 в режимах аутентифікації та реєстрації є ідентичними.

Перший та другий етапи є очевидними й передбачають отримання та оцифрування голосових даних, перехід від неперервної до дискретної форми сигналу. В системах голосової аутентифікації пристроями введення є мікрофони різних типів: конденсаторні, динамічні та стрічкові. Найпоширенішими є конденсаторні та динамічні, конденсаторні мікрофони мають доволі рівномірну амплітудно-частотну характеристику, проте потребують додаткового живлення, примхливі до кліматичних умов та мають значно більшу вартість ніж динамічні. Динамічні мікрофони менше залежать від кліматичних умов, мають нижчу вартість та легші, а це дає змогу використовувати їх в портативних пристроях. В комп'ютерній системі аналоговий

сигнал оцифровується за допомогою блоку аналогового-цифрового перетворювача, цей пристрій перетворює електричну напругу в двійковий код.

Третій етап полягає у відкиданні шумів та завад на основі цифрових фільтрів. Отримавши спектральне подання сигналу його потрібно очистити від шумів. Людський голос володіє відомими характеристиками, і тому ті області спектру сигналу, які не характеризують голос потрібно усунути. Для цього використовується функція, яка отримала назву «вікно Кайзера».

$$w(n) = \frac{I_0\left(\beta \sqrt{1 - \left(\frac{2n-N+1}{N-1}\right)^2}\right)}{I_0(\beta)},$$

де  $I_0$ - модифікована функція Бесселя першого роду нульового порядку;  $\beta$  – коефіцієнт що визначає долю енергії, зібрану в головній пелюстці спектру віконної функції. Чим більше  $\beta$  тим більша доля енергії і ширша головна пелюстка, і менший рівень бокових пелюсток. На практиці використовують значення від 4 до 9.

Четвертий етап полягає у використанні одного з методів розкладу в ряди: вейвлет-перетворення, швидке перетворення Фур'є, перетворення Хаара. Найуживанішими є вейвлет-перетворення та швидке перетворення Фур'є.

П'ятий етап може бути реалізований на основі використання апарату математичної статистики, штучних нейронних мереж, або поєднання обох підходів. Стан нейрону нейромережі можна визначити за формулою:  $S = \sum_{i=1}^n x_i w_i$ , де  $n$  - кількість входів нейрону,  $x_i$ - значення  $i$ -го входу нейрону,  $w_i$ - вага  $i$ -го синапсу. Значення аксону нейрону визначається відповідно до:  $Y = f(S)$ , де  $f$  – функція активації. Найчастіше активаційною функцією виступає т.з. сигмоїд:  $f(x) = \frac{1}{1+e^{-ax}}$ . Основна перевага цієї функції в тому, що вона диференційована на всій осі абсцис і має дуже просту похідну:  $f'(x) = af(x)(1 - f(x))$ , при зменшенні параметра  $a$  сигмоїд стає більш пологим, перетворюючись в горизонтальну лінію на рівні 0,5 при  $a = 0$ . При збільшенні  $a$  графік функції сигмоїду стає схожим до графіку функції одиничного стрибка. Якщо  $X[1..N]$  і  $Y[1..N]$  масиви чисел, однакового розміру  $N$ , що містять значення спектральної потужності першого та другого фрагментів відповідно. Тоді міра співпадіння між ними обчислюється за  $f_{xy} = \frac{M_x M_y}{M_{xy}}$ , де  $M_x$  і  $M_y$  математичне сподівання для масивів  $X[1..N]$  і  $Y[1..N]$  відповідно. Даний спосіб обчислення міри схожості двох фрагментів представлених у вигляді спектра є найоптимальнішим для задачі ідентифікації людини по голосу.

Системи аутентифікації характеризуються помилками першого (недопуск законного власника в систему) та другого роду (пропуск зловмисника), які оцінюються емпірично.

### Література

1. Drew T. The Current State Of Authentication: We Have A Password Problem [Електронний ресурс] / Thomas Drew – Режим доступу до ресурсу: <https://www.smashingmagazine.com/2016/06/the-current-state-of-authentication-we-have-a-password-problem/>.
2. Цифровая обработка сигналов [Електронний ресурс] / кафедра АЭИ – Режим доступу до ресурсу: <http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=21619>.
3. О. В. Капшій. Вейвлет-перетворення у компресії та попередній обробці зображень / О. В. Капшій, О. І. Коваль, Б. П. Русин. – Львів: СПОЛОМ, 2008. – 208 с.
4. Желтов А. Идентификация пользователя по голосу [Електронний ресурс] / Антон Желтов. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/post/144580/>.



**УДК: 004.056.52**

**Максимів Т.Б., аспірант**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **БІОМЕТРИЧНА СХЕМА ПЕРЕВІРКИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОХЕШ ФУНКЦІЇ**

**Taras Maksymiv, postgraduate**

### **BIOMETRIC AUTHENTICATION SCHEME USING BIO-HASH FUNCTION**

Розподілена, мережева система дозволяє користувачам ефективно отримувати доступ до ресурсів. Веб-сервіси, такі як Інтернет-магазини та Інтернет-банкінг, стали поширеними в сьогоdnішньому технологічному світі, що викликало серйозний попит на процеси віддаленої автентифікації, що забезпечує безпеку операцій між користувачами та серверами. У різних серверних середовищах схеми автентифікації користувачів вимагають впровадження підвищених рівнів володіння. Перша схема автентифікації з застосуванням пароля була введена компанією Lamport в 1981 році, і з тих пір були проведені різні дослідження щодо безпеки, ефективності та вартості схем автентифікації. Існуючі схеми віддаленої автентифікації в основному реалізуються за допомогою системи відкритих ключів, і в більшості випадків їх можна розділити на традиційні схеми автентифікації на основі сертифікатів та схеми автентифікації на основі ідентичності.

Для забезпечення безпечної, ефективною та практичною автентифікації були запропоновані різні схеми, основані на ідентичності. Один клас заснований на операції порівняння, який є практичним, але неефективним, оскільки для здійснення операції порівняння потрібна висока обчислювальна вартість. Другий ґрунтується на певній хеш-функції, через яку ідентифікаційна інформація відображається до точки на еліптичній кривій, в результаті чого виникає дуже складна структура. Третій – пряма схема на основі ідентифікатора, яка використовує загальну криптографічну хеш-функцію з структурою, яка є більш простішою, ніж у другому класі. Через простоту цієї структури автентифікацію можна виконати лише за допомогою тристороннього рукостискання. Проте, зловмисник все ще легко може вигадати яку-небудь атаку на таку систему. Коли враховуються всі проблеми згаданих вище трьох категорій, безпечні прямі схеми автентифікації на основі ідентичності забезпечують оптимальний дизайн для користувачів мобільних пристроїв та програм у реальному часі.

Останнім часом схеми автентифікації на основі ідентичності з хеш-функцією були розділені на три категорії відповідно до методів, використовуваних у процедурі автентифікації: (1) схема, основана на знаннях, (2) об'єктна схема та (3) біометрична схема. Проте кожен тип має свої характеристики та обмеження:

1. Аутентифікація, основана на знаннях, проста, зручна та ефективна, але вона є слабкою для витоку інформації зловмисникам;
2. Об'єктна автентифікація, заснована на фізичному володінні пристроєм, таким як смарт-карта, і дозволяє зловмиснику видати себе за законних користувачів у ситуації, коли втрачається смарт-картка,
3. Аутентифікація на основі біометрії показує кращі результати, ніж два типи, описаних вище. Біометричні ключі, такі як відбитки пальців або особові риси, не можуть бути втрачені та забуті. Проте біометричні зразки, такі як обличчя, можуть бути захоплені в різних системних базах даних, тому біометричні ключі можуть залишатися незахищеними.

Багатофункціональна біометрична автентифікація поєднує в собі використання пароля, біометрії та захисту від смарт-карт, щоб підвищити безпеку та запобігати

різним типам атак, і це не впливає на вищезгадані дефекти. Такі схеми останнім часом стали координаційним центром дослідження, головним чином відображеними в роботі, яку висували різні дослідники. Розглянуто біометричну аутентифікацію на основі схеми Сао і Ge. Така схема є вразливою до біометричної помилки розпізнавання, повільного неправильного визначення пароля, офлайн атаки на паролі, атаки на відображення користувача, вгадування ідентифікатора користувача, DoS атаки, а також відсутність узгодження ключів сеансу.

Огляд схеми автентифікації Сао і Ge.

Процес схеми автентифікації Сао і Ge розглядається перед проведенням аналізу безпеки. Їх схема включає в себе три фази: етап реєстрації, фаза зміни пароля та фаза логіну та аутентифікації. Етап реєстрації – цей етап є першим, який потрібно виконати, коли користувач хоче зареєструвати себе на сервері. Етап зміни паролю – виконується, коли користувач хоче змінити пароль або коли смарт-картка втрачена. Етап логіну або аутентифікації – користувач хоче підключитися і увійти у систему віддалено.

Біо-хеш-функція.

Хеш-функція стосується функції односторонньої трансформації. Функція хеша виконує довільний вхід і повертає рядок з фіксованим розміром, який називається хеш-значенням.

Через особливість та здатність біометрії диференціювати конкретну особу від інших, різні системи прийняли методи вирішення проблем аутентифікації та перевірки. Однак невелика зміна біометричних даних (втрата невеликої інформації, шум або зміна порядку введення даних) може призвести до суттєвої зміни хеш-значення через невизначеність, притаманну пошуку біометричних особливостей. Іншими словами, загальні хеш-функції призводять до великих відмінностей через незначні відмінності вхідних даних, а помилки розпізнавання є результатом легких біометричних змін. Для вирішення цієї проблеми пропонується і вивчається біометрична функція. У різних дослідженнях, присвячених системам біохешуванню, функція біо-хешу має дотримуватися наступних властивостей:

- подібна біометрична інформація повинна мати подібні хеш-значення,
- різна біометрична інформація не повинна мати подібних хешей,
- обертання та переклад оригінального шаблону не повинно суттєво впливати на хеш-значення,
- часткова біометрична інформація повинна бути сумісна, якщо є достатньо докладних питань.

Певний клас хеш-функції може бути сформований так, щоб бути вічним у тому порядку, в якому вхідний шаблон представляється хеш-функції, і такі хеш-функції називаються функцією біо-хешу або симетричним хешем. Отже, функція біо-хешу може вирішити помилку розпізнавання загальної хеш-функції і може автентифікувати законного користувача, навіть якщо біометрична інформація користувача трохи зміниться.

### **Список використаної літератури**

1. Fundamentals of Information Systems Security/Access Control Systems [Електронний ресурс]/wikibooks. – Режим доступу: URL: [https://en.wikibooks.org/wiki/Fundamentals\\_of\\_Information\\_Systems\\_Security/Access\\_Control\\_Systems](https://en.wikibooks.org/wiki/Fundamentals_of_Information_Systems_Security/Access_Control_Systems).
2. Проблеми захисту інформації в комп'ютерних мережах [Електронний ресурс]/ Ua-Referat. – Режим доступу: URL: <http://ua-referat.com/>

**УДК 004.054**

**Василь Марценюк, д.т.н., проф., Назар Мілян**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЛЬ І МІСЦЕ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ СЕРЕД СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Vasyl Martsenyuk, Dr., Prof., Nazar Milian**

## **THE ROLE AND PLACE OF CLOUD COMPUTING AMONG MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES**

Протягом останніх років виникли і динамічно розвиваються нові інформаційні технології, що підтримують, між іншим, наукові дослідження і виконання масштабних обчислень у сфері математичного моделювання і комп'ютерних симуляцій. Такі технології як: віртуалізація (англ. virtualization), хмарні обчислення (англ. cloud computing), розподілені і паралельні обчислення (англ. distribution and parallel computing), кластерні обчислення (англ. cluster computing), ґрид-обчислення (англ. grid computing) і галузеві ґриди (англ. domain grids) дозволяють виконувати обчислювальні завдання, які раніше були неможливими для реалізації. Наведені вище методи розвинулися на основі Інтернет і пов'язаних з ним технологій, таких як WWW, а особливо Web 2.0.

Обчислювальна (англ. cloud computing) хмара – це модель обробки даних, що ґрунтується на використанні наданих послуг через їх надавача (внутрішній відділ або зовнішня організація). Функціональність тут розуміється як пропонована послуга у вигляді програмного забезпечення (також необхідна апаратна інфраструктура). Це означає уникнення необхідності купівлі ліцензії чи потреби інсталяції і адміністрування програмного забезпечення.

Перевагою хмарних технологій є те, що у користувача завжди під рукою потужний і розширюваний інструмент, з яким можна взаємодіяти віддалено і масштабувати в будь-який час доби.

Найбільшими гігантами хмарних обчислень є: Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP) і Microsoft Azure.

У січні 2017 року RightScale провела свою шосту щорічну оцінку «State of the Cloud Survey», в якій взяли участь більше 1000 спеціалістів з інформаційних технологій для аналізу поточних тенденцій хмарних обчислень[1]. Були отримані такі результати:

– У 2016 році, 32% учасників відповіли, що проблема, пов'язана з областю хмарних обчислень, була пов'язана з браком ресурсів або досвіду. У 2017 році ця цифра знизилася до 25%.

– У 2016 році 29% учасників відповіли, що вони стурбовані безпекою хмарних обчислень. У 2017 році ця цифра знизилася до 25%.

– У 2016 році 15% учасників відповіли, що продуктивність була складною задачею у сфері хмарних обчислень. У 2017 році ця цифра знизилася до 11%.

Саме з цих даних можна побачити тенденцію від професіоналів, що бар'єр входу в галузь хмарних обчислень швидко зменшується. Більше не потрібно бути експертом з розміщення сайту за допомогою Google Cloud або AWS. Багато керованих провайдерів, наприклад, хостингу WordPress, тепер дозволяють скористатися перевагами хмари, не турбуючись про технічну сторону речей. Великі підприємства зараз навіть інвестують у своїх власних працівників та інженерів, оскільки Google Cloud, AWS та Azure тепер пропонують сертифікати на своїх платформах.

Продуктивність і безпека також зробили стрибки і обмеження протягом останніх кількох років просто тому, що постачальникам хмарних обчислень довелося винайти

нові способи більш безпечного розміщення даних, одночасно забезпечуючи їх швидкість. Більшість провайдерів за замовчуванням шифрують трафік між центрами даних.

Ще один цікавий аспект їх опитування полягав у тому, щоб переглянути загальноприйняті статистичні дані щодо прийняття хмарності від 2017 року та 2016 року. Дані AWS залишилися приблизно однаковими, у той час як у Azure та Google Cloud відбулося значне зростання. AWS безумовно залишається лідером, але це пов'язано з тим, що вони є першими, хто дійсно інвестує та формує галузь промисловості хмарних обчислень. Google Cloud і Azure також досягають успіхів.

Ось деякі додаткові статистичні дані та прогнози щодо галузі хмарних обчислень:

- Огляд компанії BDO Technology Outlook показав, що 74% головних фінансових директорів у галузі технологій (CFOs) вважають, що хмарне обчислення матиме найбільший вплив на їх бізнес у 2017 році.

- IDC FutureScape прогнозує, що у 2018 року принаймі половина витрат на ІТ будуть хмарними, досягаючи 60% всієї ІТ-інфраструктури та 60-70% усіх витрат на програмне забезпечення, послуги та технології до 2020 року.

- Wikibon прогнозує, що витрати корпоративних хмар зростають зі швидкістю 16% складання річного приросту (CAGR) у період з 2016 по 2026 рік.

Розглянемо детальніше GCP та AWS. Необхідно звернути увагу що служби у сервісах хмарних обчислень в основному представляють одну і ту ж функціональність, лише назви відрізняються і мають звичайно певні свої особливості. Наприклад, в AWS центральною обчислювальною службою є сервіс Elastic Compute Cloud (EC2), а у GCP – Compute Engine.

GCP по-суті складається з безлічі різних послуг та рішень, які дозволяють використовувати ту ж програмну та апаратну інфраструктуру, яку Google використовує для власних продуктів, таких як YouTube та Gmail. Вони запустили свою першу службу Google App Engine у попередньому перегляді у 2008 році. Кількість їхніх продуктів тепер складає більше 50, до основних належать: Google Compute Engine, Google App Engine, Google Container Engine, Google Cloud Bigtable, Google BigQuery, Google Cloud функції, Google Cloud Datastore, Google Storage, CDN Google Cloud, Google Cloud DNS

AWS є дочірньою компанією Amazon.com, яка розпочала свою діяльність у 2006 році для надання послуг хмарних обчислень для бізнесу та приватних осіб. Як і у GCP, вони мають безліч різних послуг та рішень. Amazon безперечно проклав шлях до хмарних обчислень. Кількість їхніх продуктів тепер складає більше 200, до основних належать: Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2), AWS Elastic Beanstalk, Amazon EC2 Container Service, Amazon DynamoDB, Amazon Redshift, Amazon Lambda, Amazon DynamoDB, Amazon S3, Amazon CloudFront, Amazon Route 53.

Якщо ж проводити порівняння то Google Cloud і AWS дуже схожі, тому простіше звести порівняння до одних категорій. Таким чином, порівняння може бути здійсненим по таких категоріях, як обчислення (англ. compute), зберігання/диск (англ. storage/disk), мережа (англ. network), оплата та ціноутворення (англ. billing and pricing), підтримка та відмовостійкість (англ. support and uptime), безпека (англ. Security).

### **Перелік посилань**

1. Jackson B. Google Cloud vs AWS in 2018 (Comparing the Giants) [Електронний ресурс] / Brian Jackson. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://kinsta.com/blog/google-cloud-vs-aws/>.

**УДК: 004.942**

**І.Я. Мудрик, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СПОСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ АНОРМАЛЬНИХ НЕВРОЛОГІЧНИХ РУХІВ**

**I. Mudryk, postgraduate student**

### **METHODS OF COMPUTERIZED COLLECTION AND ANALYSIS OF NEUROLOGICAL ABNORMAL MOVEMENTS PARAMETERS DATA**

Проблема складності ідентифікації та оцінювання захворювання на тремтіння кінцівок існує внаслідок недосконалості методів діагностування. Спосіб комп'ютерного аналізу оцифрованої інформації є набагато точнішим та ефективнішим в оцінці ступеню тремору, в порівнянні з примітивними способами візуального оцінювання стану пацієнта з проявами тремору рук. З метою усунення суб'єктивності та обмежень методів аналізу, були розроблені деякі методи вимірювання та аналізу тремору в електронному вигляді. Обробка отриманих даних дозволяє отримати частотні характеристики, амплітуду коливання, дисперсію, відхилення рухів руки.

Процес ідентифікації параметрів системи забезпечує підвищення точності і зрозумілості поведінки системи при виконанні нетипових рухів внаслідок наявності неврологічних захворювань. Сучасна розробка з метою автоматизації процесу є актуальною для медичних закладів та лабораторій, що займаються проблемами захворювань неврологічного характеру: тремтіння кінцівок, есенціального тремору, хвороби Паркінсона та інші.

Засоби та прилади, необхідні для виконання досліджень та експериментальних дослідів:

- персональний комп'ютер (або ноутбук);
- хмарний сервер для зберігання даних;
- планшетний комп'ютер (інтерактивний планшет, графічний перовий планшет);
- пристрій з G-сенсором, трьохосьовим мікроакселерометром;
- камера для зйомки відео у сповільненому режимі.

Портативні датчики руху, придатні для вимірювання тремтіння, тепер доступні за прийнятною ціною. Використання цих перетворювачів вимагає знань про їх можливості, властивості, характеристики точності, параметри функціонування. Найбільш поширеним способом для електронної оцінки тремору є:

- 1) Акселерометрія, яка використовує датчики для вимірювання прискорення частини тіла. При цьому методом вимірюють лінійні сили прискорення в трьох ортогональних напрямках, фіксують рух частин тіла, утворених дією гравітації і дією м'язів, включаючи тремтіння. Такі розробки досить недорогі і дозволяють виконати компактні системи аналізу тремору, доступні для більшості лабораторій. Частота та амплітуда механічних коливань розраховуються методами частотного аналізу показів на осі найбільшої дисперсії та оцінки амплітуди відхилення кожного з сигналів. Деякі дослідження показали, що сенсорні дані від акселерометрів і гіроскопів сильно корелюють з UPDRS тремору оцінками [1]
- 2) Одним з методів діагностики тремору є метод аналізу Архімедових спіралей, який полягає в порівнянні шаблону еталонної спіралі з спіраллю, яку намалював пацієнт[2]. Цей метод є більш якісною оцінкою різних типів захворювань на тремор. Діагностує мимовільну активність м'язів та їх реакцію на поступальні рухи

в різних площинах координат. Метод запису характеристик рухів рук пацієнтів при виконанні тестування з допомогою спіралі Архімеда виконується з використанням цифрового пера на графічному планшеті.

- 3) Вимірювання з використанням електроміографії (ЕМГ). Сигнал (ЕМГ) можна розглядати як суперпозицію активності індивідуума під час скорочення м'язів і може бути використана для діагностувати багато типів нервово-м'язових розладів. Сигнал ЕМГ може бути отриманий з допомогою електропровідних елементів (голок, наліпок), розміщених на поверхні шкіри або за введених в м'язову тканину.
- 4) Відомий метод запису та аналізу тремтіння та інших мікрорухів верхніх кінцівок на основі запису позиції міток лазерними аналоговими сенсорами.
- 5) 3D-камери. Відомий метод і пристрій, згідно з яким для оцінки кінетичних патернів рухів голови, тулуба і кінцівок зазвичай записують рух маркерів, закріплених на тілі досліджуваного. З допомогою активних оптичних маркерів можна отримати прискорення та ряд інших параметрів просторової орієнтації. Криві траєкторій кожного маркера визначають в тривимірному просторі як функцію часу і зберігають загальні записи даних всіх маркерів. Комп'ютерний аналіз визначає характеристики відрізків кривих і оцінює їх в термінах розпізнавання образів, порівнюючи з відповідними еталонними значеннями. Даний спосіб складний як технологічно, та потребує спеціалізованого та дороговартісного обладнання. Інформацію, отриману з допомогою цих записів, складно аналізувати, існує потреба у спеціалістах з обробки інформації вузького профілю.

Найчастіше використовуються акселерометри, гіроскопи, лазери, камери, та цифрові графічні планшети для оцінки тремору в амбулаторних умовах. Статистична обробка отриманих даних дозволяє отримати частотні характеристики, амплітуду коливання, дисперсію, відхилення рухів руки. Більшість спеціалізованих програмних комплексів для збору та аналізу даних про рухи частин тіла у пацієнтів з неврологічними відхиленнями розробляються конкретно під потреби лабораторії чи відповідного способу діагностування, і є досить вузькоспеціалізованими.

Кожна з систем складається з модулів програми а) вимірювання, збору, передачі параметрів в конкретних умовах, б) визначення параметрів та аналізу стану, оцінювання. Для здійснення аналізу результатів ПЗ має GUI (графічний інтерфейс користувача), який забезпечує двосторонній зв'язок програми та її користувача.

### Список використаної літератури

1. Elble R.J., Pullman S.L., Matsumoto J.Y., Raethjen J., Deuschl G., Tintner R., Tremor Research Group Tremor amplitude is logarithmically related to 4- and 5-point tremor rating scales. *Brain*. 2006;129:2660–2666. doi: 10.1093/brain/aw1190. [PubMed] [Cross Ref]
2. Pullman, S L. Spiral analysis: a new technique for measuring tremor with digitizing tablet. *Movement Disorders* 1998;3:85-89.
3. André Pierre Legrand, Isabelle Rivals, Aliénor Richard, Emmanuelle Apartis, Emmanuel Roze, Marie Vidailhet, Sabine Meunier, Elodie Hainque. New insight in spiral drawing analysis methods – Application to action tremor quantification. *J Clinical Neurophysiology*. October 2017 Volume 128, Issue 10, Pages 1823–1834.

**УДК 681.58**

**О.Б. Назаревич, к.т.н., доц. кафедри комп. наук, І.М. Шиккульський**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP8266**

**O.B.Nazarevich, Ph.D., Assoc.Prof. department of comp. Sciences, I.M. Shikulsky**  
**MANAGING SMART HOME BASED ON ESP8266 MICROCONTROLLER**

Розумний дім (розумний будинок/ smart home, digital house) — будинок, дача або приміщення комерційного призначення (бутік, офіс, будь-яка установа), які мають якісні системи забезпечення та операційний multi-room. За допомогою останнього, функціонально пов'язуються між собою усі електроприлади будівлі, якими можна керувати централізовано — з пульта-дисплею. Прилади можуть бути під'єднані до комп'ютерної мережі, що дозволяє керувати ними за допомогою ПК та надає віддалений доступ до них через Інтернет.

Існуючі у відкритому доступі Wi-Fi модулі ESP8266 представляють собою найпростіший контролер передачі даних всередині будинку або квартири. За допомогою цього мініатюрного пристрою можна віддалено здійснювати контроль за більшістю процесів, що відбуваються у вас в квартирі в той час, коли ви перебуваєте у відпустці або на роботі.

Обходяться такі модулі досить недорого, і тому, створити «розумний будинок» можна навіть без великих фінансових вкладень.

Технічні характеристики цієї системи управління та обробки даних не дуже високі, проте навіть таких показників більш ніж достатньо для того, щоб забезпечити безперебійну роботу всього устаткування.

Основні технічні характеристики Wi-Fi плати ESP8266 для розумного будинку:

- Напруга живлення модуля: від 1,6 до 3,6 В;
- Wi-Fi: 802.11 b / g / n з WEP, WPA, WPA2;
- Режими: STA (клієнтський), AP (точка доступу) і STA / AP (клієнт + точка доступу);
- Обсяг слота пам'яті для зберігання даних: до 512 Кб;
- RAM обробки даних: 64 кб;
- RAM системи: 32 кб.

На перший погляд може здатися, що такий модуль - слабкий, проте це не так. Таких даних більш ніж достатньо для того, щоб забезпечити стабільну роботу, шифрування і захист інформації. Датчик пристрою, контролер передачі даних і всі інші елементи модуля справно працюють навіть при таких показниках, тому проблем з перевантаженням системи в процесі її використання виникнути не повинно. Модуль ESP8266 для розумного будинку можна вбудувати в уже існуючу мережу Wi-Fi. Разом з тим, для більш надійної і безперебійної роботи найкраще створити свою мережу Wi-Fi, щоб навантаження на неї не відбивалася на швидкості інтернету.

### **Література**

1. ESP8266 розумний будинок [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://stroyka-gid.com.ua/enziklopedia-znan/11887-esp8266.html>. Розумний будинок (Smart Home) [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.irjet.net/archives/V5/i2/IRJET-V5I2296.pdf>

**УДК 004.04**

**Л.В. Омельчук, О.Б. Назаревич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ФОЛКСОНОМІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ЯК СКЛАДНА  
(КОМПЛЕКСНА) БЕЗМАСШТАБНА МЕРЕЖА**

**L. Omelchuk, O. Nazarevych**

**FOLKSONOMIA OF INFORMATION RESOURCES AS A COMPLEX  
(EMPLOYED) EMERGENCY NETWORK**

Проаналізувавши явище фолксономії (соціальних закладок) можемо стверджувати, що їх також можна віднести до складних (комплексних) мереж, з одним уточненням – наявності трьох різних типів вершин: користувачі, теги та ресурси з метаданими (веб-сторінки, статті, фото- чи відео-файли). Мережею (network) називається сукупність вузлів, що поєднані зв'язками. Існує багато систем, що мають форму мережі: це інтернет, www, нейронні мережі, мережі метаболізму, харчування, транспортні, розподільчі (наприклад, кровоносні артерії чи поштова служба), соціальні мережі, мережі цитування та соціальні закладки (фолксономія) багато інших. Складною (комплексною) вважається мережа з кількістю більше десятків чи сотні тисяч вершин. Перші статті датовані кінцем 1990-их років. Мета досліджень змінилася від аналізу невеликих графів та властивостей окремих вершин і ребер, до розгляду статистичних властивостей цих графів (мереж).

Зі зміною мети змінилися й методи аналізу. Народження "науки про мережі" відбулося внаслідок розвитку комп'ютерних технологій: www надає порівняно легкий доступ до баз даних з інформацією про різноманітні мережі й водночас потужність комп'ютерів дозволяє докладно їх аналізувати (що було би просто неможливо в іншому випадку, враховуючи розміри досліджуваних мереж). Отож, це був саме той момент, коли наука мала б долучитися як до традиційного емпіричного вивчення мереж, так і до їх моделювання та спроб теоретичного аналізу.

Певний тип мереж, так звані нейронні мережі, цікавив науковців і раніше. Вони й надалі є об'єктом досліджень, проте їхні властивості не настільки визначаються топологією мережі (в принципі, кожен вузол пов'язаний зі всіма іншими), як вагою зв'язків і станом вузлів. Тоді як у поведінці мереж, про які йтиме мова в цьому огляді, топологія відіграє провідну роль. Щоб означити такі об'єкти й коло досліджуваних питань, часто вживається термін складні мережі (complex networks). Відзначимо також споріднені питання, якими цікавляться у фізиці та хімії полімерів складної топології – полімерних мереж.

Виявляється, що найважливіші мережі, які виникають унаслідок людської життєдіяльності, та природні мережі мають специфічну структуру, що характеризується розподілом ступенів вузлів із товстим хвостом (fat-tail distribution) і сильно відрізняється від структури вже дослідженого в математиці класичного випадкового графа. Зазвичай ці мережі не статичні, а такі, що розвиваються, і для розуміння їхньої структури необхідно знати принципи їх еволюції.

Об'єктом, що інтенсивно досліджувався в теорії графів і безпосередньо пов'язаний із складними мережами, є класичний випадковий граф, або випадковий граф Ердоша-Рені. Його ввели і дослідили наприкінці 1950-их Пауль Ердош (Paul Erdos) і Альфред Рені (Alfred Renyi).

Однією з головних характеристик мережі є розподіл ступенів вузлів  $P(k)$ , що визначається як імовірність того, що вузол  $i$  має ступінь  $k_i=k$ . Під час дослідження виявилось, що мережі, які характеризуються різними  $P(k)$ , демонструють дуже



різноманітну поведінку, подібно до різних класів універсальності в теорії критичних явищ.

Більшість мереж, що існують у природі, безмасштабні. Чи не найтривалішу історію має вивчення соціальних мереж. Перші спроби виразити соціальні відносини людей у вигляді мережі належать до 30-их років ХХ століття.

Залежно від поставленої задачі, вершинами соціальної мережі можуть виступати окремі особи, групи людей або цілі установи.

Вивчення соціальних мереж було зумовлене, передусім, бажанням дослідити картину взаємодії людей. Окрім того, існує й чисто практичний інтерес до розкриття законів поширення в суспільстві потоків інформації, захворювань, різних уподобань, політичних переконань тощо. При цьому загальні характеристики складних мереж набувають специфічних інтерпретацій при їх застосуванні до конкретної сфери. Для прикладу, ступінь вершини в мережі знайомих показує рівень комунікабельності особи, тобто кількість її соціальних контактів, а середнє значення цього параметра впливає на поширення в суспільстві різноманітних чуток або ж, скажімо, віянь моди. Сукупність методів вивчення механізмів формування соціальних відносин є предметом соціометрії, у межах якої вперше почали конструювати невеликі соціальні мережі: мережа стосунків між школярами (Jacob Moreno, 1934р.); соціальні зв'язки між жінками в одному з міст Південної Америки (Davis, Gardner and Gardner, 1936р.); соціальна мережа робітників заводу в Чикаго (Elton Mayo, 1930р.) та інші.

Найбільшою мережею з доступною інформацією про топологічну структуру є мережа www. Вузли цієї мережі – це документи (веб-сторінки), а спрямовані зв'язки – це гіперлінки, що спрямовують від одного документа до іншого. За станом на січень 2005 р. публічно індексований веб налічував  $11.5 \cdot 10^9$  вузлів, причому розмір так званого глибокого чи невидимого вебу (deep web) оцінюється в декілька порядків більшим. Зауважимо, що інформацію про www отримуємо "повзанням" по мережі, а це, своєю чергою, спричиняє недооцінку тих документів, що мають малу цитованість. Відкриття того, що мережа www безмасштабна, сталося наприкінці 1990-их і викликало значне зацікавлення безмасштабними мережами як такими. У результаті аналізу підмножини вебу nd.edu, що складалася на ту пору з 325729 вузлів, отримано in- і out- показники для розподілу ступенів вузлів  $Y_{in} = 2.1$ ,  $Y_{out} = 2.45$ , а дослідження іншої підмножини, що складалася з  $40 \cdot 10^6$  документів, привели до оцінок  $Y_{in} = 2.1$ ,  $Y_{out} = 2.38$ . Дещо інакше формулювання мережі, коли вузлу ставилось у відповідність ім'я окремого домену, а зв'язок означав, що якийсь із документів цього домену містить покликання на документ іншого домену, привело до оцінки  $Y_{in, nom} = 1.94$  [40]. Мережа www виявилася мережею тісного світу з такими оцінками середньої довжини найкоротшого шляху:  $\langle l \rangle = 11.2$  (на підставі аналізу 325729 документів) і  $\langle l \rangle \sim 19$  (передбачення за допомогою скінчено розмірного скейлінгу для  $800 \cdot 10^6$  документів);  $\langle l \rangle = 16$  (на підставі аналізу  $50 \cdot 10^6$  документів);  $\langle l \rangle = 3.1$  (на доменному рівні). Про скорельованість мережі свідчить велике значення коефіцієнта кластерності  $C = 0.153127$  (пор. із  $C = 0.00023$  для класичного випадкового графа такого ж розміру).

#### Література:

1. Фолксономия и / или таксономия [Електронний ресурс] / Я.М. Витязев. – режим доступу: <http://blog.vityasev.ru/2007/02/06/folksonomy-and-or-taxonomy/>. – Назва з сторінки Інтернету.
2. Фолксономия [Електронний ресурс] / Wikipedia. – 2015. – режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фолксономия>. – Назва з сторінки Інтернету.
3. Фолксономия [Електронний ресурс] / Викизнание. – режим доступу: <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/Фолксономия>. – Назва з сторінки Інтернету.

УДК 004.031.4

Пундик В. І.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛІ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

Pundyk V.I.

### CLOUD SERVICES MODELS

І хоча усі хмарні сервіси створено за принципом «віддалених» обчислень, втілювати цей принцип можна по-різному. Все залежить від мети ресурсу, потреб користувача, функціональних можливостей. Три найбільш поширені моделі використання хмарних технологій це:

- Software as a Service (SaaS) («програмне забезпечення як послуга»);
- Platform as a Service (PaaS) («платформа як послуга»);
- Infrastructure as a Service (IaaS) («інфраструктура як послуга»).

SaaS-сервіси пропонують програмне забезпечення (ПЗ), яке не потребує завантаження та встановлення на персональні комп'ютери (ПК). Щоб скористатися потрібними функціями, достатньо відкрити онлайн ресурс.

SaaS має безліч переваг у порівнянні з традиційним програмним забезпеченням:

- Мобільність — хмарне програмне забезпечення встановлюється на сервері, а не на локальному пристрої. Тож користувач отримує доступ до програм з будь-якого пристрою, будь-якої локації, де налаштовано підключення до мережі Інтернет.
- Актуальність — хмарне програмне забезпечення легко налаштовується та оновлюється. Користувачу завжди доступна найновіша версія ПЗ або є можливість оновлення до актуальної версії.
- Доступність — програми, які надаються у межах моделі SaaS, зазвичай орієнтоване на вирішення загальних, досить поширених та популярних завдань. Тому подібне програмне забезпечення, як правило, дешевше за традиційне ПЗ.

SaaS-сервіси — це найбільш масовий тип хмарних технологій. Практично усі користувачі ПК можуть їх використовувати. За функціоналом такі ресурси дуже сильно нагадують привичні всім офлайн-аналоги.

PaaS – це онлайн-ресурси, які представляють собою повноцінні платформи з наборами інструментів та середовищем для розробки. Для рядових користувачів ПК такі сервіси не представляють ніякого інтересу. Основними користувачами PaaS-сервісів являються інженери програмного забезпечення, які використовують дану модель для збільшення швидкодії та оптимізації процесу розробки, запуску та керування додатками. Загалом, PaaS виступає проміжною ланкою між SaaS та IaaS ресурсами.

PaaS забезпечує повністю готове середовище розробки з операційною системою, базами даних та іншими потрібними конкретному користувачу чи проекту програмами. Це надає можливість інженерам одразу приступити до розробки, оскільки практично усі технічні моменти вирішені. До того ж, більшість PaaS набагато краще підходять для розробки ПЗ, ніж традиційні програми. Переваги хмарних платформ:

- Доступність — мінімізуються початкові витрати, у зв'язку з чим відпадає необхідність у значному обсязі стартових інвестицій.
- Спільна робота — на одній платформі може працювати відразу декілька розробників або навіть кілька команд у реальному часі, що значно пришвидшує розробку.
- Простота — хоча PaaS-ресурси не призначені для рядових користувачів, але їх можуть використовувати навіть початківці. Цей момент сприятливо впливає на

розвиток технологій та процесів розробки, надає можливості практично любому користувачу створити власне ПЗ.

РaaS-ресурси займають значно меншу частину, ніж SaaS. Їх використовують професіонали та аматори у досить вузьких областях (розробка ігор, ПЗ). Такі ресурси мають досить сильну перспективу – можливість повністю витіснити та замінити традиційні інструменти розробки — за рахунок дешевизни, адаптивності та можливостей командної роботи.

IaaS - по своїй суті це апаратне забезпечення, ресурси (мережі, процесора, сховища), але розташовані у хмарі. Як правило, це віртуальний аналог, створений з використанням технологій віртуалізації.

Поява IaaS створила нову територію для ведення бізнесу, дозволивши компаніям скоротити витрати на підняття та підтримку ІТ-інфраструктури. Якщо у компанії раптом з'являється потреба у більших апаратних ресурсах, їй не обов'язково купувати дороге додаткове обладнання — можна просто використати ресурси хмарного сервісу.

Певна річ, що цей тип хмарних сервісів найменш масовий з усіх. Інфраструктура як сервіс мало цікавить рядових користувачів, в основному, послугою користуються системні адміністратори та мережеві архітектори.

Переваги моделі IaaS:

- Економія на апаратному забезпеченні — в порівнянні з покупкою, налаштуванням та обслуговуванням апаратного забезпечення, оренда потребує значно менших затрат ресурсів.
- Незалежність від локації — хмарну інфраструктуру не має потреби у розборі, встановленні та налаштуванні кожного разу, коли компанія переїжджає. Доступ до ресурсів у «хмарі» можливий з будь-якого кінця світу — з офісу, з дому, з готелю у відрядженні.
- Гнучкість у застосуванні ресурсу — можливість обрати оптимальний пакет на необхідний період часу, можливість в будь-який момент задіяти або вимкнути додаткові ресурси, коли в них виникає або зникає потреба. Залежно від потреб та можливостей доступні гнучкі моделі оплати.
- Безпека — апаратні ресурси, що надаються за моделлю IaaS, зазвичай розташовані на територіально віддалених одна від одної локаціях, які можуть знаходитись на різних континентах. Це забезпечує роботу інфраструктури, навіть в процесі виникнення форс-мажорних обставин.

У кожній з описаних моделей хмарних сервісів — своя аудиторія. SaaS-ресурси орієнтовані на значну аудиторію користувачів ПК, вони зручні, зрозумілі та доступні усім. РaaS-хмари по своїй суті зацікавляють спеціалістів в галузі ІТ, компанії-розробники ПЗ, інді-розробників, молоді стартапи, студентів. Користувачі IaaS рішень – це в основному великі інтернет-компанії, мережеві та сервіс-провайдери.

Сьогодні 95% усіх великих корпорацій застосовують хмарні технології у своєму бізнесі.

Розвитком перерахованих моделей є Business Process-as-a-Service (BPaaS), який дозволить постачальникам надавати горизонтальні або вертикальні сервіси бізнес-процесів із використанням SaaS, побудованого на вершині PaaS, IaaS.

1. What is Cloud Computing? | One World Technology [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.oneworldtechnology.com/understanding-technology/cloud-computing>

2. Кожному своя «хмара» — якими бувають cloud-сервіси та яка між ними різниця — Na chashi [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://nachasi.com/2017/10/02/cloud-servis/>

**УДК 004.04**

**О.І. Савка, Г.В. Шимчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ**

**O. Savka, G. Shymchuk**

### **COMPARATIVE ANALYSIS AND APPROACHES INVESTIGATION FOR INTELLECTUAL ANALYSIS OF DATA**

В умовах сучасного ринку досить актуальним є системний аналіз змін різних економічних факторів. Системний підхід має на увазі імітаційне моделювання систем. З точки зору цього підходу кожна імітована система є неподільною і всі елементи її структури розглядаються тільки в сукупності один з одним.

Існують системи, які мають досить високий рівень складності. Спостережувана поведінка і властивості цих систем не можуть бути зведені до простої суми властивостей окремих компонент. Невеликі відхилення в показниках роботи окремих підсистем можуть викликати якісно новий режим поведінки всієї системи в цілому і, зокрема, навіть призвести до серйозної кризи системи.

При моделюванні систем необхідна реалізація ідей холізму і синергетики. Вирішення складних, неоднорідних завдань, до числа яких відноситься кластеризація та регресія, припускає опору на досягнення в сфері синергетичного штучного інтелекту, розробки в області методології і технології проектування функціональних гібридних інтелектуальних систем.

Гібридний підхід, що поєднує в собі структурну та еволюційну методики проектування систем штучного інтелекту, є найбільш перспективним з огляду на здібності не тільки вибирати найкращі, але й покращувати вже наявні архітектури.

Отже, комплексність проблем кластеризації та регресії диктує необхідність міждисциплінарного підходу до їх вирішення, розширення та інтеграцію вже наявних методик. Принциповою відмінністю парадигми проектування гібридних систем від традиційної побудови інтелектуальних обчислювальних систем є можливість синтезувати якісно різні варіанти рішень. Даний синтез в рівній мірі залежить як від специфіки поставленої задачі, так і від внутрішніх параметрів системи, умов зовнішнього середовища, а також характеру їх взаємодії. Це дає підставу розглядати застосування гібридних інтелектуальних систем як стратегічний напрям у галузі інтелектуального аналізу даних.

З появою і ускладненням інтелектуальних систем очевидну значущість придбали підходи до побудови систем з використанням, так званих шарів (рівнів). Багаторівневий підхід – це модель взаємодії, в якій набір інтелектуальних систем або їх складових компонентів взаємодіє і обмінюється знаннями в деякому внутрішньому представленні.

Концепція рівнів – одна з моделей, що використовуються для розділення складних систем, на більш прості частини. При такому підході виділяють верхній рівень, що описує систему в цілому, під ним розташовується більш низький рівень, на якому робиться опис, використовуваний верхнім рівнем і т.д. Таким чином, якщо дивитися знизу вгору, то виходить, що кожен рівень, що знаходиться нижче забезпечує функціональність, яку використовує вище розміщений для забезпечення методів більш високого рівня.

Розподіл системи на рівні надає цілий ряд переваг:

- окремий рівень можна сприймати як єдине самодостатнє ціле, яке не залежить від наявності інших рівнів;
- можливий вибір альтернативної реалізації базового рівня;
- залежність між рівнями зводиться до мінімуму;
- створений рівень може служити основою для кількох різних рівнів.

Схема розподілу володіє і певними недоліками:

- рівні здатні вдало інкапсулюватися, проте існують обмеження (модифікація одного рівня пов'язана з необхідністю внесення каскадних змін до інших рівнів);

– наявність надлишкових рівнів нерідко знижує продуктивність системи. При переході з рівня на рівень модельовані сутності зазвичай піддаються перетворенням з одного подання до іншого. Незважаючи на це, інкапсуляція нижчих функцій часто дозволяє досягти досить істотної переваги.

Проте найважче при використанні рівнів – це визначення вмісту та меж відповідальності кожного рівня.

Побудова структури гібридної інтелектуальної системи пов'язано в першу чергу з побудовою моделі системи, в якій повинні бути визначені як традиційні елементи системи, так і моделі обробки знань, що реалізуються інтелектуальною системою. В інтелектуальній системі новими елементами в порівнянні з традиційною системою є всі інтелектуальні перетворення або елементи управління знаннями, які пов'язані з реалізацією штучного інтелекту, тобто з використанням технологій експертних систем, бази знань, прийняття рішень, асоціативної пам'яті, нечіткої логіки, семіотичних мереж, управління структурної динамікою і т.п.

У задачах управління та прийняття рішень складних об'єктів зазвичай можна виділити кілька рівнів деталізації. До них, в першу чергу, слід віднести:

- рівень завдань організаційного управління та прийняття рішень;
- рівень завдань управління та контролю технічного стану об'єкта;
- рівень завдань управління, прогнозування і оцінки технічного стану об'єкта.

Кожен рівень визначається різною глибиною деталізації опису процесів і особливостями представлення простору станів.

До основних істотних характеристик, властивим всім ієрархічним системам відносяться:

- послідовне вертикальне розташування підсистем, що складають дану систему (вертикальна декомпозиція);
- пріоритет дій або право втручання підсистем верхнього рівня;
- залежність дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання нижніми рівнями своїх функцій.

#### **Література:**

1. Hybrid Intellegent System [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.slideshare.net/ikensolutions/hybrid-intelligent-systems-presentation>.
2. Гибридная интеллектуальная система [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа к ресурсу: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Гибридная\\_интеллектуальная\\_система](http://ru.wikipedia.org/wiki/Гибридная_интеллектуальная_система).
3. Колесников А. В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников, И. А. Кириков. – М. : ИПИ РАН, 2007. – 387с.

УДК 004.896

Я. Сидорик, О. Назаревич к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КЕРУВАННЯ РОБОТАМИ TURTLEBOT3 З ІНТЕРАКТИВНОЮ ПРОСТОРОВОЮ НАВІГАЦІЄЮ

Y.Sydoryk, O.Nazarevych

### INFORMATION TECHNOLOGY FOR MANAGING TURTLEBOT 3 WITH INTERACTIVE SPACE NAVIGATION

TurtleBot3 – це персональний робот із відкритим програмним забезпеченням стандарту ROS. Основними технологіями робота є: SLAM(simultaneous localization and mapping), навігація, маніпуляція. Робот може будувати інтерактивні карти.

ROS (The robot operation system) – це гнучкий фреймворк для написання програмного забезпечення для роботів.

Основні об'єкти платформи ROS:

- вузли(nodes) - це процеси які виконує комп'ютер. Системи контролю роботів будуть зазвичай використовувати багато вузлів. Для прикладу, один контролює мотор для колеса, один відповідає за локалізацію, один виконує прокладання маршруту і так далі. ROS вузол написаний однією із ROS бібліотек roscpp або rospy ;
- повідомлення(messages) - вузли комунікують один із одним за допомогою повідомлень. Повідомлення являє собою просту структуру даних яка включає типи полів;
- теми(topics) - повідомлення посилаються через систему транспорту публікація/підписка. Вузол надсилає повідомлення (публікація) до конкретної теми. Тема це ім'я яке використовується для ідентифікації вмісту повідомлення. Вузол який зацікавлений у конкретних даних буде підписуватись на конкретну тему. Можу бути багато однакових підписників та тих хто публікує для однієї теми, та простий вузол може мати багато підписників та тих хто публікує.
- майстер(master) - ROS майстер забезпечує реєстрацію імен та пошук решти обчислюваних графів. Без майстра вузли не будуть в змозі знайти один одного;
- сервер параметрів(paramether server) - сервер параметрів дозволяє зберігати дані по типу ключ/значення в конкретному розміщенні. На даний момент це частина майстра;
- сервіси(services) - модель публікація/підписка на даний момент є дуже гнучкою парадигмою комунікації, але це багато до багатьох. Одностороннє транспортування не підходить для запит/відповідь взаємодії, яка є частою необхідністю у розподілених системах. Запит/відповідь реалізується через сервіси.

Окрім основних можливостей є багато реалізовано корисних бібліотек та інструментів для пришвидшення швидкодії робота. Серед них можна виділити наступні:

- стандартні повідомлення для робота;
- геометрична бібліотека для роботів;

- мова опису роботів;
- процедури виклику що підлягають включенню;
- діагностика;
- оцінка пози, локалізація та навігація.

Однією із сильніших можливостей ROS це сильний набір інструментів для розробки. Інструменти підтримують інтроспективу, від налагодження, візуалізацію системи яка розробляється.

Найбільш відомим інструментом у ROS є rviz забезпечує 3Д візуалізацію багатьох сенсорів і будь-який із URDF роботів.

На даний момент в ROS існує тільки декілька алгоритмів SLAM:

- gmapping – даний алгоритм використовує дані які поступають із лазерного давача відстані;
- hector\_slam – основною особливістю даного алгоритму є вміння не використовувати дані отримані із одометра робота;
- vsalm – в основі даної реалізації лежить метод аналізу комп'ютерних зображень для вирахування відстані до об'єктів у просторі;
- rgdslam – дана реалізація працює на основі хмари крапок яка отримана із давача Kinect.

Raspberry Pi - однопалатний комп'ютер розміром в кредитну карту, спочатку був розроблений в якості бюджетної версії для навчання інформатики, пізніше отримав досить широке застосування. Даний комп'ютер використовується у роботі.

Raspberry Pi 3 Model B надає велику перевагу в порівнянні із попередником, чим просто збільшує швидкість. Тепер комп'ютер має інтегрований модуль Wi-Fi стандарта IEEE 802.11n і підтримує Bluetooth 4.1. Комп'ютер працює на 64-бітній операційній системі Raspbian Linux, але є можливість це поміняти і встановити систему яка більш підходить під конкретні вимоги.

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для просторової орієнтації робота TurtleBot3. Дослідження наявних рішень для програмування роботів. Дослідження та імплементація датчиків для аналізу простору, та реагування на зміни.

#### **Література.**

1. Форд М. Пришестя роботів. Техніка і загроза майбутнього безробіття / Мартін Форд. – Київ: Наш формат, 2016. – 400 с.
2. O'Kane J. A Gentle Introduction to ROS / Jason Matthew O'Kane., 2014. – 166 с.

**УДК 004.04**

**П.С. Слободян, Р.М. Небесний**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**P. Slobodyan, R. Nebesnyy**

### **THE ACTUALITY OF PROBLEMS OF QUALITY ASSESSMENT OF THE SOFTWARE**

Створення сайтів на сьогодні стає все більш розповсюдженою сферою інформаційної діяльності, в якій беруть участь як цілі колективи фахівців, так і окремі особи. Через безперервний ріст кількості веб-сайтів та іншого програмного забезпечення для Web, ускладнення їх структури та збільшення розмірів при одночасному збільшенні відповідальності за виконувани функції, розробники, замовники та користувачі все більше стикаються з проблемами, пов'язаними з забезпеченням та оцінкою якості.

Часто виникає типова ситуація, коли розробники, як правило, мають уявлення про те, як зробити сайт взагалі, але не мають у своєму розпорядженні діючий теоретичний, методичний і технологічний інструмент для постановки й досягнення мети цієї діяльності з оптимальними результатами. В свою чергу замовники сайтів через відсутність типових зразків «гарних» сайтів або критеріїв якості не можуть чітко сформулювати свої вимоги до продукту у відповідності зі специфікою своєї предметної області, підприємства або організації, його цілями й завданнями.

Відсутність документів, що регламентують оцінку якості сайтів, також гостро відчувається у розрізі конкурсних ситуацій. Широке проведення конкурсів сайтів різних рівнів (міжнародних, на рівні країни, міжрегіональних, регіональних, міських тощо) стає сьогодні все більш розповсюдженим явищем.

Перед експертами по оцінці сайтів стоять ті ж проблеми оцінки якості, що й перед тими, хто бере участь у їх створенні. Сутність їх полягає у відсутності необхідної теоретичної бази цієї діяльності. Звідси – домінування на практиці суб'єктивних підходів до оцінки сайтів.

У 1997 році Міжнародна Організація по Стандартизації (International Organization for Standardization – ISO) і Міжнародна Електротехнічна Комісія – МЕК (International Electrotechnical Commission – IEC) створили Сумісний Технічний Комітет з Інформаційних Технологій – Joint Technical Committee on Information Technology (JTC1). Зміст робіт JTC1 визначений як “стандартизація в області систем і устаткування інформаційних технологій”. У 1989 році цей комітет ініціював розробку стандарту ISO/IEC 12207, створивши для цього підкомітет SC7 (SuCommittee 7) по програмній інженерії. Відповідний стандарт вперше був опублікований 1-го серпня 1995 року під заголовком “Software Life Cycle Processes” – “Процеси життєвого циклу програмного забезпечення.

Даний стандарт визначає життєвий цикл як структуру декомпозиції робіт. Організація послідовності робіт – модель життєвого циклу.

Згідно стандарту ISO/IEC 12207 життєвий цикл складається з таких етапів:

- аналіз вимог до системи;
- визначення специфікацій;
- проектування;
- кодування;



- тестування;
- експлуатація та супровід.

Труднощі конструювання реальних застосувань обумовлені їх складністю, і критичну роль в подоланні цієї складності грає сам життєвий цикл. Існує декілька різновидів життєвого циклу, і головний з них – це модель водопаду.

Водоспадна модель процесу розробки. Класичною моделлю процесу розробки програм є модель водоспаду [1], в рамках якої процес представляється послідовністю фаз аналізу вимог, проектування, реалізації, інтеграції і тестування.

Аналіз вимог полягає в зборі вимог до продукту. Результатом аналізу, як правило, є деякий текст.

Проектування описує внутрішню структуру продукту. Такий опис дається у формі діаграм і текстів.

Реалізація – це програмування. Результатом реалізації є програмний код всіх рівнів, будь то код, що генерується високорівневою системою програмування, компілятором мови четвертого покоління або який-небудь інший.

Інтеграція – це процес збірки всього продукту з окремих частин.

Насправді перераховані фази не слідує строго послідовно одна за одною, а частково перекриваються. На практиці будь-яку з фаз можна починати до того, як буде повністю завершена попередня.

У чистому вигляді процес водоспаду застосовується достатньо рідко. Основною причиною непридатності процесу водоспаду в чистому вигляді є складність більшості застосувань. Проте процес водоспаду є основою для більшості інших різновидів процесу.

Процеси, в яких схема водоспаду застосовується багато разів, називаються ітеративними. В ітеративних процесах не обов'язково всі кроки схеми водопаду повинні виконуватися на кожній ітерації.

Спіральна модель процесу розробки. У разі спірального процесу [1] послідовність аналіз вимог – проектування – реалізація – тестування виконується більше одного разу. Для цього може бути декілька причин. Основна причина зазвичай пов'язана з необхідністю попередження ризиків. Іншою причиною може бути необхідність надати замовникові часткову версію проекту для отримання відгуків і побажань.

Додаткова перевага ітеративних процесів полягає в можливості збирати на кожній ітерації метричні характеристики процесу. Наприклад, маючи в своєму розпорядженні дані про час, який було потрібно для виконання першої ітерації, ми можемо уточнити план-графік подальшої роботи. Така можливість особливо корисна для організацій, що мають невеликий досвід планування розробок.

Хоча спіральна модель відображає типову схему процесу розробки, вона вимагає майстернішого управління, ніж проста модель водопаду. Одна з труднощів полягає в підтримці цілісності документації, яка повинна бути повністю оновлена і доповнена до кінця кожної ітерації. Зокрема, кожна версія програмного коду повинна реалізовувати документований проект і задовольняти вимогам документації. [2]

#### **Література:**

1. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2004. — 655 с: ил.  
CrossRef [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : [www.crossref.org/](http://www.crossref.org/) Title from the screen.

УДК 658.012.011.56:681.3.06

Ю.П. Срогий, Я.І. Кінах к. т. н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ МАРШРУТУ  
МУЛЬТИСЕРФІНГУ ДЛЯ ПЛАТФОРМ IOS ТА ANDROID НА ОСНОВІ  
ПЛАТФОРМИ REACT NATIVE**

**Y.P. Srohiy, Kinakh, Ph.D., Assoc. Prof.**

**DEVELOPMENT OF A PLANNING AND ROUTE ORGANIZING SYSTEM FOR  
MULTISURFING FOR IOS AND ANDROID BASED ON REACT NATIVE  
PLATFORM**

З кожним наступним етапом розвитку людства люди стають більш зайняті і можливостей для відпочинку появляється все менше і менше. Також, з розвитком технологій, всі дії стають швидшими і зручнішими. Але навіть стрімкий розвиток технологій не може вирішити всіх проблем, які можуть виникнути в повсякденному житті. Зокрема, при плануванні відпочинку ввечері одному чи в компанії завжди постає проблема вибору закладів які хотілося б відвідати. Часто хочеться відвідати нові заклади, що приводить до потреби довгого пошуку інформації в інтернеті. Визначившись з закладами потрібно домовитись про резерв або просто дізнатись про наявність в місць в закладі і нарешті постає проблема побудови оптимального маршруту для відвідування.

Виникає потреба здійснити автоматизацію процесу пошуку, планування та оптимізації маршруту для мультисерфінгу.

Мультсерфінг – зпланований процес відвідування в основному розважальних закладів одному або компанією для відпочинку.

Система дозволить зібрати дані про найближчі заклади по фільтрам, які задає користувач, надасть можливість зконтактувати з закладом та побудувати оптимальний маршрут, який дозволить відвідати всі місця без лишньої трати часу та коштів. Також система надасть можливості навігації пішком, на машині або замовлення сервісу Uber.

Розроблена система дозволить об'єднати, оптимізувати та полегшити в собі всі дії, які повинен робити користувач при плануванні відпочинку в місті. Це, без сумнівів, дозволить пришвидшити нудний та повільний процес планування і дозволить користувачеві зосередитись на відпочинку. Окрім цього в системі буде вбудована можливість швидкого фотографування, що дозволить швидко зафіксувати найкращі моменти відпочинку.

Для створення системи було використано платформу для написання кросплатформених додатків React Native, яка дозволяє розробляти на одній базі додатки для операційних систем IOS та Android та прототипно-орієнтовану мову програмування Javascript. В якості СКБД було обрано MongoDB.

**Література**

5. Вікіпедія [Електронний ресурс] - [https://uk.wikipedia.org/wiki/Комбінаторна\\_оптимізація](https://uk.wikipedia.org/wiki/Комбінаторна_оптимізація).
6. Malik Ghallab. Automated planning and acting. – Cambridge University Press,. 2016.- 472с.

**УДК 004.04**

**Станько А.А.<sup>1</sup>, Козак Р.О.<sup>1</sup>, Федорів І.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

<sup>2</sup>Технічний коледж ТНТУ ім. І. Пулюя

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ MELTDOWN I SPECTRE НА РОБОТУ  
МІКРОПРОЦЕСОРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

**Stanko A.A., Kozak R.O., Fedoriv I.P.**

**ANALYSIS OF MELTDOWN AND SPECTRE EFFECTS ON  
MICROPROCESSORS WORKING OF AUTOMATED SYSTEMS OF  
MANAGEMENT BY TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Нині чимало уваги приділяється питанням безпеки автоматизованих систем управління (АСУ). Причиною цього стала низка успішних атак на АСУ ТП, що призвели до серйозних наслідків [1]. У сучасному світі АСУ є ключовим елементом критичної інфраструктури, що забезпечує нормальну роботу вкрай важливих для розвитку держави служб і систем: урядові органи, водопостачання, фінансові і податкові системи, енергетика, космос, атомні електростанції і транспортні системи, великі виробничі підприємства тощо. Усе це об'єкти, мережі, служби та системи, збій в роботі яких у будь-якому випадку позначиться на здоров'я, безпеку і добробут громадян країни.

За поширеністю компонентів АСУ ТП на ринку лідирують компанії Honeywell, SMA Solar Technology, Beck IPC, Schneider Electric, Siemens і Bosch Security Systems, ABB, Abbott [2], в системах яких використовуються CPU виробництва Intel, і практично всі процесори з сучасною логікою, що націлено на мінімальні простой в роботі ЦП. В їх число входять процесори AMD і ядра з ARM-архітектурою, яким також властиві сучасні вразливості.

Найбільш уразливими і, разом з тим, поширеними компонентами АСУ ТП є SCADA-системи. Крім того, багато прогалин в безпеці було виявлено в архітектурах процесорів, мережеских пристроях промислового призначення і інженерному програмному забезпеченні [3].

Для надійного захисту АСУ ТП необхідно спершу проаналізувати та класифікувати притаманні їй вразливості з метою розробки ефективних заходів захисту АСУ ТП та їх реалізації в складі комплексної системи захисту інформації підприємства.

**Класифікація вразливостей**

SP 800-82 - комплексне керівництво з безпеки АСУ ТП, в якому подано рекомендації, що забезпечують повний цикл розробки системи захисту АСУ ТП від постановки завдання до реалізації та експлуатації. Згідно документу вразливості в АСУ ТП можна класифікувати наступним чином [1]:

- уразливості в політиці безпеки заходів по її реалізації;
- уразливості в розробці та архітектури системи;
- уразливості в налаштуванні і обслуговуванні;
- фізичні уразливості, уразливості в розробці програмного забезпечення;
- уразливості в комунікації та налаштування мережі.

Найгучнішою вразливістю останнього десятиліття стали Meltdown («Крах») і Spectre («Привид») [4]. Meltdown дозволяє порушити бар'єр між додатками і внутрішньою пам'яттю операційної системи, що відкриває доступ до даних, які зберігаються в пам'яті ОС. Незважаючи на те, що у програм немає прямого доступу на читання з кешу, вони мають повне право звертатися до збережених в ньому адрес. При повторному зверненні до помилкової адреси за швидкістю відповіді процесора можна визначити, чи зберігається в швидкій пам'яті потрібне значення. Особливості доступу програм до кешу дозволили визначити алгоритм, який змушує ЦП пройти по всіх ділянках пам'яті, що використані в «відкинутій» раніше гілці і таким чином відкрити всю розташовану в них інформацію незалежно від привілеїв процесу.

Найбільшою небезпекою уразливості є її практично повна незалежність від операційної системи: через це антивіруси не можуть виявити подібний шкідливий код. Також Meltdown не залишає ніяких слідів в системі, що ускладнює завдання пошуку «шкідника», який вже встиг завдати шкоди.

Spectre за своєю суттю дуже схожа з Meltdown – також опирається на кеш і механізм передбачення переходів [5]. Вразливість Spectre складніша в реалізації та ширша у використанні. Ця технологія злому може змусити будь-який процес самостійно видати вміст власної пам'яті. Spectre проникає в пам'ять іншого процесу зі схожим набором повторюваних інструкцій, таким чином стираючи грань між ізольованими додатками. Виявлений механізм характеризується цілим спектром варіантів використання, що значно ускладнює випуск відповідного програмного «патча».

Аналізуючи алгоритми роботи Spectre і Meltdown, у більшості АСУ ТП відсутня низка характеристик, необхідних для успішної експлуатації Meltdown і Spectre, попри те що апаратна частина підпадає під перелік вразливостей. Компанія Intel зауважує, що для успішної атаки необхідно виконати шкідливий код в локальній пам'яті системи. У свою чергу, в більшості АСУ ТП відсутній ряд характеристик, необхідних для експлуатації Meltdown і Spectre.

Зокрема, в АСУ ТП в принципі неможливо передати шкідливий код в локальну пам'ять і виконати його. Крім цього, в системах, як правило, відсутня мережеве з'єднання і функція запуску будь-якого ПЗ, відмінного від вбудованої програми управління. Крім того, в АСУ ТП не передбачена можливість одночасного запуску декількох програм.

#### **Запобігання атакам**

Незважаючи на те, що в ряді АСУ присутній з'єднання з мережею, що забезпечує двосторонню передачу даних для полегшення віддаленої конфігурації, діагностики та обслуговування, а також для взаємодії з іншими частинами підприємства, дані типи з'єднань зазвичай не дозволяють встановлювати нове або ненадійне програмне забезпечення і, отже, ризик експлуатації Meltdown і Spectre, чи подібних, на них також невисокий.

Однак для запобігання експлуатації цих та інших вразливостей доцільно впроваджувати низку заходів [6]:

1. Перевірка систем на уразливості, особливо тих систем, на яких вже були зафіксовані інциденти інформаційної безпеки.
2. Адекватний моніторинг мереж, що застосовуються для контролю таких об'єктів критичної інфраструктури, і при необхідності їх повна ізоляція від зовнішніх з'єднань, що дозволить виявляти зовнішні атаки і запобігати доступ до систем, керованим з внутрішньої мережі.
3. Контроль над змінними пристроями.
4. Моніторинг комп'ютерів, до яких підключені програмовані логічні контролери. Ці пристрої можуть надати несанкціонований доступ до критично важливих систем управління.
5. Вчасне оновлення програмного забезпечення та заміна критично вразливих та застарілих елементів системи

#### **Література**

1. Каменских А.Н., Бортник Д.А. Анализ рекомендаций по защите автоматизированных систем управления с целью выявления типичных уязвимостей. [Электронный ресурс] / Каменских А.Н., Бортник Д.А. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета №17, 2016, Пермь
2. Positive Technologies ICS SECURITY:2017 IN REVIEW [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.ptsecurity.com](http://www.ptsecurity.com)
3. Защита АСУ ТП [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.tadviser.ru](http://www.tadviser.ru)
4. УРАЗЛИВІСТЬ MELTDOWN/SPECTRE [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://coi.com.ua>
5. «Чипокалипсис»: обзор масштабной уязвимости современных процессоров [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tproger.ru>
6. Найгучніші кібер-атаки на критичні інфраструктури <http://it-ua.info>

УДК 681.518

Григорій Химич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АДАПТИВНЕ SMART КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРАМИ В МІСТАХ.

Grygorij Khymych

### ADAPTIVE SMART MANAGEMENT TRAFFIC LIGHTS IN CITIES.

Сучасні Smart технології дуже динамічно впроваджуються у містах та регіонах з метою покращення життя населення, екологічної ситуації, підвищення розвитку рівня економіки, запровадження енергоощадних, енергоефективних технологій. Один із таких напрямів – адаптивне автоматизоване керування транспортними потоками у містах, особливо на перехрестях, роз'їздах, паркувальних площадках.

Існує багато варіантів керування світлофорами, які дають можливість у ручному, напівавтоматичному, автоматичному режимах керувати рухом транспорту та зменшенням заторів. Враховуючи те, що кількість автомобілів з кожним роком зростає і буде зростати, а розширювати проїжджі частини дороги неможливо із-за обмеження забудовами, то необхідно впроваджувати ефективні інтелектуальні адаптивні системи керування. Особливо найбільш складний рух транспорту у години «пік», коли потрібно ефективно пропустити через перехрестя максимальну кількість авто.

У нашому варіанті пропонується адаптивна інтелектуальна система, яка може аналізувати завантаженість дороги, трафік та порівнювати часові проміжки з минулими подіями, використовуючи бази даних минулих днів, тижнів, місяців. Орієнтовну структуру такої адаптивної системи показано на рис.1.

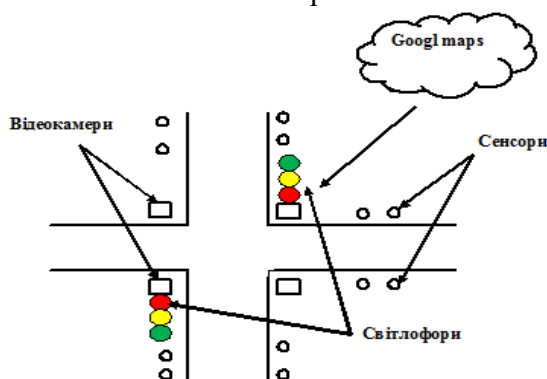


Рисунок 1. Структура адаптивної системи керування транспортними потоками на перехрестях.

Відмінність даної системи від існуючих полягає у тому, що блок прийому та обробки інформації отримує дані від чотирьох джерел: сенсори вздовж дороги, відеокамери, супутникова цифрова карта та власна база даних. Дана система може функціонувати енергетично та інтелектуально незалежно, отримуючи, аналізуючи дані та самостійно керуючи часовими інтервалами роботи світлофорів. Крім цього система має можливість зв'язувати між собою кілька світлофорів мікрорайону та вздовж дороги з метою оптимізації руху транспорту і створення максимального трафіку проїзду, «зеленої хвилі». Між собою окремі блоки обробки інформації (модеми) передають інформацію у частотному діапазоні (400-500) МГц, що теж зменшує рівень електромагнітного завадного середовища, особливо стільникового зв'язку. Ефективність такої системи вже перевірена на основі експериментальних окремих вузлів.

УДК 658.012.011.56:681.3.06

Ю.В. Ходюк, Я.І. Кінах, к. т. н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СПЕЦІАЛІЗОВАНА СОЦІАЛЬНА МЕРЕЖА «pET» НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ КРОС-ПЛАТФОРМИ ТИПУ REACT-NATIVE

Y.V. Khoduck, I.I. Kinakh, Ph.D., Assoc. Prof.

### SPECIALIZED SOCIAL NETWORK "PET" ON THE BASIS OF THE USE OF REACT-NATIVE CROSS-PLATFORM

Соціальна мережа - соціальна структура, утворена індивідами або організаціями. Вона відображає розмаїті зв'язки між ними через різноманітні соціальні взаємовідносини, починаючи з випадкових знайомств і закінчуючи тісними родинними зв'язками[1].

На сьогоднішній день, досить популярним стало мати домашню тваринку. Саме тому, виникла потреба створити соціальну мережу, де люди можуть реєструватися разом із своїми улюбленцями. Але на кожен дію є своя протидія, наскільки ти любиш свою домашню тваринку, наскільки знайдеться людина, яка ненавидить її. Тому звичайна прогулянка у парку може закінчитися фатально для вашого улюбленця. Одним із головних функцій соціальної мережі, запобігти цьому.

Виникає потреба у відображенні на карті ветеринарів, та місця де домашня тваринка може отравитися, або інші види небезпеки. Ця інформація зменшить ризик небажаних подій. Система дозволить відображати на карті, різного виду зустрічі для власників домашніх тваринок. Виникає потреба здійснити автоматизацію процесу отримання даних з допомогою комп'ютерних засобів, а також перенести всі дані в автоматичні скрипти. Для покращення отримання даних найкраще використати комп'ютерні карти, це дозволить користувачу позначити місце розташування загрози, ветеринара, тренера для домашніх улюбленців чи місця зібрання.

Система допоможе користувачам у пошуку загублених домашніх тваринок. Якщо домашній улюбленець втече, або його викрадуть у вашому районі, система дозволить створити сповіщення, повідомлення відправиться всім користувачам у цьому радіусі, натиснувши на це повідомлення, користувача буде спрямовано на профіль відсутньої собаки. Таким чином, система допоможе швидко відшукати втрачених домашніх улюбленців.

Розроблена система дозволить об'єднати, оптимізувати та полегшити в собі всі дії, які повинен робити власник домашнього улюбленця. Окрім цього в системі буде вбудована можливість швидкого фотографування, що дозволить швидко зафіксувати найкращі моменти.

Для створення системи було використано прототипно-орієнтовану мову програмування JavaScript, крос-платформу React-Native та Meteor В якості СКБД для даної системи було обрано MongoDB.

### Література

1. Вікіпедія [Електронний ресурс]. - [https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціальна\\_мережа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Соціальна_мережа)
2. iGroup [Електронний ресурс] - <http://igroup.com.ua/seo-articles/sotsialna-merezha/>

**УДК 004.031**

**О.В. Шевчук, Р.М. Небесний**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

**O. Shevchuk, R. Nebesnyy**

### **MEASURES OF SAFETY OF INFORMATION IN COMPUTER SYSTEMS**

Останнім часом спостерігаються швидкі темпи розвитку комп'ютерних і телекомунікаційних технологій. Впровадження цих технологій у всі сфери людського життя, зробило їх незамінними.

З розвитком комп'ютерних і телекомунікаційних технологій зростає рівень злочинності в комп'ютерному просторі. В зв'язку з цим, для використання комп'ютерних мереж потрібно задіяти ефективні системи захисту, та усунути загрози безпеки інформації в комп'ютерних системах.

Під загрозою розуміють потенційно можливу подію, дію, процес або явище, яке може привести до нанесення шкоди чийм-небудь інтересам. Загроза інформаційній безпеці КС – можливість реалізації дії на інформацію, що обробляється в КС, що приводить до спотворення, знищення, копіювання, блокування доступу до інформації, а також можливість дії на компоненти КС, що приводить до втрати, знищення або збою функціонування носія інформації, засобів взаємодії або засобів його управління. У даний час розглядається великий перелік загроз інформаційній безпеці КС, що налічує сотні пунктів.

Завдання можливих загроз інформаційній безпеці проводиться з метою визначення повного переліку вимог до системи захисту, що розробляється. Перелік загроз, оцінка ймовірності їх реалізації, а також модель порушника служать основою для аналізу реалізації загроз і формулювання вимог до системи захисту КС. Окрім виявлення можливих загроз має бути проведений аналіз цих загроз на основі їх класифікації за рядом ознак. Кожна з ознак класифікації відображає одну з узагальнених вимог до системи захисту. При цьому загрози, відповідні кожній ознаці класифікації, дозволяють деталізувати певну вимогу до системи захисту.

Необхідність класифікації загроз інформаційній безпеці КС обумовлена тим, що архітектура сучасних засобів автоматизованої обробки інформації, організаційна, структурна і функціональна побудова інформаційно-обчислювальних систем і мереж, технології і умови автоматизованої обробки інформації такі, що схильні до випадкових впливів надзвичайно великого числа чинників, через що стає неможливим формалізувати завдання повного опису загроз. Як наслідок, для системи, що захищається, визначають не повний перелік загроз, а перелік класів загроз.

Вся безліч потенційних загроз за природою їх виникнення розділяється на два класи: природні (об'єктивні) і штучні (суб'єктивні).

Природні загрози – це загрози, викликані діями на АС і її елементи об'єктивних фізичних процесів або стихійних природних явищ, незалежних від людини.

Штучні загрози – це загрози КС, викликані діяльністю людини. Серед них, виходячи з мотивації дій, можна виділити:

- ненавмисні (ненавмисні, випадкові) загрози, викликані помилками в проектуванні КС і її елементів, помилками в програмному забезпеченні, помилками в діях персоналу і т.п;
- навмисні (умисні) загрози, пов'язані з корисливими інтересами людей (зловмисників).

Основними видами загроз безпеки КС і інформації (загроз інтересам суб'єктів інформаційних стосунків) є:

- стихійні лиха й аварії (повінь, ураган, землетрус, пожежа і тому подібне);
- збої й відмови устаткування (технічних засобів) КС;
- наслідки помилок проектування і розробки компонентів КС, а саме апаратних засобів, технології обробки інформації, програм, структур даних і тому подібне;
- помилки експлуатації (користувачів, операторів і іншого персоналу);
- навмисні дії порушників і зловмисників (скривджених осіб з числа персоналу, злочинців, шпигунів, диверсантів і тому подібне).

Українська система основних нормативних документів із захисту інформації або стандарт із захисту, або "критерії", складається із чотирьох документів.

Серед найбільш важливих понять у стандарті подані основні властивості інформації, що визначають її цінність, і називаються фундаментальними властивостями захищеної інформації (ФВЗІ).

Фундаментальні властивості захищеної інформації – конфіденційність, цілісність, доступність і спостережність – характеризуються важливими особливостями: незалежністю одна від одної, конструктивністю, можливістю повторного їх дублювання при використанні різних механізмів і засобів захисту, можливістю врахування конкретних загроз інформації, можливістю визначення послуг забезпечення кожної з властивостей залежно від рівня важливості інформації, очікуваних загроз інформації, цілей і завдань захисту.

Конфіденційність інформації – суб'єктивно визначена характеристика інформації, яка вказує на необхідність введення обмежень на коло суб'єктів, що мають доступ до даної інформації, і забезпечувана здатністю системи зберігати вказану інформацію в таємниці від суб'єктів, що не мають повноважень доступу до неї.

Цілісність інформації – існування інформації в неспотвореному вигляді.

Точніше кажучи, суб'єктів цікавить забезпечення ширшої властивості – достовірності інформації, яке складається з адекватності відображення стану предметної області і безпосередньо цілісності інформації.

Доступність інформації – властивість системи, в якій циркулює інформація, що характеризується здатністю забезпечувати своєчасний безперешкодний доступ суб'єктів до інформації, що цікавить їх, і готовність відповідних автоматизованих служб до обслуговування запитів.

Завжди існують можливості порушення або невиконання властивостей інформації, тобто можливості загроз.

Загрози інформації розглядаються з точки зору їх будь-якого небажаного впливу на будь-яку із цих властивостей і можливого їх порушення, тобто загроза – це потенційно можлива несприятлива дія на інформацію.

Таким чином, відповідно до існуючих підходів, прийнято вважати, що інформаційна безпека КС забезпечена у випадку, якщо для будь-яких інформаційних ресурсів в системі підтримується певний рівень конфіденційності, цілісності, доступності та спостережності.

#### **Література:**

1. Алферов А.П. Основы криптографии. Учебное пособие / А.П. Алферов, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин, А.В. Черемушкин. – М. Гелиос АРВ, 2002. – 480 с. – ISBN 5-85438-025-0.

2. Бобунов А.І. Захист інформації в автоматизованих системах / А.І. Бобунов, В.І. Шестаков. – Житомир: ЖВІРЕ, 2004. – С. 16 - 43.



**УДК 519.218; 612.16**

**Яворська Є. Б., к.т.н., доц., Стрембіцька О.І.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНЮВАННЯ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ПРИ ПСИХОЕМОЦІЙНОМУ СТРЕСІ У СТОМАТОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ**

**Yavorska E., Ph.D., Assoc.Prof., Strembitska O.**

### **CHOICE OF METHODS AND MEANS OF EVALUATION OF PULSE SIGNAL IN PSYCHOEMOTIONAL STRESS IN DENTAL PRACTICE**

У сучасній стоматологічній практиці актуальним залишається питання прогнозування невідкладних станів, які зумовлені психоемоційним стресом при відвідуванні лікаря-стоматолога. За даними Асоціації стоматологів України, станом на 2015р. захворювання карієсом у дорослих складає 90-92%, захворювання ясен діагностується у 92% випадків. Стоматологічне втручання спричиняє у пацієнта психоемоційний стрес, який може призвести до виникнення невідкладних станів (0,13% від загального числа звернень).

Мета проведення дослідження полягає у виборі методів та засобів оцінювання пульсового сигналу при психоемоційному стресі, які б враховували особливості сигналу біологічного походження, а саме його періодичність та випадкову складову.

Існуючі методи контролю стану пацієнта базуються на зборі анамнезу та контролі стану пацієнта у випадках, коли стан пацієнта розглядається лікарем-стоматологом, як такий, що може супроводжуватися виникненням невідкладних станів. Контроль пульсу та артеріального тиску перед, під час та після проведення стоматологічних маніпуляцій сприяє виявленню невідкладних станів на початкових етапах їх виникнення. Одним із симптомів виникнення невідкладного стану є зміна пульсу: тахікардія, брадикардія та порушення ритму.

Існуючі методи та засоби оцінювання пульсового сигналу спираються на математичні моделі пульсового сигналу, які діляться на дві групи – детерміновані та стохастичні. Ці моделі мають ряд недоліків – не враховують випадкової складової та зв'язку між окремими групами сигналів. Стохастичний підхід дозволяє врахувати повторюваність сигналу та його часову структуру.

Використання математичної моделі пульсового сигналу у вигляді періодично-корельованого випадкового процесу дає змогу при імітаційному моделюванні враховувати структуру сигналу, а саме його повторюваність та наявність випадкової складової. Основним параметром пропонованої моделі є період корельованості сигналу, який відповідає частоті серцевих скорочень. При автоматизованому комп'ютерному опрацюванні пульсового сигналу, використання даної математичної моделі дає можливість використовувати засоби гармонічного та спектрального аналізу, а також застосовувати теорію ймовірності та засоби математичної статистики.

Запропонована математична модель пульсового враховує у своїй структурі періодичність та ритмічність сигналу, а також визначає використання алгоритмів аналізу сигналу при психоемоційному стресі у стоматологічній практиці, які ґрунтуються на груповому аналізі відрізків сигналу в межах періоду кореляції. Приведений аналіз забезпечує виділення часових змін у фрагментах сигналу в межах заданого періоду. Виявлення зміни амплітуди та часових параметрів у пульсовому сигналі є важливим для оперативного прийняти рішення про зміну стану серцево-судинної системи пацієнта при психоемоційному стресі на прийомі у лікаря-стоматолога.

**УДК 658.012.011.56:681.3.06**

**С.В. Яворський, Я.І. Кінах, к. т. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРОГРАМНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗІНЕРЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

**S.V. Yavorskyu– Master, I.I. Kinakh – Ph.D, Assoc. Prof.**

### **PROGRAM SYSTEM OF MODELING OF BASINING PROCESSES IN UNDERSTANDING CONDITIONS**

Оскільки на даний час технології розвиваються все більше, не дивно що всі процеси автоматизуються. Розробка моделей для кращого уявлення реальних процесів є основою подальшого розвитку програмного забезпечення для моделювання. Розробка моделі здійснюється на боці хімічної інженерії, але також і в техніках управління і вдосконалення математичних методів моделювання. Тому моделювання процесу є однією з небагатьох областей, де вчені з хімії, фізики, інформатики, математики та інженери працюють разом. Багато зусиль зроблені для розробки нових і вдосконалених моделей для розрахунку властивостей. Можна виділити 2 основних типа різних моделей: Досить прості рівняння і співвідношення, де параметри встановлені експериментальними даними.

Прогнозовані методи, де властивості оцінені.

Використання прогнозованих методів значно дешевше експериментальних робіт, а також у порівнянні з даними з банків даних. Незважаючи на цю велику перевагу, передбачені властивості, як правило, використовуються тільки на ранніх стадіях розвитку процесу, щоб знайти перші наближені розв'язки і виключити неправильні шляхи, тому що ці методи оцінки, як правило виводять більш високі похибки, ніж кореляції, отримані на основі реальних даних.

Під комп'ютерною моделлю (computer model) найчастіше розуміють:

умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (або процесів), описаних за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, схем, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів і т. ін., що відбивають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи. Комп'ютерні моделі такого типу називають структурно-функціональними;

окрему програму, сукупність програм чи програмний комплекс, що дає змогу виконанням послідовності обчислень з подальшим графічним відображенням їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), що функціонує під впливом різних, як правило випадкових, факторів (імітаційну модель).

Інколи застосовується комбіноване (аналітико-імітаційне) моделювання, яке полягає в тому, що об'єкт декомпонується на окремі підсистеми. Для тих підсистем, для яких це можливе, використовуються аналітичні моделі, а для інших розробляються імітаційні моделі. На сьогоднішній день, математичні обрахунки відіграють важливу роль майже у всіх процесах та життєдіяльності людини. Саме тому, виникла потреба створити систему моделювання та обрахунків, де люди можуть автоматизовано і без ніяких знань працювати з потрібними їм даними. Одною із головних функцій цієї програми є полегшення життя людини.

#### **Література**

1. Вікіпедія [Електронний ресурс]. - <https://uk.wikipedia.org/wiki>
2. Електронні посібники ВНТУ [Електронний ресурс] - [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/t1/11..htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t1/11..htm)

УДК 004.4

В. Яцишин к.т.н., доц., А. Давидов, Д. Подолян

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МЕТОДИ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМ КРОС-ПРОДАЖ**

V. Yatsyshyn, Ph.D., Assoc. Prof., A. Davydov, D. Podolyan

**METHODS OF COLLABORATIVE FILTERING IN CROSS-SELLING SYSTEMS BUILDING**

Сучасні підходи до ведення бізнесу вимагають залучення інформаційних технологій, зокрема web-технологій, які покликані стимулювати та розширювати сферу послуг і товарів, і як результат підвищувати ефективність діяльності організацій.

Одним з підходів підвищення ефективності діяльності підприємств є впровадження “smart” програмного забезпечення, в основі якого лежать методи і засоби штучного інтелекту. Актуальним є впровадження такого програмного забезпечення в електронних магазинах, платформах з реалізації товарів і послуг та ін.

Одним з підходів щодо стимулювання продаж, який лежить в основі cross-selling, є побудова рекомендацій на основі колаборативної фільтрації. Підходи до побудови рекомендаційних систем та місце колаборативної фільтрації наведено на рис. 1.

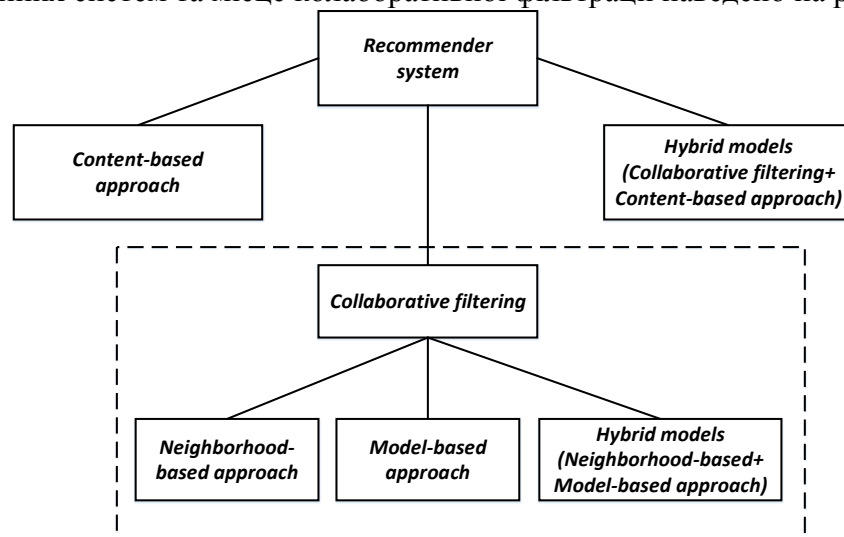


Рис. 1 – Місце колаборативної фільтрації при побудові рекомендаційних систем

Проаналізуємо принципи побудови рекомендаційних систем і метрики подібності товарів на основі підходу найближчих сусідів (neighborhood based approach) щодо стимулювання продаж (cross-selling).

Суть задач cross-selling (рис. 2), зводиться до рекомендації супутніх товарів і послуг для користувачів, які вже здійснювали певні покупки чи замовляли певні послуги. У результаті пропозиції товарів чи послуг зростають продажі товарів, а отже і прибуток організації. Основною проблемою при рекомендації cross-товарів є визначення подібних товарів або подібних покупців.



Рис. 2 – Задачі Cross-selling

Формалізація задачі колаборативної фільтрації для cross-selling можна представити, як наведено на рис. 3 та описано нижче.

|  |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|
|  | + | + |   | + |   |   |
|  | + |   | + |   | + |   |
|  | + |   | + | + | + |   |
|  |   | + |   |   |   | + |
|  |   | + |   |   |   | + |
|  |   |   | + | + |   | + |

Рис. 3 – Матриця колаборативної фільтрації для задач cross-selling

Рядками матриці є користувачі, які придбали певні товари, а стовпцями – самі товари. Матриця може бути заповнена кількістю товарів, які придбав кожен покупець або позначкою, про придбання товарів. В такому випадку введемо позначення:

$U$  – покупці електронного магазину;

$I$  – товари (продукти харчування, книги, відео, музика та ін.);

$r_{ui} = [ \text{покупець } u \text{ придбав товар } i ]$  – матриця колаборативної фільтрації.

Задачі, які можна вирішувати на основі колаборативної фільтрації для електронних магазинів:

- оцінювання товару  $i$  для користувача  $u$ ;
- визначення списку рекомендованих товарів для користувача  $u$ ;
- рекомендації супутніх товарів (cross-selling);
- інформування користувачів про нові товари (up-selling);
- сегментація користувачів.

Для визначення подібності товарів чи користувачів можна використовувати метрики, зокрема: метрика Jaccard, метрики косинуса кута, метрика центрованого косинуса кута.

Метрика Jaccard формально представляється, як показано нижче

$$\text{sim}(A, B) = |r_A \cap r_B| / |r_A \cup r_B| \quad (1)$$

$\text{sim}(A, B)$  – подібність товарів або користувачів;

$r_A$  і  $r_B$  – множина товарів, які купили відповідно користувачі А і В;

Недоліком метрики Jaccard є те, що ігноруються значення матриці. Метрика подібності на основі косинуса кута формально представляється, як показано нижче

$$\cos(\alpha) \equiv \frac{\bar{a} \cdot \bar{b}}{|\bar{a}| \cdot |\bar{b}|} \quad (2)$$

Метрика на основі центрованого косинуса кута представляється наступним чином:

$$\text{sim}(u, u') = \frac{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u) \cdot (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})}{\sqrt{\sum_{i \in I(u, u')} (r_{ui} - \bar{r}_u)^2 \cdot \sum_{i \in I(u, u')} (r_{u'i} - \bar{r}_{u'})^2}} \quad (3)$$

Таким чином, застосування метрик подібності дає змогу визначити подібні товари або користувачів, однак їх застосування не вирішує проблему «холодного старту» (у випадку появи нового користувача). Тому подальшого дослідження потребують методи колаборативної фільтрації та їх композиція з іншими методами штучного інтелекту, зокрема з методами на основі латентних моделей.

**Секція: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**Голови:** д.т.н., проф. В.А. Андрійчук, д.т.н., проф. П.С. Євтух, д.т.н., проф. М.Г. Тарасенко, д.т.н., проф. А.М. Лупенко

**Вчений секретар:** к.т.н., доц. В.П. Коваль

**УДК 535.6**

**В.А. Андрійчук, д.т.н., проф.; Я.М. Осадца, к.т.н.; Р.Б. Кріль; Р.Р. Івасечко, к.т.н.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРІВ ВІДБИВАННЯ ДИФУЗНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА  
ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ У  
СИСТЕМИ НА БАЗІ СПЕКТРОФОТОМЕТРА СФ-10**

**V.A. Andriychuk, Dr., Prof.; Y.M. Osadtsa, Ph.D.; R.B. Kril; R.R. Ivasechko, Ph.D.**  
**DETERMINATION OF DIFFUSION SURFACE REPLACEMENT SPECTRIES  
BY THE AUTOMATIC INFORMATION MEASUREMENT IN THE SYSTEM ON  
THE SPECTROFOTOMETER SF-10 BASE**

Сигнал на виході АЦП  $\Delta U(\lambda)$  прямо пропорційний з коефіцієнтом пропорційності  $k$  різниці світлових потоків  $\varphi_1(\lambda)$  та  $\varphi_2(\lambda)$ , відбитих від поверхонь відповідно еталона та дослідного зразка:

$$\Delta U(\lambda) = k \cdot (\varphi_1(\lambda) - \varphi_2(\lambda)) = k \cdot (\varphi_{e1}(\lambda) \cdot \rho_1(\lambda) \cdot S(\lambda) - \varphi_{e2}(\lambda) \cdot \rho_2(\lambda) \cdot S(\lambda)), \quad (1)$$

де  $\varphi_{e1}(\lambda)$ ,  $\varphi_{e2}(\lambda)$  – променеві потоки, які попадають відповідно на поверхні дослідного зразка та еталону;  $\rho_1(\lambda)$ ,  $\rho_2(\lambda)$  – спектральні коефіцієнти відбивання відповідно поверхні дослідного зразка та еталону;  $S(\lambda)$  – спектральна чутливість фотоелектронного помножувача.

Перед проведенням вимірювань визначали променевий потік, який  $\varphi_{e1}(\lambda)$ . Для цього сигнал  $\Delta U(\lambda)$  отримували при темній поверхні еталона, коефіцієнт відбивання якої був близьким до нуля ( $\rho_2(\lambda) \approx 0$ ), а поверхня зразка являла собою внутрішнє покриття фотометричної кулі, а тому можна припустити, що  $\rho_1(\lambda) = const = \rho$ . Враховуючи вищенаведене, рівняння (1) для різниці сигналів  $\Delta U_{BW}(\lambda)$  променевих потоків, відбитих від поверхні темного еталона та поверхні внутрішнього покриття фотометричної кулі:

$$\Delta U_{BW}(\lambda) = k \cdot \rho \cdot \varphi_{e1}(\lambda) \cdot S(\lambda). \quad (2)$$

Звідси

$$\varphi_{e1}(\lambda) = \frac{\Delta U_{BW}(\lambda)}{k \cdot \rho \cdot S(\lambda)}. \quad (3)$$

Розділивши  $\varphi_{e1}(\lambda)$  на його максимальне значення, отримаємо функцію спектрального розподілу випромінювання у відносних одиницях, яке попадає на поверхню дослідного зразка:

$$\varphi_{e1}^{відн}(\lambda) = \frac{\varphi_{e1}(\lambda)}{\varphi_{e1}(\lambda_m)}. \quad (4)$$

де  $\lambda_m$  – довжина хвилі, яка відповідає максимуму  $\varphi_{e1}(\lambda)$ .

Функцію  $\varphi_{e1}^{відн}(\lambda)$  для лампи розжарення К30-400 та оптичної системи спектрофотометра СФ-10 отримували декілька разів як при збільшенні довжини хвилі, так і при її зменшенні. На рис. 1 представлено графіки функцій спектрального розподілу випромінювання у відносних одиницях, яке попадає на поверхню дослідного зразка, по яких отримано усереднену залежність  $\varphi_{e1}^{відн}(\lambda)$ .

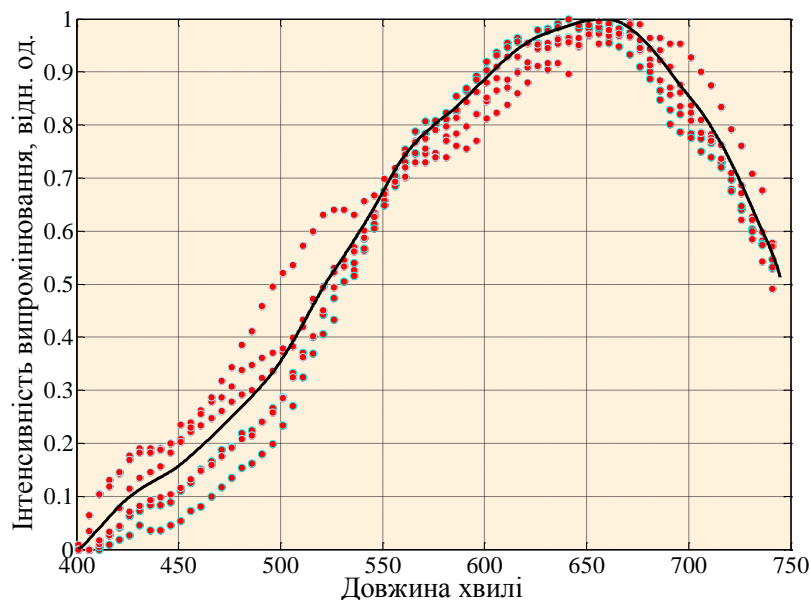


Рис. 1. Графік функції  $\varphi_{e1}^{відн}(\lambda)$

Запишемо рівняння (1) для випадку дослідного зразка із шуканим спектральним коефіцієнтом відбивання  $\rho_x(\lambda)$ :

$$\Delta U_{BX}(\lambda) = k \cdot \varphi_{e1}(\lambda) \cdot \rho_x(\lambda) \cdot S(\lambda). \quad (5)$$

Звідси

$$\rho_x(\lambda) = \frac{\Delta U_{BX}(\lambda)}{k \cdot \varphi_{e1}(\lambda) \cdot S(\lambda)}. \quad (6)$$

Підставляючи вираз для  $\varphi_{e1}(\lambda)$  з рівнянь (3) та (4) в рівняння (6), отримаємо:

$$\rho_x(\lambda) = \frac{\Delta U_{BX}(\lambda)}{k \cdot \frac{\Delta U_{BW}(\lambda)}{k \cdot \rho \cdot S(\lambda)} \cdot S(\lambda)} = \rho \cdot \frac{\Delta U_{BX}(\lambda)}{\Delta U_{BW}(\lambda)}. \quad (8)$$

Використовуючи дану методику було проведено вимірювання спектральних коефіцієнтів відбивання для трьох різнокольорових поверхонь, взятих із атласу кольорів «Радуга 2». Колір поверхонь, а також координати кольору та кольоровості в системі XYZ відносно стандартного джерела світла типу С. Вибір поверхонь зумовлений тим, що на відтворення їх кольору використовуються лише фарби одних марок. Зчитування сигналів здійснювали як при збільшенні, так і при зменшенні довжини хвилі, після чого шляхом усереднення отримували  $\Delta U_{BX}(\lambda)$ .

УДК 628.924

В.О. Бурмака, М.Г. Тарасенко, д. т. н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІКОННИХ ПРОРІЗІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ

V.O. Burmaka, M.G. Tarasenko, Dr., Prof.

## RESEARCH OF THE IMPACT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF WINDOW EGRESS ON THE COEFFICIENT OF NATURAL ILLUMINATION

В теперішній час основна увага при вирішенні питання освітлення приміщень зосереджена на використанні електричних джерел світла. В той час як існує можливість проектування будівель заповнених сонячним світлом. Використання сонячного світла забезпечує не тільки візуальний комфорт та оздоровчий вплив на людину [1], але й гарантує отримання економії електричної енергії. Тому дослідження параметрів, які впливають на енергоефективність бокового природного освітлення, на фоні тотального використання сучасних енергоефективних вікон, не втратили своєї актуальності.

Згідно з [2] найбільша відносна площа застосування прямокутних віконних прорізів (ВП) притаманна квадратним вікнам. Відповідно і площа пропускання сонячного світла в них також найбільша. При цьому треба враховувати, що при односторонньому боковому освітленні виробничих приміщень глибиною до 6 м потрібно забезпечити мінімальну нормовану величину коефіцієнта природного освітлення (КПО). Вона повинна бути забезпечена у розрахунковій точці умовної робочої поверхні, яка знаходиться на лінії перетину цієї поверхні з вертикальною площиною характерного розміру приміщення на відстані 1 м від стіни, протилежної вікнам, або в найбільш віддаленій від вікон точці робочої поверхні, на якій відбувається виробничий процес відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Таким чином, окрім площі застосування ВП на величину КПО впливає і місце розташування розрахункової точки в приміщенні. Зміна її координат буде впливати на оптимальну форму ВП.

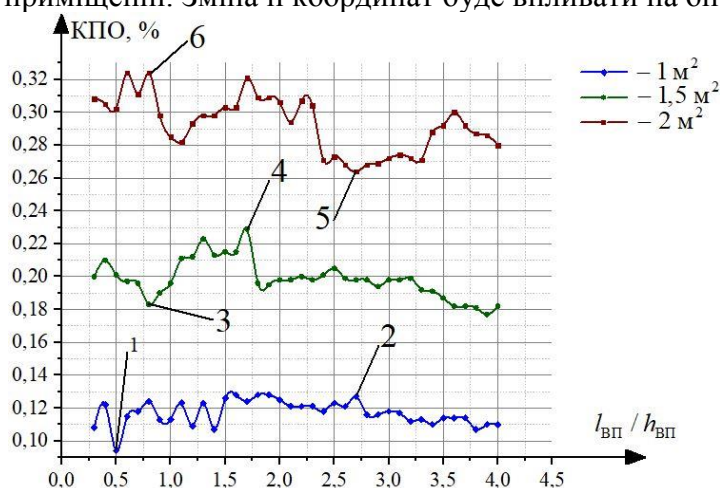


Рис. 1. Залежність КПО в розрахунковій точці на підлозі приміщення від зміни відношення ширини віконного прорізу ( $l_{ВП}$ ) до його висоти ( $h_{ВП}$ ) для різних площ ВП

Для визначення впливу пропорцій і площ ВП на величину КПО в приміщенні з розмірами (ширина  $\times$  глибина  $\times$  висота)  $6 \times 5 \times 3$  м були вибрані ВП з площами  $1 \text{ м}^2$ ,  $1,5 \text{ м}^2$  та  $2 \text{ м}^2$ . Площі ВП були вибрані таким чином, щоб при відношенні ширини до висоти  $1/4$  вікно в приміщенні висотою 3 м можна було розмістити вертикально.

Оскільки коефіцієнт, який враховує нерівномірну яскравість ділянки хмарного неба МКО, залежить від кутової висоти середнього променя ділянки небосхилу, яку видно з розрахункової точки через віконний

проріз в розрізі приміщення. Було розглянуто приміщення шириною 6 м і глибиною 5 м з розміщенням розрахункової точки на підлозі на відстані 1 м від стіни навпроти

віконного прорізу і 0,5 м від стіни перпендикулярної до ВП. Це дало можливість розраховувати КПО для найвіддаленішої від ВП точки робочої поверхні.

Ще одним параметром, який впливає на значення КПО в розрахунковій точці є розміщення ВП в зовнішній огорожувальній конструкції (ЗОК). Оскільки освітленість від бокових ВП розподіляється майже симетрично по підлозі приміщення, то змішувати ВП по горизонталі немає змісту, оскільки тоді зміщуватиметься точка з мінімальною освітленістю. Тому, для визначення впливу розміщення ВП в ЗОК змінювалась тільки висота ВП. Для дослідження впливу висоти розміщення ВП на КПО в розрахунковій точці обрано ВП площею 1 м<sup>2</sup>; 1,5 м<sup>2</sup>; 2 м<sup>2</sup>, з відношенням ширини до висоти 1/2.

Таблиця 1

Залежність КПО в розрахунковій точці приміщення від висоти ВП над нею

| Площа ВП, м <sup>2</sup> | Висота ВП над розрахунковою точкою, м |       |       |       |       |
|--------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                          | 0                                     | 0,5   | 1     | 1,5   | 2     |
| 1                        | 0,090                                 | 0,143 | 0,136 | 0,112 | 0,177 |
| 1,5                      | 0,149                                 | 0,197 | 0,196 | 0,230 | 0,284 |
| 2                        | 0,228                                 | 0,286 | 0,300 | 0,355 | 0,431 |

Як видно з табл. 1 при збільшенні площі ВП КПО збільшується з кратністю, яка як правило, перевищує кратність збільшення його площі (0,149/0,090=1,65; 0,228/0,090=2,53). При збільшенні висоти ВП над підлогою КПО збільшується тільки для ВП площею більшою за 1,5 м<sup>2</sup>. Для ВП площею  $S_{ВП} \leq 1$  м<sup>2</sup> такої закономірності не спостерігається.

У зв'язку з тим, що у високих приміщеннях при певних висотах ВП над підлогою більша освітленість може спостерігатися не біля ВП, а у глибині приміщень, оптимальну висоту ВП над підлогою необхідно визначати не для однієї, а для декількох розрахункових точок одночасно. Тому, для вирішення цієї проблеми необхідно розробити спеціальне програмне забезпечення.

### Висновки

1. Доведено, що геометричні параметри ВП суттєво впливають на величину КПО в розрахунковій точці. В залежності від пропорцій ВП значення КПО коливається від 0,094 до 0,128% для ВП площею 1 м<sup>2</sup> (т. 1 і 2 на рис. 1 відповідно); від 0,177 до 0,229% (т. 3 і 4) для ВП площею 1,5 м<sup>2</sup>; від 0,264 до 0,324% для ВП площею 2 м<sup>2</sup>.

2. Виявлено, що збільшення висоти розміщення ВП в ЗОК над розрахунковою точкою призводить до зростання значення КПО.

3. Доведено, що при збільшенні площі ВП КПО збільшується з кратністю, яка, як правило, перевищує кратність збільшення його площі (0,149/0,090=1,65; 0,228/0,090=2,53).

4. Встановлено, що процес визначення оптимальних параметрів, з точки зору рівномірності освітленості робочої поверхні, є трудомістким, оскільки потрібно розглядати множину випадків з певними пропорціями і розміщенням ВП в ЗОК окремо.

5. Підкреслено, що для визначення оптимальних геометричних параметрів ВП на стадії проектування необхідно розробити спеціальне програмне забезпечення.

### Література

1. Навчальні матеріали онлайн [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pidruchniki.com/>. – Природне освітлення.

2. Тарасенко М. Г. Залежності відносної та абсолютної площі засклення від конфігурації та загальної площі віконного прорізу. / М.Г. Тарасенко, В.О. Бурмака, К.М. Козак // Вісник ТНТУ. – Т. : ТНТУ, 2018. – Том 89. – № 1. – С. 122–131.



### **УДК 621.3**

**С.П. Денисюк, д. т. н., професор, В.І. Василенко, асистент**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
імені Ігоря Сікорського

## **АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ**

**S.P. Denisyuk, Dr., Prof., V.I. Vasilenko, assistant**

### **ALGORITHMIC PROVIDING OPTIMIZATION OF ENERGY OF LOCAL ENERGY SYSTEMS**

Базовими елементами в процесі підвищення енергоефективності локальної електроенергетичної системи є розробка відповідної системи критеріїв оцінки та її елементів, методики оцінки ефективності схем функціонування в режимах оптимального споживання енергоносіїв, проведення їх енерготехнологічного обстеження та оцінки взаємного впливу окремих елементів. Щодо процедури досягнення ефективності енергоресурсів, то вони визначаються багатьма факторами, що обумовлюють існування та застосування відносно великої кількості показників. Визначення та урахування цих факторів, а також у першу чергу їх пріоритетності, обумовило необхідність застосування трьох систем показників: енергетичних, економічних, екологічних, що вважається достатнім для всебічної оцінки ефективності нововведень [1, 2].

Для реалізації комплексного вирішення задач щодо підвищення енергетичної ефективності, яка виражається в раціоналізації енерговикористання і енергозбереження, необхідна розробка методики аналізу показників енергоспоживання, що охоплює всі рівні обліку енергоресурсів. Така методика повинна застосовувати системний підхід і використовувати не тільки математичний апарат класичних і ймовірно-статистичних методів розрахунку, але і дозволяти проводити аналіз динаміки структури енергоспоживання локальних систем, який виявляє ценологічні властивості стійкості розподілу обсягів обмеженого ресурсу між окремими об'єктами.

Загальна методологія досліджень та впровадження в області енергозбереження, відповідно до введеної в [3] класифікації, може бути умовно розділена на три рівні [4]:

1) діяльність, націлена на конкретні технічні та технологічні розробки, які сприяють зниженню енергоспоживання (вдосконалення систем тепlopостачання, заміна застарілих світлотехнічних приладів, впровадження енергозберігаючих частотно-регульованих електроприводів, модернізація внутрішнього устаткування будівель і споруд та ін.).

2) оптимізація енергоспоживання локальної енергосистеми в цілому. Як методологічна основа на цьому рівні широко застосовується ранговий аналіз, що ґрунтується на техноценологічному підході, цифровій математичній статистиці і теорії гіперболічних безмежно подільних розподілів. Саме цей рівень є ключовим при побудові методології управління енергозбереженням локальної системи енергозабезпечення. З огляду на принципові концептуальні та методологічні відмінності, що лежать в основі досліджень на другому рівні, він розглядається як системний по відношенню до рівня досліджень, що стосуються конкретних технічних і технологічних рішень в галузі енергозбереження.

3) стратегічне планування та прогнозування в локальній енергосистемі (маневрування максимального навантаження, зниження втрат у лініях, ефективний контроль, оптимальне диспетчерування та ін.).

Основним інструментом техноценологічного підходу в дослідженні складних технічних систем є ранговий аналіз – метод дослідження великих технічних систем

(інфраструктури), що має на меті їх статистичний аналіз, а також оптимізацію, і в якому використовується в якості основного критерію форма видових і рангових розподілів. Для опису техноценозів використовуються гіперболічні  $H$ -розподіли. Під ранговим розподілом розуміється спадна послідовність значень параметрів, упорядкована таким чином, що кожне наступне число менше попереднього, і поставлена у відповідність рангу (номеру по порядку, ряду натуральних чисел, розташованих в порядку зростання). Структура ценозів описується видовим розподілом – залежність числа видів від кількості особин у вигляді, ранговим видовим розподілом і ранговим розподілом по параметру [4, 5].

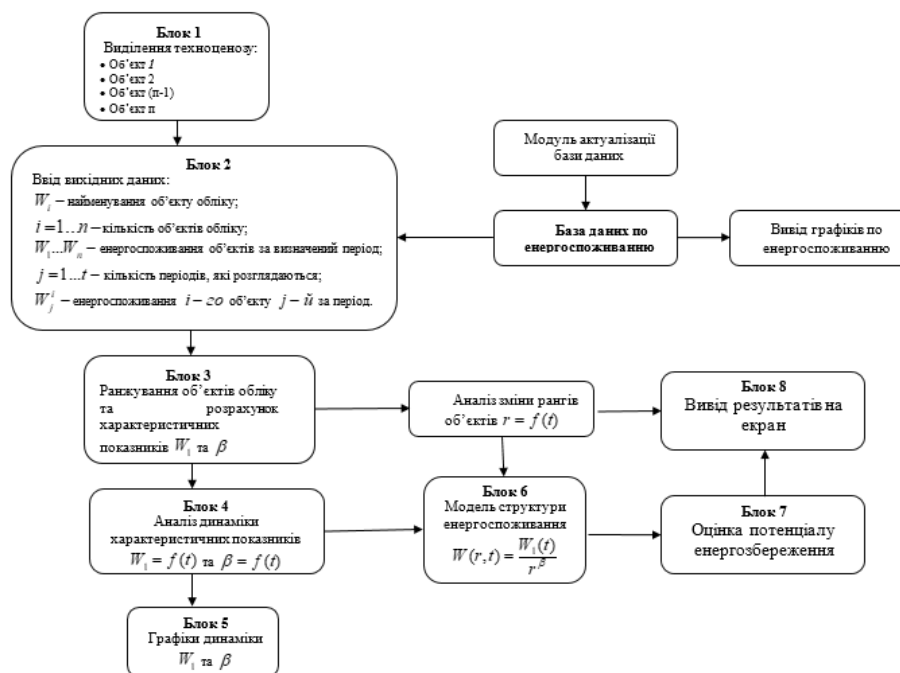


Рисунок – Алгоритм проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу

На рисунку представлена блок – схема алгоритму проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу. Даний алгоритм можна широко застосовувати для вирішення задач проектування та модернізації локальних систем енергозабезпечення, а також для підвищення надійності їх експлуатації та впровадження енергозберігаючих заходів в енергетичних системах.

### Льтература:

1. Василенко В.І. Системна ефективність функціонування енергетичної системи з керованими навантаженнями / В.І. Василенко // [Енергетика: економіка, технології, екологія](#). – 2015. – № 1. – С. 70 – 81.
2. Денисюк С.П. Енергетичні, економічні та екологічні показники енергоефективності / С.П. Денисюк, В.І. Василенко // [Енергетика: економіка, технології, екологія](#). – 2016. – № 1 – С. 33 – 44.
3. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
4. Гнатюк В.И. Техника, техносфера, энергосбережение: Интернетсайт. – М.: КИЦ «Техноценоз», 2000 – 2012. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
5. Прокопчик В.В. Повышение качества электроснабжения и эффективности работы электрооборудования предприятий с непрерывными технологическими процессами. – Гомель: ГГТУ, 2002. – 283 с.

**УДК 537.611, 538.9**

**Ю.М. Довгоп'ятий, асист.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **НОВІ РЕЗУЛЬТАТИ В ДОСЛІДЖЕННЯХ МАГНІТНОГО ВПОРЯДКУВАННЯ У ТВЕРДИХ ТІЛАХ**

**Yu.M. Dovhopyaty, Assist.**

### **NEW RESULTS IN INVESTIGATION OF MAGNETIC ORDERING IN SOLID SYSTEM**

Експериментальні та теоретичні дослідження різних типів магнітного впорядкування і переходів між ними в твердих тілах залишаються однією з найбільш актуальних проблем сучасної фізики. Магнітні матеріали дають широкі можливості для створення нових сполук з унікальними фізичними властивостями. З іншого боку магнітне впорядкування, магнітні фазові переходи в нових перспективних матеріалах (зокрема у високотемпературних надпровідниках, фулеридах) вимагають розробки нових теоретичних підходів для пояснення їх властивостей.

В даній роботі будуть представлені результати останніх років, отримані для магнітних фаз і магнітних фазових переходів в різних матеріалах, зокрема в твердому кисні, дослідження можливості феромагнетизму в фулеридах без перехідних і рідкоземельних домішок, магнетизму і обмінній взаємодії в металічних кластерах. Також будуть проаналізовані можливості створення нових моделей та теоретичного опису вищевказаних та інших матеріалів і сполук.

#### **Література.**

1. Стрельцов С.В., Хомский Д.И. // УФН. - 2017.- т. 187.- с. 1255-1235.
2. Фрейман Ю.А. // Low Temp. Phys. – 2015.- т. 41.- с. 1083–1096.

## **УДК 621.9**

**Мирослав Зінь, к. т. н., доц., Юрій Підгайний**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна  
Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),  
Україна

### **РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТИВ З ПРОПЕЛЕРНИМИ ГІДРОТУРБИНАМИ ДЛЯ МАЛИХ ГЕС**

**Myroslav Zin, Ph.D, Assoc. Prof., Yurii Pidhainyi**

#### **CALCULATION AND DESIGNING OF HYDROUNITS WITH PROPELLER HYDRAULIC TURBINES FOR SMALL HYDROPOWES**

Мала гідроенергетика є однією з галузей відновлюваної енергетики. Її розвиток всіляко заохочується як закордоном, так і в Україні. Наша держава, зокрема, надає новим малим ГЕС, які приєднані до єдиної енергосистеми, пільговий «зелений» тариф на вироблену ними електричну енергію.

Якщо мова йде про низькі напори (до 10 метрів), то, без сумніву, в цьому випадку найдоцільніше застосовувати високошвидкісні осьові гідротурбіни з кількістю лопатей робочого колеса від трьох до восьми – горизонтально- чи вертикальноосьові, поворотлопатеві чи пропелерні, звичайні чи трубні. Такі турбіни можуть безпосередньо працювати у тандемі з високошвидкісними малополюсними електричними силовими генераторами, які є меншими, легшими та дешевшими у порівнянні з тихохідними багатопольсними машинами. Альтернативою багатопольсному електричному генератору (асинхронному чи синхронному) є малополюсний електричний генератор плюс мультиплікатор (підвищувальний редуктор) (зубчастий, плоскоремений, клиноремений та ін.), але останній знижує надійність і ККД та підвищує вартість малої ГЕС (і, відповідно, збільшує собівартість енергії, яку вона виробляє).

Територія України є переважно рівнинною, тому й перспективні малі ГЕС в нашій країні будуть здебільшого низьконапірними. Зменшення напору в два рази призводить до аналогічного зменшення кількості електроенергії, яку виробляє мала ГЕС. Відтак економічна ефективність низьконапірних малих ГЕС дуже часто може виявитися під питанням (навіть незважаючи на пільговий «зелений» тариф). Тому тут необхідно застосовувати всі можливі резерви економії, з тим щоб добра справа не зайшла в безнадійно глухий кут.

У контексті вирішення цієї проблеми пропонуємо новий метод проектування гідроагрегатів низьконапірних малих ГЕС. Його суть полягає в наступному:

1. В якості гідротурбін вибираються переважно пропелерні. Вони є найдешевшими та найнадійнішими. Їх недолік – неможливість (без надмірних витрат) регулювання витрати води та потужності агрегату. Однак ці проблеми можна вирішувати іншими способами.
2. Гідроагрегати проектуються без мультиплікаторів чи редукторів. Тобто вал турбіни з'єднується з валом генератора безпосередньо за допомогою муфти. У цьому випадку, якщо на станції досягнуто певний напір води, необхідно застосувати гідротурбіну, робоча швидкість обертання валу якої дорівнює тій чи іншій асинхронній або синхронній швидкості обертання валу електрогенератора (в першому випадку – якщо генератор асинхронний, в другому випадку – якщо генератор синхронний). За відомого напору швидкість обертання валу турбіни визначається діаметром робочого колеса і кількістю лопатей, які на ньому встановлені. Якщо кількість лопатей робочого

колеса є наперед відомою (наприклад, чотири), то за певного напору швидкість обертання валу турбіни визначається лише діаметром робочого колеса. Виробники гідротурбін пропонують дуже обмежений перелік діаметрів робочих коліс. Наприклад, ТОВ «Мінігідро» (м. Харків) випускає турбіни для малих ГЕС лише з такими діаметрами робочих коліс: 20, 30, 50, 65 і 90 см. Цього обсягу для нашого методу вкрай недостатньо. Нам необхідна градація діаметрів робочих коліс щонайменше через один сантиметр. Тобто ми, маючи заданими кількість лопатей робочого колеса (наприклад,  $z=4$ ), напір (наприклад,  $H=4,8$  м) і швидкість обертання робочого колеса (яка, наприклад, дорівнює швидкості обертання асинхронного електрогенератора ( $n=1050$  об/хв)), розраховуємо діаметр робочого колеса  $D$  (з точністю до одного сантиметра), витрату води  $Q$  та потужність на валу турбіни  $N$ . Для взятого нами прикладу результати розрахунків наступні:  $D = 32$  см,  $Q = 0,467$  м<sup>3</sup>/с,  $N = 20$  кВт. Пропелерної гідротурбіни з діаметром робочого колеса  $D = 32$  см, ймовірно, серійно не випускає жодна вітчизняна чи зарубіжна компанія. Тобто таку турбіну необхідно спроектувати та виготовити. Спроектувати можуть, наприклад, спеціалісти Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Виготовити – будь яке машинобудівне підприємство. В кінцевому підсумку все це вийде дешевше та якісніше, ніж купити готову вітчизняну турбіну з найближчим діаметром робочого колеса (30 або 50 см). В першому випадку (якщо  $D = 30$  см) доведеться застосувати редуктор, в другому (якщо  $D = 50$  см) – мультиплікатор. Во обох випадках знизиться ККД і надійність гідроагрегату та підвищиться вартість його обслуговування. За умов низької економічної ефективності малої ГЕС зазначені втрати і витрати можуть виявитися непідйомними.

3. З огляду на те, що пропелерна гідротурбіна не піддається жодному регулюванню (тобто жорстко зафіксованими є лопаті як на робочому колесі, так і (в переважній більшості випадків) в напрямному апараті), необхідно правильно спроектувати робоче колесо. Насамперед потрібно розрахувати кут встановлення лопаті робочого колеса на периферійному циліндричному перерізі. Кут закручення лопаті потрібно прийняти рівним приблизно  $18^\circ$ , але не більше. Кут атаки на периферії повинен бути в межах  $0 \div 2^\circ$ , біля втулки – не більше  $6 \div 10^\circ$ .

Запропонований нами метод проектування гідроагрегатів малих ГЕС виявився дуже актуальним в часі глобальних кліматичних змін, які особливо відчутно позначилися на Україні. Мова йде про підвищення на декілька градусів (понад норму) середньорічної температури повітря, яке призвело до зниження кількості опадів, збільшення випаровування вологи та відповідного зменшення річкових стоків. За таких умов гідроагрегати на багатьох малих ГЕС з причини відсутності достатньої кількості води у річках стають взагалі непрацездатними. Відтак на подібних ГЕС потрібно встановлювати додаткові, менші гідроагрегати. Саме запропонований нами метод виявився для цього дуже доречним. Наразі спроектовано декілька додаткових малих безредукторних гідроагрегатів для малих ГЕС Західного регіону.

Визначення з точністю до одного сантиметра діаметру робочого колеса гідротурбіни для наперед заданої швидкості його обертання дозволяє покращити техніко-економічні показники гідроагрегату малої ГЕС і вдихнути нове «життя» в подальший розвиток малої гідроенергетики України.

**УДК 621.1.**

**Кузик І., Тарасенко М., д.т.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ КОНДЕНСАЦІЙНОГО КОТЛА ТА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ**

**Kuzyk I., Tarasenko M.G., Dr., Prof.**

## **ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF HYBRID SYSTEMS ON THE BASIS OF CONDENSATION BOILER AND HEAT PUMP**

Ключові слова: спалювання палива, облік палива, енергетика.

Keywords: fuel combustion, fuel accounting, power engineering.

Потреба в нових альтернативних джерелах або технологіях енергопостачання є актуальною. Це завдання для науковців на наступні кілька років. Проте на даний момент часу необхідно шукати шляхи підвищення ефективності використання існуючих енергоресурсів, одним з яких є і газ.

Проведення енергетичного аудиту, визначення енергозатрат на газопостачання, проведення аналізу руху фінансових потоків, які виділяються на покращення енергетичної системи, проведення аналітичних досліджень – головні завдання енергетичної політики.

Шляхами підвищення коефіцієнту корисного використання газу є: 1) впровадження мікропроцесорних систем, які контролюють температуру, хімічний склад димових газів, також регулюють подачу повітря та газу; 2) використання установок, що працюють з одним видом палива до мульти-енергетичних систем з використанням як відновлюваних так і традиційних джерел енергії.

Аналізуючи наведені фактори можна стверджувати, що для ефективного розвитку нам необхідно застосовувати енергетичну стратегію, яка б включала такі заходи:

- використання сучасних газових котлів ( з ККД близьким до 100%);
- проведення обліку теплової та електричної енергії, а також різних видів палива;
- використання енергії доквілля за допомогою теплових насосів.

Необхідне розроблення алгоритму та моделі роботи систем забезпечення найвищого рівня ефективності та істотного покращення екологічних показників роботи агрегатів теплопостачання.

УДК 621.327

Анатолій Лупенко, д. т. н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ККД БАГАТОСЕКЦІЙНИХ РЕЗОНАНСНИХ ІНВЕРТОРІВ З РЕГУЛЮВАННЯМ ПОТУЖНОСТІ

Anatoliy Lupenko, Dr., Prof.

### EFFICIENCY INCREASING OF POWER CONTROL MULTISTAGE RESONANCE INVERTERS

Резонансні інвертори (PI) напруги переважно виконують на основі мостових або напівмостових ключових схем. Однак використання схемотехніки мостового, а тим більше напівмостового, інвертора для потужних РДС (1 кВт і вище) стає проблематичним через потужнісні обмеження компонентної бази силової електроніки, в першу чергу, транзисторів. Для подолання цього обмеження пропонується застосувати схемотехніку секційних інверторів. Схема такого  $n$ -секційного інвертора ( $n$  – довільна кількість секцій) та діаграма імпульсів кожної з напівмостових резонансних секцій показані на рис. 1.

Проаналізовано загальний випадок  $n$ -секційного інвертора. Показано, що при синфазній роботі його  $n$ -секцій загальна вихідна потужність інвертора пропорційна кількості його секцій. Змінюючи фазові зсуви імпульсів живлення секцій, можна реалізувати регулювання потужності  $P$  в навантаженні інвертора в діапазоні від 0 до 100%. Потужність такого інвертора дорівнює:

$$P = \frac{2E^2}{\pi^2 Z_0} \frac{nQ \left[ \frac{1-n^2}{2} + \sum_{i=2}^n \cos \alpha_i + \frac{1}{2} \sum_{k=2}^n \sum_{i=2}^n \cos(\alpha_k - \alpha_i) \right] + \frac{n}{Q}}{(1-\Omega^2)^2 + \left(\frac{\Omega}{Q}\right)^2},$$

де  $E$  – напруга живлення інвертора,  $Z_0$  – характеристичний опір,  $Q$  – добротність коливальної системи інвертора,  $\alpha$  – фазовий зсув відповідної секції,  $\Omega$  – відносна робоча частота ЕПРА (відношення його робочої частоти до резонансної частоти).

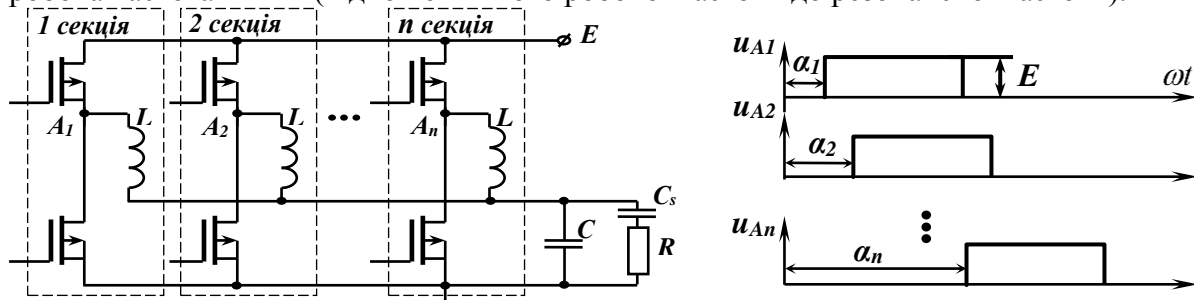


Рис.1

Встановлено, що зменшення активної потужності в навантаженні при регулюванні супроводжується зростанням відношення реактивної потужності інвертора до його активної потужності, що обумовлює зменшення його ККД.

Для суттєвого послаблення цього недоліку при зменшенні потужності можна відключати надлишкові секції, забезпечуючи меншу потужність відповідно меншою кількістю секцій. Однак при такому керуванні PI відбуватиметься стрибкоподібна зміна частоти резонансної системи PI, оскільки резонансна частота  $\omega_0$  багатосекційного PI залежить від кількості  $n$  включених секцій.

Для усунення цих стрибків пропонується наступна стратегія керування інвертором при регулюванні його потужності. 1) Плавне регулювання потужності необхідно здійснювати зміною фазового зсуву лише однієї регульовальної (останньої  $n$ -ї) секції інвертора.

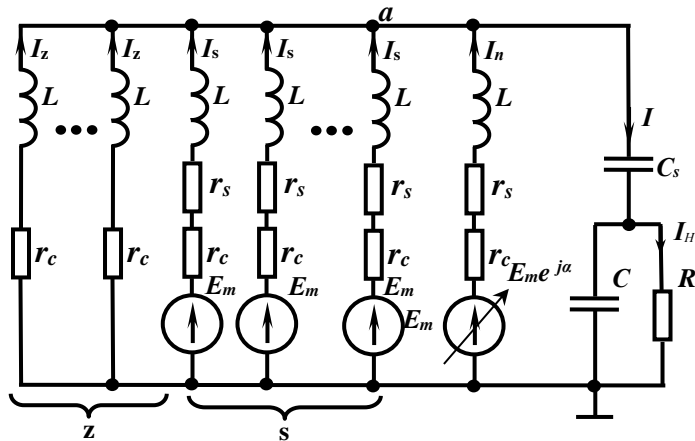


Рис. 2

2) Якщо в процесі регулювання необхідну потужність може забезпечити менша кількість секцій, «зайва» секція відключається шляхом замикання нижнього і розмикання верхнього транзисторів цієї секції. В результаті індуктивність цієї секції не вилучається із резонансної системи PI, а отже, і не відбувається стрибкоподібної зміни резонансної частоти. 3) Різке зменшення потужності за рахунок вимикання «зайвої»

секції коректується відповідним стрибком фази регулювальної  $n$ -ї секції. 4) При збільшенні потужності послідовність керуючих дій є протилежною.

Еквівалентна схема такого багатосекційного PI наведена на рис. 2. В цій схемі кондуктивні втрати кожної секції враховуються опорами  $r_c$ , а комутаційні втрати – опорами  $r_s$ . Кількість включених нерегульованих секцій –  $s = 1 \dots (n-1)$ , кількість відключених таким чином секцій дорівнює  $z = n - s - 2$ .

В результаті виконаного аналізу встановлені співвідношення для струмів регульованої, нерегульованих включених і відключених секцій та навантаження, а саме:

$$I_n = \frac{2E}{\pi Z_0} \frac{\left[ \left( \frac{n-1}{n\Omega} - \Omega \right) \cos \alpha + \frac{1}{Q} \sin \alpha - \frac{s}{n\Omega} \right] + j \left[ \frac{1}{Q} \sin \alpha - \left( \frac{n-1}{n\Omega} - \Omega \right) \sin \alpha \right]}{j(1 - \Omega^2) - \frac{\Omega}{Q}},$$

$$I_s = \frac{2E}{\pi Z_0} \frac{\left[ -\Omega + \frac{1}{n\Omega} (n - s - \cos \alpha) \right] + j \left[ \frac{1}{Q} - \frac{1}{n\Omega} \sin \alpha \right]}{j(1 - \Omega^2) - \frac{\Omega}{Q}},$$

$$I_z = -\frac{2E}{\pi Z_0} \frac{1}{n\Omega} \frac{s + \cos \alpha - j \sin \alpha}{j(1 - \Omega^2) - \frac{\Omega}{Q}},$$

$$I = \frac{2E}{\pi Z_0} \frac{1}{Q} \frac{s + \cos \alpha - j \sin \alpha}{j(1 - \Omega^2) - \frac{\Omega}{Q}}.$$

Коефіцієнт корисної дії багатосекційного PI з регулюванням потужності тоді можна розрахувати за наступним виразом:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{r_s \sum_0^z I_z^2 + (r_s + r_c) \left( I_n^2 + \sum_0^s I_s^2 \right)}{R_n I^2}}.$$

При такій стратегії керування у відключених секціях мають місце лише кондуктивні втрати, а комутаційні втрати усуваються, що дає змогу підвищити ККД PI. Крім того, реактивні струми резонансної системи інвертора при відключеннях «зайвих» секцій стрибкоподібно зменшуються, що також в свою чергу сприяє підвищенню його ККД.



УДК 621.3

Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо

Тернопільський національний технічний університет

МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В  
ЛАМПАХ ВИСОКОГО ТИСКУ

Volodymyr Medvid, Iryna Belyakova, Piscio Vadim

METHOD OF PREVENTION OF THE ACOUSTIC RESONANCE IN THE HID  
LAMPS

Явище акустичного резонансу призводить до того, що дуга всередині лампи може обертатись, мигати і навіть гаснути, коли баласт працює на частотах, що перевищують декілька кілогерц. Як встановлено, механічна добротність пальника, котра відповідає за резонансні явища у дузі є досить значною, тому на резонансні явища впливають сигнали із невеликого проміжку частот, котрий назвемо небезпечним. Якщо ж на лампу подавати широкополосний сигнал, то енергія розподілена у небезпечному проміжку частот буде малою і явища резонансу не виникнуть. Отже основна ідея: подача на розрядну лампу фазо-маніпульованого сигналу із "майже" випадковою фазою. Як відомо, такий сигнал є широкополосним, тому енергетична щільність в околі небезпечної резонансної частоти буде малою, і не буде суттєво впливати на параметри дуги і не буде викликати резонансу.

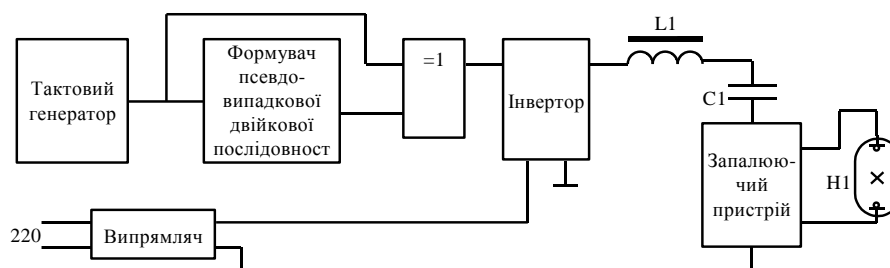


Рис.1. Блок-схема пропонованого пристрою

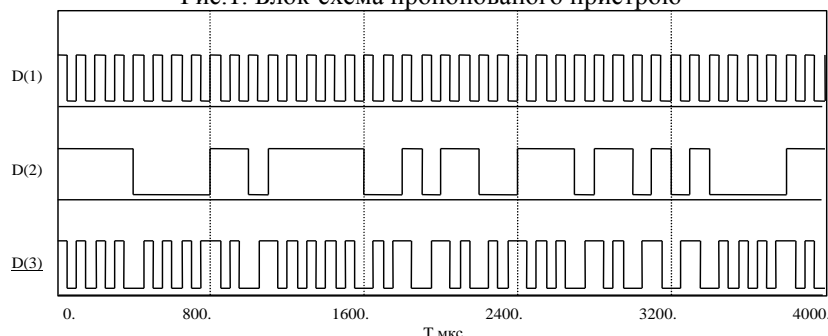


Рис.2. Часова діаграма основних сигналів у схемі: D(1) - сигнал на виході тактового генератора, D(2) сигнал на виході формувача псевдо-випадкової двійкової послідовності, D(3) - сигнал на вході інвертора

Блок-схема пропонованого пристрою показана на рисунку 1. Вона складається із тактового генератора 1, котрий видає на свій вихід меандр із частотою 10-25 кГц, його вихідний тактовий сигнал поступає на вхід формувача псевдо-випадкової послідовності на основі зсувного регістру із лінійним зворотнім зв'язком (LFSR), котрий формує псевдо-випадковий сигнал. Сигнал із виходу генератора та формувача поступає на фазовий модулятор побудований на основі елемента "ВИКЛЮЧАЄ АБО", на виході котрого формується сигнал із псевдовипадковою фазою. Вихідний сигнал подається на потужний інвертор, котрий живить лампу підключену через LC контур та, можливо,

запалювальний пристрій. Принципова схема, котра відповідає наведеній структурній моделювалась у середовищі MicroCAP, результати моделювання наведені на наступному рисунку (рис. 2). Із рис. 2 випливає, що фаза вихідного сигналу стає рівною 0 чи  $180^\circ$  залежно від псевдо-випадкового сигналу. Фрагмент часової діаграми на виході часової діаграми сигналів на виході підсилювача (V(OUT2)) та на виході розрядній лампі (V(OUTMod)) показані на наступному рисунку.

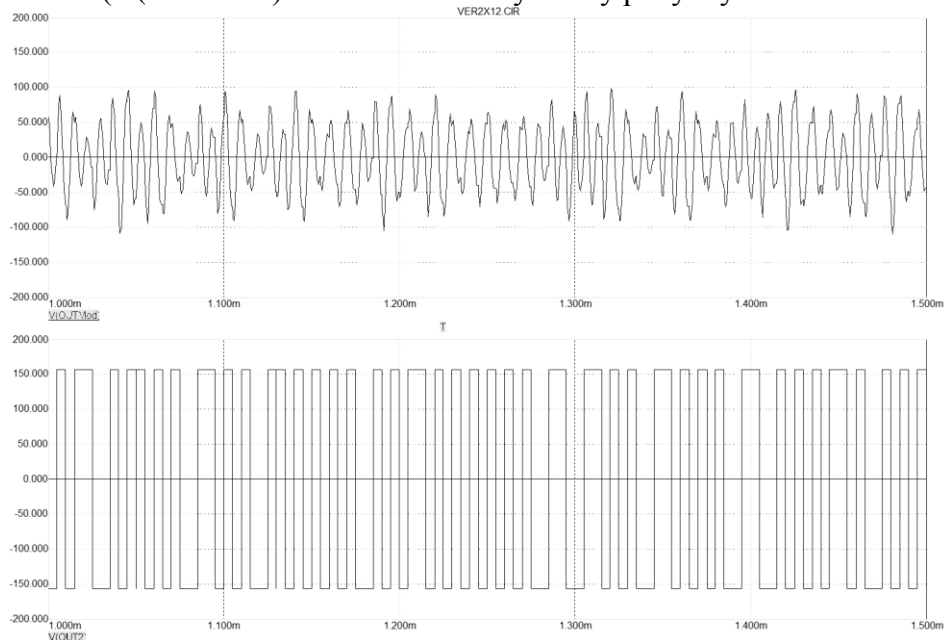


Рис. 3. Фрагмент часової діаграми сигналів на виході підсилювача (V(OUT2)) та на виході розрядній лампі (V(OUTMod))

Амплітуди гармонік вихідного сигналу на виході відповідного підсилювача (V(OUT2)) та на виході розрядної лампи (V(OUTMod)) наведені на наступному рисунку.

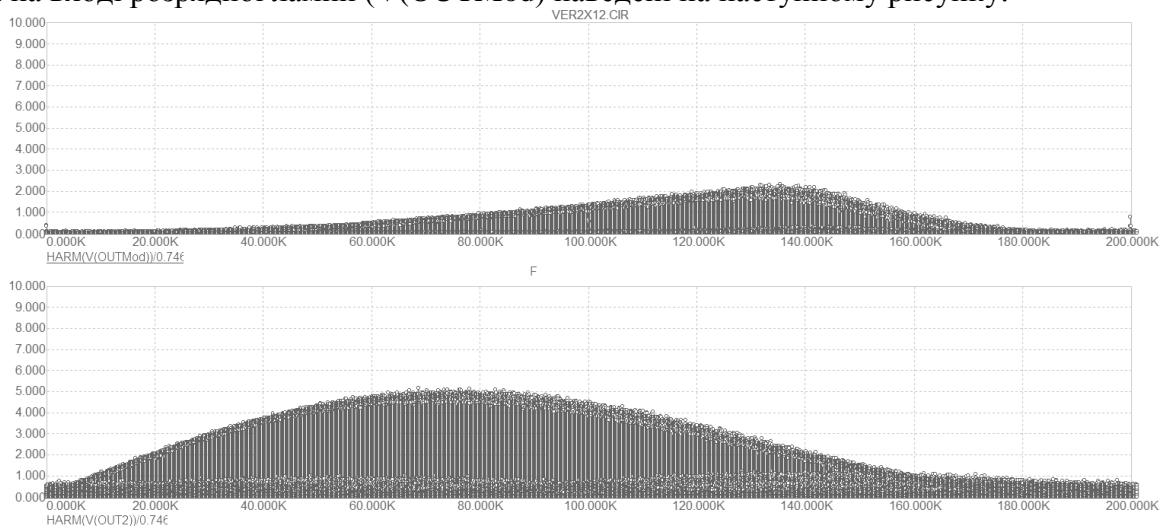


Рис.4. Амплітуди гармонік вихідного сигналу на виході відповідного підсилювача (V(OUT2)) та на виході розрядної лампи (V(OUTMod))

Як видно із рисунку кожна гармоніка вихідного сигналу не перевищує за амплітудою 5 В у діапазоні частот від 0 до 200 кГц, хоча, як випливає із попереднього рисунку максимальне значення напруги на виході підсилювача становить 157 В. Отже запропонована схема при своїй простоті, дозволяє "розподілити" потужність вихідного сигналу на досить широкий діапазон частот зменшивши таким чином можливість виникнення резонансу пальника на деякій частоті.

### **УДК 621.3**

**Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА СХЕМ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ЯВИЩА АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В ГАЗОРОЗРЯДНИХ ЛАМПАХ ВИСОКОГО ТИСКУ**

**Volodymyr Medvid, Iryna Belyakova, Piscio Vadim**

## **ANALYSIS OF METHODS AND CIRCUIT DIAGRAMS FOR PREVENTION OF ACOUSTIC RESONANCE PHENOMENON IN HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMPS**

Для підвищення ефективності роботи комплексу пускорегулювальний баласт – газорозрядна лампа низького тиску вже досить тривалий час використовують електронні баласты, які працюють на високих частотах. Їх перевагою є:

- ◇ високий ККД, що значно перевищує аналогічний параметр електромагнітних баластів,
- ◇ можливість регулювання струму лампи в заданих межах,
- ◇ збільшення світлової віддачі.
- ◇ усунення можливості виникнення аварійних режимів роботи лампи.

Однак, при використанні високочастотних електронних баластів для роботи з газорозрядними лампами високого тиску (ртутними ДРЛ, натрієвими ДНаТ, металогалогенними ДРІ та ін..) з'являється проблема виникнення в пальниках цих ламп явища акустичного резонансу.

Причина виникнення цього явища полягає в тому, що при зміні напрямку протікання струму унаслідок перерозподілу носіїв заряду виникають акустичні хвилі, що призводять до виникнення вимушених механічних коливань газового середовища пальника, його стінок та навіть арматури його підвісу. При деякому значенні частоти змінного струму частота акустичних хвиль у дузі може співпасти із резонансною частотою механічних коливань у системі.

Спектр вказаних вище резонансних частот механічних коливань залежить від геометричних розмірів пальника лампи, швидкості звуку в ній (котрий у свою чергу залежить від тиску), особливості конструкцій підвісу пальника та від інших багатьох параметрів.

Через складність акустичного резонансу може виникати нестабільність дуги з лампами різних виробників, різними партіями того ж типу ламп і лампами в різні моменти часу їх служби (новий, тривалий і кінцевий термін служби).

Тому, кожна з ламп, в тому числі однотипні та однакової потужності, через різні електротехнічні і конструктивні параметри можуть мати різні частоти основного резонансу, які змінюються в бік зменшення або збільшення, а також змінюються із збільшенням терміну використання лампи. Крім основного резонансу, існують резонанси і на інших частотних гармоніках, які, негативно впливають на стан газового розряду лампи. Наслідками акустичного резонансу є нестабільність горіння лампи, пригасання дуги і, в гіршому випадку, фізичне руйнування пальника.

В якості напруги живлення лампи високого тиску, в більшості випадків, використовують змінну напругу, що не перевищує 200 Гц, тим самим виключаючи можливість виникнення акустичного резонансу. Ці робочі частоти лежать в звуковому діапазоні і тому процес горіння ламп супроводжується значними звуковими завадами.

Також, для живлення газорозрядних ламп малої потужності часто використовують баласты з вихідним випрямленим постійним (пульсуючим) струмом.

Тому, на сьогоднішній день немає єдиного способу та загальноприйнятої схеми високочастотного живлення ламп високого тиску.

В якості одного з ефективних методів боротьби з акустичним резонансом є використання модуляції основної частоти напруги живлення лампи сигналом деякої форми. Наприклад, промодулювати сигналом прямокутної форми з більш низькою частотою, в якій частота високочастотної пульсації, накладається на імпульсну напругу (струм) низької частоти, модулюється псевдовипадковим шумовим сигналом.

Схема [1] містить генератор псевдовипадкового сигналу сигнал котрого поступає на аналоговий фільтр і керує роботою генератора пилоподібної напруги (рис. 1). Вихідна напруга генератора поступає на вихідний блок керування силовими ключами, котрі можуть керуватись із використанням ШІМ модуляції. Центральна частота і смуга частот псевдовипадкового генератора шуму можуть регулюватися.

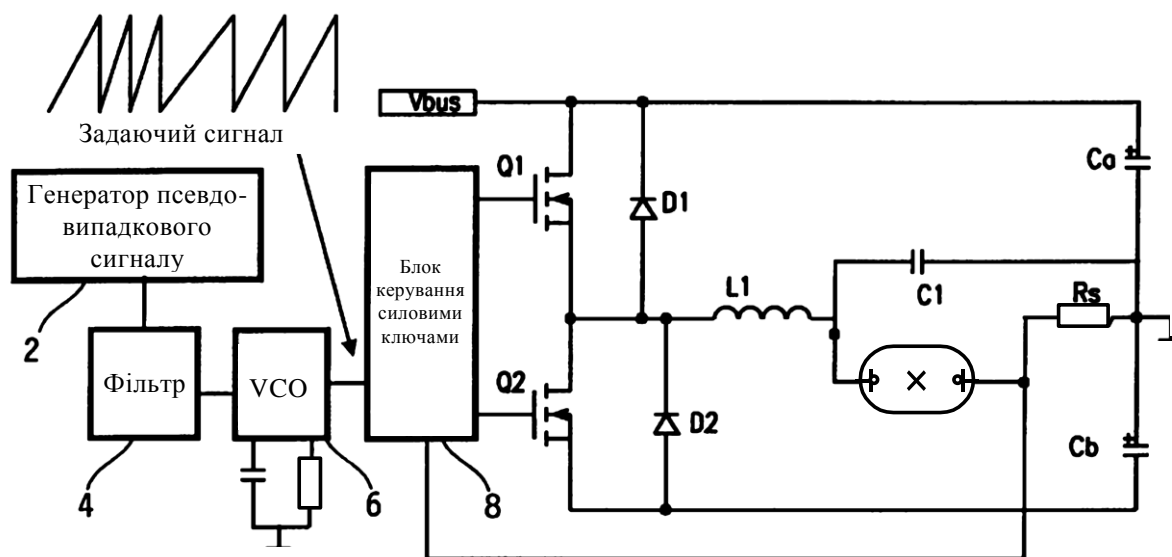


Рис. 1 Схема електронного баласту для газорозрядної лампи:

VCO - генератор пилоподібної напруги, що керується напругою

Як показано на рис. 1, схема управління розрядною лампою живиться від джерела постійної напруги  $V_{bus}$ . Джерелом такої напруги може бути коректор коефіцієнту потужності або випрямляч із фільтром, але при невеликій потужності лампи. Схема також містить півмостову схему на транзисторах Q1, Q2, які керуються схемою управління. Для стабілізації струму лампи використовується дросель L1 і можливо зворотній зв'язок через резистор  $R_s$ . Резонансний контур L1, C1 використовується для запалювання лампи.

Відомі також способи та схеми електронних баластів [2], в котрих використовується частотна модуляція несучого сигналу для забезпечення високочастотного вихідного змінного струму. Змінний високочастотний вихідний струм подається для управління лампою таким чином, щоб мінімізувати або взагалі уникнути виникнення акустичного резонансу. Відзначається при цьому, що сигнал модуляції пилоподібної форми (від 1 мс до 10 мс за цикл з часом зворотного ходу менше 1 мс) кращий, ніж трикутний модулюючий сигнал. Фактично в [2] автори живлять лампу сигналом із лінійно змінною частотою котрий має рівномірний амплітудний спектр і запобігання виникнення резонансу дуги у лампі можна пояснити невеликою спектральною щільністю сигналу живлення в околі частоти резонансу.

#### Література

1. US patent № 6144172 Method and driving circuit for HID lamp electronic ballast
2. US patent № 4373146 Method and circuit for operating discharge lamp

УДК 623.407

Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісцьо, Олег Шкодзінський  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ОПТИМІЗАЦІЯ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРА

Volodymyr Medvid, Iryna Belyakova, Piscio Vadim, Oleh Shkodzinsky  
OPTIMIZATION OF A PIEZOTRANSFORMER

Розглянемо оптимізацію форми плоского п'єзотрансформатора струму (ПТ) з поляризацією за товщиною пластини. Нехай, її товщина  $h$ , а середня площа співпадає з площиною  $x_1 O x_2$ , матеріал має густину  $\rho$ . Також будемо вважати, що задача є симетричною відносно координатних осей. Бічні поверхні п'єзотрансформатора вільні від електродів, а верхня і нижня поверхні покриті системою електродів, зазор між якими наближається до 0. Для зменшення втрат енергії ПТ закріплюють так, щоб його поверхні не передавали зусилля на закріплення. Така умова призводить до граничної умови:  $\sigma_{ij} n_j = 0$ , де  $n_j$  - вектор зовнішньої нормалі. У випадку двовірної моделі при змінній ширині п'єзотрансформатора та симетрії ПТ відносно осі  $Ox$  рівняння, що описує коливання із частотою  $\omega$ , у лінійному наближенні може бути записано у наступній формі:  $\sigma_{ij,j} + \rho \omega^2 u_i = 0$ , де  $\rho$  - густина матеріалу ПТ. На границі, при умові вільної бічної поверхні п'єзоелемента, має виконуватись умова:  $\sigma_{ij} n_j = 0$ . Для подальшого моделювання перейдемо від диференціальної до слабкої постановки задачі. Використовуючи пробні функції  $v_i$ , котрі змінюються незалежно на границі області та у об'ємі  $V$ , формулу Гауса та співвідношення між напруженнями та деформаціями:  $\sigma_{ij} = c_{ijm} \varepsilon_m + d_{31} \frac{\varphi}{h}$ , де  $c_{ijkl}$  - сталі, що описують пружні властивості матеріалу. Враховуючи, що п'єзотрансформатор працює у режимі, близькому до режиму механічного резонансу, унаслідок чого вимушена форма коливань близька до вільної форми, і тому складову  $d_{31} \frac{\varphi}{h}$  можна вважати рівною нулю, отримаємо функціонал, котрий описує коливання п'єзосередовища для заданої задачі:

$$\int_V \frac{\partial v_1}{\partial x_1} \left( c_{11} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + c_{12} \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial v_2}{\partial x_2} \left( c_{12} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + c_{11} \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) + \left( \frac{\partial v_1}{\partial x_2} + \frac{\partial v_2}{\partial x_1} \right) c_{66} \left( \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right) dV + \int_V \rho \omega^2 (v_1 u_1 + v_2 u_2) dV = 0;$$

де  $c_{66} = (c_{11} - c_{12})/2$ . Матеріал п'єзокераміки крихкий, а коливання матеріалу проходять за гармонійним законом, тому використаємо таке обмеження на напруження:  $\max(\sigma_1(t), \sigma_2(t)) \leq [\sigma]$ , де  $\sigma_1(t), \sigma_2(t)$  - головні напруження у матеріалі,  $[\sigma]$  - допустимі напруження у матеріалі. Всі напруження змінюються із однаковою фазою, тому умову міцності матеріалу запишемо у вигляді:

$$\sigma_e = \frac{1}{2} \left( |\sigma_{11} + \sigma_{22}| + \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + 4\sigma_{12}^2} \right) \leq [\sigma].$$

Оптимальним вважаємо ПТ із максимумом коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_M = \frac{1}{V \cdot \max(\sigma_e)} \int_V \sigma_e dV.$$

ця величина позитивна і знаходиться у межах від 0 до 1.

Як показує практика, оптимальна форма, що є результатом вирішення поставленої задачі, має нескінчену протяжність по одній із координат. Для того, щоб уникнути фізично нереалізованих форм ПТ, накладемо обмеження на довжину: будемо вважати, що довжина ПТ рівна  $2L$ . Границю по осі  $Ox_2$  запишемо у вигляді ряду Фур'є:

$$\pm x_2 = y_{\Gamma}(x_1) = \sum_{k=0}^N a_k \cos\left(\frac{\pi k x_1}{L}\right) + \sum_{k=1}^N b_k \sin\left(\frac{\pi k x_1}{L}\right).$$

У випадку симетрії границі відносно осі  $Ox_2$  функція границі  $x_2 = \pm y_{\Gamma}(x_1)$  має володіти властивістю  $y_{\Gamma}(x_1) = y_{\Gamma}(-x_1)$ , що є можливим, коли  $b_i = 0$ . Також введемо обмеження на об'єм п'єзоелемента: припустимо, що об'єм сталей і рівний  $V_0$ . Як відомо об'єм ПТ рівний:  $V = 2h \int_{-L}^L y_{\Gamma}(x_1) dx_1$ , отже  $V = 4 a_0 h L$ , за властивостями ряду Фур'є.

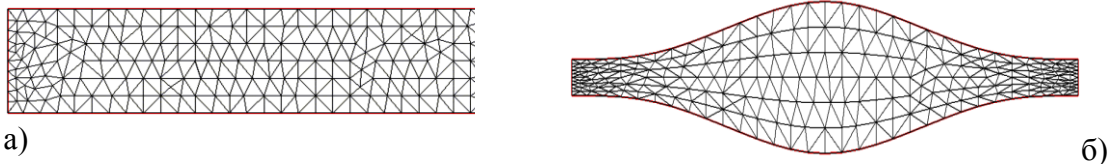


Рис. 1. Зміна форми ПТ та триангуляційної сітки у процесі оптимізації

Для розв'язання задачі використано програму FreeFem++ версії 3.46. Програма приймає на вхід файл із скриптом, що описує алгоритм розв'язку на спеціальній C-подібній мові. При реалізації алгоритму оптимізації у якості початкового наближення використовується скінченоеlementна модель у вигляді прямокутника із нерівномірною триангуляційною сіткою (рис 1. а). У процесі оптимізації сітка деформується (рис.1 б) за законом:

$$\begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \sum_{k=0}^N a_k \cos\left(\frac{\pi k x_1}{L}\right) \end{bmatrix},$$

де  $\bar{x}_i$  - нові координати. Процес оптимізації змінює коефіцієнти,  $a_k$  так, щоб значення корисної функції - коефіцієнта використання матеріалу збільшувалось. У якості алгоритму оптимізації використовується метод Нелдера-Міда описаний в [1] та [2].

Підпрограма обчислення функції мети отримує вектор змінних, котрі описують запропоновану геометрію. Далі перевіряється коректність запропонованої геометрії. Якщо вона не коректна, коефіцієнт використання матеріалу набуває випадкового значення у межах  $-200..-1$  (обрання випадкового значення запобігає зациклованню алгоритму). Якщо ж форма є коректною, то алгоритм буде квадратичні форми:

$$V_B(v,u) = \int_V \rho \omega^2 (v_1 u_1 + v_2 u_2) dV ;$$

$$V_A(v,u) = \int_V \left( \frac{\partial v_1}{\partial x_1} \left( c_{11} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + c_{12} \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial v_2}{\partial x_2} \left( c_{12} \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + c_{11} \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right) + \left( \frac{\partial v_1}{\partial x_2} + \frac{\partial v_2}{\partial x_1} \right) c_{66} \left( \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right) \right) dV ;$$

і на їх основі визначаються матриці А та В, котрі описують відповідну задачу. Далі за допомогою бібліотеки ARPACK, що входить у FreeFem++, будується набір із 10 власних форм коливань та відповідних їм власних чисел  $\lambda_i$ . Для кожного власного вектора коливань обчислюється значення максимальних напружень і коефіцієнта використання матеріалу  $K_m$ , знаходиться форма коливань із максимальним значенням коефіцієнта, яка і повертається як результат. Обчислення кількох власних функцій необхідне через те, що серед власних коливань є коливання згину п'єзопластини, котрі мають коефіцієнт використання матеріалу, близький до 0.

1. Nelder J.A. Mead R. A simplex method for function minimization. Computer Journal. 7 (1965) pp. 308-313
2. Банди. Методы оптимизации. Вводный курс. - М. Радио и связь, 1988. 128 с.

УДК 621.311

П. М. Микулик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Р. М. Mykulyk

### ANALYTICAL REVIEW THE CALCULATION METHODS PARAMETERS OF ELECTRICITY QUALITY

У більшості промислових підприємств контроль параметрів якості електроенергії (ПЯЕ) проводиться на основі періодичних вимірювань напруги мережі та інших параметрів з наступною статистичною обробкою даних [1, 2, 3]. На окремих підприємствах з під'єднаною потужністю більше 1000 кВА, впроваджуються автоматизовані системи контролю параметрів якості та обліку електричної енергії. Такі системи вимагають свого удосконалення та покращення експлуатаційних характеристик.

Припис споживачам про організацію контролю містить перелік ПЯЕ, контроль яких вимагається з рекомендованою назвою приладів та їх кількістю, терміном початку контролю кожного параметра та періодичністю таких вимірів. До ПЯЕ, що обумовлені роботою електроустановок, відносяться також відхилення напруги та коефіцієнт зворотної послідовності напруги, які визначаються за формулами:

$$\delta U_b = \frac{U_{cp} - U_n}{U_n} \cdot 100\% ,$$

де  $\delta U_b$  – відхилення напруги;  $U_{cp} = \frac{U_{BA} + U_{AC} + U_{CB}}{3}$  – середнє значення напруги;

$U_{BA}, U_{AC}, U_{CB}$  – лінійні значення напруг;  $U_n$  – значення номінальної напруги живлення.

$$\varepsilon_2 = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_n} ,$$

де  $\varepsilon_2$  – коефіцієнт зворотної послідовності напруги;  $U_{\max}, U_{\min}$  – найбільше і найменше із значень лінійних напруг, що виміряні в розглянутий момент часу.

Додатково додається фрагмент осцилограми процесу запису коливання напруги на протязі 10-15 с. із зазначенням запису максимального розмаху коливання (в процентах по відношенню до номінальної напруги). Такий контроль ПЯЕ застосовується і в електричних мережах з різкозмінними навантаженнями. Одним із перших ПЯЕ, що викликає практичний інтерес при таких навантаженнях, є відхилення напруги живлення.

Графіки відхилення напруги на практиці вимірюються з інтервалом 0,5-2 год. За цей час у цих випадках встигають проявитися результати впливу відхилення напруги: пониження частоти обертання двигунів, збільшення нагріву деяких видів електрообладнання, порушення нормального ходу окремих типів технологічних процесів. Тому, визначаючи найбільшу величину відхилення напруги з врахуванням 95% ймовірності як:

$$\delta U_b = m_{\delta U_b} + \beta \sigma_{\delta U_b},$$

де  $m_{\delta U_b}$  та  $\sigma_{\delta U_b}$  – числові характеристики процесу відхилення напруги, середнє і середньоквадратичне значення;  $\beta$  – прийнята кратність міри розсіювання, враховуємо реальне значення ПЯЕ, що характеризують дійсні наслідки від пониження напруги.

У тому випадку, коли в інтервалі  $T$ , на протязі якого проводиться вимірювання ПЯЕ, одержано  $N$  дискретних вимірювань, то числові характеристики ПЯЕ визначаються як:

$$m_{\delta U_b} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{P_i}, \quad \sigma_{\delta U_b}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sqrt{P_i} - m_{\delta U_b})^2,$$

де  $P_i$  – потужність спотворення, що відповідає ПЯЕ і визначається в інтервалі часу  $TN = \Delta t$  (час спостереження).

Повні потужності спотворення, що визначаються через миттєві значення напруг та струмів рівні:

$$\left. \begin{aligned} S_{CA} &= U_A \sum_{K=2}^{\infty} i_{AK}; \\ S_{CB} &= U_B \sum_{K=2}^{\infty} i_{BK}; \\ S_{CC} &= U_C \sum_{K=2}^{\infty} i_{CK}. \end{aligned} \right\},$$

$$P_i = R_C \cdot (S_{CA} + S_{CB} + S_{CC}).$$

Кожний із приймачів електроенергії, під'єднаний до електричної мережі, споживає активну і реактивну потужності, величини яких визначаються значеннями напруги на затискачах приймачів і її частотою.

При відхиленні напруги на шинах постачання електричних асинхронних двигунів змінюється швидкість обертання ротора, значення активних втрат і споживаної реактивної потужності. Це приводить до пониження економічних показників, що характеризують роботу цих споживачів.

#### Література

1. Жежеленко И. В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, М. Л. Рабинович, В. М. Божко. – К. : Техника, 1981. – 160 с.
2. Липский А. М. Определение показателей качества электроэнергии в сетях с резкопеременными нагрузками / А. М. Липский // Промышленная энергетика. – 1982. – № 11. – С. 20-22.
3. Шидловский А. К. Контроль качества электроэнергии и требования к средствам измерения / А. К. Шидловский, И. П. Гранберг, Ю. С. Железко // Электричество. – 1990. – № 12. – С. 22-28.



УДК 621.31

**В.П. Опришко, ас., Д.І. Доценко**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**ОЦІНКА РІВНІВ НЕРІВНОМІРНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В  
ЛОКАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ПРОГРАМНОМУ  
КОМПЛЕКСІ «ПОМІЧНИК ДИСПЕТЧЕРА»**

**VP Opryshko, Ass., D.I. Dotsenko**

**EVALUATION OF NON-EQUALITY LEVELS OF ELECTRICITY  
CONSUMPTION IN THE LOCAL ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM IN THE  
SOFTWARE COMPLEX "DISPATCHER PATTERN"**

Головний закон функціонування будь-якої енергосистеми – безперервне забезпечення балансу попиту і пропозиції на електроенергію шляхом оперативного покриття графіка навантаження відповідним виробленням електроенергії на генеруючих джерелах з гарантованою поставкою її у вузли споживання. У разі порушення цього закону в енергосистемі змінюються частота мережі змінного струму і розрахункові рівні напруги, що може призвести до масових відключень споживачів або виходу з ладу генеруючого, транспортуючого і розподільного обладнання та електроустановок споживачів [1].

Робота локальної електроенергетичної системи згідно нерівномірного графіку навантаження, також пов'язана з додатковими витратами як перевитрати палива та наявність надлишкового генеруючого обладнання з супутніми ресурсами, які закладаються в тариф на електроенергію з метою збереження економічності енергосистеми в цілому, що впливає на збільшення витрат споживачів [4, 5].

Слід зазначити, що за відсутності в енергосистемі збалансованої структури генеруючих потужностей головною можливістю вирівнювання графіків може стати режимна взаємодія енергосистеми зі споживачами на основі адміністративних або економічних заходів. Перші пов'язані з примусовим обмеженням навантаження споживачів у певні години доби і приносять споживачам прямий і непрямий збиток, який може істотно перевищити вигаш енергосистеми від ефекту вирівнювання добового графіка навантаження. У цьому випадку неефективність адміністративних заходів призводить до збитків для держави в цілому, хоча електроенергетична система і може тимчасово опинитися у вигаші [2, 3].

З метою зменшення втрат шляхом аналізу можливостей керування режимами електропостачання, розроблено програмно-алгоритмічний комплекс «Помічник диспетчера» для оцінки рівнів неоптимальності локальної електроенергетичної системи в основу якого покладено метод оцінки рівнів неоптимальності на основі показника потужності Фризе  $Q_{\phi}$  [5], що дозволить виявити групи споживачів з найбільшим впливом на загальну нерівномірність системи та проаналізувати можливі варіанти коригуючих дій.

$$Q_{\phi} = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Узагальнена структура алгоритму функціонування програмно-алгоритмічного комплексу «Помічник диспетчера» для зменшення нерівномірності споживання електричної енергії:

Структура алгоритму складається з наступних основних етапів:

1. Збір та коригування даних для розрахунку.
2. Апроксимація даних для розрахунку показників.

3. Розрахунок показників нерівномірності споживання електроенергії.
4. Розробка плану дій.
5. Порівняння результатів.
6. Імплементация та/чи корегування плану та/чи вихідних даних.

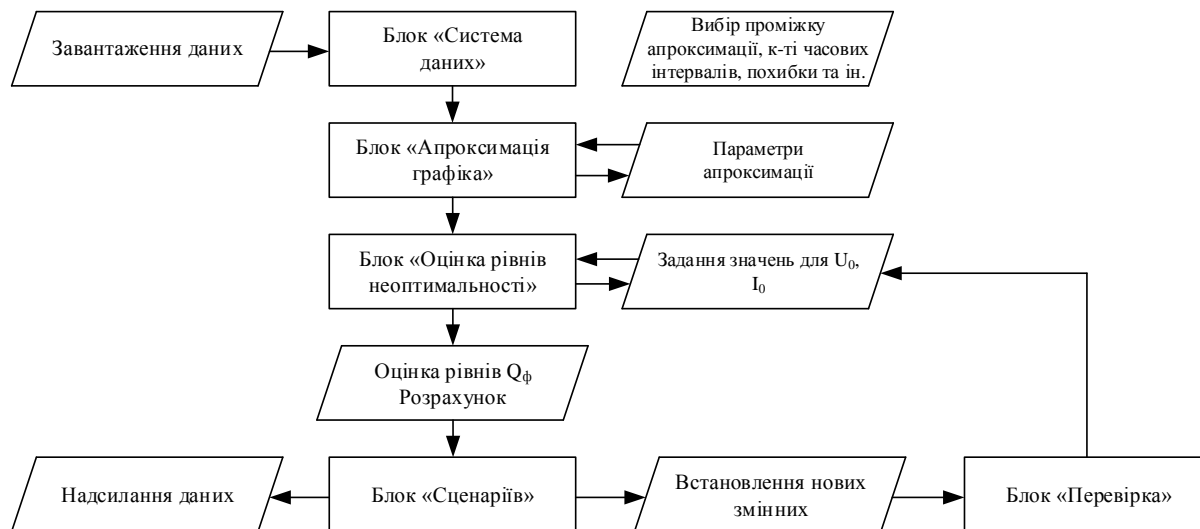


Рисунок 1 – Алгоритм функціонування програмно-алгоритмічного комплексу

Запропонована структура програмно-алгоритмічного комплексу, спрощує роботу диспетчера з точки зору розрахунків рівнів нерівномірності споживання електричної енергії, аналізу рівню впливу окремих споживачів та їх груп на нерівномірність споживання та створенні чи корегуванні існуючих планів щодо зменшення нерівномірності шляхом впровадження супутніх програм.

#### Список літератури

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980.
2. Каратеев П.Ю. Оценка эффективности использования и распределения электрической энергии в системе электроснабжения промышленного предприятия [Текст] / П.Ю. Каратеев // Известия ТулГУ. Техн. науки. – 2013. – № 12, Ч. 2. – С. 103–106.
3. Мятишкин Г.В. Определение энергоэффективности системы электроснабжения промышленного предприятия через оценку режимов потребления электрической энергии. [Текст] / Г.В. Мятишкин, В.В. Бирюк, А.С. Прохорова // Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov. – С. 181–183.
4. Денисюк С.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко // Technology Audit & Production Reserves. – 2016. – том 3 (29) – С.69–73. – ISSN 2226-3780
5. Опришко В.П. Регулювання режимів електропостачання в локальних системах microgrid [Текст] / В.П. Опришко // Техн. електродинаміка. – 2016. – № 4. – С.77–79. – ISSN 1607-7970.

**УДК 621.3.05**

**Богдан Оробчук, к. т. н.; доц., Михайло Горохівський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕМЕТРИЧНА СИСТЕМА ОБЛІКУ СПОЖИВАННЯ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

**Bohdan Orobchuk, Mykhailo Horokhivskyi**

**INFORMATION-TELEMETRY SYSTEM OF ELECTRICITY CONSUMPTION  
ACCOUNTING**

При вирішенні задачі підвищення ефективності управління енергоспоживанням як для постачальників так і споживачів електроенергії є її точний контроль і облік. Саме цей напрямок має забезпечити значну частину загального енергозбереження, потенціал якого складає більше 1/3 всього нинішнього обсягу енергоспоживання [1].

Інформаційно-телеметрична система (ІТС) складається з переносної і приймально-реєструючої апаратури (рис. 1). Первинні сигнали з виходів давачів (вимірювальних елементів) передаються на вхід системи комутації (рис. 1, а). Сигнальні і деякі відносно повільно змінювані параметри попередньо надходять на пристрої амплітудного і часового ущільнення (програмно-комутуючі пристрої - ПКП). Використання пристроїв ущільнення дозволяє передати по одному інформаційному каналу ІТС сигнали декількох давачів і, тим самим, ефективно використовувати пропускну здатність окремих каналів ІТС [2].

На вхід системи комутації надходять також рівні калібрування. У найпростішому випадку передаються значення мінімальної і максимальної напруги вимірювальної батареї, що живить давачі, тобто рівні сигналу, що відповідають 0% і 100% значень параметру. Завдяки цьому в приймально-реєструючій апаратурі отримують дані про відносний масштаб зареєстрованих сигналів. Системою комутації формується АІМ-сигнал, що представляє собою послідовність відліків всіх вимірюваних параметрів і рівнів калібрування. Для управління системою комутації від синхронізатора надходять маркерні і каналні синхроімпульси (рис. 1).

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) перетворює кожен відлік в цифровий код. Для його роботи використовуються синхроімпульси, що надходять із частотою каналів  $F_k$  і символів коду  $F_c$ .

Переносна апаратура може працювати в одному з трьох режимів: безпосередньої передачі (БП), відтворення інформації (ВІ) і запам'ятовування інформації (ЗІ).

Приймально-реєструюча апаратура (ПРА) здійснює прийом, декодування і реєстрацію телеметричної інформації (рис. 1, б). До складу ПРА може включатися апаратура обробки даних телевимірювань і передає частину системи трансляції, що забезпечує передачу даних в центр збору і обробки інформації.

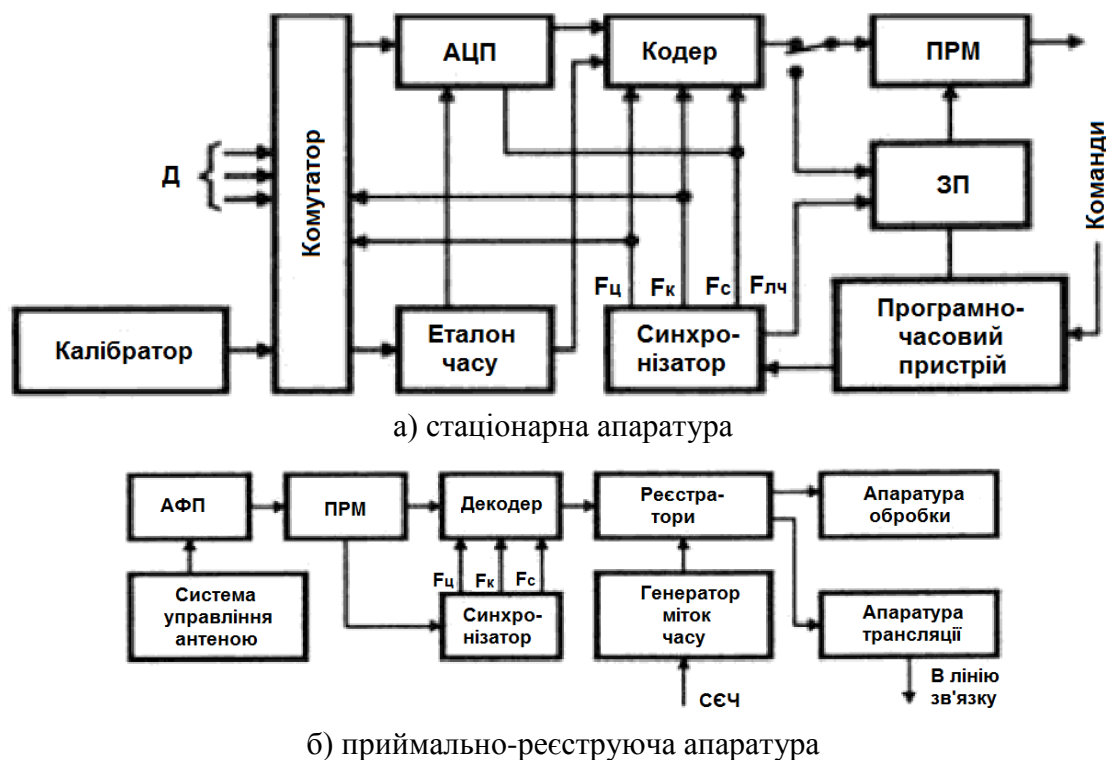


Рисунок 1 - Структурна схема інформаційно-телеметричної системи

Антенно-фідерний пристрій, керований системою управління антеною, дозволяє здійснювати пошук сигналу, що приходить від об'єкта, за напрямом, захоплення і стеження за кутом. Стеження здійснюється одним з можливих способів: вручну, автоматично або програмно [3].

Груповий сигнал з виходу приймача надходить на входи декодера і синхронізатора. Декодер також може виконувати декодування заводостійкого коду, формування сигналів запису і зчитування для реєстраторів і ін.

У процесі реєстрації даних здійснюється їх прив'язка до наземного часу. Для цього в реєстратор подаються мітки часу від генератора, який синхронізується сигналами служби єдиного часу (СЄЧ). Мінімальний інтервал між мітками СЄЧ становить 1 с, генератор позначок часу видає сигнали через 0,1 або 0,0001 с. Апаратура обробки дозволяє відповідно до пріоритету обробити зареєстровані дані і видати їх споживачеві в потрібному вигляді. Апаратура трансляції служить для узгодження вихідних сигналів РТС з входом використовуваної для трансляції даних типової лінії зв'язку.

### Література

1. Маликонов А. Г. Методы разработки автоматизированных систем управления. М. : Энергия. 2003.
2. Дианов И., Яманов А. Комплексные решения по ОРКЗ-связи в системах промышленной автоматизации и диспетчеризации // Беспроводные технологии. - 2010. №4. С. 36-40.
3. Орбчук Б., Піскун С., Рафалюк О. Впровадження систем телемеханіки керування енергооб'єктами в навчальному процесі. III Всеукраїнська науково-технічна конференція "Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування". – Тернопіль, 2017

**УДК 621.3.05**

**Богдан Оробчук, к. т. н.; доц., Тарас Любінський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ДІАГНОСТИЧНО-  
ВИПРОБОВУВАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Bohdan Orobchuk, Taras Lyubinskyi**

**DEVELOPMENT OF MICROPROCESSOR DIAGNOSTIC AND TESTING  
LABORATORY COMPLEX**

На сучасному етапі розвиток цифрових засобів дає можливість наочного вивчення перехідних процесів в електроенергетичних системах та дослідження нових засобів діагностики, захисту і управління енергетичного обладнання в лабораторних умовах, зокрема розвиток методів та засобів релейного захисту та автоматики (РЗА) досягається при модернізації структури, конструктивного виконання і поліпшення метрологічних характеристик вторинних перетворювачів (датчиків) електричних сигналів струму і напруги [1].

Розроблений проект мікропроцесорного комплексу для діагностики та випробувань дозволяє проводити випробування засобів РЗА щодо коректності реалізації та динамічних характеристик засобів РЗА

Розроблений проект комплексу відповідає наступним вимогам: включає математичний опис всіх елементів розрахункової схеми, в тому числі первинних та вторинних перетворювачів електричних сигналів, які контролюються засобами РЗА: видає весь набір контрольованих засобами РЗА параметрів електричного режиму у вигляді аналогових сигналів, пропорційних цим параметрам; забезпечує зворотний зв'язок пристроїв РЗА з модельованою частиною ЕЕС; може функціонувати в реальному часі; передбачає можливість розширення, а також вдосконалення моделей елементів ЕЕС, тобто алгоритми компонентів комплексу можуть бути максимально незалежні один від одного.

В якості основного модуля мікропроцесорного комплексу для діагностики і випробувань, було розглянуто готове рішення фірми National Instruments контролер Compact RIO. NI Compact RIO - компактна і надійна промислова система управління і збору даних на основі технології реконфігурованих вводу/виводу ПЛІС [2]. Пристрій програмується за допомогою середовища розробки додатків LabView. На рис.1 показана спрощена структурно-функціональна схема мікропроцесорного комплексу для діагностики і випробувань. На попередньому етапі передбачається розробити комплекс в якості стенду для випробувань моделей регуляторів збудження.

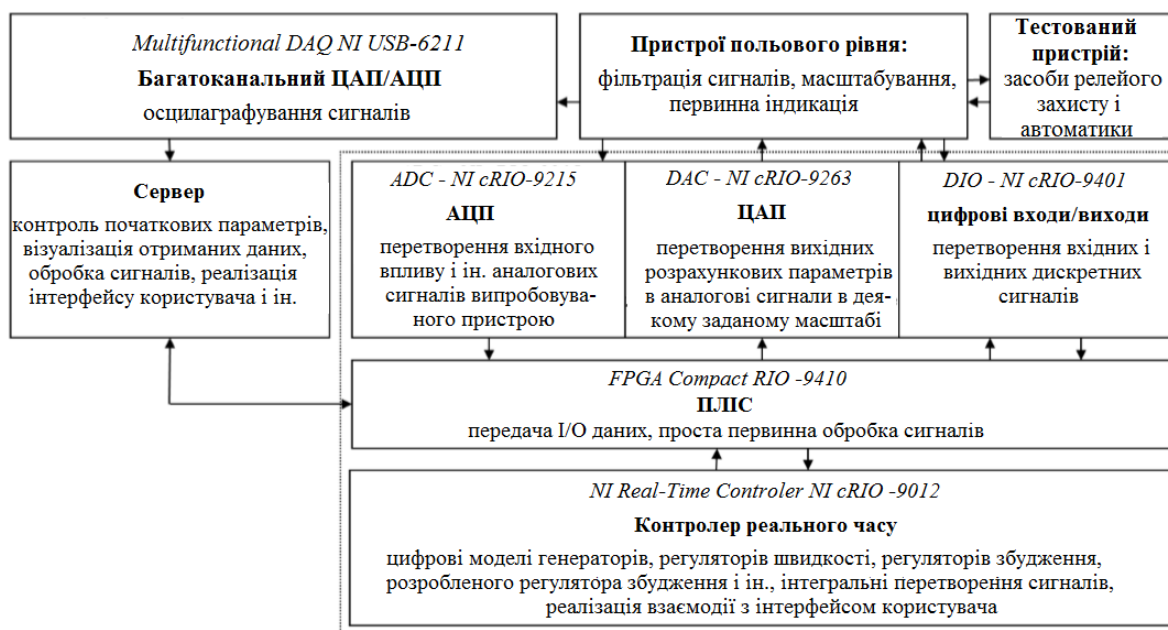


Рисунок 1 - Структурно-функціональна схема мікропроцесорного комплексу

Використання мікропроцесорного комплексу для діагностики і випробувань, дозволить закріпити теоретичні знання студентів на практичних заняттях, що істотно збільшує ефективність навчального процесу [3]. В якості навчального процесу пропонується:

1. Ознайомити студентів з програмами випробування різних пристроїв.
2. залучити студентів до модернізації і вдосконалення методик випробувань пристроїв.
3. Провести в ручному режимі випробування одного з пристроїв (наприклад, імітатора автоматичного регулятора збудження синхронної машини).

При розробці програмного забезпечення були виконані і відпрацьовані різні базові алгоритми, а саме організація обміну інформацією через інтерфейс TCP/IP, передача інформації на контролер реального часу про видані сигнали, і отримання сигналу з нього. Запропонована лабораторна установка дозволить відпрацювати великий теоретичний матеріал по регуляторам збудження, а в подальшому модернізувати алгоритми роботи пристроїв релейного захисту та автоматики.

## Література

1. Ванін В.К., Попов М.Г., Попов С.О. Повышение эффективности дифференциальных защит энергетического оборудования // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2011. – № 3. – С. 50 – 55.
2. National Instruments Corporation. LabVIEW и Compact RIO: основы разработки приложений // National Instruments. – 2008. – 305 с.
3. Bogdan Orobchuk, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Teresa Rajba, Mikołaj Karpinski, Aleksandra Klos-Witkowska, Rafal Szkarczyk, Joanna Gancarczyk. [Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process.](#) Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2017 9th IEEE International Conference

**УДК 62.004**

**Михайло Паламар, д. т. н., проф., Михайло Стрембіцький, к. т. н., Володимир Стрембіцький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ В ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ**

**Mykhailo Palamar, Dr., Prof., Mykhailo Strembitskyi, Ph.D., Volodymyr Strembitskyi  
IMAGE PROCESS IN DYNAMIC SYSTEMS**

Багато напрямів науки, техніки і виробництва орієнтуються на розвиток систем, в яких інформація носить характер поля (зображення). При обробці такої інформації виникає ряд складних наукових, технічних і технологічних проблем і одним з найскладніших завдань є обробка і розпізнавання зображень. Розпізнавання зображень знаходить широке застосування в різних додатках: контроль топології друкованих плат, текстури тканини, контроль доступу до інформації з ідентифікації особи. Для того, щоб комп'ютерна програма була здатна розпізнавати об'єкти і реагувати на їх рух (переміщення), потрібні стійкі алгоритми аналізу та розпізнавання зображення об'єктів.

Метою даної роботи є порівняльний огляд алгоритмів виявлення і виділення об'єктів перешкод на динамічних зображеннях.

Виявлення предметів та їх геометричної форми на зображенні є простим для людського зору. Однак при побудови автоматичної системи виявлення предмета виникають складнощі, які спричинені: зовнішнім виглядом предметів залежно від освітлення, зміною орієнтації предмета щодо кута спостереження, присутністю тіней, та ін.

Особливістю розпізнавання «згори-донизу» є побудова деякого набору правил, яким повинен відповідати фрагмент зображення, для того щоб можна було сказати, що це предмет має ознаки певної форми. Даний метод вимагає представлення шаблонів заданих розробником. Шаблони задають стандартний образ зображення, шляхом опису властивостей окремих областей предмета та їх можливого взаємного розташування. Виявлення предметів перешкод за допомогою шаблону полягає у перевірці кожної з областей зображення на відповідність заданим шаблонам.

Розпізнавання «знизу-догори» використовує інваріантні властивості зображень. Алгоритм роботи методів розпізнавання «знизу-догори» має наступний опис: виявлення елементів і особливостей, які характерні для зображення оточуючих предметів, аналіз виявлених особливостей, винесення рішення про кількість і розташування предметів.

Метод розпізнавання об'єктів на зображенні Віюли-Джонса широко використовується в різних програмах за рахунок високої швидкодії. Він заснований на основних ідеях: використовуються ознаки Хаара, за допомогою яких відбувається пошук потрібного об'єкта і його рис; використовується бустінг для вибору ознак, які краще підходять для об'єкта на даній частині зображення; всі ознаки надходять на вхід класифікатора, який дає результат «вірно» або «невірно»; використовуються зображення в інтегральному уявленні, що дозволяє швидко обчислювати необхідні об'єкти; використовуються каскади ознак для швидкого відкидання вікон, де не знайдено предмета. Особливістю даного методу є те, що він дозволяє побудувати детектор, здатний працювати в режимі реального часу.

У даній роботі були розглянуті основні методи і підходи до автоматичного розпізнавання зображень: метод Віюли-Джонса, розпізнавання «знизу-догори» і «згори-донизу». Самі ці методи дають найбільш точний результат та мінімізують ймовірність помилки при розпізнаванні зображень в динамічних системах.

**УДК 621.316.1**

**Віктор Решетник, к. т. н., доц.; Олександр Вакуленко; Валентин Коркулов**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В  
МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Viktor Reshetnyk, Ph.D., Assoc. Prof.; Oleksandr Vakulenko; Valentyn Korkulov**  
**SCHEME-TECHNICAL SOLUTIONS FOR ELECTRICAL QUALITY  
IMPROVING IN NETWORKS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Сучасні підприємства характеризуються невеликою площею при нечисленності працівників та енергоємним обладнанням. Часто при спробі розширення чи модернізації виробництва виникають питання відмов електрообладнання. Найчастіше це є наслідком недостатньо кваліфікованої розробки схемо–технічних рішень силових електромереж:

- встановлення захисних апаратів, що не враховують перетин та стан електричних мереж, що може призвести до протікання провідниками мережі струмів, на які ті не розраховані - струмів к. з. та пожеж;
- несиметричність під'єданого навантаження, що зумовлює несиметричне фазне споживання електроенергії ділянкою електромережі;
- суттєва нелінійність одиничного навантаження чи комплексу технологічного обладнання, що спотворює синусоїдність напруги живлення;
- наявність технологічного обладнання з різкозмінним в часі навантаженням на електромережу, що супроводжується поштовхами реактивної й активної потужності.

Таким чином, технологічне обладнання підприємств через їх розподільчі електромережі здійснює значний вплив на електроенергію, якість якої, як і будь–якої іншої продукції, характеризується певними встановленими нормативною документацією (ДСТУ 3466–96, ГОСТ 13109–97) показниками.

Нормування значень показників якості електроенергії (ПЯЕ) відноситься до найважливіших проблем якості електроенергії. Систему ПЯЕ утворюють кількісні характеристики повільних (відхилення) та швидких (коливання) змін діючого значення напруги, її форми та симетрії у трифазній системі, а також зміни частоти. Принципи формування ПЯЕ засновані на техніко–економічних обґрунтуваннях і мають енергетичний зміст, межі допустимих значень, нормуються протягом певного інтервалу часу із заданою ймовірністю для отримання достовірних та співставних значень. Допустимі значення ПЯЕ вказуються на затискачах електроприймачів та у вузлах електричних мереж.

При недотриманні встановлених норм ПЯЕ неможливо забезпечити електромагнітну сумісність електричних мереж енергопостачальних організацій та електричних мереж споживачів електричної енергії.

Так, основною причиною виникнення аварій і низької енергоефективності електромеханічних систем - електроприводів з синхронними й асинхронними двигунами є неврахування впливу якості напруги живлення та режиму навантаження, відсутність ефективного захисту двигунів, несвоєчасне виявлення і усунення дефектів устаткування, неякісний ремонт, недостатній рівень експлуатації тощо [1].

Згідно стандарту спотворення синусоїдної напруги в електромережі внаслідок наявності нелінійного навантаження характеризується двома коефіцієнтами, що вказують як на сумарну наявність вищих гармонік в мережі (не більше 5% (граничне значення - 8%) для електромережі 10 (6) кВ), так і на відносну величину кожної з них.

До прикладу, вентильні нерегульовані перетворювачі при струмі навантаження



$I_{ном}$  генерують в електромережу сукупність  $n$  гармонік вищих порядків в залежності від схеми випрямлення: при 6-фазній - 5-у, 7-у, 11-у, 13-у, а при 12-фазній - 11-у і 13-у. При цьому, струми кожної з них розповсюджуватимуться електромережею і матимуть величини:  $I_n = I_{ном} / 3 \cdot n$ . Дюгові печі в режимі розплаву металу також генерують в електромережу 5-у, 7-у, 11-у, 13-у гармоніки, а їх струми матимуть величини:  $I_n = 1,25 \cdot I_{ном} / n^2$  [2].

Найбільшого руйнівного впливу зазнають батареї конденсаторів схем компенсації реактивної потужності. Тут застосовують або налаштовані фільтро-компенсувальні пристрої на основі ємнісних  $X_C$  й індуктивних  $X_L$  елементів згідно виразу:  $n = \sqrt{X_C / X_L}$ , або схеми поздовжньої компенсації встановленням послідовно до косинусної батареї  $X_C$  реактора  $X_L$ . Комп'ютерне моделювання режимів роботи електроприводів також вказує на негативний вплив вищих гармонік, що проявляється у коливаннях пускового струму й швидкості [1].

Оскільки струми вищих гармонік створюють на навантаженнях електромережі відповідні напруги, то ефективним є збільшення потужності струмів к. з. у місці під'єднання джерел вищих гармонік, а також використання розщеплених відгалужень (секцій шин) (6–10) кВ силових трансформаторів для обмеження числа вентиляльних перетворювачів, що під'єднуються до однієї секції шин.

Передача струмопроводами великих потужностей супроводжується значними втратами напруги. Тому їх допустима довжина обмежується. За даними [2] струмопровід з алюмінієвої труби діаметром 210 мм при струмі 3400 А і  $\cos\varphi = 0,95$  має граничну довжину 1,1 км на напрузі 6 кВ і на напрузі 10 кВ - 1,9 км. Втрати напруги в струмопроводі складають  $\Delta U = 6\%$ . При передачі активної потужності  $P$  зменшення втрат до нормованої величини  $\Delta U_{дон} = 5\%$  і збільшення довжини струмопроводу з активним опором  $R$  можливі при поздовжній компенсації ділянки мережі з опором  $X_M$  батареєю конденсаторів, опір якої  $X_C$  визначається з виразу:  $\Delta U_{дон} = [P \cdot R + Q_C \cdot (X_M - X_C)] / 10 \cdot U_{ном}^2$ , а необхідна потужність  $Q_C = 3 \cdot I_{макс} \cdot X_C$ .

Поздовжня компенсація індуктивного опору струмопроводу покращує також баланс реактивної потужності споживача і відрізняється автоматичністю дії: із зміною навантаження споживача відповідно змінюється реактивна потужність, що генерується.

Для обмеження коливань напруги при наявності різкозмінних навантажень необхідно використовувати спеціальні заходи, в першу чергу - схемні рішення: під'єднання окремих трансформаторів для живлення різкозмінних навантажень; виділення різкозмінних навантажень на окремі відгалуження розщеплених обвиток трансформаторів; виділення різкозмінних навантажень на окремі гілки здвоєних реакторів; зниження опору, в основному індуктивного, а також збільшення потужності струмів к.з. ділянок мережі, які живлять різкозмінне навантаження.

#### Література

1. Закладний О. М. Вплив якості напруги живлення на електроприводи з синхронними двигунами / О. М. Закладний, О. О. Закладний, Т. Ю. Оборонов // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2012. – Вип. 22. – С. 180–188.
2. Войцицький А. П. Аналіз причин погіршення якості показників електроенергії, які характеризують форму напруги / А. П. Войцицький, Ю. А. Колос // Вісник Житомирського нац. агроєколог. ун-ту. – 2016. – № 1 (53), т. 1. – С. 264–269.

УДК 621.311.16 : 338.45

Володимир Савків, к. т. н., доц.; Олександр Вакулєнко; Костянтин Калєнський  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Volodymyr Savkiv, Ph. D., Assoc. Prof.; Oleksandr Vakulenko; Kostyantyn Kalenskyi  
METHODS OF EFFICIENCY ENERGY USE INCREASING  
ON INDUSTRIAL ENTERPRISES

На сьогодні підвищення енергоефективності виробництва - одне з основних завдань щодо підвищення результативності та зниження собівартості продукції. Адже зниження собівартості - це одна з конкурентних переваг будь-якої продукції, особливо зараз, коли ринок збуту стає все більш розбірливим. Сьогодні сучасним промисловим підприємствам необхідно докорінно змінити свій підхід до використання енергетичних ресурсів. Першочерговим завданням є економне витрачання енергетичних ресурсів і підвищення ефективності їх використання на всіх стадіях виробництва і споживання.

Незважаючи на те, що прийнята Енергетична стратегія України передбачає впровадження та проведення заходів з енергоефективності підприємств, в цілому не ставиться завдання, щоб зупинити динамічне зростання попиту на енергію і потужність з боку як економіки країни в цілому, так і з боку її окремих регіонів, галузей, підприємств. Так, до 2030 року планується збільшення попиту на енергію на 37%.

Підвищення енергоефективності на підприємстві підвищує доходи підприємства і разом з тим приносить такі результати:

- заощадження коштів, що забезпечує зростання конкурентоспроможності підприємства, особливо при зростанні цін на енергоносії;
- збільшення продуктивності через удосконалення виробничих процесів, що пов'язані з способом використання енергії;
- встановлення квот на викиди, що дозволяє знизити залежність від цін на енергоносії, зменшити ризики компанії, що, в свою чергу, підвищує конкурентоспроможність підприємства;
- зменшення викидів у навколишнє середовище, через що покращується екологічний стан, а з ним – імідж підприємства [1].

Оцінка значущості факторів, що впливають на енергоефективність промислових підприємств і виділення найбільш значущих є необхідним для створення методики оцінки впливу даних факторів на енергоефективність та розробки заходів з підвищення енергоефективності промислових підприємств.

Основоположним етапом є аналіз і систематизація, на підставі чого розроблена система організаційно-економічних факторів, що впливають на енергоефективність промислового підприємства. Для аналізу значущості факторів через неможливість кількісної оцінки деяких з них вибраний метод експертних оцінок, а саме метод безпосереднього оцінювання в процесі опитування респондентів.

Відповідно до вимог анкети експерти присвоюють бали факторам згідно з їх значущістю. Інтервал оцінки - від 1 до 10 (чим вища важливість фактора - тим вищий бал). Після первинної оцінки факторів виділяють групи з однаковими балами.

В якості результативного показника  $Y$  вибраний один з показників енергетичної ефективності підприємства (питомі енергетичні витрати на 1 грн. випуску продукції). В якості ознак-факторів  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , що впливають на результативний показник  $Y$ , вибрані основні впливаючі показники:  $X_1$  - обсяг випуску продукції, млн. грн.;  $X_2$  - витрати на утримання енергопостачальних мереж підприємства, млн. грн.;  $X_3$  -

інвестиції в програми з енергозбереження, млн. грн.;  $X_4$  - чисельність персоналу підприємства, осіб;  $X_5$  - середня заробітна плата, тис. грн.;  $X_6$  - вироблення енергетичних ресурсів власними джерелами енергії, част.;  $X_7$  - питома матеріаломісткість продукції, грн./од. прод.;  $X_8$  - середня тривалість робочих змін на підприємстві, год.;  $X_9$  - середній розряд робочих;  $X_{10}$  - кількість структурних підрозділів;  $X_{11}$  - загальна площа приміщень, забезпечених енергоресурсами, м<sup>2</sup>;  $X_{12}$  - коефіцієнт завантаження обладнання;  $X_{13}$  - коефіцієнт фактичної енергоозброєності праці (кВт/чол.);  $X_{14}$  - озброєність праці основним капіталом, тис. грн./чол.;  $X_{15}$  - питома вага обладнання у вартості основного капіталу, част. [1].

Методикою оцінювання енергоефективності передбачене опитування експертів щодо вибраних основних впливаючих показників  $X_i$  з одночасним рангуванням ними цих впливаючих на енергоефективність факторів. Ступінь узгодженості оцінок експертів визначають за допомогою об'єктивного критерію - коефіцієнта множинної рангової кореляції (коефіцієнта конкордації Кендала)  $W$  згідно виразу:  $W = 12 \cdot S / m^2 \cdot (n^3 - n)$ , де  $m$  - кількість експертів;  $n$  - число факторів;  $S$  - сума квадратів різниць рангів (відхилень від середнього значення рангів) і визначається з виразу:

$$S = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

Коефіцієнт конкордації може змінюватися від 0 до 1. Якщо він істотно відрізняється від нуля ( $W \geq 0,5$ ), то можна вважати, що між думками експертів є певна згода. Якщо коефіцієнт конкордації недостатній ( $W \leq 0,5$ ), то необхідно провести аналіз причин негативного результату. Такими причинами можуть бути: нечіткі постановка питань або інструктаж, неправильний вибір факторів, підбір некомпетентних експертів, можливість змови між ними та ін.

При коефіцієнті конкордації  $W \geq 0,5$  перевіряється гіпотеза про невинуватість згоди експертів. Для цієї процедури використовується критерій Пірсона ( $\chi$ -квадрат), що визначається за формулою:  $\chi_p^2 = W \cdot m \cdot (n-1)$ , де  $(n-1)$  - число ступенів вільності. Розрахункове значення коефіцієнта  $\chi_p^2$  порівнюється з табличним, визначеним при певному значенні числа ступенів вільності  $(n-1)$ . Якщо розрахункове значення критерію Пірсона більше табличного і  $W \geq 0,5$ , то це свідчить про наявність істотної подібності думок експертів, значущості коефіцієнта конкордації і невинуватості співпадіння думок експертів.

Згідно результатів апріорного рангування впливаючих факторів їх можна розмістити у зростаючому порядку щодо впливу на енергоефективність виробництва так: питома матеріалоємність продукції; інвестиції у програми енергозбереження; вироблення енергетичних ресурсів власними джерелами енергії; затрати на утримання енергопостачальних мереж підприємства; об'єм випуску продукції.

Таким чином, на енергетичну ефективність впливає кілька чинників. Найбільший вплив мають останні три фактори. Виходячи з цього можна спроектувати заходи щодо підвищення енергетичної ефективності та енергозбереження на промисловому підприємстві.

#### Література

1. Севастьянов Р. В. Проблеми та перспективи енергозбереження на промислових підприємствах // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2013. – Вип. 1, Т. 2. – С. 107–110.

**УДК 628.9.02**

**Семків Юрій Мирославович, Андрійчук Володимир Андрійович, Осадца Ярослав Михайлович, Касеркевич Валерій Станіславович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  
Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна.

**АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЯСКРАВОСТІ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
АТМОСФЕРИ**

**Semkiv Yuriy Myroslavovych, Andriychuk Volodymyr Andreevich, Osadzh Yaroslav Mikhailovich, Kaserkevich Valery Stanislavovich**

**ANALYSIS THE MODELS OF THE LIGHT FOR LIGHT BLASTING OF THE  
ATMOSPHERE**

Метою даної роботи є розробка математичної моделі для розрахунку впливу світлового забруднення атмосфери. Розроблений підхід до визначення параметрів математичної моделі для розрахунку світлового забруднення атмосфери, що враховує кількість населення міста, кількість та типи світильників, світловіддачу ламп, площу освітленої частини міста та віддаль до місця астрономічних спостережень. Ця проблема актуальна для астрономічних спостережень. На основі моделі буде створена комп'ютерна програма, яка зможе моделювати карту світлового забруднення навколо астрономічної обсерваторії, отримання нових методик виміру світлового забруднення.

Дана робота виконана в рамках договору про співпрацю між астрономічною обсерваторією Львівського національного університету імені Івана Франка та Тернопільським національним технічним університетом імені Івана Пулюя.

Явище світлового забруднення виникає внаслідок направленого вгору штучного світла. Світлове забруднення – освітлення нічного неба штучними джерелами світла, світло яких розсіюється в нижніх шарах атмосфери. Іноді це явище також називають світловим смогом. Основними джерелами світлового забруднення є великі міста і промислові комплекси. На більшості обсерваторій яскравість неба в  $22,5^m/\text{кв. секунди}$  ( $10^{-4}$  кд/м<sup>2</sup>) вважається чудовою. Яскравість неба, як і слабких протяжних об'єктів, можна виражати в світлових, енергетичних одиницях - застосовується в звичайних фотометричних розрахунках та астрофізичних (зоряних величинах на квадратну секунду mag/sec<sup>2</sup>) -використовується тільки в астрофізиці.

Середнє значення яскравості фона темного неба складає приблизно  $21,5(\text{mag}/\text{sec}^2)$ , що відповідає інтенсивності –  $2,5 \cdot 10^{-3}$  квант/см<sup>2</sup> · с· кв сек дуги ( $1,6 \cdot 10^{-6}$  квант/см<sup>2</sup> · с· кв сек дуги· А).

**Мета роботи** – моделювання світлового забруднення з врахуванням метео умов і структури джерел світла міст, аналіз примінення існуючих одиниць виміру яскравості.

**Аналіз моделей світлового забруднення.** Існують такі основні моделі світлового забруднення:

**- фотометрична статистична модель світлового забруднення:**

$$V = 29 + 0.02 \cdot r + 2.5 \cdot \log(r^2/N); \quad (1)$$

де:  $V$  - яскравість в зеніті в ( $\text{mag}/\text{sec}^2$ );  
 $r$  – віддаль від населеного пункту в км.,  
 $N$  – число жителів.

**- модель Уолкера :**

$$\begin{aligned} I &= 0,01 \cdot N \cdot r^{-2,5}; \\ L &= 11300000 \cdot N \cdot R^{-2,5}; \end{aligned} \quad (2)$$

$I$  – % перевищення світлового забруднення над фоном неба;  
 $L$  – яскравість неба в зеніті в нано ламберт;  
 $R$  - віддаль в метрах;  
 $N$  – число жителів.

**-модель Шейфера**

$$m_{\max} = 8,68 - 1,2 k_v - 5 \cdot \lg(1 + 0.158 V^{1/2}), \quad (3)$$

де

$V$  – яскравість неба в наноламбертах (нЛб) в фотометричній полосі  $V$ ,  
 $k_v$  – коеф. екстинкції.

Недолік цих моделей полягає в тому, що не враховується метео умови і тип освітлення міст. Пропонуємо модель, яка враховує кількість, типи джерел світла, їх світлотехнічні характеристики, а також кліматичні умови. Енергетична яскравість  $L_v$  - ( $\text{к-сть фотонів} / (\text{см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{стерадіан})$ ), що засвічує атмосферу в зеніті:

$$L_v = N_{ph} [1\text{лм}] \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot \beta \cdot (1 + \delta_1) \left( \sum_{i=1}^{i=z} f_i \cdot N_i \cdot P_i \right) / (S \cdot 2\pi); \quad (4)$$

де  $S$  - площа освітленої частини міста,  $\text{м}^2$ ;

$\delta = 0,01-0,3$  - коефіцієнт, що враховує відбиття світла в атмосферу;

$\delta_1 = 0,1-0,4$  - коефіцієнт, що враховує попадання прямого світла в атмосферу;

$z$  - кількість типів ламп;

$f_i$  - світловіддача  $i$ -го типу лампи,  $\text{лм} / \text{вт}$ ;

$N_i$  – кількість ламп даного типу;

$\beta$  – відношення освітленої до загальної площі площі міста;

$P_i$  – потужність електрична  $i$ -ї лампи,  $\text{вт}$ ;

$N_{ph} [1\text{лм}] = N_{ph} [1\text{Вт}] / 683 = 0,409 \cdot 10^{16}$  фот  $\text{с}^{-1}$  - значення числа фотонів при  $\mu = 555 \text{ нм}$  за секунду в світловому потоці рівному  $1 / 683 \text{ Вт}$ , що на данній довжині хвилі відповідає світловому потоку в  $1 \text{ лм}$ .

Якщо відома яскравість земної поверхні  $L_z$ , то яскравість неба  $L_v$  (Кандела /  $\text{м}^2$ ) при зенітній висоті  $z$  становить:

$$L_v = L_z \cdot (1 - P_{H_0}^{M(z)}) \cdot \beta / (1 + P_{H_0}^{M(z)}); \quad (5)$$

Або :

$$L_v = E \cdot \delta \cdot \beta \cdot (1 + \delta_1) \cdot (1 - P^{H_0 \cdot M(z)}) / (\pi \cdot (1 + P^{H_0 \cdot M(z)})) ;$$

де  $\delta = 0,1-0,3$  - коефіцієнту, що враховує відбиття світла в атмосферу;

$\delta_1 = 0,1-0,4$ - коефіцієнт, що враховує попадання прямого світла в атмосферу;

$\beta$  – відношення освітленої площі міста до загальної площі;

$E$  – освітленість земної поверхні, лк.

Коефіцієнт прозорості:

$$P = e^{-\lambda}$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт ослаблення світла,  $\text{км}^{-1}$ ;

де  $H_0 = 4-8$  км. – висота однорідної атмосфери;

$$M(z) = \sec z;$$

(6)

де  $z$  - зенітна віддаль, град;

Ослаблення блиску  $\Delta m$  ( в зоряних величинах mag) зір з врахуванням світлового забруднення атмосфери:

$$\Delta m = \delta m - (2.5 \lg p) \cdot [M(z) - 1] - 2,5 \cdot \lg (1 + L/L_{\text{пр}}), \quad (7)$$

$\delta m$  - величина зенітного атмосферного поглинання в

різних моделях атмосфери:

в релеєвській моделі  $\delta m = 0.17^m$ ,

в фоновій моделі аерозоля  $\delta m = 0.26^m$ ,

в середній моделі  $\delta m = 0.34^m$  .;

$L_{\text{пр}}$  – природна яскравість неба:  $(10^7/4\pi$  фотонів  $\text{нм}^{-1}\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$ ) або  $174 \mu\text{cd}/\text{м}^2$ ;

$L$  - яскравість неба від штучної засвітки;

$P$  – коеф. прозорості атмосфери;

$M(z) = \sec z$ ;

де  $z$  - зенітна віддаль, град.

### Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Отже, в даній роботі розроблений підхід до розробки параметрів математичної моделі для розрахунку світлового забруднення атмосфери, що враховує кількість населення міста, кількість та типи світильників, світловіддачу ламп, площу освітленої частини міста. На основі моделі створена комп'ютерна програма, яка зможе моделювати карту світлового забруднення.

**УДК 621.314.22**

**Микола Тарасенко д.т.н., проф., Віталій Бурмака, Катерина Козак к.т.н.**  
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МОМЕНТІВ ВМИКАННЯ ТА ВИМИКАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ І НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

**Mykola Tarasenko, Dr., Prof., Vitaliy Burmaka, Kateryna Kozak, Ph.D.**  
**ENERGY EFFICIENCY OF SWITCH ON AND SWITCH OFF POINTS OF  
EXTERNAL CITIES LIGHTING AND CAMPS**

Основними шляхами підвищення енергоефективності зовнішнього освітлення міст і населених пунктів в теперішній час є: 1 – заміна низько ефективних джерел світла на високоефективні (лампи розжарення на світлодіоди); 2 – впровадження систем регулювання освітленням – двох режимних електромагнітних та електронних пускорегулювальних апаратів для зниження рівня освітленості у вечірні та ранішні години на 30-50% (економія 20-25%); 3 – стабілізація напруги; 4 – відключення 1/3-2/3 світильників у нічний час (на 4-5 год), коли знижується активність міського населення і інтенсивність дорожнього руху; 5 – забезпечення високих значень коефіцієнта потужності (0,95-0,98) та електромагнітної сумісності освітлювальних установок з мережею живлення.

Найефективнішим і найпростішим, якщо орієнтуватися на високоефективні джерела світла (розрядні лампи високого тиску ДРІ, ДНаТ та світлодіоди), є перший шлях. Інші вимагають значних капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Але аналіз темпів зростання світлової віддачі згаданих джерел світла показав, що ні одно з них в найближчий час не отримає вирішальної переваги за світловою віддачею. Епоха стрімкого зростання світлової віддачі, характерна для періоду світлодіодної революції закінчилася. Основні наукові ідеї і технології реалізовані. Настав час поступового підвищення енергоефективності світлодіодних джерел світла та світлових приладів на їх основі до значень, близьких до рівня теоретичних. Таким чином, не варто в найближчі роки очікувати суттєвого прориву з точки зору енергозбереження у зовнішньому освітленні від застосування досконалих джерел світла. Треба шукати й інші шляхи. Одним з них може бути раціоналізація часу включення та виключення зовнішніх освітлювальних установок (ОУ) у відповідності з моментами сходу і заходу Сонця та врахуванням особливостей видимості рухомих та нерухомих об'єктів під час астрономічних, навігаційних та цивільних сутінок.

Після заходу Сонця не відразу настає повна темрява. Деякий час, поки Сонце не опустилося глибоко під горизонт, воно продовжує освітлювати атмосферу над спостерігачем. В результаті розсіяння в атмосфері сонячні промені освітлюють Землю (рис. 1), обумовлюючи виникнення сутінок.

Сутінки – це проміжки часу між видимим заходом Сонця і настанням ночі (вечірні сутінки) та ніччю, коли небо на сході починає світліти і до сходу Сонця (ранішні сутінки). Їх поділяють на три типи: 1 – цивільні, 2 – навігаційні та 3 – астрономічні. Протягом цивільних сутінок всі видимі об'єкти сприймаються так само гарно як і вдень. Тому в ранішні цивільні сутінки можна починати, а у вечірні – завершувати роботи на вулиці. Під час навігаційних сутінок можна розрізнити лише розмиті контури наземних об'єктів. Без штучного освітлення не сприймаються не тільки деталі, але й їх кольори. Під час навігаційних сутінок можна видіти всі навігаційні зірки, але дуже складно виявити не тільки рухомі, але й стаціонарні об'єкти.



Рис. 1. Схема виникнення сутінок (ліворуч) та їх класифікація (праворуч)

З вище викладеного випливає, що зовнішнє освітлення міст і населених пунктів потрібно вмикати в кінці дня вечором, коли день переходить в ніч у момент початку навігаційних сутінок. Освітлювальні установки повинні працювати в періоди навігаційних, астрономічних сутінок та власне вночі аж до початку цивільних сутінок. В момент переходу до ранішніх цивільних сутінок світло потрібно вимикати. Найкраще для цього використовувати астрономічні реле, призначені для автоматичної комутації електричних мереж з урахуванням координат, в яких знаходиться місто. Для визначення часу сходу і заходу Сонця, початку і кінця сутінок найкраще використовувати спеціальний онлайн калькулятор. При цьому потрібно також враховувати число похмурих та ясних днів по місяцям. Для Тернополя з координатами довгота 49.5535, широта 25.5948 характерно 154,5 похмурих днів, зосереджених у січні - березні, листопаді та грудні і всього 26,7 – ясних у квітні - жовтні.

| Місяці року | П'ЯТИ ДЕНКИ   |       |          |       |           |       |           |       |           |       |           |       | Тривалість<br>ть ночі,<br>ГОД.:ХВ. |
|-------------|---|-------|----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------------------------------|
|             | 1 ... 5   |       | 6 ... 10 |       | 11 ... 15 |       | 16 ... 20 |       | 21 ... 25 |       | 26 ... 30 |       |                                    |
|             | ГОД.:ХВ   |       | ГОД.:ХВ  |       | ГОД.:ХВ   |       | ГОД.:ХВ   |       | ГОД.:ХВ   |       | ГОД.:ХВ   |       |                                    |
|             | Вим.  | Вмк.  | Вим.     | Вмк.  | Вим.      | Вмк.  | Вим.      | Вмк.  | Вим.      | Вмк.  | Вим.      | Вмк.  |                                    |
| Квітень     | 06:24   | 20:20 | 06:12    | 20:29 | 06:01     | 20:36 | 05:52     | 20:44 | 05:41     | 20:52 | 05:31     | 20:52 | 279:00                             |
| Квітень     | Вмикання та вимикан. ОУ за сонячним календарем 2018 р. на основі астроном. реле |       |          |       |           |       |           |       |           |       |           |       | 251:10                             |

| Дані щодо вмикання та вимикання ОУ за сонячним календарем 2018 р. на основі астрономічного реле |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Дата  | 01.04 | 02.04 | 03.04 | 04.04 | 05.04 | 06.04 | 07.04 | 08.04 | 09.04 | 10.04 |  |
| Вмк.  | 21:00 | 21:02 | 21:04 | 21:06 | 21:07 | 21:09 | 21:11 | 21:13 | 21:15 | 21:16 |  |
| Вим.  | 06:21 | 06:18 | 06:16 | 06:14 | 06:12 | 06:10 | 06:07 | 06:05 | 06:03 | 06:01 |  |
| Дата  | 11.04 | 12.04 | 13.04 | 14.04 | 15.04 | 16.04 | 17.04 | 18.04 | 19.04 | 20.04 |  |
| Вмк.  | 21:18 | 21:20 | 21:22 | 21:24 | 21:26 | 21:28 | 21:30 | 21:31 | 21:33 | 21:35 |  |
| Вим.  | 05:59 | 05:57 | 05:54 | 05:52 | 05:50 | 05:48 | 05:46 | 05:44 | 05:42 | 05:40 |  |
| Дата  | 21.04 | 22.04 | 23.04 | 24.04 | 25.04 | 26.04 | 27.04 | 28.04 | 29.04 | 30.04 |  |
| Вим.  | 21:37 | 21:39 | 21:41 | 21:43 | 21:45 | 21:47 | 21:49 | 21:51 | 21:53 | 21:55 |  |
| Вим.  | 05:37 | 05:35 | 05:33 | 05:31 | 05:29 | 05:27 | 05:25 | 05:23 | 05:21 | 05:19 |  |

Порівняння тривалості роботи зовнішнього освітлення у квітні 2018 р. за добовим графіком вмикання й вимикання для м. Тернополя (за п'ятиденками) і при переході дня у ніч в момент початку вечірніх навігаційних сутінок та вимиканні на початку ранішніх цивільних сутінок показало (див. табл.), що тривалість роботи ОУ у другому випадку на 279:00-251:10=27:50 год менше. Таким чином вмикання й вимикання ОУ за сонячним календарем на основі використання астрономічних реле є однозначно економічно вигідніше, ніж за існуючими п'ятиденками.



**Секція: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА  
НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

**Голови:** д.біол.н., проф. О.С. Покотило, д.т.н., проф. Т.М. Вітенько

**Вчений секретар:** ст. викл. Л.А. Сторож

**УДК 631.356.2**

**Євген Береженко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗРІЗУВАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ  
ЦИКОРІЮ**

**Yevhen Berezhenko**

**TECHNOLOGICAL PROCESS OF HARVESTING THE HIPS OF ROOTS**

Однією з передумов подолання кризової ситуації АПК України є впровадження у виробництво прогресивних і високоефективних ресурсозберігаючих технологій збирання сільськогосподарських культур, які повинні базуватися на сучасних підходах до розробки нових технічних засобів для їх реалізації, або подальшого розвитку сільськогосподарського машинобудування..

Основною проблемою, яка суттєво впливає на техніко-економічні показники виробництва цикорію є його збирання, на яке припадає в середньому біля 50 % всіх затрат праці. Існуючі технології та сучасні технічні засоби, які застосовують під час збирання цикорію не забезпечують встановлених показників якості роботи, що призводить до втрат 30...40 % маси коренеплодів, які є цінною лікарською, харчовою, технічною та кормовою культурою.

Цінність коренеплодів цикорію визначається наявним вмістом у них різних видів цукринів, у тому числі інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну, а також корисних для організму і рідкісних в натуральних продуктах кислот, вітамінів, мікроелементів з включенням заліза, міді, цинку, хрому.

Але незважаючи на зростаючий попит на цикорій і продукти його переробки (експорт у Францію, Бельгію, Угорщину, РФ, Республіку Білорусь), посівні площі під нього значно скорочуються, приблизно на 20...30 (%) щорічно через незадовільне забезпечення засобами механізації його виробництва.

Використання існуючих технічних засобів, призначених для збирання коренеплодів цикорію та застосування ручної праці на окремих технологічних операціях збирання коренеплодів, що характерно для колективних і фермерських господарств, значно збільшує використання енергоресурсів та суттєво знижує економічні показники і рентабельність умов господарювання. Існуюча технологія та технічні засоби збирання коренеплодів цикорію, а саме зрізування гички, підкопування коренеплодів підіймачами СНУ-3С з наступним ручним їх витягуванням з ґрунту, очищення від налиплого ґрунту та гички, складання коренеплодів у валки з наступним підбиранням валка навантажувачами не забезпечує річної окупності затрат праці на збирання цикорію, які становлять у середньому 90...150 люд.год/га.

Першим етапом технологічного процесу збирання цикорію є механізована операція зрізування гички з головок коренеплодів, наявний вміст якої у зібраних коренеплодах значно знижує якість сировини та вихід продуктів їх переробки.

Основними недоліками існуючих технічних засобів для збирання гички коренеплодів цикорію є розкидання зрізаної гички в межі рядка коренеплодів і їх значне вивалювання робочими органами, що значно знижує технологічні можливості коренезбиральної машини. Крім того, процес збирання гички цикорію характеризується високими енерговитратами у разі транспортування та розкидання зрізаної гички на зібране поле.

Зважаючи на це, вибір перспективних конструвальних схем і розробка нових конструкцій робочих органів і технічних засобів для збирання гички в цілому, повинні базуватися на світовому досвіді зменшення енергетичних ресурсів, враховуючи при цьому особливості вітчизняних агротехнічних, техніко-економічних, екологічних та інших виробничих вимог.

Механізоване збирання гички коренеплодів цикорію може передбачати дві основні суміжні технологічні операції – зрізування основного масиву гички з наступним дообрізуванням залишків гички з головок коренеплодів різними типами дообрізчиків (рисунок).

Зрізування основного масиву гички виконують без копіювання головок коренеплодів за принципом «на корені», або методом безпідпільного різання лезом ножа із застосуванням робочих органів роторного типу (роторного гичкоріза) з горизонтальною віссю обертання ротора. При цьому зрізану та подрібнену гичку вкладають у міжряддя, або розкидають на зібране поле у якості органічних добрив.. Але існуючі технічні засоби, у першому випадку не забезпечують цілеспрямованого вкладання гички у міжряддя, де значна частина (до 30...60 %) укладається безпосередньо у рядок коренеплодів, збільшуючи тим самим показник загального вмісту домішок у коренеплодах (до 15...20 %), значення якого значно перевищує встановлені агротехнічні вимоги до процесу збирання. У другому випадку для розкидання гички на зібране поле значно зростають енерговитрати, які пов'язані з застосуванням додаткових робочих органів збиральної машини – механізму транспортування та розкидання зрізаної гички.

Враховуючи світову тенденцію однофазного способу збирання коренеплодів сучасними самохідними машинами, які передбачають блочно-модульний принцип їх побудови, нами запропоновано удосконалений спосіб збирання гички коренеплодів, який передбачає зрізування основного масиву гички, її подрібнення та одночасне вкладання подрібненої гички у міжряддя коренеплодів, причому розкидання гички здійснюється у міжряддя коренеплодів одночасно з зрізуванням її основного масиву одним робочим органом.

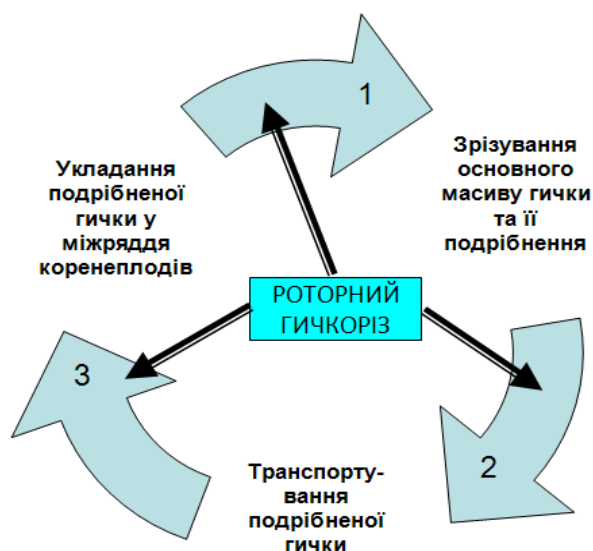


Рисунок Спосіб збирання

основного масиву гички з наступним вкладанням її у визначені та допустимі межі ширини міжряддя коренеплодів. Це забезпечить значне зниження енергозатрат (зменшення кількості робочих органів) і підвищення ефективності роботи викопувальних робочих органів коренезбиральної машини.

Спосіб збирання гички (рисунок) передбачає такі три основні суміжні операції, які виконуються одночасно:

1 – зрізування основного масиву гички гичкозрізувальними ножами роторного гичкоріза та її подрібнення;

2 – транспортування гички в направляючому каналі кожуха ротора гичкоріза;

3 – укладання гички в міжряддя коренеплодів у зону розташування ділільних дисків роторного гичкоріза.

Таким чином, найбільш перспективним напрямком збирання гички коренеплодів цикорію, або технологічним процесом збирання гички є її вкладання у міжряддя за якого виконується тільки одна технологічна операція – зрізування

УДК 532.528

Городиський Н.І., аспір. 3 року Вітенько Т.М., д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## ЖОРСТКІ КАВІТАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ У ПРОЦЕСАХ ПОДРІБНЕННЯ ДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК

Horodyskiy N.I. 3rd year graduate student, Vitenko T.M., Dr., Prof.

### HARD CAVITATION MECHANISMS IN THE PROCESS OF GRINDING DISPERSED PARTICLES

Інтенсифікація гідромеханічних процесів по сьогоднішній день залишається важливим питанням, оскільки в переважній більшості вони потребують великих затрат енергії, а кінцевий продукт повинен відповідати встановленим вимогам. Правильне розподілення енергії під час процесу руйнування дисперсних частинок, є дуже важливим. Останнім часом все більше зростає увага до ультразвукового впливу на середовище, використання НВЧ, кавітаційних пристроїв різних типів тощо. У науковій літературі всі вищезазначені методи впливу на систему об'єднані терміном – дискретно-імпульсне введення енергії.

За думкою авторів [1] перевагою імпульсного введення енергії є суттєво менші затрати енергії завдяки забезпеченню значної кількості активних зон впливу в апараті (рис.1).

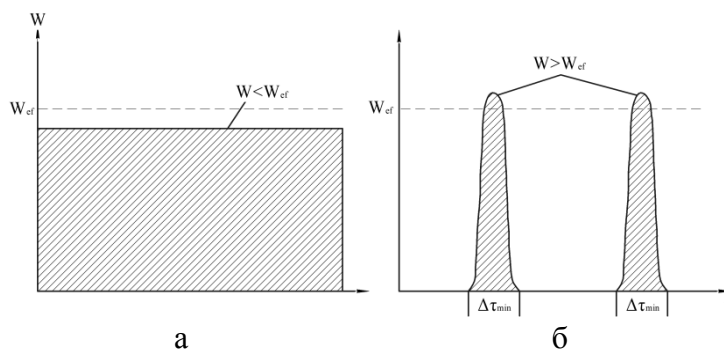


Рис. 1 – Схематичне представлення імпульсного вводу енергії з точки зору зниження енергозатрат при інтенсифікації гідродинамічних процесів в дисперсних середовищах: штрихова лінія вказує потрібний рівень інтенсифікації [1]:

а – при  $\Delta\tau \rightarrow \infty$ ;  $E = W\Delta\tau \rightarrow \infty$ ; б – при  $\Delta\tau = \Delta\tau_{min}$ ;  $E = W\Delta\tau_{min} \rightarrow min$

Для створення таких умов потрібно створити стабільну кавітаційну ділянку у якій парогазові бульбашки можна розглядати як мікротрансформатори, що дискретно розподіляють введену в систему енергію. Питання моделювання та опису таких процесів не однократно вирішувались науковцями. Детально проаналізовані в роботі [1]. Водночас в кожному конкретному випадку потребують уточнень залежно від особливостей системи та конструкції пристрою.

#### Список використаної літератури:

1. Долинский А.А., Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах / А.А. Долинский, Г.К. Иваницкий – К.: Наукова думка, 2008. – 382с.

**УДК 664.61**

**А.В. Деркач**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АНАЛІЗ ФОРМУВАЛЬНИХ МАШИН ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

**A. V. Derkach**

### **THE ANALYSIS OF MOLDING MACHINES AND WAYS TO IMPROVE THEIR DESIGN**

Аналіз сучасного стану устаткування для виробництва продукції на формувальних машинах свідчить про те, що його технічний рівень не можна вважати задовільним. На сьогоднішній день біля 46% виробничих фондів підлягають заміні, 25-30% підлягають модернізації і тільки 24% відповідають світовому рівню.

Випуск продукції переробки борошна у фізіологічно необхідних для людей об'ємах неможливий без розробки і реалізації перспективних технологій і устаткування, що забезпечують ресурсозберігаючу переробку і виготовлення готової продукції високої якості. Тому машини повинні впливати на оброблюваний продукт таким чином, що при цьому втрати сировини і напівфабрикатів були б мінімальними, а якість виробів висока. Це спонукає до необхідності забезпечення повної відповідності режимів обробки, конструктивних форм і параметрів робочих органів та робочих камер, структурно-механічним властивостям в'язкого середовища. Поставлена проблема визначила сучасні тенденції конструювання: оптимізацію профілю конструктивних елементів, застосування збірних конструкцій, використання зносостійких матеріалів і покриттів.

Проектування валкових машин їх кінематики і геометричних параметрів засновується на інтуїтивних догадках і досвіді винахідника, без аналізу фізичної картини процесу. Подальше вдосконалення конструкції таких машин вимагає науково обгрунтованих методів розрахунку їх параметрів.

Відставання наукових розробок від потреб практики пояснюється надзвичайно широким діапазоном властивостей технологічних середовищ борошняної продукції, різноманітним тертям на поверхні робочих органів і в самому середовищі, відмінністю їх експлуатації. Крім цього, дослідження процесів формування в'язко-пружного середовища пов'язане з певною складністю, через необхідність залучення до розв'язання проблем знань і методів з різних галузей науки: матеріалознавства, фізики твердого тіла, фізико-хімічної механіки матеріалів, триботехніки.

Враховуючи широке коло питань фундаментального і прикладного характеру, які широко розглядаються дослідниками в своїх комплексних роботах на загальне моделювання процесів дії обертових валків на середовище для пошуку оптимальних кінематичних і динамічних параметрів нагнітання і підвищення раціональних геометричних параметрів та довговічності не було виконано в повному обсязі. Тому наукові дослідження спрямовано на створення фізичного і математичного моделювання, забезпечення ефективності машини з валковими робочими органами, якості продукції за реологічними і органолептичними показниками та рівня надійності є актуальним для харчової галузі і має важливе прикладне і народногосподарське значення.

## УДК 664.6

Г.В. Карпик, к.т.н, В.Р. Сельський, к.б.н., доцент, В.Г. Юрчак, д.т.н, професор  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна  
Національний університет харчових технологій, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕКТИНУ НА ФОРМИ ЗВ'ЯЗКУ ВОЛОГИ В МАКАРОННОМУ ТІСТІ З ВИСІВКАМИ

H. Karpyk, Ph.D., V. Selsky, Ph.D., Assoc. Prof., Vira Yurchak, Dr., Prof.  
RESEARCH OF IMPACT OF PECTIN ON THE FORMS OF CONNECTION OF  
WET IN THE MACARONI DOUGH WITH BRAN

Нутріціологи та дієтологи рекомендують при виробництві борошняних виробів застосовувати борошно з максимально збереженими периферійними частинами зерна. В макаронних виробках з висівками підвищується вміст харчових волокон, вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР та мінеральних речовин, однак показники якості їх погіршуються.

Одним з варіантів покращення міцності та варильних властивостей макаронних виробів є використання як структуроутворювача природнього полісахариду - пектину. Раніше доведено позитивний вплив високоетирифікованого пектину в кількості 0,35 % до маси борошна на якість макаронних виробів з висівками. Для пояснення механізму впливу даного структуроутворювача на властивості тіста та кінетику процесу сушіння виробів й, відповідно, якість готової продукції необхідно встановити його вплив на форми зв'язку вологи в макаронному тісті з пшеничними висівками.

Дослідження проводили термогравіметричним методом, який дає можливість дослідити форми зв'язку вологи відповідно до кінетики видалення. Визначення здійснювали у зразках тіста з суміші борошна другого сорту і 20 % висівок (контроль) та з суміші борошна другого сорту, 20 % висівок і 0,35 % пектину.

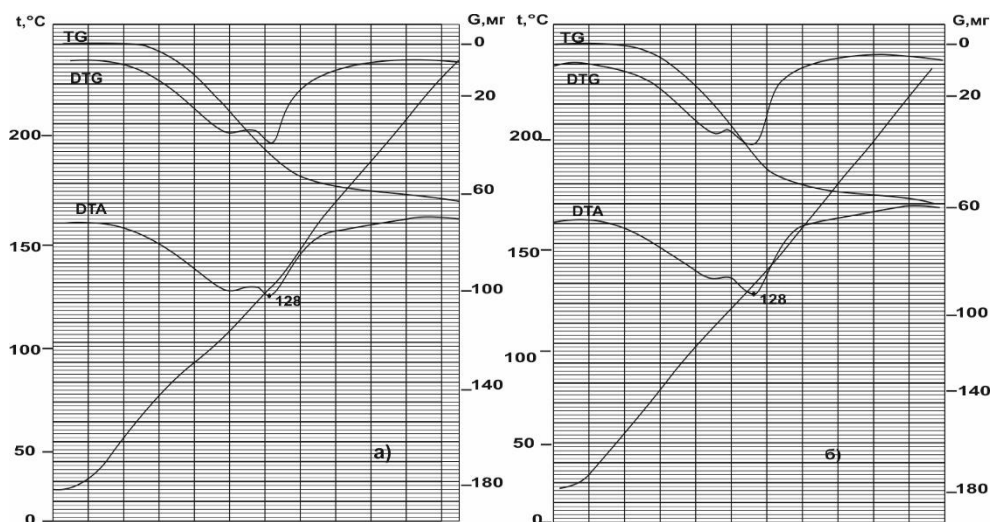


Рис.1. Дериватограми макаронного тіста з:  
а) суміші борошна другого сорту і 20 % висівок (контроль);  
б) суміші борошна другого сорту, 20 % висівок і 0,35 % пектину

Дериватограми включають криві зміни маси зразків TG, температури ТА і перших похідних від них DTG та DTA. При аналізі дериватограм використовували методику, розроблену А.М. Литвиненком, згідно якої розглядали чотири діапазони. Кожен з них пов'язаний з видаленням вологи різних типів, що відрізняються енергією

зв'язування з матеріалом: вологи макрокапілярів, мікрокапілярів, осмотично зв'язаної та адсорбційної вологи.

Аналіз дериватограм свідчить, що внесення 0,35 % пектину в макаронне тісто з висівками не впливає на кількість капілярної вологи, яка утримується силами макро- та мікрокапілярів. Втрата маси в температурному інтервалі 20 – 111 °С для обох зразків становить 18,2 % до СР.

Таблиця 1 – Результати розшифрування дериватограм макаронного тіста з внесенням пшеничних висівків та пектину

| Макаронне тісто з борошна другого сорту з внесенням | Температурний інтервал, °С | Втрати маси, % до СР |
|---|----------------------------|----------------------|
| 20 % висівок  | I 20 – 65                  | 2,3                  |
|   | II 65 – 106                | 15,9                 |
|   | III 106 – 128              | 16,0                 |
|   | IV 128 – 153               | 8,4                  |
| 20 % висівок та 0,35 % пектину                      | I 25 – 56                  | 2,3                  |
|   | II 56 – 111                | 15,9                 |
|   | III 111 – 127              | 16,9                 |
|   | IV 127 – 158               | 6,8                  |

Кількість вологи, що видаляється в діапазоні температури 111 – 127 °С, збільшується на 0,9 %. Ймовірно, відбувається утворення структурної вологи, яка захоплюється при формуванні золю (волога набухання).

У четвертому температурному діапазоні відбувається видалення адсорбційно зв'язаної вологи. На цьому етапі у зразку з пектином видаляється 6,8 % вологи до СР, що на 1,6 % менше, ніж у контрольному зразку.

Таким чином, внесення 0,35 % пектину в тісто з борошна другого сорту і висівок певною мірою впливає на перерозподіл вологи в макаронному тісті: в незначній мірі збільшує кількість осмотично зв'язаної води та зменшує вміст адсорбційно зв'язаної вологи, що може сприяти прискоренню процесу сушіння та покращенню якості макаронних виробів.

#### Література.

1. Гинзбург А. С. Массообменная характеристика пищевых продуктов / А.С. Гинзбург, И. М. Савина – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1982. - 280 с.
2. Патент 83998 UA, МПК A23L 1/16 (2006.01). Спосіб виготовлення макаронних виробів / Юрчак В.Г., Карпик Г.В.; заявник Національний університет харчових технологій, Київ ; заявл. 22.03.2013; опубл. 10.10.2013.
3. Литвиненко А. М. Совершенствование процесса и оборудования для сушки пищевых кристаллических материалов: Дис. ...канд. техн. наук: 05.18.12. – К., 189 с.

**УДК 664.681.2**

**Тетяна Лісовська, здоб., Олександра Шпилик ст. викл., Наталія Кушнірук ст. викл., Ніна Чорна к.т.н., доцент**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

**ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРУДОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА ПРИ  
ЗБЕРІГАННІ**

**Tatiana Lisovskaya, graduate st., Alexandra Shpilick, Natalia Kushniruk, Nina Chorna, Ph.D., Assoc. Prof.**

**CHANGES OF QUALITY BISCUIT SEMIFINISHED USING EXTRUDED CORN  
FLOUR DURING STORAGE**

В сучасних умовах пріоритетні напрямки розвитку кондитерської промисловості та ресторанного бізнесу пов'язані з розширенням асортименту продукції, продовженням терміну збереження свіжості, зниженням собівартості і т.п., що потребує удосконалення існуючих та розробки нових технологій борошняних кулінарних та кондитерських виробів, в тому числі і бісквітних напівфабрикатів. Одним з перспективних шляхів вирішення цієї задачі є цілеспрямоване застосування рослинних інгредієнтів, які мають широкий спектр технологічних властивостей, що дозволяє покращити фізико-хімічні і органолептичні характеристики виробів, надати їм нові показники якості, коректувати хімічний склад, продовжити строки збереження свіжості.

Метою нашого дослідження було вивчення якості бісквітного напівфабрикату в процесі зберігання з використанням екструдованого кукурудзяного борошна (ЕКБ).

Після випікання бісквітного напівфабрикату технологією передбачається його витримання при кімнатній температурі (15...25°C) протягом (6...8)·60<sup>2</sup> с для закріплення структури. У цей час відбувається перерозподіл вологи між скоринкою і внутрішніми шарами м'якушки та втрата її певної частини з верхнього шару. Завдяки цьому формується стійка пориста структура, що дозволяє здійснювати нарізання бісквітного напівфабрикату без деформації м'якушки. Тому нами визначено вплив додавання ЕКБ на втрату вологи після вистоювання за температури (20±1)°C (через 8·60<sup>2</sup>с). Встановлено, із збільшенням частки ЕКБ зменшується втрата маси напівфабрикатом через одну годину на 8...20%, а через 8·60<sup>2</sup>на 18...39%. Очевидно це явище пов'язано здатністю крохмалю ЕКБ зв'язувати вологу та повільнішою ретроградацією крохмального клейстеру у порівнянні з пшеничним борошном в/с, та є передумовою сповільнення процесу черствіння.

Найхарактернішою зовнішньою ознакою черствіння є підвищення жорсткості структури бісквітного напівфабрикату, а для кількісної оцінки цього ступеня і вивчення динаміки цього процесу при зберіганні досліджували реологічні властивості м'якуша за показником, що характеризує стискуваність – ступінь пенетрації. Для зразка з вмістом ЕКБ 20% показник приладу складав 0,160 Па×10<sup>-3</sup> через 72·60<sup>2</sup>зберігання, то у контрольного зразка вже через 48·60<sup>2</sup>. Таким чином, встановлено, що показник ступеня пенетрації бісквітного напівфабрикату з використанням ЕКБ через 72·60<sup>2</sup>дослідження на 11...25% вище ніж у контрольного зразка. Сповільнення процесу черствіння, пов'язано із здатністю крохмалю ЕКБ виявляти властивості гідроколоїду, здійснюючи стабілізуючу дію, і покращуючи фізичні властивості бісквітного тіста, збільшуючи вологозв'язуючу здатність тіста та характеризується повільнішою ретроградацією крохмального клейстеру під час зберігання бісквітного напівфабрикату.

Вивчення впливу використання ЕКБ на зміну якісних показників бісквітного напівфабрикату при зберіганні показано, що відбувається зменшення втрати вологи, сповільнення зміни фізичних властивостей м'якуша, характерних для процесу черствіння, тобто сприятиме продовженню строків збереження свіжості бісквітів.

**УДК УДК 502.34:574.63**

**Оксана Лясота, Наталія Зварич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ВІДНОВЛЕННЯ СИРОВИНИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПЕРВИННОМУ ВИДОБУТКУ**

**Oksana Lyasota, Natalia Zvarych**

### **RESTORATION RAW MATERIALS AS AN ALTERNATIVE OF THE PRIMARY MINING**

З кожним роком попит на електронні товари в усьому світі стрімко зростає. Зростання споживання, скорочення життєвого циклу техніки, а також бажання споживачів кожен раз купувати нові моделі електротехніки, часто незважаючи на те, що попередні все ще справляються зі своїми функціями є ключовими факторами лавини електронних відходів.

За даними різних досліджень лише 16% світових відходів електроніки переробляються для повторного використання, в той час як потенційна вартість матеріалу, що викидається перевищує \$ 51 млрд. Так, в мільйонах запчастин викинутої електроніки може бути зосереджено близько 300 т золота, 1 тис. т срібла та 16 Мт сталі. Для прикладу з старих мобільних телефонів можна відновити не менше сорока елементів.

Отже електронні відходи це цінний запас вторинної сировини, але вони також містять велику кількість токсинів, наприклад, більше 4 тис. тон хімічних речовин, що руйнують озоновий шар. Крім того, в електроніці часто зустрічаються і такі важкі метали і речовини, як ртуть, кадмій, берилій, які потрапляючи в навколишнє середовище отруюють ґрунтові води, викликаючи у місцевого населення пошкодження внутрішніх органів і навіть порушення в розумовому розвитку.

Для деяких рідкісних металів міський видобуток поступово стає єдиним джерелом. Додатковою перевагою міського видобутку є можливість виділення дуже рідкісних металів, таких як європій та тербій, доступні ще раз. Значна кількість цих матеріалів видобувається виключно в Китаї та експортується лише в невеликих кількостях. Саме тому сьогодні 30-40% попиту на цей вид рідкісних металів вже задовільняється міським видобутком.

Утилізація металів з метою відновлення сировини з міських відходів потребує систематичного підходу до переробки з ефективними схемами переробки. Це включає знання про складність взаємодій між різними матеріалами у потоках відходів.

Зі зростанням попиту на природні ресурси та зменшення пропозиції, набуває значного значення використання вторинної сировини, яка має багато переваг перед первинним видобутком: матеріали вже знаходяться в місті, де вони, швидше за все, знову потрібні, тому немає потреби в довгих транспортних магістралях. І вплив на навколишнє середовище, особливо в землекористуванні, є явно нижчим, ніж видобування природних ресурсів.

Майже все можна повторно використовувати. Цю так звану вторинну сировину можна повторно використовувати для комерційного та промислового виробництва, що обмежує імпорт з-за кордону, захист природних ресурсів та навколишнє середовище.

Результатом ефективної утилізації електроніки буде: зниження тиску на попит на первинну сировину; повторне використання цінних матеріалів, які в іншому випадку будуть витрачені даремно; скорочення споживання енергії, викидів парникових газів та інших негативних впливів на навколишнє середовище від видобутку та переробки.



**УДК 338.43**

**Богдан Михайлишин**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**БЕЗПЕКА ТА ЯКІСТЬ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ – ПЕРШОЧЕРГОВЕ  
ЗАВДАННЯ ВИРОБНИКА**

**Bohdan Mykhailyshyn**

**SAFETY AND QUALITY OF DAIRY PRODUCTS IS THE PRIMARY TASK OF  
THE MANUFACTURER**

«Молокія» турбується про здоров'я кожної сім'ї, щоб любов і підтримка в них ніколи не закінчувались. Саме тому уся продукція виготовляється винятково з молока від перевірених фермерських господарств.

«Молокія» першою в Україні та п'ятою в Європі впровадила технологію очистки молока FRESHMILK Technology (з англ. «технологія свіже молоко»), що передбачає очищення молока-сировини екстра-гатунку механічним способом від бактерій та спор на спеціальній установці – бактофузі. Після цього молоко піддається низькотемпературній («лагідній») пастеризації.

Завдяки впровадженій технології FRESHMILK молоко практично не змінює свій структурний склад. Результатом такого способу очистки молока є його абсолютна безпека і користь, адже збережено усі важливі компоненти продукту.

Впровадження виробництва молочної продукції за технологією «FRESH MILK TECHNOLOGY» на ПрАТ «Тернопільський молокозавод» вдалося за допомогою високотехнологічного німецького обладнання, спроектованого компанією «GEA Westfalia Separator Group GmbH».

Головні переваги молока «FRESH MILK»:

- преміальна якість та належна безпечність при пониженій температурі теплової обробки;
- низький рівень пошкодження білків та вітамінів;
- м'яка обробка зберігає смак свіжого молока.

Свіже молоко – це щойно видоєне молоко. Однак, за умови недотримання температурних режимів, вже впродовж 2-3 годин після видоювання в ньому починають розвиватись патогенні мікроорганізми. Таке молоко вже не може назватись свіжим.

Для того, щоб не втратити природні властивості свіжовидоєного молока, його необхідно відразу охолодити, що можливо виключно в умовах великотоварних фермерських господарств, котрі оснащені холодильним обладнанням.

Молоко ТМ «Молокія»- це freshmilk молоко, яке за своїм складом, а також ароматом та смаком найбільш наближене до свіжовидоєного.

**УДК 664.8**

**Володимир Сельський, к. б. н., доц.;; Оксана Мельнічук, к. т. н., доц.;; Галина Карпик, к. т. н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВПЛИВ СПОСОБІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ШОВКОВИЦІ НА  
СОКОВІДАЧУ**

**V.Selskyi, Ph.D., Assoc. Prof; O.Melnichuk, Ph.D., Assoc. Prof; G.Karpyk, Ph.D.  
IMPACT OF PRELIMINARY TRAINING FRUITS MORUS FOR JUICE  
EXTRACTION**

Рослинна сировина, а також продукти її перероблення відіграють важливу роль у харчуванні людини, оскільки вони є не тільки джерелом цінних поживних речовин, а й біологічно активних речовин.

Дикоросла плодово-ягідна сировина є одним із важливих джерел незамінних факторів харчування. У консервній промисловості із шовковиці виготовляють компоти, варення, наповнювачі для кондитерських виробів. Природні запаси дозволяють використовувати її у промисловому масштабі.

Ягоди шовковиці мають велике лікувальне значення і володіють протимікробною, бактерицидною, протизапальною дією, нормалізують обмін речовин, серцево-судинну систему.

У 100 г ягід шовковиці міститься 1,2 г моно- та дисахаридів, 1,2 г органічних кислот, 3,3 мг вітаміну А, 10 мг вітаміну С, 0,04 мг вітаміну В<sub>1</sub>, 0,02 г вітаміну В<sub>2</sub>, 0,91 мг вітаміну РР, 0,02 мг бета каротину, 350 мг калію, 51 мг магнію, 24 мг кальцію.

Соки справляють на організм людини певний фізіологічний вплив, що залежить від їх освіжаючої здатності, поживності, стимулюючої дії.

Враховуючи хімічний склад та лікувально-профілактичну дію в якості матеріалу дослідження були вибрані ягоди шовковиці чорної та білої.

Метою досліджень було обґрунтування параметрів попередньої підготовки ягід шовковиці на соковіддачу. Сировину досліджували у стадії споживчої стиглості. Контроль якості ягід шовковиці проводили за органолептичними, хімічними, фізико-хімічними показниками. Вивчали характеристику форм зв'язку вологи у ягодах шовковиці. Визначали вплив НВЧ-хвиль різної частоти та потужності, нагрівання та заморожування на вихід соку.

Аналіз результатів досліджень показав, що колоїдно-зв'язаної вологи більше у шовковиці чорній. Обробка ягід шовковиці НВЧ-хвилями збільшувала вихід соку при потужності 800 Вт і складала із шовковиці чорної 62,2%, шовковиці білої – 66,2%. Вихід соку при нагріванні ягід до 70°C склав для шовковиці чорної 65,2%. Заморожування ягід збільшує вихід соку.

Органолептичну оцінку якості соку проводили методом сенсорного аналізу. Отримано високу органолептичну оцінку дегустаторів.

## УДК 664.643.1

**І. Стадник, д.т.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА НА РУХ ТІСТА

**Igor Stadnyk**

#### **EFFECT OF THE WORKING BODY STRUCTURE ON THE MEDIUM MOTION**

Не зважаючи на безліч деформацій, що відбуваються при дії валкових робочих органів, їх сумарна дія спрямована на здійснення процесу подачі певної порції тіста на формувальний пристрій, під яким розуміється одержання заготовки відповідної форми. Специфічність поведінки тіста в процесі дії валків зумовила велику кількість класифікаційних ознак і навіть виникли відносно чіткі розмежовані процеси: розкачування, нагнітання, транспортування та ін. Для різного тіста в різній мірі може бути застосований той або інший вид дії валків.

Деформування структури тіста пов'язане з енергетичною взаємодією джерела енергії і тіста, що піддається дії валкових робочих органів. Перенесення енергії можливе у вигляді імпульсу сили при безпосередньому контакті. Енергетична дія зовнішніх сил на тісто може супроводжуватися перенесенням маси, теплоти, фізико-хімічними ефектами, адгезійними та ін. Основні способи передачі енергії тісту, на яке впливає дія валків, наступні: масові – силову дію формують гравітаційні, відцентрові або інерційні сили; хімічні способи диспергування – засновані на об'ємному розширенні дріжджового тіста, хімічній реакції; мікробіологічні способи диспергування засновані на хімічній або ферментативній дії бактерій; гідродинамічні способи, рушійною силою яких є стискування рідинно-газової фази, перепад тиску в об'ємі тіста.

Очевидно з вище перерахованого, класифікація є узагальненим перерахуванням уже відомих методів впливу на тісто, що диспергується. Разом з тим, впорядкування цих способів за дрібнішими ознаками і групами дозволяє визначити та передбачити нові шляхи інтенсифікації, диспергування тіста шляхом комбінації вже відомих.

Вирішення основних технологічних і споживчих завдань валкового нагнітання - є отримання рівномірної якісної течії тіста в мінімальні терміни, при мінімальних витратах енергії та належної якості. Деяким інтегральним показником додаткового переміщення шарів тіста в робочій камері може служити величина:

$$\varepsilon = \frac{V \cdot J}{\tau \cdot N},$$

де  $V$  – об'єм робочої камери в зоні дії валків,  $m^3$ ;  $N$  – витрати усіх видів енергії на процес, Вт;  $J$  – критерій якості переміщення.

Аналіз якісно – енергетичного показника ефективності додаткового переміщення  $\varepsilon$  показує, що його регулювання можливе шляхом скорочення часу дії валків, або зниженням витрат потужності на процес нагнітання. Таким чином дія валкових робочих органів, для досягнення максимальної ефективності процесу, повинна відповідати наступним вимогам:

- максимальна кількість поверхонь зсуву, що утворюються за одиницю часу;
- максимальна кількість обертового руху валків, що дозволяє надавати масі тіста поступальне і обертове переміщення відносно площин зсуву і одній навколо іншої;
- комбінація різних видів і способів підведення енергії на компенсацію зміни положення часток тіста, розриву внутрішніх зв'язків і дифузійне перенесення;
- плавна швидкість течії маси тіста при не сталому характері руху валків.

**УДК 664**

**В.Стручок, Д.Мудра**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**АНАЛІЗ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ  
ДО 2030 РОКУ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ЗАХОДІВ З  
ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

**V.Struchok, D.Mudra**

**ANALYSIS OF THE NATIONAL WASTE MANAGEMENT STRATEGY IN  
UKRAINE BEFORE 2030 ON CONDUCTING INFRASTRUCTURE MEASURES  
FOR THE PROCESSING OF SOLID DOMESTIC WASTES**

В Україні далі залишається невирішеною проблема управління відходами, в тому числі твердими побутовими відходами (ТПВ). З метою забезпечити вирішення зазначеної проблеми Кабінет Міністрів України своїм розпорядженням від 8.11.2017 р. №820-р схвалив Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року. Виходячи з тексту Національної стратегії (далі - стратегія) термін управління (регулювання) відходами передбачає здійснення заходів щодо багаторазового використання природних ресурсів, перероблення (оброблення) відходів, утилізація відходів. В цій галузі діяльності органів виконавчої влади всіх рівнів ситуація характеризується як критична, де протягом тривалого часу відсутнє адекватне реагування на її виклики, що призвело до поглиблення екологічної кризи і загостило соціально-економічну ситуацію в суспільстві та обумовлює необхідність реформування і розвитку з урахуванням вітчизняного та світового досвіду управління відходами.

Складність ситуації з відходами, у тому числі з ТПВ, в Україні порівняно з іншими розвинутими країнами пов'язана з великими обсягами утворення ТПВ та у відсутності інфраструктури поводження з ними, що об'єктивно зумовлено наявністю в Україні необхідних площ для складування, часу для прийняття необхідних рішень щодо застосування більш енергоощадливої, економічно вигідної схеми поводження з ТПВ. Наслідками зазначених об'єктивних причин стало розміщення ТПВ без урахування можливих небезпечних наслідків їх впливу на стан навколишнього природного середовища і здоров'я людей, неналежний рівень використання відходів як вторинної сировини внаслідок недосконалості організаційно-економічних засад залучення їх у виробництво, відсутність фінансування державою створення мережі об'єктів інфраструктури з перероблення та утилізації ТПВ як окремої галузі національної економіки.

Тому домінуючим способом поводження з ТПВ в Україні є їх вивезення та захоронення на полігонах (полігонне захоронення) та сміттєзвалищах. У 2016 році було перероблено лише 5,8% утворених ТПВ, в тому числі 2,71% (1,3 млн. куб. метрів) – спалено, 3,09% (1,53 млн. куб. метрів) – спрямовано на інші сміттєпереробні комплекси та близько 0,003% (2000 куб. метрів) – компостовано. Решту 94% вивезено на полігони та сміттєзвалища, яких станом на 2016 рік в Україні налічувалося 5470 одиниць, з них 305 (5,6%) перевантажені, а 1646 (30%) не відповідають нормам вітчизняної екологічної безпеки, 99% не відповідає європейським вимогам. Крім цього внаслідок недостатнього рівня контролю або відсутності належної системи поводження з ТПВ щороку утворюється понад 27 тис. стихійних сміттєзвалищ (1). Відсутність системи перероблення ТПВ, в тому числі харчових (комунальних), та надмірна залежність від захоронення ТПВ є порушенням європейських стандартів у цій сфері діяльності та Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, підписаної Україною у 2014 році.

Стратегія визначає головні напрямки державного регулювання у сфері поводження з відходами на найближчі десятиліття з урахуванням європейських підходів з питань управління відходами. Реалізація стратегії здійснюється в три етапи: перший – 2017–2018 роки, другий – 2019-2023 роки, третій – 2024-2030 роки. Тобто у

роках кожний етап буде складати відповідно 2, 5 та 7 років, а разом 14 років відведено на реалізацію стратегії. Реалізація буде здійснюватись шляхом виконання загальних та спеціальних (за окремими видами відходів) заходів (1).

Інструментами реалізації стратегії визначено затверджений Кабінетом Міністрів України Національний план управління відходами та затверджені та погоджені з Мінприроди і Мінрегіоном регіональні плани управління відходами. Розроблення та затвердження Національного плану передбачено до 8 травня 2018 року, а погодження та затвердження регіональних аж до 8 листопада 2019 року.. Реально фінансування зазначених планів буде можливим тільки починаючи з 2020 року, якщо на це у відповідних бюджетах будуть передбачені кошти.

Аналіз загальних заходів стратегії показує, що на першому та другому етапах (до 2023 року включно) реалізації стратегії будуть в основному виконуватись організаційні, інструктивно-методологічні, управлінсько-структурні заходи, на реалізацію яких необхідно буде виділяти значні кошти з державного бюджету. Тільки на третьому етапі, починаючи з 2024 року (через 7 років) з'являється один конкретний інфраструктурний захід щодо модернізації матеріально-технічної бази суб'єктів господарювання з багаторазового використання природних ресурсів та перероблення і утилізації відходів з можливим терміном реалізації до 2030 року.

Спеціальні заходи у сфері поводження з ТПВ теж насичені великою кількістю організаційних, структурно-економічних, нормативних та інших заходів. Передбачено зокрема створення органами місцевого самоврядування в населених пунктах з чисельністю більш як 50 тис. осіб спеціалізованих комунальних пунктів збирання усіх видів відходів. Скорочення кількості полігонів та сміттєзвалищ шляхом розбудови мережі регіональних полігонів для захоронення ТПВ з мінімальною потужністю 50 тис. тонн на рік на не менше як 150 тис. осіб населення кожний та до них для скорочення транспортних витрат влаштування мережі сміттєперевантажувальних станцій (200 одиниць).

В цілому передбачено забезпечити у 2023 році перероблення 15% ТПВ та охопити роздільним збиранням ТПВ 23% населення, у 2030 році відповідно 50% ТПВ та 48% населення. Для того, щоб досягти цих показників, на нашу думку, без побудови інфраструктури об'єктів з перероблення та утилізації ТПВ як окремої галузі національної економіки є неможливим. Конкретно у стратегії зазначається необхідність спорудження таких об'єктів без зазначення яких саме, у яких місцях та за які кошти. Можливо це буде визначено у Національному та регіональних планах.

Досвід передових країн світу Японії, Німеччини, Швеції, Австрії, Італії, Франції свідчить, що в системі управління відходами необхідно зробити домінуючим напрямком спорудження сучасних об'єктів інфраструктури, які б забезпечували оброблення та утилізацію відходів. Зокрема для України є доцільним використати японський досвід щодо спорудження культурних центрів з рециркулювання ресурсів (2) в першу чергу біля міст-мільйонерів та обласних центрів. Будівництво зазначених центрів повинно здійснюватись протягом 3 років за кошти Державного бюджету. Зазначені центри повинні включати завод з переробки ТПВ (оснащення: для регенерації речовини та енергії), місцеву електростанцію, що працює на теплі в результаті спалювання відходів, цех брикетування для виготовлення дорожньо-будівельних матеріалів, цех компостування, цех рециркулювання габаритних відходів, цех моніторингу стану навколишнього природного середовища, оранжерею, теплицю, басейн, виставку вторинних відходів та зразків продукції та ін. Будівництво зазначених центрів як об'єктів інфраструктури з поводження з ТПВ повинно здійснюватись наполегливо, систематично за рахунок дотацій Державного бюджету (не менше 5% суми загального фонду) через Мінприроди, Мінрегіон України з наступною передачею їх в експлуатацію місцевим органам виконавчої влади

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 №820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року».

2. Тихоцкая И.С. Япония: проблемы утилизации отходов / И.С.Тихоцкая. – М. Наука, 1992. - С. 104.

УДК 637.024

Марія Шинкарик, Віктор Ворошчук

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя

## ІНТЕНСИВНІСТЬ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРКОВИХ МАС У РОТОРНО-ВИХРОВОМУ ЕМУЛЬСОРІ

Mariya Shynkaryk, Viktor Voroshchuk

## INTENSITY OF HYDROMECHANICAL PROCESSING OF CURD MASS IN ROTOR-VORTEX EMULSIFIER

Роторно-вихрові емульсори застосовуються в різних галузях промисловості для одержання емульсій. Зокрема, в переробній промисловості вони знайшли широке застосування при виробництві в'язких продуктів – кетчупів, майонезів тощо.

Перевагою РВЕ є циркуляція продукту по замкнутому контуру, що забезпечує рівномірність його механічної і теплової обробки. Основним із факторів інтенсифікації процесу є дискретно-імпульсний спосіб внесення енергії, виникнення явищ кавітації і резонансу. Інтенсивність обробки сиркової маси в роторно-вихровому емульсорі визначається часовими витратами на здійснення повного технологічного циклу її обробки при постійній частоті обертання. Встановлення показника інтенсивності є важливим чинником, який дозволяє здійснити оцінку роботи роторно-вихрового емульсора.

Визначальним чинником для встановлення інтенсивності гідродинамічної обробки є механічна енергія, витрачена на здійснення технологічного процесу обробки. Загальні витрати механічної енергії на весь цикл можна визначити за формулою:

$$A = \int_{t_{\text{поч}}}^{t_{\text{кін}}} N \cdot dt, \quad (1)$$

де  $t_{\text{поч}}$ ,  $t_{\text{кін}}$  – відповідно початковий і кінцевий моменти часу, с.

Таким чином, мірою відображення рівня гідродинамічної обробки сиркових мас в роторно-вихровому емульсорі є витрачена енергія на обробку одиниці маси протягом всього технологічного процесу. Для роторно-вихрового емульсора інтенсивність обробки сиркових мас в парі ротор-статор можна представити як кількість енергії, витрачена на обробку одиниці маси сировини за одиницю часу:

$$I_A = \frac{A}{m \cdot T}, \quad (2)$$

де  $m$  - маса рецептурної суміші, кг;

$T$  - тривалість технологічного процесу обробки в роторно-вихровому, с.

В процесі дослідження інтенсивності обробки в парі ротор-статор для роторно-вихрового емульсора, встановлено, що при збільшенні частоти обертання ротора від 2000 об/хв до 3000 об/хв спостерігається зростання інтенсивності механічної обробки в 1,97 разів від 55,42 Дж/(кг · с) до 111,02 Дж/(кг · с). З наближенням частоти обертання ротора до 3000 об/хв спостерігається зменшення приросту показника інтенсивності від 16,0 на діапазоні 2000...2250 об/хв до 11,15 на діапазоні 2750...3000 об/хв. Проте після досягнення частоти обертання ротора 3000 об/хв показник інтенсивності починає швидко зростати від 11,91 для діапазону частот 3000...3250 об/хв до 49,72 для діапазону 3750...4000 об/хв (в 2,04 рази). Таким чином, можна відмітити, що при збільшенні частоти обертання ротора понад 3000 об/хв починає різко зростати інтенсивність витрат енергії на проведення технологічного процесу обробки сиркових мас.

**УДК 637.3**

**Марія Шинкарик, Олег Кравець**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ФІЛЬТРАЦІЙНО-КОМПРЕСІЙНЕ СУШІННЯ ТЕХНІЧНОГО КАЗЕЇНУ**

**Maria Shunkaruk, Oleg Kravets**

### **FILTRATION AND COMPRESSION DRYING OF TECHNICAL CASEIN**

Із розвитком технологій створюються передумови для переходу від традиційних способів сушіння до більш ефективних, комбінованих, які дозволяють підвищити продуктивність сушильних установок та знизити затрати енергії.

Інтенсифікувати процес сушіння можна шляхом застосування електромагнітного випромінювання, двофазного сушильного агента, коливання і вібрації, ультразвуку, електрокінетичних явищ, синергетичних ефектів, багатоступінчастого процесу сушіння тощо.

Також інтенсифікація сушіння може передбачати збільшення площі поверхні контакту для теплопередачі й масообміну. Цього можна досягти, наприклад, при проходженні сушильного агента крізь шар висушеного матеріалу. Зокрема цей ефект реалізується при фільтраційному сушінні. Однак існуючі шляхи інтенсифікації сушіння за рахунок збільшення площі поверхні контакту обмежені розмірами дисперсних частинок матеріалу – площа поверхні контакту не може перевищувати сумарну площу усіх частинок матеріалу.

Деякі харчові маси мають пористу структуру. При дії навантаження на шар такої маси її частинки деформуються і, частка об'єму пор в загальному об'ємі матеріалу (пористість) зменшується. При припиненні дії навантаження частинки частково відновлюють свою попередню форму – їх пористість зростає. В результаті цього пори, релаксуючи, заповнюються оточуючим середовищем. Цей ефект можна використати при сушінні. Наприклад, створивши умови, при яких матеріал піддаватиметься тимчасовому навантаженню, після зняття якого пори будуть заповнюватися сушильним агентом.

Враховуючи це, існує перспектива поєднання фільтрування сушильного агента крізь матеріал із періодичною деформацією шару матеріалу та створення нового способу сушіння – фільтраційно-компресійного. Даний вид сушіння можна було б застосувати у технологічному процесі виробництва технічного казеїну.

Метою досліджень була оцінка можливості практичного застосування Фільтраційно-компресійного сушіння технічного казеїну.

Для досягнення поставленої мети провели дослідження залежності пористості технічного казеїну від величини прикладеного до нього тиску. Визначення пористості проводилося в тонкому шарі матеріалу (7-10мм) при дії на нього тиску. Досліди проводили в одинадцять етапів, з кожним разом збільшуючи тиск, що діє на шар матеріалу, на 0,5 кПа.

Встановили, що при зростанні тиску від 0 до 5,0 кПа пористість технічного казеїну зменшується на 18%, тобто, з точки зору компресійно-фільтраційного сушіння, деформація шару технічного казеїну під тиском 5,0 кПа створить умови для подальшого поглинання ним сушильного агента, об'єм якого приблизно рівний п'ятій частині об'єму продукту. Це дозволить відводити вологу безпосередньо з середини продукту разом із сушильним агентом, який залишить пори продукту при його наступній деформації.

Таким чином, можна зробити висновок, що фільтраційно-компресійне сушіння може бути застосоване на практиці по відношенні до технічного казеїну.

**Секція: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Голови:** д.е.н., проф. Б. Андрушків, д.е.н. проф. О.В. Панухник, д.е.н. Р.П. Шерстюк

**Вчений секретар:** к.е.н. Р.А. Оксентюк

**УДК 504.062:658**

**Юрій Вовк, к.т.н., доц., Ірина Вовк, к.е.н., ст. викл., Олег Цьонь, к.т.н., доц.**

**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна**

**РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУ ТА СФЕРІ ПОСЛУГ**

**Yuriy Vovk, Ph.D., Assoc. Prof., Iryna Vovk, Ph.D., Oleh Tson, Ph.D., Assoc.Prof.**

**RESOURCES SAVINGS IN TRANSPORT SYSTEMS AND SERVICES SECTORS**

Забезпечення сталого розвитку суспільства є однією з найбільш актуальних задач, яка стоїть перед людством. Сталий розвиток – це модель економічного зростання, в якій використання ресурсів направлено на задоволення потреб людини при збереженні навколишнього середовища, так що ці потреби в розвитку можуть бути задоволені не тільки в сьогоденні, але й для майбутніх поколінь. Як сформулювала визначення сталого розвитку у своїй доповіді Комісія Брундтланд (відома як World Commission on Environment and Development), це розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.

Нестабільність економічних процесів, залучення у процес виробництва нераціональної кількості ресурсів є однією із причин погіршення стану навколишнього природного середовища та якості життя людини, а отже, говорити про сталий розвиток суспільства неможливо. Тому на часі створення передумов для переходу до нового рівня ресурсного споживання, який передбачає запровадження ефективних засобів з енерго- та ресурсозбереження шляхом застосування як ринкових важелів, так і державного регулювання використання ресурсів.

Створення продуманого механізму ресурсозбереження забезпечує високу ефективність ресурсовикористання на усіх етапах виробництва та споживання. Ресурсозабезпеченість дозволяє досягти підприємству сталого рівня економічного розвитку, зменшити антропогенне навантаження, суттєво покращити стан навколишнього середовища. На сьогодні постає необхідність застосування передових інноваційних технологій, але через брак коштів з кожним роком все більше загострюється проблема раціонального використання ресурсів у виробництві та споживанні, що знижує рівень конкурентоспроможності підприємств.

Серед вітчизняних науковців і практиків, котрі здійснили вагомий внесок у розроблення комплексної системи ресурсозбереження та ресурсовикористання варто назвати таких, як Б. Андрушків, О. Батура, В. Геєць, І. Іпполітова, М. Ковалко, Ю. Лола, Ю. Мазін, В. Микитенко, М. Паламарчук, С. Половнікова, Л. Рубан, С. Скоков, І. Сотник та ін. [1-8]. Енергоефективність відрізняється від енергозбереження тим, що не тільки передбачає скорочення зайвих витрат енергії і ресурсів, але і максимізує економічний ефект від витраченої енергії. До останнього часу недостатня ефективність компенсувалася невисокою ціною на енергоносії. Сьогодні ситуація ускладнилася. Низька якість застарілої і невідповідної сучасним вимогам інженерної, енергетичної і транспортної інфраструктури призвело до того, що сьогодні, наприклад, електроенергія в країні стала дорожчою, ніж в інших промислово розвинених країнах. А отже, якщо не впроваджувати інноваційні системні заходи щодо розвитку комплексної енергоефективності, наша економіка стане неконкурентоспроможною. Фахівці говорять про початок нової епохи і про принципово нові підходи в архітектурі, стандарти енерго- і екоефективності стають головним принципом при будівництві нових та реконструкції старих будівель. Для промислових і громадських будівель, в



тому числі, для об'єктів готельно-ресторанного сервісу, ці тенденції настільки ж актуальні. Енергоефективний підхід до проектування промислових будівель починається вже з грамотного вибору розміщення і планування підприємства з точки зору логістики та транспортної інфраструктури, «стикування» з наявними енергетичними та інженерними мережами, врахування кліматичних умов. Наступним важливим кроком є застосування «енергоефективних» архітектурних і конструктивних рішень. Ці рішення передбачають вибір планування і конструкції будівлі, що знижує витрати на опалення, вентиляцію, кондиціювання. Застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів, енергозберігаючих вікон і дверей є далеко не єдиним і навіть не головним чинником. Іншим надзвичайно важливим аспектом виступають інженерні системи, включаючи опалення, очищення повітря, системи доставки води та робочих газів, пожежогасіння тощо. Особливої уваги приділяють сучасними систем рекуперації повітря в приміщеннях, які дозволяють заощадити значно більший відсоток енергії в порівнянні з іншими напрямками енергозбереження. Наступним важливим аспектом ресурсоефективності є раціональна організація виробничих процесів, переміщення вантажів і людей всередині будівлі, правильне зонування, поділ «чистих» і «брудних», «тепліх» і «холодних» зон і вантажопотоків [8].

Цікавою є концепція *Sustainopreneurship* (підприємництво та інновації для сталого розвитку). Це концепція, яка виникла з ранніх концепцій соціального підприємництва та екопідприємництва. Ця концепція означає використання креативного бізнесу для вирішення проблем, пов'язаних із забезпечення сталого розвитку, для створення соціальної та екологічної стійкості як стратегічної мети. Іншими словами, це «бізнес з причиною» – де глобальні проблеми перетворюються на ділові можливості шляхом розгортання інновацій із забезпечення сталого розвитку. Таку концепцію доцільно впроваджувати саме в системах транспорту, сфері послуг, наприклад, готельно-ресторанному та туристському бізнесі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк Ю.Я. Пути формирования ресурсоэффективной транспортной системы / Ю.Я. Вовк // Экономические тенденции. – 2017, Вып.1, №1. – С.1-7.
2. Микитенко В. В. Формування, нарощення та практичне використання потенціалу системно-універсального функціонування [Електронний ресурс] / В. В. Микитенко, О. О. Прохода // Бізнес навігатор. – 2009. – № 1. – Режим доступу: [http://www.nbuv.gov.ua/old\\_jrn/Soc\\_Gum/Biznes/2009\\_1/2009/01/090106.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/Soc_Gum/Biznes/2009_1/2009/01/090106.pdf).
3. Ресурсономіка: теоретичні та практичні аспекти / Андрушків Б.М., Вовк І.П., Вовк Ю.Я. та ін. – Тернопіль : Терно-граф, 2012. – 456 с. ISBN: 978-966-457-121-7
4. Сергійчук І. І. Складові системи адаптивного управління в структурі механізму формування підприємством масштабу діяльності / І. І. Сергійчук // Экономика и управление. – 2012. - № 3. – С. 147-153.
5. Хандріх Л. Концепція стратегії низьковуглецевого розвитку України. Програма інвестування та економічної модернізації / Л. Хандріх // The consulting company of DIW Berlin, DIW econ GmbH, 2015. 52 с.
6. COMeSafety. (2009). Cooperative Mobility for Energy Efficiency. Retrieved from: <http://www.ecomove-project.eu/links/comesafety/>
7. Vovk, Y. (2016). Resource-efficient intelligent transportation systems as a basis for sustainable development. Overview of initiatives and strategies. Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 1(1), 6-10. doi:10.14254/jsdtl.2016.1-1.1.
8. Вовк Ю.Я. Комплексний підхід до вирішення проблем ресурсозбереження виробничих підприємств, сфери послуг та транспорту / Ю.Я. Вовк, О.Л. Ляшук, І.П. Вовк // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство (ТМІЕТ – 2017)", 21-22 вересня 2017 року, Херсон: ХДМА, 2017. - С. 15-16.

**УДК 338.1**

**Любов Гац**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОЦІНКА ФАКТОРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У РЕЗУЛЬТУЮЧИХ ПОКАЗНИКАХ  
ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

**Lyubov Hats**

**ASSESSMENT OF FACTOR RELATIONSHIPS IN THE RESULTS OF  
BUSINESS ACTIVITY**

Економічний розвиток бізнесу в умовах невинного розвитку інформаційних технологій залежить від оновлення суб'єктами господарювання матеріальних, нематеріальних активів та витрат пов'язаних з використанням трудових ресурсів. Тенденція змін (див.рис.1) у формуванні факторів виробництва в Тернопільській області характеризується нестабільністю, про що наглядно свідчать інформаційні дані згруповані в таблиці 1.

Таблиця 1

Динаміка факторних показників оцінки в Тернопільській області \*

| Показники   | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Дольова частка інвестицій в обладнання (ДЧКоз)              | 36,4215 | 50,6034 | 38,6776 | 37,3172 | 33,5079 | 35,1867 | 48,7030 |
| Дольова частка інвестицій в інформаційні технології (ДЧкіт) | 40,3585 | 68,6738 | 70,7684 | 14,0172 | 45,9240 | 54,3500 | 46,8305 |
| Середньомісячна заробітна плата штатних працівників         | 1659    | 1871    | 2185    | 2359    | 2527    | 2994    | 3695    |

\*Визначено автором за інформаційними даними [1,2]

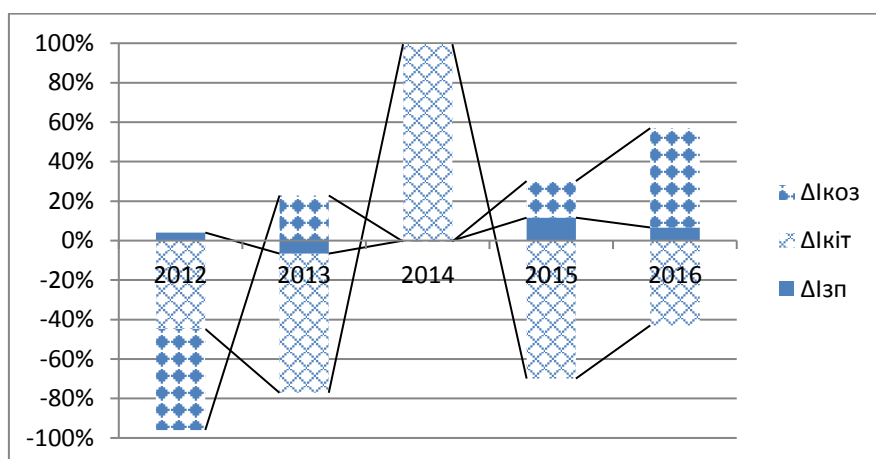


Рис.1. Відхилення інвестицій у формування матеріальних (ΔІкоз) та нематеріальних (ΔІкіт) активів та використання трудових ресурсів (ΔІзп) у Тернопільській області

За допомогою кореляції визначено взаємозв'язок між статистичними ознаками факторів впливу (Ікоз, Ікіт, Ізп) та результуючим показником валового регіонального продукту.

Таблиця 2

| Вхідні дані регресійної оцінки впливу факторів |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Періоди оцінки                                 | Івп      | Ізп      | Ікіт     | Ікоз     |
| 2011   | 1,280371 | 1,127788 | 1,701596 | 1,389382 |
| 2012   | 1,102062 | 1,167825 | 1,0305   | 0,764329 |
| 2013   | 1,007128 | 1,079634 | 0,198072 | 0,964827 |
| 2014   | 1,198562 | 1,071217 | 3,276247 | 0,897922 |
| 2015   | 1,229747 | 1,184804 | 1,183478 | 1,050101 |
| 2016   | 1,165666 | 1,234135 | 0,861647 | 1,384131 |

Для обчислення параметрів рівняння  $a_0, a_1, a_2$  ми використовували надбудову «Пакет аналізу» в пакеті Excel. (Рис. 2)

| Кoeffициенты   |          |
|----------------|----------|
| Y-пересечение  | 0,297977 |
| Переменная X 1 | 0,506382 |
| Переменная X 2 | 0,070376 |
| Переменная X 3 | 0,176485 |

Рис.2 Результати визначення параметрів рівняння  $x_0, x_1, x_2, x_3$  за допомогою надбудови «Пакет аналізу»

Функціональна залежність представлена алгоритмом:

$$Y = 0,297977 + 0,506382 x_1 + 0,070376 x_2 + 0,176485 x_3 \quad (1)$$

де,  $x_1, x_2, x_3$  – це відповідно факторні індекси Ізп, Ікіт, Ікоз

Показниками тісноти зв'язку при множинній кореляції є парні, часткові та множинні коефіцієнти кореляції та множинний коефіцієнт детермінації.

$$R^2 = \frac{\delta_{обч}^2}{\delta_{заг}^2} \quad (2)$$

де  $\delta_{обч}^2$  - дисперсія результативного показника, обчислена за рівнянням множинної регресії;

$\delta_{заг}^2$  - загальна дисперсія результативного показника.

Використовуючи індекси факторних ознак та результуючого показника за фактичними та теоретичними значеннями, тіснота зв'язку становить  $R^2 = 0,7587$ . Такий результат обчислень вказує на те, що серед множини чинників, дана модель враховує більше 75%, отже модель є адекватною.

Література:

- 1.Офіційний сайт державної служби статистики України у Тернопільській області [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.te.ukrstat.gov.ua>
- 2.Офіційний сайт державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://ukrstat.gov.ua/>

**УДК 330.34**

**Наталія Голич, аспірант, Олена Панухник, д. е. н., проф..**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**РОЗВИТОК МАЛОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ**

**Nataliia Holych, Postgraduate student, Olena Panukhnyk, Dr., Prof.  
SMALL BUSINESS IN UKRAINE**

Одним із головних напрямів розвитку економіки більшості розвинених країн є саме розвиток малого бізнесу. Це зумовлено тим, що малий бізнес є одним із пріоритетних секторів фінансового ринку, він значною мірою впливає на зайнятість населення, темпи економічного розвитку та на перебудову економіки держави в цілому.

Підприємства малого бізнесу відіграють важливу роль у насиченні ринку споживчими товарами та послугами повсякденного попиту, реалізації інновацій, створенні додаткових робочих місць та ін. Вони, як правило, мають високу мобільність, раціональні форми управління, формують новий соціальний прошарок підприємців-власників. Недарма західні економісти сьогодні розглядають малий бізнес як головне джерело економічного розвитку.

На сьогодні загальні параметри розвитку сектору малого бізнесу в Україні не відповідають можливостям та потребам економіки. У докризовий період (2007-2008 рр.) Україна за кількістю суб'єктів малого бізнесу з розрахунку на 1 тис. населення, що дорівнювало 50-60 одиниць, виходила на рівень найрозвинутіших країн світу. Кожен третій працівник був задіяний на підприємствах сектору малого бізнесу. Але за ефективністю суб'єктів малого підприємництва, їх внеском до загального обсягу виробництва, інноваційною спрямованістю та іншими показниками Україна зараз значно відстає від розвинених країн світу [1].

Протягом 2013-2016 рр. малий бізнес не досягнув істотного розвитку, оскільки кількість суб'єктів малого бізнесу значно скорочується: у 2013 р. – 373809 одиниць, 2014 р. – 324598 одиниць, 2015 р. – 327814 одиниць та 2016 р. – 291154 одиниць. Не значно відрізняється також такий показник як кількість найманих працівників, які зайняті в малому бізнесі: 2013 р. – 2010,7 тис. осіб, 2014 р. – 1686,9 тис. осіб, 2015 р. – 1576,4 тис. осіб та 2016 р. – 1591,7 тис. осіб. Певні позитивні зрушення щодо вищезазначених показників відбулися лише в 2015 р. та 2016 р. відповідно на 1% [2].

Фінансова криза, високий рівень корупції, монополізація бізнесу, низька конкуренція на внутрішніх ринках, податкова реформа, падіння курсу гривні, політичний і військовий конфлікти негативно вплинули на темпи розвитку малого бізнесу загалом. Уряд України планує та вже розпочав проводити реформи, які спрямовані саме на стимулювання розвитку малого бізнесу. Однак для їх здійснення необхідно здійснити певні кроки:

- створити інфраструктуру підтримки малого та середнього бізнесу – бізнес-інкубатори, кластери, технологічні парки, центри підтримки підприємництва;
- розширити гарантії для малого бізнесу, особливо для молодих підприємців, інноваційних підприємств;

- забезпечити доступ до грантів та сертифікації малого бізнесу (ISO, НАССАР, інші);
- створити умови для формування системи лізингу;
- сприяти підготовці і перепідготовці кадрів для роботи у структурах малого бізнесу, вдосконалити трудове законодавство [3].

Проведення зазначених реформ сприятиме формуванню нових умов ведення малого бізнесу, що дозволить залучити національні та іноземні інвестиції, забезпечити економічне зростання, підвищити добробут населення, а отже сформувати економічно самостійний та стабільний клас малого бізнесу.

#### **Список використаних джерел**

1. Дикань О.В. Розвиток малого бізнесу в Україні: проблеми та шляхи забезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.btie.kart.edu.ua/article/download/101559/96928>
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Загальнодержавна програма розвитку малого і середнього підприємництва [Електронний ресурс] / Державна регуляторна служба України. – Режим доступу : <http://www.dkrp.gov.ua/list/137>

УДК 330.13

Капаціла Я. І.

Тернопільський національний економічний університет, Україна

## ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Каратсїла У.І.

### USING OF MODELS OF ASSESSMENT OF MARKET VALUE ENTERPRISE IN CONDITIONS OF INSTABLE ECONOMY

Підприємство – це відокремлена і самостійна ланка народного виробництва, що виготовляє продукти, виконує роботи та надає послуги споживачам. Вартість підприємства – аналітичний показник, що представляє оцінку вартості підприємства з взяттям до уваги усіх джерел його фінансування. Ринкова вартість підприємства – імовірна сума грошей, що може бути виплачена при актах купівлі-продажу діючого підприємства. На сьогоднішній час українському підприємництву притаманні такі негативні явища, як наявність тіньової бухгалтерії, нестабільна ситуація на макрорівні, невідповідність фінансової звітності до міжнародних стандартів, тощо. У даному випадку особливо гостро стоїть питання про вибір моделі оцінки ринкової вартості підприємства, що могла б найбільш точно дати уявлення про досліджуваний показник.

Найпоширенішими методологіями оцінки ринкової вартості на сьогоднішній день є моделі Ольсона та Блека-Шоулза. Модель Едвардса – Белла – Ольсона була оприлюднена у 1990-1995 роках, завдяки друкуванню робіт Дж. Ольсона. Формула розрахунку ринкової вартості підприємства за даною моделлю має наступний вигляд:

$$V = B_0 + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E(ROE - wACC_e)}{(1+r)^t}$$

Де  $B_0$  – чисті активи фірми на початку прогнозного періоду;

$ROE$  – рентабельність чистих активів;

$wACC_e$  – вартість чистих активів;

$E$  – математичне сподівання;

$r$  – ставка дисконтування.

Згідно принципу обліку чистого приросту, що лежить в основі даної моделі, чисті активи фірми у поточному періоді дорівнюють сумі чистим активам фірми у попередньому періоді та чистого прибутку у поточному періоді без врахування дивідендів. Згідно моделі Ольсона, прогнозується різниця між вартістю використання капіталу фірми та його рентабельністю. Така позиція допомагає мінімізувати суб'єктивні впливи та відхилення прогнозованих значень вартості від реальних.

При визначенні ринкової вартості підприємства дуже часто таку вартість розділяють на дві частини: вартість грошових потоків протягом прогнозованого періоду та вартість фірми на кінець того періоду.

В такому контексті формула визначення ринкової вартості підприємства з використанням моделі Ольсона видозміниться та набере наступного вигляду:

$$V = \sum_{z=1}^T \frac{x_t}{(1+r)^t} + \frac{B_T}{(1+r)^T}$$

Де,  $x_t$  – приріст капіталу у  $t$  - році;

$r$  – ставка дисконтування;

$V_T$  – вартість чистих активів підприємства в кінці прогнозованого періоду;

$T$  – кількість років у прогнозованому періоді.

Використовуючи дану формулу при розрахунку ринкової вартості досягається бажаний зв'язок між оцінкою та обліковими даними підприємства, як передбачено у витратному підході. Проте, на відміну від останнього, модель Ольсона дозволяє враховувати перспективи розвитку фірми. Дана модель є універсальною та адаптивною для використання, оскільки в собі поєднує характеристики як витратного, так і доходного підходів. До недоліків моделі Ольсона можна віднести те, що в українській економіці мають місце такі явища як прибуток за рахунок курсових різниць, переоцінка активів. Хоча дана модель і є універсальною, проте вона не досить адаптивна для вітчизняних підприємств, оскільки інформацію необхідну для проведення оцінки часто важко отримати, або нереально взагалі.

Модель Блека-Шоулза – це модель ціноутворення, яка використовується для прогнозування тенденцій розвитку ринкової ціни чи доходу в часі, а також зміну акцій. Припущенням цієї моделі є те, що ціна буде рухатися за геометричною прогресією Браунінга з постійною волатильністю. Ця модель ігнорує ефект виплати дивідендів протягом всього часу існування опціону.

Центральним поняттям даної моделі є «волатильність», яка є мірою ризику використання фінансового інструмента за певний проміжок часу, або іншими словами, це статистичний показник, який виражає тенденції ціни або доходу змінюватися під впливом часу.

Особливістю даної моделі є те, що вона дозволяє знайти вартість опціону, у нашому випадку ринкову вартість підприємства, маючи невелику кількість даних на вході, проте ці дані мають тісну прив'язку до параметру часу. На сьогоднішній дені модель Блека-Шоулза широко використовується в оцінній практиці і постійно вдосконалюється. До прикладу, в інтерпретації Грегорі модель набуває наступного вигляду:

$$P = S * N(d_1) - X e_f^{-Rt} * N(d_2)$$

Де  $S$  – вартість активів фірми (грн);

$X$  – вартість зобов'язань (грн);

$e_f^{-Rt}$  – безризикова процентна ставка, що безперервно нараховується на період  $t$ ;

$t$  – період тривалості опціону;

$N(d_1), N(d_2)$  – кумулятивна нормальна вірогідність щільності розподілу.

Проаналізувавши синтетичні моделі оцінки ринкової вартості фірми, можна дійти висновку, що вони повною мірою не задовольняють реалій оцінки підприємств української економіки. В випадку з моделлю Ольсона слід отримати однозначні відповіді на такі питання як, яку ставку дисконтування застосовувати при оцінці, що будемо вважати вартістю активів підприємства. В переважній більшості випадків ці показники беруться із бухгалтерської звітності фірми, що робить оцінку вартості дуже «формальною», тому використання моделі Ольсона не є ефективним.

Модель Блека-Шоулза є більш адаптованою для використання у оцінці ринкової вартості вітчизняних підприємств, оскільки існує можливість задання волатильності як стохастичного процесу з чергуванням її високих та низьких значень, що має місце у нинішніх кризових умовах для української економіки. Тому можна зробити висновок, що для оцінки ринкової вартості вітчизняного підприємства слід використовувати модифіковану модель Блека-Шоулза зі стохастичною волатильністю.

**УДК 332**

**Наталія Кирич, д.е.н., проф., Тетяна Лібусь, аспірант, С.М. Співак, к.е.н., доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ІНДИКАТОРИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ**

**Nataliya Kyrych, Dr., Prof., Tetiana Libus, postgraduate, Sergiy Spivak, Ph.D.**  
**INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE REGION**

В сучасних умовах значна увага приділяється проблемі стійкого розвитку економіки. Дана концепція прийшла на зміну концепції економічного зростання. Новий підхід передбачає облік не тільки економічних аспектів розвитку економіки, але й соціальних та екологічних.

Згідно підходу сталого розвитку, економічний аспект базується на теорії максимального потоку сукупного доходу, який може бути отриманий при збереженні сукупного капіталу, оптимальному використанні обмежених ресурсів і застосуванні «зелених» технологій. Соціальна складова стійкого розвитку орієнтована на людину і спрямована на збереження стабільності соціальних і культурних систем. В рамках даного концептуального підходу людина є не об'єктом, а суб'єктом розвитку і повинна брати участь в процесах, які формують сферу її життєдіяльності, сприяти прийняттю і реалізації рішень, здійснювати контроль за їх виконанням. З екологічної точки зору, сталий розвиток має забезпечувати цілісність природних систем. Основна увага приділяється збереженню здатності цих систем до самовідновлення та адаптації до змін.

Підхід сталого розвитку поширюється не тільки на економіку в цілому, але і на її складові: регіони, галузі, окремі підприємства.

Для оцінки виконання цілей і завдань сталого розвитку використовується набір окремих показників і їх динаміка. Аналіз кожного окремого показника дає уявлення про розвиток тієї чи іншої сфери діяльності. Застосування інтегрального індексу, розрахованого на основі даних показників, дозволяє побачити ситуацію в цілому, а деталізація за складовими індексу в горизонтальному (розріз областей) або вертикальному (розбивка по групах показників) розрізі дає уявлення про проблемні моменти ходу виконання планів зі сталого розвитку.

Для визначення специфічних, найбільш гострих проблем сталого розвитку регіону нами пропонується використовувати адаптовану до української системи статистичного обліку систему показників (індикаторів), побудовану на принципах моделі «тиск - стан - реакція» (ТСР), розробленої фахівцями організації економічного співробітництва та розвитку ООН. В основі даної моделі лежить логічний взаємозв'язок між показниками тиску (що відбивають рівень негативного антропогенного впливу на природно-господарську систему (атмосферу, водні об'єкти, земельний і лісовий фонд): обсяги скидів / викидів забруднюючих речовин, освіти твердих побутових відходів (ТПВ) і т. д.), показниками стану (відбивають існуючу в даний момент якість компонентів навколишнього середовища: водних ресурсів, атмосфери, ґрунту і т. п.) і показниками реакції (характеризують реакцію суспільства на існуючий рівень тиску, яка виявляється у витратах на охорону навколишнього середовища, інвестиції в екологічно чисті технології і т. п.). вона дозволяє виявляти причинно-наслідкові зв'язки між економічною діяльністю та екологічними і соціальними умовами, що забезпечує базу для прийняття рішень в області еколого-економічної політики.



Індикатори моделі «тиск - стан - реакція» (ТСР)

| Показники (індикатори) тиску на екосистему   | Показники (індикатори) стану екосистеми  | Показники (індикатори) реакції соціуму   |
|--|--|--|
| 1.Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, тис. т<br>2.Забір води з водних об'єктів, млн м <sup>3</sup><br>3.Обсяг скидання стічних вод в поверхневі водні об'єкти, млн м <sup>3</sup><br>4.Використання прісної води, млн м <sup>3</sup><br>5.Зміна структури земель, тис. га<br>6.Фонд лісовідновлення, тис. га<br>7.Утворення відходів, тис. т<br>8.Площа, зайнята складуванням промислових і ТПВ, га<br>9.Обсяг заскладовано родючого шару ґрунту, тис. м <sup>3</sup><br>10.Вилучення (видобуток) ресурсів | 1.Комплексний індекс забруднення атмосфери<br>2.Стандартний індекс<br>3.Найбільша повторюваність перевищення гранично допустимої концентрації - НП (середн),%<br>4.Рівень забруднення атмосферного повітря<br>5.Якість питної води у водопровідній мережі,% проб, які не відповідають гігієнічним нормативам:<br>6.Площа ґрунтів, які відчувають наслідки негативного антропогенного впливу, млн га:<br>7.Площа порушених земель, тис. га<br>8.Середній вміст гумусу в ґрунтах,%<br>9.Площа земель особливо охоронюваних природних територій, тис. га<br>10.Загальна площа лісів, тис. га<br>11.Кількість лісових пожеж, од.<br>12.Коефіцієнт природного приросту населення, на тис. чол. населення<br>13.Коефіцієнт дитячої смертності, кількість дітей, померлих у віці до 1 року, на 1000 народжених<br>14.Кількість надзвичайних ситуацій та катастроф<br>15.Завдана матеріальна шкода від НС і катастроф, тис. грн.<br>16.Коефіцієнт Джині<br>17.Індекс розвитку людського потенціалу | 1.Поточні витрати на охорону навколишнього середовища, млн грн.<br>2.Інвестиції в основний капітал, спрямовані на охорону навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів, млн грн.<br>3.Виявлено порушень вимог законодавства в сфері охорони навколишнього середовища, тис. од.<br>4.Залучення до адміністративної відповідальності за порушення законодавства в сфері охорони навколишнього середовища, од.<br>5.Розмір накладених штрафних санкцій за порушення законодавства у сфері охорони навколишнього середовища, млн грн.<br>6.Частка забруднених стічних вод в загальному обсязі скидання стічних вод в поверхневі водні об'єкти,%:<br>7.Вивезено спецтранспортом побутового сміття та рідких відходів з території міських поселень, тис. м <sup>3</sup><br>8.Лісовідновлення, га<br>9.Рекультивация земель, га<br>10.Створення захисних лісових насаджень, га<br>11.Екологічні організації, од. |

Перевагою пропонованої системи індикаторів сталого розвитку регіону є те, що включені в неї показники можуть відбити вплив антропогенного навантаження не тільки на екосистему регіону, а й на господарську діяльність (через деградацію природних ресурсів і якість навколишнього середовища). Вона також дозволяє оцінити рівень територіальних диспропорцій, виявити найбільш істотні джерела виникнення негативних темпорально-територіальних екологічних екстерналій, а також оцінити ефективність реалізованих в регіоні управлінських заходів щодо їх зниження.

На нашу думку, перелік індикаторів стійкого розвитку регіональної економіки, а також їх порогові значення повинні мати статус затверджених на регіональному рівні параметрів, облік і дотримання яких повинні стати обов'язковим елементом регіональних програм соціально-економічного розвитку.

Отже, аналіз даних показників може стати основою для виявлення «слабких» місць в регіонах, а також для прийняття рішень по проблемних питаннях.

**УДК 377.1**

**Т.І. Кужда, к.е.н., доц., С. Мірошник**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ЧИННИКИ РОЗВИТКУ МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРСОНАЛУ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

**T.I. Cuzhda, Ph.D., Assoc.Prof., S. Miroshnyk**

### **FACTORS OF DEVELOPMENT OF PERSONNEL MANAGEMENT AT DOMESTIC ENTERPRISES**

В умовах ринкової економіки конкурентоспроможність підприємства визначається тим, наскільки мобільно воно реагує на будь-які зміни зовнішнього по відношенню до нього середовища, наскільки чітко вловлює зміни потреб ринку, наскільки воно готове до постійних змін. У цих умовах потрібен принципово новий тип працівника: висококваліфікований, ініціативний, схильний до інновацій, готовий самостійно приймати рішення та нести за них відповідальність, який прив'язує свої особисті цілі до цілей підприємства, в якому працює, орієнтований на довгострокову співпрацю. Як правило, однією з базисних причин кризового стану вітчизняних підприємств, поруч із мікро- і макроекономічними причинами, є невідповідність принципів і методів управління персоналом сучасних умов ринкової економіки [2, с. 36].

В умовах реформування соціальної сфери на міжнародному та національному рівнях, персонал набуває значення найважливішого ресурсу сучасного, розвинутого та конкурентоспроможного підприємства як основної ланки ринкової економіки. Це обумовлено підвищенням ролі найманих працівників у процесі створення суспільного продукту та збільшенням впливу людського капіталу на ефективність функціонування підприємства. Досвід українських підприємств доводить, що якісно відібраний персонал знижує плинність кадрів, підвищує ефективність діяльності підприємства, знижує рівень конфліктів, приводить до економії часу та коштів на навчання та перекваліфікацію працівників. У свою чергу, недостатня увага до цих факторів призводить до значної плинності кадрів на підприємствах. Залишається досить високим також коефіцієнт обігу робочої сили.

У теорії та практиці управління персоналом загально прийнято, що людські ресурси є основною рушійною силою, здатною привести бізнес до успіху. Однак вони і складають головний фактор ризику. За різними оцінками, від 70 до 95% втрат у бізнесі припадають саме на персонал. Варто відмітити такі недоліки, як невисокий рівень професійної компетентності, психологічних професійно важливих якостей, трудової мотивації тощо. Сьогодні основними проблемами, з якими стикаються при управлінні персоналом – це підбір, формування кадрів з сучасним економічним мисленням, забезпечення ефективності праці працівників, збереження сприятливого клімату у колективі та багато інших. Управління людськими ресурсами має відповідати методам розвитку підприємства, захищати права й обов'язки працівників, забезпечувати дотримання правил при формуванні, стабілізації та використанні людських ресурсів.

Підприємство може конкурувати на ринку праці, не тільки пропонуючи більш високу у порівнянні з іншими заробітну плату, але й більш привабливе місце і час роботи; зручні транспортні можливості; додаткові соціальні послуги тощо. Основним завданням при найманні персоналу на роботу є задоволення попиту на працівників в якісному та кількісному відношенні. Зважаючи на кризову ситуацію, яка превалює на ринку праці України, присутньою є підвищена пропозиція робочої сили, що, з одного боку, полегшує завдання з пошуку та підбору персоналу. З іншого боку, необхідність

збереження та розвитку бізнесу у нових складних економічних умовах вимагає скорочення витрат і підвищення ефективності використання трудових ресурсів. За цих обставин для пошуку та відбору кандидатів потрібно підходити дуже ретельно.

Ефективне функціонування будь-якої організації насамперед визначається ступенем розвитку її персоналу. Спроможність організації постійно підвищувати фаховий рівень своїх працівників є одним із найважливіших факторів забезпечення конкурентоспроможності її на ринку. Високих результатів досягає організація, укомплектована відповідною чисельністю працівників, які володіють необхідними знаннями та уміннями, мотивовані до узгодженої цілями організації поведінки, для яких створено належні умови, тобто сформовано відповідну культуру організації [3].

Під управлінням кадрами розуміється процес планування, підбору, підготовки, оцінки та неперервної освіти кадрів, направлений на раціональне їх використання, підвищення ефективності виробництва і в результаті покращення життєвого рівня. Планування, формування, розподіл, перерозподіл і раціональне вдосконалення людських ресурсів становлять основу управління кадрами [4, с. 157]. Основною метою управління кадрами в сучасних умовах є наймання та відбір, ефективне навчання персоналу, підвищення кваліфікації і трудової мотивації [1, с. 106].

Механізм забезпечення ефективності управління персоналом в умовах ринкового господарювання суттєво впливає на забезпечення конкурентоспроможності підприємств та створення конкурентних переваг за рахунок раціонального використання інтелектуальних ресурсів і трудового потенціалу працівників. Менеджери з персоналу підприємств мають організовувати відбір персоналу, по-перше, згідно вимог трудового законодавства (відсутність дискримінації під час працевлаштування); по-друге, надавати психологічну та соціальну підтримку, особливо для соціально незахищених верств населення (можлива участь психолога у відборі персоналу, відповідне тестування, зменшення психологічної напруги); по-третє, розроблення індивідуальних програм адаптації прийнятих працівників тощо. Організаційний механізм наймання персоналу підприємства слід розглядати, як сукупність взаємозалежних елементів (принципів відбору та наймання персоналу, засобів інформаційної, організаційної та психологічної підтримки, стану нормативно-правового забезпечення, важелів управління, функціональних служб), ефективна взаємодія яких забезпечує стабільність та ефективність системи управління персоналом підприємства у контексті соціальної відповідальності. Формування якісної моделі трудового законодавства передбачає складний процес, передусім його ефективну систематизацію та кодифікацію та приведення у відповідність до сучасного стану трудових відносин, створення належних умов для функціонування їх учасників.

### **Література:**

1. Баюра Д. О. Соціальна відповідальність як інструмент удосконалення корпоративного управління в Україні [Текст] / Д. О. Баюра // Теоретичні та прикладні питання економіки: збірник наукових праць. – К.: ВПЦ “Київський університет”. – 2012. – Т. 1. – С. 204-210.
2. Економіка праці та соціально-трудова відносини: [навч. посіб.] / за ред. Г.В. Назарової. – К.: Знання, 2012. – 573 с.
3. Закон України “Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua>.
4. Назарова Г. В. Технології підбору персоналу на базі сучасних програмних продуктів / Г. В. Назарова // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – № 1 (26). – С. 155-165.

**UDC 336.2**

**N. Yu. Marynenko, Dr., Assoc. Prof., I. Yu. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.**  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

**PAYING TAXES 2018 INDICATOR: EVALUATING THE COST AND  
ADMINISTRATIVE BURDEN OF THE TAXES**

**Н.Ю. Мариненко, д. е. н., доц., І.Ю. Крамар, к. е. н., доц..**  
**ПОКАЗНИК “ОПОДАТКУВАННЯ 2018”: ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТ І  
НАВАНТАЖЕННЯ, ПОВ’ЯЗАНИХ ІЗ СПЛАТОЮ ПОДАТКІВ**

The image of a country and its investment attractiveness in terms of ease of doing business is formed, to a certain extent, on the basis of the tax burden and tax compliance costs. The results of the Paying Taxes 2018 [1], in which Ukraine ranked 43<sup>rd</sup>, have been published. This rating is a part of the PwC network and World Bank Group’s Doing Business project which itself measures the “ease of doing business” by looking at 11 indicators, including the Paying Taxes indicator (conducted since 2006 to assess the ease of payment in 190 countries of the world. The first place – the tallest. A high position in the rating means that tax laws are conducive to doing business). The research is based on the assessment of normative acts regulating the activities of small and medium enterprises throughout their life cycle, and their application in practice.

For Paying Taxes 2018, the contributors provided information which allows the study to evaluate both the cost of the taxes that are borne by the case study company and the administrative burden of taxes borne and collected using four sub-indicators: 1) Total Tax & Contribution Rate (TTCR) which includes taxes and mandatory social contributions borne by medium sized domestic case study company; 2) the time to comply with the three main taxes (corporate income taxes (CIT), labour taxes and mandatory contributions, and consumption taxes), this captures the time required to prepare, file and pay each tax type; 3) the number of payments, which measures the frequency with which the company has to file and pay different types of taxes and contributions, adjusted for the manner in which those filings and payments are made; 4) post-filing index, based on four equally weighted components: a) time to comply with a value added tax (VAT) refund (hours); b) time to obtain a VAT refund (weeks); c) time to comply with a CIT audit (hours); d) time to complete a CIT audit (weeks) [2, p. 13].

According to the results of the survey (the most recent data in Paying Taxes 2018 relates to the calendar year ended 31 December 2016), on average it takes the case study company 240 hours to comply with its taxes, it makes 24 payments and has an average TTCR of 40.5%. The global average TTCR has increased by 0.1 percentage point (in 2016 – 40.5%, 2015 – 40.4%). Time to comply has fallen by 5 hours since last year. The payments indicator has fallen by around 1 payment for the second year running. The post-filing index (used as a sub-indicator from 2017) distance to frontier score (DTF, where a score of 100 represents the most efficient processes and 0 the least efficient, the world average is 59.51) measures the time to comply with a VAT refund – world average 18.4 hours, the time to obtain a VAT refund – world average 27.8 weeks, the time to correct a corporate income tax return – world average 16.0 hours, and the time to complete a corporate income tax audit – world average 27.3 weeks. Of the 190 economies in the study, there are 162 with a VAT system, in 51 of these no VAT refund is available to our case study company. There are 180 economies with a CIT system. In 81 of them, the likelihood that the case study company will be audited after amending a tax return is greater than 25%. The European Union & European Free Trade Association is the best performing region overall across all the elements of the post-

filing index [1, pp. 4–7]. Ukraine’s performance in comparison with the Europe & Central Asia region, high income countries and world’s best performers is given in Table 1.

Table 1  
Comparison of Ukraine’s performance with the region’s, high income countries and world’s best performers [3]

| Indicator                                     | Ukraine | Europe & Central Asia | OECD <sup>1</sup> high income | Overall Best Performer   |
|---|---------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Payments (number per year)                    | 5       | 16.5                  | 10.9                          | 3 (Hong Kong SAR, China) |
| Time (hours per year)                         | 327.5   | 218.4                 | 160.7                         | 50 (Estonia)             |
| Total tax and contribution rate (% of profit) | 37.8    | 33.1                  | 40.1                          | 18.42 (32 Economies)     |
| Post-filing index (0-100)                     | 85.95   | 65.20                 | 83.45                         | 99.38                    |

<sup>1</sup> The Organization for Economic Co-operation and Development.

<sup>2</sup> The latest round of data collection for the project was completed in June 2017.

Ukraine’s ranking and DTF and the same for comparator economies according to Doing Business 2018 data are shown in Fig. 1.

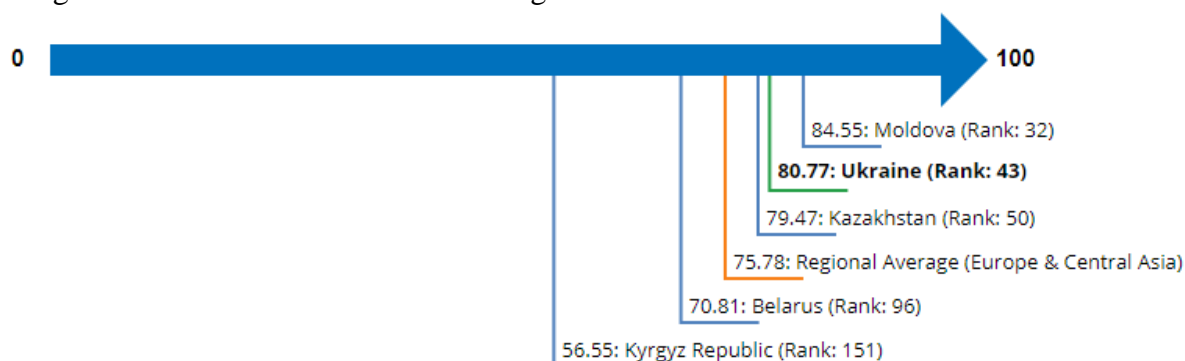


Figure 1. Paying Taxes in Ukraine and comparator economies – Ranking and DTF [3]

According to the experts’ point of view [4], the Paying Taxes rating from year to year testifies that compliance with tax rules takes a significant amount of time for businesses. Improvement of the Ukraine’s position in this rating may be achieved through undertaking some measures aimed at reducing the amount of time required to comply with tax laws.

#### References:

1. Paying Taxes 2018 [online]. – Available at : [https://www.pwc.com/gx/en/paying-taxes/pdf/pwc\\_paying\\_taxes\\_2018\\_full\\_report.pdf](https://www.pwc.com/gx/en/paying-taxes/pdf/pwc_paying_taxes_2018_full_report.pdf) [Accessed : 07 May 2018].

2. Paying Taxes 2017 [online]. – Available at : <http://www.doingbusiness.org/~media/WBG/DoingBusiness/Documents/Special-Reports/Paying-Taxes-2017.pdf> [Accessed : 07 May 2018].

3. Doing Business. Paying Taxes [online]. – Available at : <http://www.doingbusiness.org/data/exploreconomies/ukraine#paying-taxes> [Accessed : 08 May 2018]

3. Єгор Желтухін. Paying Taxes 2017: як Україні покращити позиції / Єгор Желтухін. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://yur-gazeta.com/publications/practice/podatkova-praktika/paying-taxes-2017-yak-ukrayini-pokrashchiti-poziciyi.html> [Accessed : 09 May 2018].

**УДК 339.727.22 (477)**

**Зоряна Верхоляк, Галина Машлій, к. е. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **ПРОБЛЕМИ ЗАЛУЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ ІНВЕСТИЦІЙ В УКРАЇНУ ЯК ЗАСОБУ ФІНАНСУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Zoryana Verholyak, Halina Mashliy, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **PROBLEMS OF INVESTIGATION OF FOREIGN INVESTMENTS IN UKRAINE AS A FUNDING FOR IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES**

Розвиток вітчизняної економіки, підвищення конкурентоспроможності українських підприємств з метою подолання їх відставання від економічно розвинутих країн, інтеграції у світове співтовариство неможливі без здійснення інвестицій, у тому числі іноземних. Адже інвестиції є необхідною умовою впровадження сучасних технологій виробництва, завдяки яким суб'єкти господарювання одержують можливість досягнути суттєвого зниження собівартості продукції, зростання обсягів виробництва, кардинального підвищення якості існуючої продукції та послуг, здійснити вихід на ринок з інноваційними продуктами. Все це дозволяє значно підвищити ефективність ринкової діяльності підприємств і зміцнити свої позиції в умовах жорсткої конкурентної боротьби.

У процесі залучення інвестицій інвестори у першу чергу звертають увагу на інвестиційну привабливість країни, регіону, галузі. Це той показник, на який поряд з врахуванням ризиків інвестування є вирішальним у формуванні інвестиційного клімату. Інвестиційну привабливість можна трактувати як сукупність політичних, соціальних, інституційних, екологічних, макро- і мікроекономічних умов функціонування національної економіки, що забезпечують стабільність інвестиційної діяльності вітчизняних і зарубіжних інвесторів.

Механізм залучення іноземних інвестицій передбачає, в першу чергу, формування сприятливої законодавчої бази країни, тому що без конкретно закріплених у правових актах відносин для іноземного інвестора існують високі ризики для інвестування, він не може бути повністю впевнений не лише в отриманні прибутку, але й у повному поверненні вкладених коштів [1]. Основними причинами, що перешкоджають залученню іноземних інвестицій в Україну, є: низький рівень довіри до влади, інтенсивне втручання органів державного адміністрування у сектор приватного бізнесу, наявність тіньової економіки, відсутність чіткої стратегії економічного розвитку країни, нестабільність у сфері оподаткування, складна політична ситуація, корупція та інші.

Для активізації залучення в Україну іноземних інвестицій необхідно здійснювати ефективні економічні та політичні реформи. Найважливішими їх елементами повинні бути: розвиток системи страхування ф'ючерсних і опціонних ризиків; захист прав споживачів; реорганізація природних монополій, зміцнення корпоративного управління; посилення дисципліни виконання контрактів; розвиток інститутів фінансового ринку; реструктуризація банківської та страхової систем; створення мережі повноцінних інвестиційних банків [2].

Для активізації процесів іноземного інвестування необхідно здійснити низку першочергових заходів, зокрема:

– підготувати план дій щодо забезпечення сприятливого інвестиційного клімату у межах проголошених пріоритетів соціально-економічного розвитку, залучити до його розробки та обговорення широке коло експертів, науковців, представників органів державної влади та бізнесу;

– поширити реалізацію обласними державними адміністраціями навчальних програм серед бізнесменів з підготовки інвестиційних пропозицій, складання інвестиційних бізнес-планів;

– передбачити механізми надання державою послуг щодо підвищення кваліфікації та атестації фахівців у сфері інвестиційної діяльності;

– реалізувати заходи, спрямовані на посилення відповідальності представників органів виконавчої влади й органів місцевого самоврядування за вчинення корупційних та інших дискримінаційних дій щодо інвесторів [4].

Реалізація цих заходів дозволить Україні залучити увагу іноземних інвесторів до нашої країни. При цьому на діяльність суб'єктів, які здійснюють вкладення коштів у розвиток вітчизняної економіки, не повинні впливати зміна політичних команд керівництва держави, метою яких повинне бути забезпечення гарантій захисту ринкових прав і свобод інвестора. За умови проведення урядом економічних, правових та адміністративних реформ покращиться інвестиційний клімат нашої держави, що підвищить імідж нашої країни на світовому ринку та призведе до притоку іноземного капіталу в економіку України. Це, у свою чергу, сприятиме подальшому розвитку держави, адже інвестиції є основою перебудови національного господарства України [6].

Передумовою успішної інвестиційної діяльності є низький рівень інфляції та передбачуваність рівня цін в економіці. Для забезпечення цих двох умов необхідно забезпечити контроль за доходами та видатками бюджету та розв'язати проблему державного боргу, а також розробити механізм, який би забезпечив перелив фінансових ресурсів з галузей, де вони є у відносному надлишку, у галузі, де є потреба в капіталі. На сьогодні перш за все треба вибрати ті сектори економіки, які найбільш потребують іноземних інвестицій, і ті, у яких капітал буде здійснювати обіг найшвидше. Для України необхідно розглядати залучення іноземних інвестицій у контексті структурних змін та економічного зростання. Пріоритетними завданнями, які необхідно вирішувати за участю прямих інвестицій, є структурна реформа економіки, технологічне оновлення виробництва подолання залежності країни від імпорту [3].

Слід зазначити, що Україна володіє значним потенціалом для вкладення у її економіку необхідних інвестицій. Завдання нашої держави - реалізувати цей потенціал та створювати умови для належного функціонування залучених коштів, що дасть змогу забезпечити стабільний соціально-економічний розвиток країни, збільшення кількості і модернізацію робочих місць, а також запровадити у виробництво нові технології.

#### **Список використаної літератури:**

1. Механізми залучення іноземних інвестицій в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dy.nauka.com.ua/index.php?operation=1&iid=177>.

2. Николайчук О. Інвестиційна привабливість України крізь призму міжнародних рейтингів / О. Николайчук // Міжнародний збірник наукових праць: проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. — 2009. — № 3(15). — с. 197-200.

3. Максимів Д.Я. Покращення інвестиційної привабливості України / Д.Я.Максимів // Інноваційна економіка. — 2012. — № 1(27). — С. 201-203.

4. Інвестиційний клімат України: проблеми формування та заходи поліпшення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/March/12.htm>.

6. Стельмащук А.М. Іноземні інвестиції як чинник економічного зростання внутрішнього ринку України / А. М. Стельмащук // Сталий розвиток економіки. — 2011. — № 5(8). — с. 240-247.

### **УДК 339.13**

**А.П. Мащак; Б.А. Оксентюк, к. е. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПРОДАЖУ У СУЧАСНОМУ МАРКЕТИНГУ**

**A. P. Mashchak, B.A. Oksentyuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **FEATURES OF USE OF PERSONAL SALES IN MODERN MARKETING**

Персональний (особистий) продаж – інструмент комплексу просування, який передбачає індивідуальне спілкування працівника підприємства з потенційним покупцем. У контакт із потенційними покупцями в ролі продавців вступають практично всі працівники підприємства. Засобами такого спілкування є бесіди по телефону, листування, особисте спілкування з клієнтами. Співробітники підприємства повинні викликати довіру і кваліфіковано консультувати наявних і потенційних споживачів.

Комунікаційними особливостями персонального продажу можна назвати наявність безпосереднього контакту, що несе за собою прямий характер взаємодії покупця і продавця. Діалоговий режим спілкування дозволяє гнучко реагувати на поставленні запитання споживача, а також вносити корективи в характер і зміст комунікацій відразу. Залежно від індивідуальних особливостей покупця персональний продаж дає змогу встановити довготривалі відносини між продавцем і клієнтом (формальні, дружні). Процес особистого продажу змушує потенційного покупця почуватися певною мірою зобов'язаним через те, що з ним провели комерційну бесіду. Клієнт відчуває потребу прислухатися до порад продавця та певним чином відреагувати на пропозицію, тобто здійснити акт купівлі товару або послуги. Завдяки наявності особистого контакту з потенційним покупцем досягається стимулювання продажу продуктів з урахуванням індивідуальних особливостей клієнта. Персональний продаж – вид комплексу просування, що безпосередньо завершується продажем товарів або послуг.

Переваги прямого маркетингу – висока спрямованість, відмінний спосіб досягнення обмежених або нішових аудиторій, економічний при роботі з невеликими аудиторіями, забезпечує контакт з клієнтом «один на один», забезпечує зворотний зв'язок з клієнтом, результати підлягають вимірюванню, всі елементи надзвичайно гнучкі.

Переваги персонального продажу, перш за все, обумовлюються тим, що відбувається безпосередня зустріч торгового агента з одним або декількома потенційними покупцями. Звичайно це зустріч, з обох боків професіоналів, обізнаних з кон'юктурою ринку даних товарів. Особистий характер зустрічі дозволяє точніше зрозуміти запити споживачів, роз'яснити їм позиції і запити продавця, у вигідному світлі подати товари, що продаються, ліквідувати непорозуміння, встановити довірчі відносини, що носять довгостроковий характер.

Проте персональний продаж – відносно дорогий метод просування, оскільки порівняно з рекламою охоплює незначне коло потенційних покупців. Американські компанії на персональний продаж витрачають більше, ніж на рекламу.

Процес персонального продажу здійснюється у шість етапів: прийом покупця та встановлення контакту; виявлення потреб покупця; представлення продукту; подолання можливих заперечень; здійснення продажу; наступний контакт з покупцем.

Перший етап персонального продажу пов'язаний з прийомом наявного або потенційного споживача та встановлення контакту з ним. Першочерговими якостями



персоналу підприємства повинні бути доброзичливість, толерантність та натхнення. Також для успішного процесу персонального продажу є важливим фізичний аспект зустрічі. Очевидно, що у цьому випадку персонал повинен мати відповідний зовнішній вигляд, чистий та коректно підібраний одяг зіграє на руку.

Наступний етап у процесі персонального продажу – виявлення потреб споживачів. Сучасна концепція маркетингу говорить про те, що шлях до успішного продажу товарів та послуг полягає у ретельному виявленні потреб споживачів. Слід акцентувати увагу на тому, що основою персонального продажу повинен бути не продукт і його характеристики, а вигоди для покупця. Виявлення потреб споживача вимагає від продавця наявності особливих психологічних якостей. Йдеться не лише про те, щоб уважно вислухати клієнтів, вибрати манеру поведінки та окреслити коло питань, але й про те, що варто відповідати щирістю на щирість і відмовитися від особистих стереотипів задля порозуміння з іншою людиною.

Після виявлення потреби споживача, слідує наступний етап персонального продажу – представлення продукту. Важливо, яким чином продавець представить товар або послугу, від цього залежить ставлення споживача до товару або послуги, а також до фірми в цілому, складається загальний імідж фірми, виникає зацікавленість та бажання купівлі продукту. Придбання товару або послуги залежить від того, чи клієнт отримує достатньо позитивної інформації про підприємство, продукт і працівника, що презентує товар.

Подолання можливих заперечень споживача — важливий крок на шляху до досягнення цілей персонального продажу. Причина виникнення можливих заперечень логічного характеру може бути пов'язана з відсутністю дійсних переваг пропонованого продукту і недостатньо вмілим його представленням. Для подолання таких заперечень продавець повинен досконало знати як продукти, які він пропонує, так і аналогічні продукти конкурентів, і мати чітке уявлення про їхні слабкі та сильні сторони.

Звичайно, головною метою персонального продажу є безпосереднє здійснення продажу. Однак не кожен контакт із потенційним покупцем може доходити до цього етапу. Важливе значення відіграє вміння продавця впізнати момент готовності покупця до купівлі товару. Якщо покупець позитивно відгукується про товар, змінює тон голосу на більш дружній, а також вираз обличчя покупця змінюється на більше задоволений та спокійний, тоді це можна назвати сигналом готовності клієнта до купівлі товару.

Завершальним етапом процесу персонального продажу є наступний контакт з покупцем. Продавець повинен бути зацікавленим у тому, щоб споживачі залишалися задоволеними товаром (послугою) фірми, а також обслуговуванням, оскільки це веде до наступних дій. Найкращі майбутні покупці – це наявні задоволені споживачі. Наступний контакт із покупцем якраз і дає змогу з'ясувати ступінь задоволення його потреб пропонованим продуктом. Це дає змогу уточнити запити та побажання споживачів, які є вихідним пунктом для вдосконалення окремих товарів, послуг і забезпечують розвиток товарної стратегії.

Отже, можемо зробити висновок, що результатом безпосереднього спілкування з потенційними покупцями має бути угода купівлі-продажу або розміщення замовлення на поставку товарів. Однак попри всі переваги, персональний продаж – найдорожчий елемент просування з розрахунку на один контакт. Тому висока вартість персонального продажу зумовлює необхідність його чіткої організації.

### **Література**

1. Pidruchniki: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://pidruchniki.com/marketing/personalniy\\_prodash](http://pidruchniki.com/marketing/personalniy_prodash)

**УДК 339.13**

**Олена Мельничук, Світлана Шпилик, к.е.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **НЕЙРОМАРКЕТИНГ**

**Olena Melnychuk, Svitlana Shpylyk. Ph.D., Assoc. Prof  
NEYROMARKETING**

Достукатися до цільової аудиторії в інтернеті стає все складніше, адже в комунікації «продавець-покупець» з'являється багато перешкод, які спотворюють вихідне повідомлення. Новим способом мінімізувати втрати інформації і поліпшити якість рекламних кампаній є нейромаркетинг, напрямок маркетингових досліджень, предметом якого є вивчення неусвідомлених реакцій людини – це нове поле маркетингових досліджень, яке вивчає сенсорні, когнітивні та емоційні відповіді споживачів на маркетингові стимули.

Концепція нейромаркетингу була розроблена психологами в Гарвардському університеті 1990 році. Спочатку була теоретична версія моделі, а згодом перевірена на практиці модель, відповідно до якої 90% розумової діяльності людини включаючи емоції, відбувається на підсвідомому рівні, тобто нижче від контрольованого усвідомлення. Головною метою концепції є, виклик бажаної реакції, в сприйнятті людини у якомога більших рівнях цього сприйняття.

Основою нейромаркетингу є «мем». Мем – це одиниця інформації, що зберігає наш мозок. Річард Докінз також пояснював цей термін, як одиниця культурної інформації, яка подібна генам. Дані одиниці ефективно впливають на людину, яка робить вибір на приймає рішення. Коли «мем» обрано вірно – особа швидко запам'ятає жарт, пісню чи позитивну картинку та швидко буде ділитись цією інформацією з іншою особою. Наприклад це аромати свіжого хліба, солодошів, персонажів з рекламних роликів або кінематографу, мелодії. Таким чином нейромаркетологи вивчають людей і можуть спробувати маніпулювати ними за допомогою відповідних мемів. У нейромаркетингових комунікаціях використовується 4 канали: слух; зір; дотик; нюх.

Спробуємо розібратись як нейромаркетинг впливає на те, щоб кожен з нас робив невиправдані покупки. Наприклад ніхто ніколи не задумувався чому багато компаній виготовляють та продають воду у високих пляшках? Навіщо потрібні топл-склянки для макіато та фрапучіно? Відповідь проста – так краще продається. Повна відповідь вимагає пояснень. Вертикальна лінія завжди здається довшою від горизонтальної, навіть якщо вони однакові, чи не так? Експерт з нейромаркетингу Філ Барден в своїй книзі «Злам маркетингу» висуває гіпотезу, що цей ефект пов'язаний з тим, як еволюціонувала наша зорова система. Ми звикли, що високі об'єкти зазвичай дуже великі і тому несвідомо завищуємо їхні розміри. Візуально висота здається нам «сильнішою» за ширину.

Висока пляшка – це один із прикладів того, як ми, самі того не підозрюючи, потрапляємо в пастку нейромаркетингу. Компанія економить на кількості продукту, а ми залишаємо заклад в повній впевненості, що знаходимося у вигравші, купивши високу пляшку або випивши високу чашку кави.

Нейромаркетинг тісно переплітається з поведінковою економікою – в тих її розділах, де вона досліджує споживчий вибір. Різниця полягає в методах пізнання: там, де поведінкові економісти ставлять незвичайні соціально-психологічні експерименти, нейромаркетологи просто сканують мозок споживача за допомогою ФМРТ. ФМРТ – це функціональна магнітно-резонансна томографія, яка допомагає вивчати універсальні процеси прийняття рішення. На жаль, устаткування для проведення ФМРТ слабо презентовано в українських діагностичних центрах, і сам метод належить до числа найбільш дорогих та складних у застосуванні.

До розповсюджених нейроскануючих технік відносять також електроміографію (ЕМГ) та ай-трекер (*eye-tracker*). ЕМГ дозволяє визначити позитивний або негативний характер емоції шляхом фіксації нервових імпульсів, що стимулюють скорочення певних м'язів на обличчі респондента. Ай-трекер (апарат, що відслідковує рух очей та акомодацию – звуження-розширення зіниці), у свою чергу, слугує для вивчення зон концентрації уваги респондента і траєкторії руху погляду при розгляді якогось-небудь об'єкта. Ці техніки використовують багато дослідницьких агентств у Європі та США, доступні вони й в Україні.

Для розуміння того, що вивчають поведінкова економіка і нейромаркетинг, важливо ознайомитися з концепцією двох систем обробки інформації, які існують у нашій голові. Візьмемо чудовий приклад з нобелівської лекції Деніела Канемана.

Біта і бейсбольний м'яч коштують \$1,10, при чому біта рівно на один долар дорожча за м'яч. Скільки коштує м'яч? Відповідь, яка відразу приходить в голову - 10 центів. Проте чи дійсно це так? Якщо вдуматися, ми зрозуміємо, що завдання має іншу відповідь - біта коштує \$1,05, а м'яч - \$0,05. Однак на автоматі ми вибираємо найочевиднішу опцію, яка виявляється невірною.

«На автоматі» ми щодня приймаємо безліч рішень, і більшість з них виявляються вірними. Когнітивні психологи називають такий спосіб обробки інформації автоматичним.

На контрасті з автоматичним способом ми також можемо використовувати вдумливий аналітичний підхід, який зважає всі опції. Аналітичний метод передбачає неспішність, ретельність. Якщо перший схожий на досвідченого мисливця з відточеними рефлексами, то другий нагадує вченого, який не поспішає з висновками.

Прийоми можуть критися навіть в звичайних цінниках. Психолог Кейт Коултер задався питанням, як впливає відстань між «старою» і «новою» ціною, зображеною на цінниках, на купівельну поведінку. Результат виявився несподіваним, хоча і передбачуваним - чим більша відстань, тим більшою здається знижка - незалежно від реальних відсотків. Таким чином підвищується ймовірність покупки.

Ставлення до нейромаркетингу зараз неоднозначне. З одного боку, він дійсно дозволяє компаніям поліпшувати свою продукцію, робити її більш привабливою для клієнтів і, як наслідок, більше продавати. Але з іншого боку, сам факт того, що корпорації мають доступ до підсвідомості своїх покупців і отримують інформацію, яку люди не в змозі приховати, дозволяє говорити про неетичність нейромаркетингу. Адже кожна людина має право вибору: ділитися йому тією чи іншою інформацією чи ні. До того ж, не всі компанії розкривають справжній зміст своїх досліджень, тому вони можуть бути небезпечними.

УДК 339.13

Оксана Міщук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПОТЕНЦІАЛ ОРГАНІЗАЦІЇ — ІННОВАЦІЇ

Oksana Mishchuk

### PATENT OF ORGANIZATION - INNOVATION

Розвиток організації та її підрозділів йде через розвиток потенціалу, а також всіх елементів виробничо-господарської системи. вибір і реалізація інноваційної стратегії залежить від стану інноваційного потенціалу, і тому його грамотна оцінка дуже важлива. *Інноваційний потенціал організації* - це ступінь її готовності виконати задачі, що забезпечують досягнення поставленої інноваційної мети, тобто ступінь готовності до реалізації інноваційного проекту чи програма інноваційних перетворень і впровадження інновацій. Розвиток інноваційного потенціалу організації може здійснюватися тільки через розвиток усіх її підрозділів, а також всіх елементів виробничо-господарської системи. Ось чому для оцінки інноваційного потенціалу необхідний ретельний аналіз чи діагностика внутрішнього середовища організації. Для зручності аналізу ці елементи звичайно групують у наступні блоки: 1. продуктивний (проектний) блок; 2. функціональний; 3. ресурсний блок; 4. організаційний блок; 5. блок управління. Задачі оцінки інноваційного потенціалу організації можуть бути поставлені в двох площинах: 1. приватна оцінка готовності організації до реалізації одного нового проекту; 2. комплексна оцінка поточного стану організації відносно вже реалізованих проектів.

Схема оцінки інноваційного потенціалу організації при детальному аналізі внутрішнього середовища має такий вигляд: дається опис нормативної моделі стану інноваційного потенціалу організації, тобто чітко встановлюються ті якісні і кількісні вимоги до стану потенціалу по всіх блоках, що забезпечують досягнення вже поставленої інноваційної мети; встановлюється фактичний стан інноваційного потенціалу по усіх вищевказаних блоках і їхніх компонентах; аналізується неузгодженість нормативних і фактичних значень параметрів потенціалу; виділяються сильні (відповідному нормативу) і слабкі (значно розбіжні з нормативом) сторони потенціалу; складається перелік робіт з посилення слабких сторін організації.

Обмеження в термінах, відсутність фахівців, здатних проводити системний аналіз, відсутність інформації про організацію (особливо при аналізі інноваційного потенціалу конкурентів) змушують використовувати діагностичні підходи до оцінки інноваційного потенціалу організації.

Аналіз попиту на нововведення має велике значення, оскільки від його результатів залежить точність розробки виробничої програми підприємства, стратегія й обсяг реалізації його продукції і, отже, фінансові результати його діяльності.

Дослідивши роль інноваційного маркетингу у підвищенні конкурентоспроможності підприємства ми можемо зробити наступні висновки та узагальнення. Інноваційне поведіння виражається, з одного боку, у прогресивних продуктах і виробничих процесах, а з іншого, - у нових ідеях ринку і маркетингу. Економічне значення інновацій складається з зовнішніх і внутрішніх факторів. Зовнішні фактори сприяють, насамперед, підтримці конкурентоздатності на міжнародному рівні, що особливо важливо при збільшенні й ускладненню торгових зв'язків. У якості важливих внутрішніх інноваційних факторів, варто розглядати збереження природних ресурсів і навколишнього середовища. Способи і форми використання інноваційного маркетингу дуже різноманітні.

## **УДК 336.1**

**Ольга Момот, к.е.н. Наталія Шведа**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **СУТНІСТЬ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**Olga Momot, Nataliia Shveda, Ph.D**

#### **THE FEATURES OF STAFF POLICY AT THE MODERN ENTERPRISE**

Реалізація цілей і завдань управління персоналом здійснюється через кадрову політику. Кадрова політика підприємства – це система роботи з персоналом, що об'єднує різні форми діяльності й має на меті створення згуртованого й відповідального високопродуктивного колективу для реалізації можливостей підприємства адекватно реагувати на зміни в зовнішньому і внутрішньому середовищах.

Відоме поняття кадрової політики в широкому і вузькому розумінні. В широкому розумінні – це система усвідомлених та обґрунтованих правил і норм, які приводять людські ресурси у відповідність до стратегії фірми. У вузькому розумінні – сукупність конкретних правил і побажань у взаємовідносинах працівників і організацій.

Кадрова політика визначає генеральний напрямок і основи роботи з кадрами, загальні і специфічні вимоги до них і розробляється власниками підприємства, вищим керівництвом, кадровою службою.

Основною метою кадрової політики є своєчасне забезпечення оптимального балансу процесів комплектування, збереження персоналу, його розвитку відповідно до потреб підприємства, вимог діючого законодавства та стану ринку праці.

Цільова задача кадрової політики підприємства може бути вирішена по-різному, при цьому існують такі альтернативні варіанти:

- звільняти працівників або зберігати; якщо зберігати, то яким шляхом;
- проводити підготовку працівників самостійно або шукати тих, хто вже має необхідну підготовку;
- проводити набір персоналу із зовнішніх джерел або перенавчати працівників, які підлягають звільненню з підприємства;
- проводити додатковий набір персоналу або задовольнитися існуючою кількістю за умови більш раціонального її використання;
- вкладати гроші у підготовку "дешевих", але вузькоспеціалізованих працівників, або "дорожчих", але маневрених і т.д.

Відповідно до загальних вимог кадрова політика має бути:

- узгодженою зі стратегією розвитку підприємства;
- достатньо гнучкою;
- економічно обґрунтованою, виходити з реальних фінансових можливостей підприємства.

За нових умов господарювання кадрова політика має спрямовуватися на формування такої системи роботи з персоналом, що орієнтується на отримання не лише економічного, а й соціального ефекту за умови дотримання чинного законодавства, нормативних актів та урядових рішень.

Серед елементів кадрової політики слід назвати:

- політику зайнятості, що охоплює забезпечення висококваліфікованим персоналом, створення привабливих умов праці, гарантування її безпеки, створення можливостей для просування по службі з метою підвищення ступеня задоволення роботою;

- політику навчання, яка передбачає формування відповідної бази навчання, можливостей для підвищення кваліфікації та реалізації прагнень до професійного зростання;
- політику оплати праці, що полягає в наданні достатньо високої порівняно з іншими роботодавцями заробітної плати, яка б відповідала досвіду, здібностям і ставленню працівника до своїх обов'язків, його трудовому внеску;
- політику добробуту, яка ґрунтується на забезпеченні широкого набору соціальних пільг і благ, створенні умов, привабливих для працівників і взаємовигідних для них і для фірми;
- політику трудових відносин, що передбачає встановлення певних процедур для попередження виникнення трудового конфлікту, становлення кращого стилю керівництва, відносин з профспілками тощо.

Тому, основними різновидами кадрової політики вважають політику набору кадрів, політику навчання, політику оплати праці, політику формування кадрових процедур, політику соціальних відносин.

На великих підприємствах кадрова політика, як правило, офіційно декларується і докладно фіксується у загальних корпоративних документах: меморандумах, інструкціях, що регламентують найважливіші аспекти управління людськими ресурсами. У невеликих підприємствах вона, як правило, спеціально не розробляється, а існує як система неофіційних установок власників.

Вважається, що письмове оформлення кадрової політики дозволяє:

- чітко і наочно відобразити погляди адміністрації підприємства;
- переконати персонал у добрій волі адміністрації підприємства;
- поліпшити взаємодію підрозділів підприємства;
- внести послідовність у процес прийняття кадрових рішень;
- інформувати персонал про правила внутрішніх взаємин;
- поліпшити морально-психологічний клімат у колективі і т.д.

Основою формування кадрової політики підприємства виступає аналіз структури персоналу, ефективності використання робочого часу, прогнози розвитку підприємства і зайнятості персоналу. Іноді ця робота проводиться за допомогою спеціальних консалтингових організацій, і хоча оплата їхніх послуг дуже висока, результат набагато перевищує витрати.

Кадрова політика підприємства визначається внутрішніми і зовнішніми чинниками. Так, до зовнішніх чинників, що визначають кадрову політику підприємства, належать: національне трудове законодавство; взаємини з профспілкою; стан економічної кон'юнктури; ситуація на ринку праці. Внутрішніми чинниками, що визначають кадрову політику підприємства, є цілі підприємства та їхня тимчасова перспектива, стиль управління та умови праці.

Таким чином, кадрова політика на сучасному підприємстві має бути гнучкою до працівника та повинна будуватися на наступних принципах:

- повна довіра до працівника і надання йому максимальної самостійності;
- у центрі економічного управління повинні бути не фінанси, а людина і її ініціатива;
- результат діяльності підприємства визначається ступенем згуртованості колективу;
- максимальне делегування функцій управління працівникам;
- необхідність розвитку мотивації працівників.

**УДК: 159.**

**І.Л.Моначин, к.п.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДХОДИ, ТЕХНІКИ ТА ФОРМАТИ РОБОТИ ПСИХОЛОГА-КОНСУЛЬТАНТА В ОРГАНІЗАЦІЇ**

**Inna Monachyn, Ph.D. Assoc.Prof.**

### **APPROACHES, TECHNIQUES, AND FORMS OF WORK OF THE PSYCHOLOGIST-CONSULTANTS AT THE ORGANIZATION**

Про те, що психологія є затребуваною в нинішній час переконувати не потрібно. Але, разом з тим, вимоги до знань, вмінь та навичок справжніх фахівців зростають, адже практична психологія це професія безперервного розвитку, яка потребує постійного навчання. Кожен психолог знає і розуміє, що напрями консультування ґрунтуються на принципах того чи іншого підходу: скажімо, гуманістичний напрям ґрунтується на особистісно-центрованому, транзактному аналізі чи гештальт консультуванні; екзистенціальний напрям на методах логотерапії; психоаналіз на Еґо-психології та структурному психоаналізі тощо.

В сучасних умовах вимоги до психолога-консультанта в організації теж мають певні рамки. А саме вміти визначити напрям роботи та підібрати ту психологічну модель, яка найповніше зможе задовольнити очікування. Вибір методу роботи залежить як від запиту клієнта, так і від уподобань і кваліфікації фахівця. Для вирішення великої різноманітності завдань, які постають перед психологом-консультантом в організації, йому необхідно володіти не одним, а кількома психотерапевтичними підходами. Так, при роботі з особистісними запитами персоналу будуть використовуватися методи з індивідуально-орієнтованих підходів: екзистенціальний, особистісно-центрований, еґо-психологія, емоційно-фокусований, процесуальний та ін. Завдання вдосконалення міжособистісних відносин будуть вирішуватися за допомогою підходів, які розроблялися саме з наголосом на взаємодії: системний, сімейний, мультимодальний, транзактний тощо. Іноді необхідне вміння поєднання різних підходів, серед яких обов'язковими будуть системний і процесуальний. Допомога керівнику організації рідко виявляється внутрішніми психологами, так як вони знаходяться, по-перше, у нього в підпорядкуванні і, по-друге, є частиною структури організації. Тому для вирішення завдань організації в цілому, у тому числі особистих проблем її керівника, бажано запрошення зовнішнього фахівця: коуча або психолога.

Психологічна допомога персоналу організації здійснюється найчастіше в обмежених рамках за часом та обсягом, або через терміновість вирішуються в процесі інших завдань. Тому психолог-консультант повинен уміти побудувати процес короткий і результативний. Крім того, треба враховувати, що допомога надається на території організації, під час і в процесі трудової діяльності, що накладає жорсткі обмежувальні рамки на консультування. Робочий процес є первинним, консультативний – допоміжним. Цим обумовлюються режим і формат проведеної психологічної допомоги в організації: загальне число зустрічей співробітника-клієнта з психологом, їх тривалість, періодичність. Звичайне кількість зустрічей становить одну – три, рідше до п'яти. Рідко вдається підтримувати регулярність консультацій: персонал, зайнятий своєю основною діяльністю, не може планувати навіть щотижневі зустрічі в один і той же час і в конкретний день. Психолог також зазвичай в організації виконує багато функцій і може не мати спеціальних годин, призначених для консультування

персоналу. Найчастіше зустрічі з психологом відбуваються спонтанно, при спільній можливості узгодити наявність вільного часу і у психолога, і у працівника. Відповідно, вони нерегулярні й рідкісні. Тому оптимальним є формат консультування «кожна зустріч як єдина». При можливості регулярних зустрічей, звичайно, варто будувати спеціальні, які підходять для конкретного випадку, формати роботи з клієнтом.

У кожному разі психологічне консультування в організації залишається процесом разовим або коротким. Весь період становлення організаційної психології як окремої галузі, що охоплює другу половину ХХ і початок ХХІ ст. Наростаюча швидкість технічних перетворень, поява інноваційних технологій продукуються не так об'єктивними умовами, скільки ростом і розвитком креативних напрямків мислення людей. Тому організаційний психолог, який приймає на себе обов'язки внутрішнього консультанта, повинен володіти методами короткострокової психологічної допомоги.

Продовжують створюватися й нові інтегративні підходи, що відповідають найбільш ефективним запитам сучасності. Так, Н. М. Манухіна запропонувала універсальну модель короткострокової психологічної допомоги, в якій виділила чотири базові принципи: актуальності, системності, «зрушення фокусу» і принцип «тут-і-тепер».

Принцип *актуальності* передбачає роботу психолога виключно з тим, що найбільш значиме в даний момент для клієнта, що він готовий аналізувати і що доступне для його усвідомлення і використання. Для цього, безумовно, слід використовувати досвід минулого і уявлення про майбутнє, з яких клієнт вибирає кращі способи опанування ситуації.

Принцип *системності* спирається на наступні постулати: Людина існує не ізольовано, а в безлічі взаємин. По-перше, з самим собою – через саме усвідомлення, сприйняття, відчуття. По-друге, з іншими людьми – використовуючи мову і взаємодія з ними, в тому числі здійснюючи свої дії і реагуючи на їх поведінку. По-третє, з навколишнім світом – через свої органи почуттів, мислення і поведінку. Вся сукупність зв'язків людини є результатом його співіснування і називається системою відносин.

Принцип *«зрушення фокусу»* спирається на феномен вибірковості уваги людини. Він передбачає організацію допомоги клієнту у виявленні його погляду на актуальну ситуацію і зміщення уваги на вирішення проблеми, та нові можливості в створенні необхідних змін для отримання бажаного йому результату.

Принцип *«тут-і-тепер»* підкреслює особливість короткострокової роботи: внесення змін до мислення клієнта і його плани з управління ситуацією безпосередньо на кожній зустрічі з психологом.

Психологічна допомога в організації залежить від місця психолога в її структурі, рівня підпорядкування і функціональних обов'язків. Запити на психологічну допомогу можуть надходити від будь-якого рівня управління організацією. Для надання допомоги організаційній системі в цілому необхідно залучення зовнішнього психолога для проведення консалтингу, експертної оцінки або коучінгу. Психологічну допомогу підрозділам або окремим співробітникам організації може надавати внутрішній психолог. Для визначення обсягу та формату можливої допомоги повинно враховуватися положення психолога в організації.



**УДК 005.336**

**Г.С. Нагорняк, к.т.н., доц., С.М. Співак, к.е.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**УПРАВЛІННЯ ТРУДОВИМИ ЧИННИКАМИ ЯК ВАЖЛИВИМИ  
СКЛАДОВИМИ НАКОПИЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ  
ВІТЧИЗНЯНИХ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**Nahorniak H.S., Ph.D., Assoc.Prof., Spivak S.M., Ph.D., Assoc.Prof.**

**MANAGING LABOR FACTORIES AS IMPORTANT COMPOSITION OF  
INTELLECTUAL CAPITAL OF DOMESTIC MACHINERY ENTERPRISES**

Процеси глобалізації, включаючи єдиний інформаційний простір, не могли залишити поза увагою сферу формування та функціонування інтелектуального капіталу у цілому, у тому числі, і в системі машинобудівного підприємства, зумовлюючи вибір інноваційних джерел її розвитку, як одного з обов'язкових умов збереження та нарощування виробничих потужностей, підвищення їх якості, забезпечення конкурентоспроможності на ринку. Ефективний інноваційний розвиток підприємств національної машинобудівної галузі висуває нові вимоги до змісту, організації, форм і методів управлінської діяльності. З'являється особливий тип менеджменту, спрямований на управління процесами оновлення всіх елементів системи підприємства [3, с. 123]. При цьому, особливого значення набуває формування механізму, спрямованого на стимулювання та ефективне управління інноваційними процесами на машинобудівних підприємствах. Ознакою ХХІ ст. є те, що домінуючим засобом досягнення високих соціально-економічних результатів стають знання. Нові знання виявляються у навичках і вміннях людей і закріплюються у вигляді патентів, ліцензій, організаційних структур, методів взаємодії підприємств і установ. Інтелектуалізація праці, швидке поширення творчої праці не лише зробили неможливими вартісну форму вимірювання витрат виробництва, еквівалентність відносин, а й породили нову суспільну форму буття праці як творчої діяльності – вартість, створену знаннями. Це специфічна форма інформаційної економіки, економіки знань, яка не пов'язана ні з витратами виробництва, ні з вартістю. Вона, по суті, є грошовою формою ціни продукту, який втілює нові знання у вигляді нових технологій, високої моди, нових матеріалів, вміння та досвіду виробників.

У загальному інтелектуальний капітал машинобудівного підприємства слід розглянути, як сукупність кадрового, організаційного, клієнтського та інформаційного капіталів, котрі взаємодіють один з одним. Вважаємо, що кадровий капітал слід розглядати як сукупність таких характеристик персоналу, як знання, навички, досвід роботи у конкретній галузі, рівень освіти, здоров'я, якість життя, моральні цінності, культура праці (відповідальність, сумлінність, націленість на результат, взаємопідтримка, взаємозаміщення), що задіяні у виробничо-комерційній діяльності підприємства з метою отримання прибутку. Значна частина інтелектуального капіталу підприємства пов'язана з працівниками підприємства, які є основним джерелом і генератором знань. Для того, щоб зі звільненням працівника з підприємства інтелектуальний капітал підприємства не знижувався, актуальними є задачі формування інформаційного капіталу на основі кадрового капіталу. Негативне значення такий вплив має у тому випадку, коли котрась із складових інтелектуального капіталу: кадровий, організаційний, клієнтський, інформаційний капітал мають низький рівень, що значно знижує загальний рівень інтелектуального капіталу і чинить негативний вплив на інші складові. У формуванні інтелектуального капіталу підприємства беруть участь усі зацікавлені сторони: керівництво підприємства,

працівники, споживачі, посередники, фінансово-кредитні установи, страхові компанії, держава, інвестори тощо. Сферами формування інтелектуального капіталу виступають НДДКР, що проводяться підприємством чи науково-дослідними установами, результати яких можуть бути впроваджені у виробничо-збутову діяльність суб'єктів господарювання; система освіти й охорони здоров'я здійснює прямий вплив на формування інтелектуального капіталу населення, економічно активне населення країни формує кадровий капітал окремих підприємств.

На сьогодні управління інтелектуальним капіталом стає вирішальним фактором соціально-економічного розвитку. У центрі трансформації економіки України спостерігається процес якісної зміни продуктивних сил. Ця тенденція стає вирішальною у подальшому розвитку економіки нашої країни. Активне використання інтелектуального капіталу та впровадження інтелектуальної власності у господарський обіг підприємств машинобудівного комплексу України дозволяє зберегти наявні конкурентні переваги, а підвищення рівня інтелектуального капіталу, відповідно, сприяє зміцненню їх конкурентоспроможності [2, с. 14]. На нашу думку, інтелектуальний капітал на сьогодні є одним з провідних й основних конкурентних переваг підприємств машинобудівної галузі, які ставлять собі за мету стабільний розвиток і зміцнення позицій на ринку за рахунок підвищення власної конкурентоспроможності. У зв'язку з цим, нами рекомендовано напрями вдосконалення механізму управління інтелектуальним капіталом вітчизняних машинобудівних підприємств, основними серед яких варто виділити наступні: гнучкість, експерименти, вміння швидко реалізовувати нововведення, бути в стані реорганізації та реконструкції і у той же час забезпечувати високу прибутковість; адаптивність, яка забезпечується цілеспрямованим навчанням і тренуванням працівників, включенням самоаналізу в процес діяльності; активне використання інформаційних технологій, глобальних інформаційних систем тощо.

В останні десятиліття у вітчизняній економіці праці відбулися радикальні зміни, пов'язані з ринковими перетвореннями, зломом планової економіки та командно-адміністративної системи державного регулювання виробничої та інших сфер соціально-економічного життя країни. Ці зміни торкнулися у певній мірі і управління трудовими ресурсами, які маю прями й вплив на формування інтелектуального капіталу. На нашу думку, це обумовлено рядом обставин. Змінилася система соціально-трудових відносин і механізм її регулювання у зв'язку з введенням інституту приватної власності на засоби виробництва, що позначається і на тому, що погіршилися можливості реалізації державної політики у галузі зайнятості населення. Знижується важливість таких напрямків розвитку економіки праці, як організація та нормування праці. З'явилися нові можливості для формування трудового потенціалу працівників в ринкових умовах, що включають вільний вибір напрямків професійного розвитку та навчання, підвищення кваліфікації, перспектив кар'єрного росту, усвідомлення мотиваційної спрямованості трудової діяльності. Намітилися нові підходи до управління трудовими ресурсами, пов'язані з утворенням інформаційного суспільства та засновані на маркетинговому управлінні не тільки суспільним виробництвом, а й людськими ресурсами [1, с. 79]. Маркетингова стратегія управління людськими ресурсами включає в себе і методи задоволення потреби у персоналі, і нові можливості управління кадрами на внутрішньо-фірмових ринках праці, застосування таких мотиваційних ресурсів управління, як корпоративні культура та навчання з метою підвищення якості трудового потенціалу. Зазнала змін як трудова мотивація самих працівників, так і методи управління нею з боку керівництва підприємств різних правових форм і форм власності. З'являються нові моделі управління мотивацією персоналу, пов'язані з реаліями соціально-економічної дійсності.

Вважаємо, що найголовнішим ринковим перетворенням економіки праці стало формування реальної ринкової вартості трудових ресурсів і, як наслідок, визначення економічної ефективності процесу управління ними. Ефективність і результативність управління трудовими ресурсами як два ключових економічних показники пов'язані з такими факторами, як продуктивність праці, рівень професійних компетенцій, задоволеність соціально-психологічним кліматом, технічне та технологічне, інформаційне та науково-методичне забезпечення трудових ресурсів.

Отож, ефективність управління працею пов'язана з проблемами підвищення якості трудових ресурсів. Саме якість трудових ресурсів при відсутності або недостатності інших факторів може стати об'єктивною умовою формування інтелектуального капіталу країни. Така важлива сфера економіки, як галузь виготовлення машинобудівної продукції, для ефективної реалізації своєї діяльності та максимізації прибутку вимагає високої якості трудових ресурсів, а для цього необхідний розвиток механізмів управління ними. На сьогодні проблема управління трудовими ресурсами розглядається з різних точок зору: економічної, управлінської, психологічної та соціологічної. Варто виокремити нову характеристику людських трудових чинників – проактивну, творчу складову, що виявляється у прагненні до розвитку та професійно-особистісного росту поряд з підвищенням ефективності праці, його реалізації, творчому наповненні та вдосконаленні у процесі виконання своїх функціональних обов'язків.

Отож, інтелектуальний капітал пов'язаний з якісними характеристиками робочої сили, такими як: природні риси (здоров'я, психофізіологічна стійкість тощо); відповідне виховання, що дало індивіду можливість і бажання завзято, дисципліновано трудитися, систематично працювати над собою; професійна підготовка, кваліфікаційний рівень, поєднаний з непохитною роботою над його підвищенням, пошуком нових рішень, постійним підвищенням культурного рівня, що дозволяє розширити горизонт знань і мислення [3, с. 126]. У цілому це формує певний творчий, креативний менталітет, який є невід'ємною рушійною складовою інтелектуального капіталу. Підводячи підсумки, можна відзначити, ефективність використання інтелектуального капіталу й інтелектуальної праці визначає перспективи розвитку економіки тієї чи іншої країни. Головну роль у нарощуванні технологічних і інноваційних переваг розвинутих країн відіграють досягнення НТП, їх генерує найбільший у світі науково-технічний потенціал. При цьому вони активно залучають наукові кадри інших країн до науково-технічних та інноваційно-промислових проєктів, оскільки, навіть здійснюючи величезні витрати у сфері НТП, вони вже не в змозі забезпечувати першість у всіх напрямках розвитку науки, техніки і виробництва.

### **Література:**

1. Баланович А. М. Теоретико-методичні засади формування стратегій розвитку підприємства [Текст] / А. М. Баланович // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки. Випуск 8. Частина 2, 2014. – С. 77-81.
2. Бриль І. В. Стратегія управління інтелектуальним капіталом [Текст] / І. В. Бриль // Автореферат дис. на здоб. ступеня канд. екон. наук: Донецьк. – 2012. – 24 с.
3. Василик А. В. Формування стратегії управління інтелектуальним капіталом підприємства на основі концепції менеджменту знань [Текст] / А. В. Василик // Соціально-трудові відносини: теорія та практика: зб. наук. праць / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ДВНЗ «Київський нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана»; [відп. ред. Т. Г. Кицак]. – 2011. – № 1. – С. 120-127.

**УДК 005.336**

**Г.С. Нагорняк, к.т.н., доц., Л.М. Мельник, к.е.н., доц., Л.Я. Малюта, к.е.н., доц.,  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

## **ЕФЕКТИВНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАКЛАДАМИ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ**

**Nahorniak H.S., Ph.D., Assoc.Prof., L.M. Melnyk, Ph.D., Assoc.Prof., L.Ya. Maluta,  
Ph.D., Assoc.Prof.**

### **EFFECTIVE INNOVATIONAL TECHNOLOGIES OF BUSINESS MANAGEMENT OF HOTEL RESTAURANT HOUSEHOLD: MODERN CHALLENGES**

У сучасних умовах господарювання розширення функціонального навантаження підприємницьких структур сфери готельно-ресторанного бізнесу пов'язане з впливом глобалізаційних процесів, появою можливості впровадження технологічних, інформаційних, управлінських новацій у господарський процес і, як наслідок, зростанням їх інвестиційної привабливості. У той же час, динамізм зовнішнього ділового середовища викликає посилення конкурентної боротьби, умов виживання та життєздатності підприємницьких структур сфери готельно-ресторанного бізнесу.

Варто визначити специфічні умови та чинники функціонування підприємницьких структур вітчизняного ринку готельно-ресторанного бізнесу, які перешкоджають підвищенню конкурентоспроможності. У сучасних умовах в Україні відбувається посилення конкуренції, внаслідок чого керівники підприємств знаходяться у постійному пошуку нових (адекватних умов конкуренції) інструментів управління підприємствами і важелів підвищення конкурентоспроможності підприємницьких структур. Історія розвитку готельно-ресторанного бізнесу у сучасній Україні відносно невелика – всього близько 20 років, але за ці роки був пройдений шлях, на який розвиненим країнам потрібно десятиліття. Однозначних рекомендацій щодо розроблення концепції розвитку готелю та ресторану не існує – рішення можуть бути різноманітними та здебільшого залежать від творчого потенціалу управлінця. У той же час, при розробленні концепції готелю чи ресторану слід акцентувати увагу на наступних чинниках: якість; унікальність; рівні необхідних повноважень менеджерів; політика знижок; акцент на практичному боці справи.

Інноваційну першість в Україні отримують великі заклади розміщення, зокрема ті, що належать до міжнародних готельних ланцюгів. У рамках франшиз або контрактів на управління ними приносяться технології більш сучасні порівняно з іншими підприємствами, а їх вищий і середній менеджмент має якісно новий рівень освіти, що також означає володіння певними технологіями. Разом з тим можна стверджувати, що в цілому рівень інноваційної активності у готельному секторі є низьким. Застосування методики розподілу підприємств гостинності України за рівнями впровадження інновацій дозволив визначити, що тільки близько 1% готелів можуть відноситись до інноваторів 5-го, вищого рівня, і майже всі вони зосереджені у столиці, м. Львів, Харків; близько 5% - інноватори 4-го рівня, представлені в основному великими готелями в обласних центрах і великих приморських районах, 7% відносяться до 3-го рівня інноваційності, решта закладів на сьогодні знаходяться на низькому або нижче рівнях застосування інноваційних технологій. Дифузія інноваційних технологій на мікрорівні відбувається завдяки конкуренції – національні підприємства намагаються переймати традиції інноваторів, застосовуючи схожі інновації. Таким чином, інтернаціоналізація готельного бізнесу активізує діяльність у регіональних системах.

Аналіз змісту українських веб-сайтів і окремих туристичних підприємств різних секторів ринку дозволило виявити низку проблем застосування Інтернет-технологій як на регіональному, так і на мікрорівні, зокрема, низьку клієнтоорієнтованість, погану пошукову оптимізацію, формалізований зміст, слабко розроблені бренди, майже повне невикористання мультимедійних технологій, інструментів е-комерції, мобільного та соціального маркетингу. Реалізація послуг відбувається на рівні туристичних пошукових запитів у мережі Інтернет іноземними мовами, аналіз яких виявив існування 4-х груп DESTINACIЙ – з високим рівнем зацікавлення з боку потенційних туристів, середнім, низьким і майже відсутнім. Таким чином, результати проведеного дослідження доводять існування прямого зв'язку між низькою конкурентоспроможністю вітчизняного готельно-ресторанного бізнесу на світовому ринку, його маловідомістю та непривабливістю для туристів і незадовільним рівнем застосування інноваційних технологій у практиці менеджменту.

Системне впровадження інноваційних технологій у готельно-ресторанну справу України означає створення регіональних інноваційних систем як складових національної інноваційної системи України, прив'язаних до певної DESTINACIЇ з чітко вираженими географічними межами, що включають підприємства, організації та приватних осіб, здатних проводити спільну діяльність, взаємодіяти, ініціювати й імпортувати модифіковані технології, сприяти їх широкій дифузії завдяки низці формальних і неформальних взаємодій між інституціями та суб'єктами. Формування територіальної інноваційної системи на перших стадіях вимагає активного втручання держави, яка ініціює її створення, консолідує зусилля учасників і створює умови для фінансових механізмів, вписує інноваційну політику до системи "освітня політика – науково-дослідна політика – політика у сфері технологій – виробнича політика". На пізніших стадіях вирішальна роль передається приватному бізнесу, а каталізатором інноваційних процесів стає громадська та підприємницька активність учасників системи. Переходу національної готельно-ресторанної сфери на засади інноваційності, створенню регіональних туристичних інноваційних систем перешкоджає низка внутрішніх умов, що склались у туристичній сфері регіонів України, зокрема, низький рівень інституціоналізації закладів, несприятлива ринкова структура більшості регіональних ринків, недієздатність механізму державно-приватного партнерства у готельно-ресторанному бізнесі, низький рівень туристичної освіти, відсутність зв'язків між науковими установами та підприємствами, відсутність доступу до фінансових ресурсів, відсутність громадських ініціатив і громадської свідомості у підприємців.

Ґрунтуючись на світовому досвіді, можна визначити наступні стратегічні пріоритети створення інноваційних систем готельно-ресторанного бізнесу в Україні: розвиток людського капіталу, у тому числі, розвиток людських ресурсів на всіх рівнях кваліфікації, формування інноваційного бачення та подолання опору інноваціям, максимальне наближення існуючих освітніх програм до вимог готельно-ресторанної сфери, налагодження щільних зв'язків між вищими та середніми навчальними закладами туристичної спеціалізації; формування культури підприємництва на рівні DESTINACIЇ, передача основ громадської роботи; надання готельно-ресторанному підприємству ознак інноваційності через проведення роботи з оцінювання можливостей малого та середнього бізнесу щодо впровадження стратегічних ініціатив у сфері інноватики, заохочення інноваційної діяльності, у тому числі, через державні закупівлі, інкубування інноваційних ініціатив; максимальне сприяння нарощуванню матеріальних і нематеріальних активів інноваційних підприємств готельно-ресторанної сфери; сприяння розвитку підприємництва у наукових установах України, у тому числі, формування пакету пропозиції інноваційних технологій для готельно-ресторанної

сфери та посилення кооперації між освітньо-науковим і виробничим секторами туризму; формування системи державно-приватного партнерства в готельно-ресторанній індустрії України; розвиток інноваційної інфраструктури шляхом подальшої розбудови мережі туристично-інформаційних центрів як базисної ланки інноваційної інфраструктури, заснування сітки регіональних інноваційних центрів, заснування сітки регіональних і секторальних кластерів. Загальний низький рівень застосування інноваційних технологій підприємствами готельно-ресторанної сфери пояснюється низкою кадрових проблем, відсутністю коштів і високим рівнем підприємницького опору. Дифузія інноваційних технологій на мікрорівні відбувається виключно завдяки конкуренції – національні підприємства намагаються переймати традиції інноваторів, застосовуючи схожі інновації.

Доцільним буде сформулювати рекомендації, які можуть стати основою для прийняття стратегічних підприємницьких рішень у готельно-ресторанному бізнесі: при визначенні стратегії підприємства необхідно враховувати, що основними критеріями вибору такого готелю чи ресторану є смакові якості продукту та місця розташування. Саме на ці фактори слід звернути увагу в першу чергу. Для виживання підприємств у довгостроковій перспективі існує потреба у використанні найрізноманітніших маркетингових інструментів, у тому числі, популярного останнім часом бенчмаркінгу. Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що на українському ринку готельно-ресторанних послуг є хороші перспективи. Останніми роками готельно-ресторанний бізнес став залучати все більше інвесторів з самих різних сфер бізнесу. Це пов'язано, перш за все, з привабливістю даного ринку в умовах економічного зростання країни, а також з можливостями отримання стабільного прибутку протягом всього часу існування готелю чи ресторану при його грамотному управлінні (громадське харчування та сфера гостинності є одними з найбільш ліквідних галузей економіки). У той же час, готельно-ресторанний бізнес приховує у собі багато ризиків для потенційних інвесторів. У нашій країні відсутній серйозний ринковий досвід у готельно-ресторанній сфері та багаторічні традиції. Крім того, немає напрацьованої методичної бази, що допомагає вести такий бізнес. Ще одна складність полягає у тому, що для багатьох інвесторів готель чи ресторан як джерело доходу не вимагає великої уваги.

#### **Література:**

1. Мацеха Д. С. Маркетинг у сфері готельно-ресторанного бізнесу та туризму [Текст] / Д. С. Мацеха, С. А. Бурий // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 5. – Т. 2. – С. 43–47.
2. Керанчук Т. Особливості та напрями державного регулювання діяльності підприємств готельного та ресторанного бізнесу в Україні [Текст] / Т. Керанчук // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. (Серія “Економічні науки”). – 2014. – № 36. – С. 112-118.
3. Кравченко О. М. Управління конкурентоспроможністю підприємств ресторанного господарства [Текст] / О. М. Кравченко, Н. А. Водянська // Матеріали IV науково-практичної Інтернет-конференції “Проблеми ринку та розвитку регіонів України в XXI столітті” (Одеса, 12–19 грудня 2013 р.). – Одеса : ОНПУ, 2013. – С. 54–56.
4. Чумак О. В. Аналіз стану й оцінка тенденцій показників розвитку підприємств ресторанного господарства [Текст] / О. В. Чумак, І. С. Андрущенко // Бізнес Інформ. – 2014. – № 12. – С. 307-313.

## **УДК 159.9**

**Ірина Періг, к. п. н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **АРТ-ТЕРАПІЯ В РОБОТІ ПРАКТИЧНОГО ПСИХОЛОГА**

**Iryna Perig, Ph.D., Assoc. Prof.**

#### **ART THERAPY IN THE WORK OF PRACTICAL PSYCHOLOGIST**

Арт-терапія – це спеціалізована форма психотерапії, заснована на мистецтві, образотворчій і творчій діяльності; це метод зцілення за допомогою творчості, що застосовується у психотерапії, у психокорекційній роботі психолога, психосоматичних клініках та в соціальній сфері.

Метою застосування арт-терапії в освіті є збереження або відновлення здоров'я учнів та їх адаптація до умов освітньої установи (А. Копітон).

Головна мета використання арт-терапії у діяльності – гармонізація розвитку особистості через розвиток умінь самовираження та самопізнання.

Результати використання методів арт-терапії:

- ✓ Формування відносин взаємного прийняття та емпатії;
- ✓ Можливість вільного самовираження та самопізнання;
- ✓ Підвищення адаптаційних здібностей, зниження втоми та напруженості;
- ✓ Створення позитивного емоційного настрою.

Вперше цей термін був використаний Андріаном Хілом у [1938](#) р. при описі своєї роботи з хворими на [туберкульоз](#) та незабаром отримав широке поширення.

Арт-терапія, в основі якої лежать ідеї З. Фрейда та К. Юнга, – це не стільки лікування, скільки розвиток у людини властивої їй креативності, гармонізація та розвиток особистості, що допомагає при вирішенні проблем. Згідно з Фрейдом, внутрішнє «Я» людини виявляється у візуальній формі кожного разу, коли вона спонтанно щось малює чи ліпить, а образотворче мистецтво, маючи багато спільного з фантазіями та сновидіннями, виконує роль, що компенсує та знімає психічну напругу. К. Юнг наголошував на важливості використання персональних та універсальних символів. Центральною фігурою в арт-терапевтичному процесі є не пацієнт як хвора людина, а особистість, яка прагне до саморозвитку й розширення діапазону своїх можливостей. Він вважав, що пацієнт, спираючись на «трансцендентні» властивості символів і власний творчий потенціал, здатен досягти самозцілення, і що символічні образи несуть у собі способи вирішення внутрішньопсихічних конфліктів.

У науково-педагогічному розумінні арт-терапія розглядається як метод розвитку та зміни особистості, групи чи колективу за допомогою різних видів і форм мистецтва та творчості. Хоча творчі цілі й мають велике значення, перше місце в арт-терапії все ж таки відводиться терапевтичним цілям.

Говорячи про арт-терапію, найчастіше мають на увазі терапію художньою творчістю. Хоча в наш час інтенсивно розвиваються й інші напрямки арт-терапії (зображувальна терапія, музична терапія, танцювальна терапія, бібліотерапія, казкотерапія, драмотерапія, кінотерапія, дендротерапія, лялькотерапія, піскова терапія).

Арт-терапія – це засіб вільного самовираження і самопізнання. Художня творчість допомагає зрозуміти й оцінити свої почуття, спогади, образи майбутнього, знайти час для відновлення життєвих сил і способ спілкування із собою. Спираючись на символіку і власний творчий потенціал, людина здатна досягти самозцілення. Символічні образи являють собою способи вирішення внутрішньопсихічних конфліктів.

Переваги арт-терапії порівняно з іншими формами психотерапевтичної роботи:

1. Майже кожна людина (незалежно від свого віку, культурного досвіду, соціального стану) може брати участь в арт-терапевтичній роботі. Арт-терапія не вимагає особливих здібностей до образотворчої діяльності або художніх навичок. Кожен, будучи дитиною, малював, ліпив і грав. Тому арт-терапія практично не має обмежень у використанні. Немає підстав і протипоказів до участі певних людей в арт-терапевтичному у процесі.

2. Арт-терапія – засіб невербального спілкування. Це робить її особливо цінною для тих, кому складно словесно описати свої переживання, або, навпаки, хто надміру пов'язаний з мовним спілкуванням (що характерно, наприклад, для представників західної культури і слов'янської ментальності зокрема).

Символічна мова є однією з основ образотворчого мистецтва, допомагає людині точніше висловити свої переживання. По-новому подивитися на ситуацію і життєві проблеми та знайти завдяки цьому шлях до їх розв'язання.

3. Образотворча діяльність є потужним засобом зближення людей, своєрідним «мостом» між фахівцем і клієнтом, що необхідно при труднощах у контакті, у спілкуванні з приводу надто складного і делікатного предмета (наприклад: сексуальні взаємини у сімейній психотерапії).

Образ стає інструментом спілкування, і заняття художньою творчістю, таким чином, активізують і збагачують комунікативні можливості людини, сприяють виробленню широкого спектра нових моделей спілкування, орієнтації на міжособистісну взаємодію.

4. Образотворча діяльність дає змогу обійти «цензуру свідомості», тому виникає унікальна можливість для дослідження своїх несвідомих процесів, вираження й актуалізації прихованих ідей і станів, тих соціальних ролей і форм поведінки, що знаходяться у «витісненому вигляді» або мало виявлені в повсякденному житті.

5. Арт-терапія – засіб вільного самовираження і самопізнання. Вона має інсайт-орієнтований характер; припускає атмосферу довіри, високої терпимості, уваги до внутрішнього світу людини. Долучений до мистецтва дає людині можливість відчувати свободу вирішувати, створювати. Художня творчість допомагає ідентифікувати й оцінювати свої почуття, спогади, образи майбутнього, знайти час для відновлення життєвих сил і способів спілкування із самим собою.

6. Результати образотворчої діяльності є об'єктивними свідченнями настроїв і думок людини, що допомагає використовувати їх для ретроспективної, динамічної оцінки стану, проведення досліджень і порівнянь.

7. Арт-терапевтична робота, надаючи можливість вираження думок, почуттів, емоцій, потреб, станів, як і будь-яка творчість, дає високий позитивний емоційний заряд, формує активну життєву позицію, впевненість у своїх силах, автономність і особисті межі.

Отже, арт-терапія заснована на мобілізації творчого потенціалу людини, внутрішніх механізмів саморегуляції і зцілення. Вона відповідає фундаментальній потребі в самоактуалізації – розкритті широкого спектра можливостей і утвердження свого індивідуально-неповторного способу буття у світі. Через прийняття і визнання клієнтом витіснених рис і проявів відбувається трансформація їхнього негативного характеру, і він знаходить у них джерела для самозцілення.



**УДК 334**

**Уляна Плекан, аспірант**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ФОНДИ МІСЦЕВИХ ГРОМАД – АУТСОРСЕРИ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСІ  
ЇХ СОЦІАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**

**Uliana Plekan , Postgraduate**

**THE LOCAL COMMUNITIES FOUNDATIONS – OUTSOURCERS FOR  
ENTERPRISES IN THE PROCESS OF THEIR SOCIAL IDENTIFICATION**

Соціально відповідальна діяльність підприємств вже стала об'єктивною реальністю, без якої підприємства ризикують не вижити в висококонкурентному середовищі. Соціальна відповідальність є дієвим інструментом просування підприємства на внутрішньому і зовнішньому ринках, а процес соціальної ідентифікації є рушійною силою соціалізації підприємницького сектору в Україні. Разом з тим, управління соціально відповідальною діяльністю підприємств – складний процес. Низка труднощів, пов'язаних із можливістю провадити соціальну відповідальність та ефективно нею управляти ускладнюють розвиток соціальної відповідальності.

Найчастіше підприємства зазнають труднощів на етапі визначення ефективності соціально відповідальної діяльності. Вчені теж визнають складність оцінки результатів соціальної відповідальності. Багато науковців стверджують, що вигоди, пов'язані з соціальною корпоративною відповідальністю, безпосередньо неможливо виміряти, і більшість компаній не розголошують витрати на таку діяльність, тому оцінити окупність інвестицій у соціальну корпоративну відповідальність вкрай важко. Ми частково погоджуємося з такою думкою. Аналіз ефективності соціально відповідальної діяльності безспірно не підлягає точній кількісній і вартісній оцінці, а сукупний ефект для підприємства має високий ступінь невизначеності, є опосередкованим у своїй сутності, залежить від численних суб'єктивних факторів. Соціальні ініціативи створюють «цінність» некомерційного характеру, тобто результати соціальних практик не мають грошового виміру – це здоров'я, висока якість життя, соціально-правовий захист. Разом із тим, складність оцінювання результатів привертає увагу науковців до даної проблеми, зростає науковий інтерес, а відтак, з'являються нові наукові доробки з пропозиціями методів оцінки соціальної діяльності підприємств та обґрунтуванням необхідності вкорінення соціальної відповідальності у практику діяльності сучасних підприємств.

Проведення оцінки ефективності певного виду діяльності передбачає розрахунок витрат і результатів, їх співвіднесення, динаміку зміни тих чи інших показників.

Оцінювання впливу соціальної відповідальності на стан справ підприємства можна здійснити шляхом аналізу сукупності кількісних та якісних показників, які певною мірою характеризують стан розвитку соціальної відповідальності. На рисунку 1 відобразимо загальну модель реалізації соціальної відповідальності з виділенням результатів для підприємства. Критеріями оцінки ефектів є групи показників за напрямками екологічної, економічної, суспільної та соціальної напрямів відповідальностей.

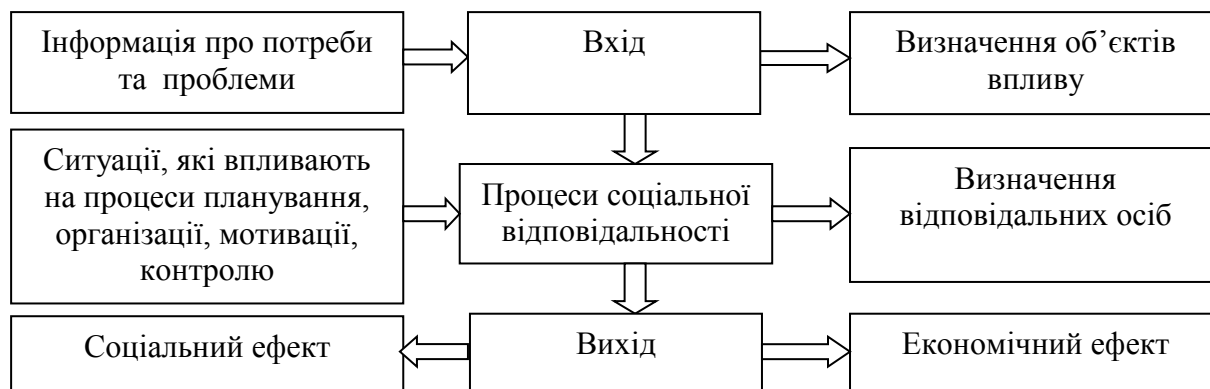


Рис. 1. Модель здійснення соціально відповідальної діяльності підприємством

Найважливіші економічні ефекти від здійснення соціально відповідальних ініціатив підприємством відображається у сферах фінансів, маркетингу, управління персоналом, управління ризиками, а бізнес-ефект від впровадження управління соціальною відповідальністю виражається у фінансових надходженнях, зростанні продажів, зростанні економічної ефективності маркетингу.

Окрім труднощів з визначенням ефективності соціально відповідальної діяльності, варто відзначити потребу у висококваліфікованих працівниках із високим особистісним потенціалом. Для підприємств підтримання необхідного рівня якості людського потенціалу є нелегким завданням. Окрім кадрових питань, підприємства стикаються ще з одним бар'єром при здійсненні соціальної діяльності – нестача коштів на реалізацію соціальних проектів чи окремих соціальних ініціатив. При цьому чим вищим є очікуваний соціальний ефект, тим більшими будуть витрати. Погіршують ситуацію відсутність в Україні законодавчих стимулів здійснення соціальної відповідальності та слабо розвинене інституційне середовище для соціальної діяльності.

Вищезазначене обґрунтовує важливість розгляду аутсорсінгу соціально відповідальної діяльності як можливості узгодження соціального запиту суспільства до суб'єктів господарювання та обмежених можливостей останніх у задоволенні зростаючих запитів з боку суспільства. Організація соціально відповідальної діяльності на аутсорсінгових засадах має низку переваг, а важливими характеристиками відносин аутсорсінгу є: стратегічний характер прийняття рішень, тривалий строк співпраці з партнерами; передача як повноважень, так і відповідальності за вказану діяльність.

Кожна місцева громада має свої проблеми та потреби, бажання підвищити якість життя і виявляє відповідні ініціативи. Фонд громади мобілізує ресурси і активно взаємодіє з владою, бізнесом і тим самим активізують усіх членів суспільства. Громада з сильним фондом громади забезпечує покращення соціальних показників території своєї присутності. Як фінансовий інститут, Фонд громади може фінансувати разом із соціально активними підприємствами соціальні проекти, актуальні для даної території, тому співпрацю вітчизняного підприємницького сектору з місцевими громадами було б доцільно організовувати на засадах аутсорсінгу, де останні поставали б аутсорсерами, що надають послуги з оптимізації та адміністрування благодійної та спонсорської діяльності підприємств, а самі підприємства – замовниками аутсорсінгу.

Фонд громади добивається довіри у суспільства і громадян, уміє зацікавити підприємства та може допомогти реалізувати бажання у здійсненні соціально відповідальної діяльності. Фонд громади – інструмент покращення життя, тому, на нашу думку, є достойним аутсорсером у здійсненні локальної соціальної відповідальності.

УДК 659.111

Наталія Різник, к.е.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТ-РЕКЛАМИ ЯК ІННОВАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ

Nataliya Riznyk, Ph.D.

### FEATURES OF DEVELOPMENT OF INTERNET ADVERTISING AS AN INNOVATIVE COMPONENT OF MARKETING COMMUNICATIONS

Масштабний розвиток мережі Інтернет припадає на останні десять років минулого століття. Проте реклама на новостворених Інтернет ресурсах перебувала в зародковому стані. Лише протягом останніх років використання Інтернету для реклами товарів і послуг набуло значних обсягів. Можна виділити декілька основних причин, що сприяли глобальному поширенню Інтернет реклами:

- збільшенням пропускної спроможності існуючих каналів зв'язку. На сьогодні ми безперешкодно можемо дивись відео рекламу, якщо раніше це було неможливим для пересічного користувача Інтернет;
- розвиток мобільних технологій, що дало змогу перебувати в Інтернет у будь-якому місці і в будь-який час, отримуючи більшу кількість рекламної продукції;
- перехід значної частини бізнесу в он-лайн;
- поява та швидше поширення соціальних мереж і відповідних місць для реклами;
- розробка нового програмного забезпечення дала змогу створити ефективні засоби управління рекламою, а також дієві інструменти для його аналізу та оцінки.

Незважаючи на те, що багато компонентів Інтернет-реклами схожі на традиційні канали просування, існує ряд функцій, які, в першу чергу, пов'язані з особливостями Інтернет. На відміну від звичайних засобів маркетингових комунікацій тут користувач виступає не лише як пасивний споживач наданої інформації, але також бере безпосередню участь у багатьох процесах.

Виділимо основні риси реклами в Інтернет (табл. 1).

Таблиця 1

#### Характерні риси реклами в Інтернет

|   |  |
|---|--|
| Інтерактивність   | Розміщення реклами в пресі, на рекламних щитах або на телебаченні передбачає односторонню взаємодію споживача. В Інтернет користувач має можливість відповісти на розміщений рекламний матеріал – перейти за посиланням, натиснути на банер, зареєструватися на сайті тощо.  |
| Швидкі темпи збільшення користувачів Інтернет           | Інтернет з кожним роком охоплює все більшу частину населення. Звичайно, деякі соціальні та вікові групи ще не беруть участь у цьому процесі. Тому компанії, які зацікавлені цими потенційними клієнтами, змушені активно користуватися іншими каналами реклами.  |
| Вплив реклами лише на цільову аудиторію                 | Рекламні системи дають змогу виділити серед багатьох користувачів саме тих, які можуть бути зацікавлені у даному товарі чи послугі. Цей процес називається націлюванням. Націлювання дозволяє відокремити тих користувачів, які не відповідають інтересам рекламодавця, і тим самим робить рекламу більш ефективною. |
| Широкий інструментарій для аналізу ефективності реклами | Всі дії користувачів фіксуються в статистиці: від переходів за посиланням до часу проведеного на тій чи іншій сторінці, кількості повернень на сайт, кількості покупок, реєстрацій на сайті тощо.  |

Доступність, можливість оплачувати тільки за результативні рекламні дії, величезна база аналітичних інструментів оцінки ефективності рекламної кампанії та разом з масштабним розвитком Інтернет створюють умови для подальшого розвитку Інтернет реклами як інноваційної складової маркетингових комунікацій.

**УДК 378:001**

**Світлана Семенюк, к. е. н., доц..**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТОРГОВИЙ ПРЕДСТАВНИК ЯК ОСНОВНА ЛАНКА В ЛАНЦЮГУ ПРОСУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ КОМПАНІЇ**

**Svitlana Semenyuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SALES REPRESENTATIVE As the main link In chains PROMOTION OF PRODUCTION**

Кожній компанії потрібні активні представники продажів, здатні просувати продукт в умовах жорстокої конкуренції у всіх сегментах економіки. Торговий представник займає проміжну ланку між компанією і покупцем, між оптовим і роздрібним продажем. Найчастіше торгові представники працюють як самостійні одиниці, що здійснюють продаж товарів і послуг на підставі трудового договору. Самостійний торговий представник може сам визначати вид своєї діяльності і свій робочий час. Він, зазвичай, працює на одного або декількох підприємців.

Торговий представник здійснює такі види робіт:

- просування продукту компанії на певній території,
- пошук нових клієнтів,
- побудова лояльних відносин з існуючою клієнтською базою,
- прийом та обробка замовлень,
- відслідковування термінів і сум оплати за товар або послугу.

Існує чотири види стилю роботи торгових представників:

1. Дистрибуція. Такий стиль передбачає збір заявок для великого холдингу-виробника, коли відвантаження товару здійснює сам постачальник. Торговий представник отримує винагороду у вигляді певного відсотка і не відповідає за оплату.

2. Збір попередніх замовлень. Це найбільш часто вживаний стиль роботи, який передбачає збір попередніх замовлень для власної компанії, коли клієнтський бланк замовлення торговий представник передає на склад і замовник самостійно може отримати товар, або дочекатися поставки на власну точку згідно побудованого логістичного ланцюжка.

3. Торгівля «з коліс» (van selling). Van Selling цікавий для тих компаній, які мають товар невеликого розміру (парфумерія, оптика, елементи живлення і т.д.). Торговий представник виступає в даному випадку як експедитор-продавець, який реалізує товар «з коліс». З одного боку, така робота більш динамічна, з іншого - досить небезпечна, оскільки до кінця робочого дня у торгового представника на руках часто залишаються великі суми готівки.

4. Продаж сектору HO-RE-CA. Менеджерів з продажу в секторі HO-RE-CA (готелі, ресторани, кафе, кінотеатри, розважальні центри) теж часто називають торговими представниками, оскільки їх робота «в полях» нагадує стиль спілкування активних співробітників з клієнтами.

Загалом, типи робіт торгових представників несхожі і утворюють широкий спектр. Робота торгового представника компанії «Сандора» (найбільший виробник

соків) і робота клієнт-менеджера компанії IBM, який очолює команду фахівців з певного продукту, відрізняються кардинально. Подібним чином робота торгового представника компанії «Натурпродукт Вега» лише віддалено нагадує роботу представника компанії «Укрспецекспорт», яка займається експортом та імпортом продукції та послуг військового та спеціального призначення на світовому ринку.

Основні обов'язки торгових представників:

1. Генерування продажів: планування контакту із споживачем, пошук потенційних клієнтів, проведення торгових презентацій, участь у торгових виставках, боротьба з відмовами від купівлі, прийом замовлень, підготовка та забезпечення доставки, збір платежів та ін..

2. Обслуговування споживачів: технічні консультації, технічний контроль за монтажем та ремонтними роботами, перевірка рівня запасів, заповнення торгових площадок, надання допомоги в мерчендайзингу, навчання продавців – оптових і роздрібних посередників.

3. Територіальне управління: збір і аналіз інформації про споживачів та про загальний розвиток ринку і конкурентів, розповсюдження інформації серед торгового персоналу компанії, розробка планів, прогнозів, бюджетів і стратегій продажів.

4. Професійний розвиток: участь у нарадах щодо продажів, професійних асоціаціях, програмах навчання.

5. Послуги для компанії: навчання нових продавців (торгових представників), виконання адміністративних обов'язків.

Класифікація обов'язків торгових представників відповідно до поставлених завдань може виглядати наступним чином:

1. Динаміка продажів. Торгові представники, які відповідають за динаміку продажів, ініціюють і здійснюють збільшення обсягів продажів своїх компаній. Представників цієї групи іноді називають «здобувачами замовлень».

2. Підтримка продажів. Торгові представники підтримують реальні продажі, що досягнуті продавцями товарів інших категорій. Часто представники цієї категорії мають інженерну освіту і допомагають покупцям у вирішенні технічних проблем. До цієї ж категорії відноситься персонал, який займається просуванням товарів.

3. Матеріально-технічне забезпечення продажів. Торговий представник займається матеріально-технічним забезпеченням продажу, здійснює продажі існуючим споживачам або корпоративним клієнтам, приймаючи від них замовлення і / або доставляючи товар. До торгових представників даної категорії можна віднести: експедиторів, операторів продажів.

Таким чином, для торгового представника не існує встановленого способу підготовки до цієї професії. Зазвичай, вважається ефективним перед початком самостійної діяльності вивчити область продажу товарів клієнтам і відвідування їх в якості найманого коміюжера. Також торговий представник може бути підприємцем.

**УДК 368.914**

**Верхоляк З., Сороківська О. А. д.е.н., проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕНСІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ**

**Verholoak Z., Sorokivska O. A. Dr., Prof.**

### **THE ACTUAL PROBLEMS OF THE PENSION FRAMEWORK REFORMATION IN UKRAINE**

Зараз Україна переживає нелегкі часи: з одного боку – агресія Російської Федерації, з іншого – постійні реформи в різних галузях. Зокрема, це стосується і пенсійної реформи. Недосконалість пенсійної системи України на сьогодні є надзвичайно актуальним питанням, адже впровадження належної трирівневої системи пенсійного забезпечення так і не відбулося.

Пенсійне забезпечення в незалежній Україні поклало початок створенню трьохрівневої пенсійної системи в Україні.

Перший рівень – солідарна система загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, що базується на засадах солідарності та субсидування, а виплати пенсій і надання соціальних послуг здійснюються за рахунок коштів Пенсійного фонду. Внески до солідарної системи пенсійних виплат сплачуються усіма працюючими громадянами країни та їх роботодавцями. Розмір пенсії залежить від розміру заробітної плати та страхового стажу.

Другий рівень – накопичувальна система загальнообов'язкового державного пенсійного страхування, що базується на засадах накопичення коштів застрахованих осіб у Накопичувальному фонді та фінансування витрат на оплату договорів страхування довічних пенсій і одноразових виплат на умовах та в порядку, передбачених законом. Кожен працівник чи його роботодавець відкладатимуть гроші на особистий накопичувальний пенсійний рахунок працівника. Кошти на цих рахунках будуть власністю громадян, передаватимуться в спадщину та будуть інвестуватись в економіку з метою одержання інвестиційного доходу на користь застрахованих осіб. Накопичені в системі кошти додаватимуться до пенсії з солідарної системи.

Третій рівень – система недержавного пенсійного забезпечення, що базується на засадах добровільної участі громадян, роботодавців та їх об'єднань у формуванні пенсійних накопичень із метою отримання громадянами пенсійних виплат на умовах та в порядку, передбачених законодавством про недержавне пенсійне забезпечення. Функція нагляду за інвестуванням та виплатою накопичених коштів покладена на недержавні пенсійні фонди. Недержавне пенсійне забезпечення здійснюється пенсійними фондами, страховими організаціями, банківськими установами [1].

Кабінетом Міністрів України та народними депутатами до Верховної Ради України були подані законопроекти № 6614 від 22.06.2017 року “Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо підвищення пенсій” та № 6614-2 від 07.07.2017 року “Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо підвищення пенсій та відновлення належного рівня пенсійного забезпечення”, які спрямовані на запровадження накопичувальної системи загальнообов'язкового державного пенсійного страхування в Україні, проте їх дослідження викликало ряд запитань.

По-перше, для реалізації загальнообов'язкової накопичувальної системи пенсійного страхування потрібно розробити ще цілий ряд законодавчих актів, а також

не зрозуміло – куди будуть інвестуватися накопичення через відсутність у країні накопичувальних пенсійних фондів. Довіра населення до банківської системи дуже низька, тож надійність таких установ викликає сумніви [2].

По-друге, поки що не вирішено питання, за рахунок роботодавця чи працівника йтимуть відрахування на особистий накопичувальний рахунок майбутнього пенсіонера. У першому випадку це навантаження на бізнес, яке може посилити отримання тіньових доходів у населення, у другому – знизить доходи працівника. Тому перед Урядом країни постає завдання щодо підвищення рівня заробітної плати застрахованим особам.

По-третє, це демографічна криза. За останні роки в Україні коефіцієнт смертності перевищує коефіцієнт народжуваності. Згідно статистики науковців Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М. В. Птухи, станом на 2016 рік, найбільша смертність чоловіків є у віці 40 – 55 років – саме в цей період вони помирають частіше, ніж навіть у похилому віці; жінки, у віці 50 – 65 років. Зараз в Україні для виходу на пенсію достатньо мати стаж 15 років, проте з нового року цей показник зростає до 25 років, а протягом терміну впровадження реформи – до 35 років.

По-четверте, уряд країни не враховує таку негативну тенденцію, як відтік працездатного населення за кордон. Не задоволені умовами життя в Україні, значна частина працездатного населення емігрує в пошуках кращої долі, тим самим знижуючи кількість працездатного населення в Україні.

Сьогоднішній низький розмір пенсій – результат, як спаду економіки України, так і нашого несвідомого ставлення до сплати внесків до Пенсійного фонду. Тіньовий сектор економіки не забезпечує належного внеску в розв'язання суспільних проблем і, що особливо небезпечно, порушує принципи соціальної справедливості [3].

Підсумовуючи вищевикладене, необхідно зазначити, що сьогодні пенсійна система України перебуває в складному фінансовому становищі і не забезпечує пенсіонерів необхідним обсягом пенсії для підтримання рівня життєдіяльності. У майбутньому проблема старіння населення може призвести до ще більшого загострення кризи в системі пенсійного забезпечення. У реалізації пенсійної реформи повинні бути зацікавлені всі: громадяни, влада, роботодавці та бізнес. Законотворці замість зачіпання питання про підвищення пенсійного віку, вирішили впровадити зростання вимог для страхового стажу. Для успішного здійснення реформування пенсійної системи потрібен час.

Реформування пенсійної системи – складний, багатогранний і комплексний процес, який має істотно змінити баланс політичних, економічних та соціальних інтересів населення, систему державних фінансів, функціонування ринків праці та капіталу. Необхідною умовою її реформування є підготовка суспільства, його свідомості до сприйняття нової пенсійної системи. Реформа може бути успішною лише за умови усвідомлення всіма верствами населення її необхідності і необоротності, а головне, позитивного впливу на умови життя і добробут людей.

Список використаних джерел:

1. Закон України “Про загальнообов’язкове державне пенсійне страхування” від 09.07.2003 р. № 1058-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rada.gov.ua>.

2. Пенсійна реформа: основні положення // Урядовий кур’єр від 10 квітня 2018 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/pensijna-reforma-osnovni-polozhennya>.

3. Матеріали інформаційного сайту Всеукраїнської асоціації пенсіонерів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.uarp.org/news/1504860744>.

## **УДК 336.1**

**Оксана Трач, к.е.н. Наталія Шведа**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ФІНАНСОВА СТІЙКІСТЬ ЯК ОСНОВА УСПІШНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**Oksana Trach, Nataliia Shveda, Ph.D.**

#### **FINANCIAL STABILITY AS A BASIS OF SUCCESSFUL ENTERPRISE**

Однією з найважливіших характеристик фінансового стану підприємства є його фінансова стійкість(стабільність).

Фінансова стійкість – це надійно гарантована платоспроможність, рівновага між власними та залученими засобами, незалежність від випадковостей ринкової кон'юнктури і партнерів, довіра кредиторів і інвесторів та рівень залежності від них, наявність такої величини прибутку, який би забезпечив самофінансування.

Фінансова стійкість підприємства передбачає, що ресурси, вкладені в підприємницьку діяльність, повинні окупитись за рахунок грошових надходжень від господарювання, а отриманий прибуток забезпечувати самофінансування та незалежність підприємства від зовнішніх залучених джерел формування активів.

Аналіз фінансової стійкості підприємства є найважливішим етапом оцінки його діяльності і фінансово-економічного благополуччя, відображає результати його поточного, інвестиційного і фінансового розвитку, містить необхідну інформацію для інвесторів, а також характеризує здатність підприємства відповідати за своїми боргами і зобов'язаннями та нарощувати свій економічний потенціал.

Виділяють чотири типи фінансової стійкості:

1) абсолютна стійкість фінансового стану: обсяг запасів та затрат менший суми власного оборотного капіталу та кредитів банку під товарно-матеріальні цінності, а коефіцієнт забезпеченості запасів та затрат джерелами коштів більше одиниці. Іншими словами, резерви і витрати фінансової стійкості повністю покриті за рахунок циркуляції капіталу. Підприємство не залежить від кредитів. Така ситуація відноситься до крайнього типу фінансової стабільності і буває досить рідко. Але вона не є ідеальною, адже підприємство не використовує зовнішні фінансові джерела в господарській діяльності;

2) нормальна стійкість, при якій гарантується платоспроможність підприємства, якщо дорівнює одиниці коефіцієнт забезпеченості запасів і витрат джерелами фінансових засобів. Іншими словами, нормальна стійкість характеризується оптимальним використанням власних і кредитних ресурсів. Таке співвідношення гарантує платоспроможність підприємства;

3) нестійкий (передкризовий) фінансовий стан: порушується платіжний баланс, але зберігається можливість відновити рівновагу платіжних засобів та платіжних зобов'язань за рахунок залучення тимчасово вільних джерел засобів в оборот підприємства (резервного фонду, фонду накопичення та споживання), кредитів банку на тимчасове поповнення оборотних засобів, перевищення нормальної кредиторської заборгованості над дебіторською тощо. При цьому фінансова стійкість вважається допустимою, якщо розмір короткострокових кредитів і кредитів для формування запасів і витрат не перевищує загальну вартість виробничих запасів і остаточних товарів (найбільш ліквідної частини запасів і витрат). Якщо ці умови не виконуються, то спостерігається тенденція погіршення фінансового стану.

4) кризовий фінансовий стан підприємства (підприємство знаходиться на межі банкрутства), при якому воно не може розрахуватися з кредиторами. Рівновага



платіжного балансу в даній ситуації забезпечується за рахунок прострочених платежів по оплаті праці, кредитах банку, постачальниках, бюджету тощо.

Оскільки фінансова стійкість передбачає платоспроможність в довгостроковому періоді, то слід при її оцінці приділити увагу визначенню запасу фінансової стійкості, який дасть уявлення про обсяг реалізації, що забезпечить стабільну і беззбиткову діяльність підприємства. Оцінку фінансової стійкості підприємства слід проводити в динаміці за наступними етапами:

- 1 етап — аналіз абсолютних показників;
- 2 етап — аналіз відносних показників;
- 3 етап — аналіз показників платоспроможності;
- 4 етап — визначення запасу фінансової стійкості.

Абсолютні показники фінансової стійкості характеризують доступність і можливість витрат з резерву підприємства, що утворюється за допомогою джерел формування. Є три показники, що характеризують джерела формування запасів і витрат: 1) наявність власних коштів – визначається як різниця між власним капіталом та необоротними активами підприємства; 2) наявність власних та довгострокових позикових коштів – визначається збільшенням попереднього показника на суму довгострокових зобов'язань; 3) наявність загальних коштів – визначається збільшенням попереднього показника на суму короткострокових кредитів банків.

Трьом показникам наявності джерел фінансування запасів відповідають три показники забезпеченості запасів джерелами їх фінансування: 1) надлишок або дефіцит власних коштів; 2) надлишок чи дефіцит власних та довгострокових позикових коштів; 3) надлишок чи дефіцит загальних коштів.

Другий етап оцінки фінансової стійкості передбачає розрахунок ряду відносних коефіцієнтів, таких як відношення фінансової незалежності (автономії); відношення фінансової інтенсивності (залежності); самофінансування (виплата боргів за допомогою власного капіталу); відношення кореляції між позиковим і власним капіталом (фінансовий важіль); відношення забезпеченості оборотного капіталу та інші.

На третьому етапі доцільно розрахувати відносні показники ліквідності та платоспроможності, таких як величина власних оборотних коштів (робочий, функціонуючий капітал), коефіцієнти абсолютної, швидкої (проміжної) та поточної (загальної) ліквідності, коефіцієнт маневреності власних оборотних коштів, частка оборотних коштів у активах та частка власних оборотних коштів у покритті запасів.

Завершальним етапом оцінки є визначення запасу фінансової стійкості, що характеризує рівень захищеності основної діяльності, який є в підприємства на даний момент і яким можна скористатися на випадок форс-мажорних обставин.

Алгоритм розрахунку запасу фінансової стійкості включає перш за все розрахунок точки беззбитковості (критична сума виручки, поріг рентабельності) у вартісному вираженні, а потім запас фінансової стійкості як різниця між наявною річною виручкою та критичною сумою виручки.

Таким чином, підприємство проводячи комплексну оцінку за даним алгоритмом матиме можливість планувати обсяги залучення позикового капіталу, розміри зростання прибутку та забезпечувати розробку і реалізацію фінансової політики, яка сприятиме безперебійній діяльності під впливом змін внутрішнього і зовнішнього середовища, оскільки дані етапи охоплюють не тільки показники співвідношення власного та позикового капіталу й забезпеченості запасів джерелами їх формування, а й показники, які характеризують можливість підприємства відповідати за своїми зобов'язаннями, здатність підтримувати стабільне функціонування при беззбитковому об'ємі виробництва.

**УДК 336.645.1**

**Шведа Наталія Михайлівна**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**БЮДЖЕТУВАННЯ В ПРОЕКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ**

**Shveda N. M.**

**PROJECT BUDGETING**

Результатом попередньої оцінки вартості проекту є розробка бюджету та кошторису проекту. Бюджетом називається директивний документ, що представляє собою реєстр планованих витрат і доходів з розподілом по статтях на відповідний період часу. Бюджет є документом, що визначає ресурсні обмеження проекту, тому при управлінні вартістю на перший план виходить його витратна складова, яку прийнято називати кошторисом проекту.

Кошторис проекту – документ, що містить обґрунтування і розрахунок вартості проекту, звичайно на основі обсягів робіт проекту, необхідних ресурсів і цін.

Процес формування бюджету проекту передбачає розподіл кошторисної вартості в часі за календарним планом. Бюджет проекту необхідно складати так, щоб усі його компоненти (зокрема розрахунки) можна було легко аналізувати й перевіряти. Загальний бюджет відбиває витрати коштів на проект за роками протягом усього періоду його реалізації. При цьому, бюджет першого року із поквартальним і помісячним поділом визначають із великим ступенем точності, а бюджети наступних років можуть змінюватися зі зміною цін.

Розподіл вартості проекту протягом його життєвого циклу нерівномірний і звичайно основна частина вартості виникає на фазі реалізації проекту. Але слід зазначити, що основні рішення, які обумовлюють вартість проекту, приймаються на передінвестиційній фазі проекту. Тобто управління вартістю проекту також розподіляється нерівномірно протягом усього його життєвого циклу.

Після проведення техніко-економічних досліджень складаються попередні бюджети скоріше оцінного, ніж директивного характеру. Такі бюджети підлягають узгодженню з усіма зацікавленими особами і затверджуються керівником проекту або іншою особою, що приймає рішення. Після того, як бюджет отримав офіційний статус, він стає еталоном, стосовно якого відбувається порівняння фактичних результатів.

У ході реалізації проекту виникають відхилення від раніше запланованих показників, що повинно вчасно відбиватися в поточних бюджетах. І по завершенні всіх робіт, як підсумковий, створюється фактичний бюджет.

Особливої уваги заслуговують кошториси, що представляють собою бюджети витрат. Кошторисна документація є важливою складовою бюджетної документації у великих інвестиційних проектах.

У прийнятій на Заході практиці кошториси витрат звичайно складаються з двох частин: основного (базисного) кошторису і додаткового кошторису на непередбачувані витрати, обумовлені фізичними та ціновими змінами. Основний кошторис не враховує кількісних і цінових змін, що можуть відбутися вже після його укладення. У додатковому кошторисі враховуються зміни, що очікуються в період після складання основного кошторису і до завершення реалізації проекту.

Якщо сума необхідних витрат на непередбачені зміни фізичних показників перевищує 15-20%, проект необхідно удосконалити, з тим щоб знизити рівень невизначеності ще до моменту запрошення претендентів на контракт. З деяких видів робіт (спорудження фундаментів на важких для розробки ґрунтах) може бути виправдані і 50-процентний резерв.

Окрім того, витрати за проектом можуть бути як допустимі і неприпустимі.

Допустимі витрати – це витрати, які є необхідними для реалізації проекту; будуть понесені партнерами проекту в період його реалізації; будуть підтверджені рахунками-фактурами або бухгалтерськими документами; можуть бути ідентифіковані та перевірені, підтверджені оригіналами документів.

До найбільш поширених допустимих витрат можна віднести:

- витрати на персонал, включаючи винагороди, страхування та інші додаткові витрати;
- витрати на проїзд та проживання персоналу проекту;
- вартість оренди приміщень;
- витрати на обладнання (нове або вживане) і послуги за ринковими розцінками;
- витрати на експлуатацію обладнання та закупівлі;
- витрати за субпідрядними договорами;
- витрати, пов'язані безпосередньо з виконанням вимог і умов контракту (поширення інформації, процес оцінки, аудит, переклад, публікації, страхування тощо), включаючи фінансові послуги (зокрема, банківські перекази і комісії, а також фінансові гарантії).

Найбільш поширені неприпустимі витрати:

- внесок у натуральній формі;
- борги та резерви на покриття збитків і боргів;
- виплата відсотків;
- закупівлі із засобу інших програм або джерел ЄС;
- придбання землі і будівель, за винятком випадків, коли це необхідно для безпосереднього виконання заходу (у цьому випадку власність повинна бути передана кінцевим бенефіціарам після завершення проекту);
- втрати на курсі при обміні валют;
- податки, включаючи ПДВ;
- борги третіх сторін;
- контракти на виконання робіт між організаціями — партнерами проекту;
- неоплачувана волонтерська робота персоналу проекту.

Після того як витрати визначені і бюджет проекту сформований, переходять до розподілу проектних витрат у часі, тобто до календарного планування витрат. Календарне планування витрат як розподіл витрат по ранніх та пізніх термінах виконання здійснюють для узгодження календарних термінів виконання робіт із наявними ресурсами, з метою подальшого контролю та прийняття відповідних рішень.

Визначивши вартість виконання одного дня роботи, можна перейти до складання календарного плану витрат проекту. Календарний план проекту формується через розподіл витрат для ранніх і пізніх термінів виконання роботи. Далі підсумовуються витрати на день на всі роботи для ранніх і пізніх термінів і витрати наростаючим підсумком (до витрат за попередній день додаються витрати за поточний день). Загальна сума витрат наростаючим підсумком дорівнює бюджету проекту. На основі розрахунків витрат наростаючим підсумком для ранніх і пізніх термінів будується крива вартості проекту.

Більшу частину робіт з календарного планування витрат і бюджету проекту спрощує використання спеціального програмного забезпечення, наприклад Microsoft Project, Spider Project, Primavera, Open Plan, Cobra.

**УДК 339.13**

**Оксана Вовчук, Світлана Шпилик, к.е.н., доцент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**РЕКЛАМА ЯК ЕЛЕМЕНТ КОНЦЕПЦІЇ МАРКЕТИНГУ**

**Oksana Vovchuk Shpylyk Svitlana, Ph.D., Assoc. Prof.**

**ADVERTISING AS AN ELEMENT OF MARKETING CONCEPT**

Сучасний маркетинг вимагає не тільки виробництво якісного товару і встановлення приємної та доступної ціни для цільової аудиторії. Потрібно забезпечити безповоротний потік товару від виробника до споживача. На мою думку, система маркетингових комунікацій сьогодні посідає центральне місце серед засобів конкурентної боротьби. У комплексі маркетингових комунікацій широко застосовують такі методи сприяння збуту: реклама; просування продажу (стимулювання збуту); організація зв'язків з громадськістю (паблік рілейшнз) та ін..

Реклама є одним з найголовніших елементів концепції маркетингу. Основне її завдання – інформувати та переконувати. Реклама – це неперсоніфікована мистецька форма передач, оплачуваної рекламодавцем інформації, з використанням спеціальних носіїв, що спрямована на інформування, нагадування та переконання наявних і/або потенційних споживачів, щодо сприйняття організації, її товарів, послуг чи ідей. Реклама – це багатокомпонентне соціально-економічне явище. Вона має широкий соціальний контекст у всьому різноманітті зв'язків: економічних, політичних, моральних, релігійних. Рекламна комунікація служить рекламістові основною інформативною базою для керівництва в умовах розвитку ринкових відносин та зміцнення економічних зв'язків у процесі створення конкретного рекламного продукту.

Реклама має багатоплановий вплив на людину, її поведінку та оцінки. Її вплив може носити як прямий, так і непрямий характер. Реклама чинить опосередкований вплив на формування думок, поведінку людей, суспільну свідомість. Опосередкований характер впливу реклами проявляється як через міжособистісне спілкування, що відтворює рекламні ідеї в більш довірчій формі обміну особистим досвідом, так і через масові уявлення (норми, традиції, стереотипи), прийняті в суспільстві. Реклама використовується для інформування суспільства про нововведення, покликати зробити життя людини більш комфортним та зручним, що пов'язано зі створенням нових товарів і послуг. Вона може застосовуватися для вирішення практичних завдань збільшення прибутку фірм і для реалізації стратегічних маркетингових цілей.

Реклама є особливою формою комунікації. Процес комунікації реалізує найбільш загальні завдання, такі наприклад, як інформувати про події та факти суспільного життя, розвивати контакти між людьми, керувати процесом спілкування. Крім цього, реклама вирішує і свої приватні завдання: створює задані образи переконує споживача у необхідності і можливості придбати той чи інший товар, формує в нього бажання купити рекламований товар ненав'язливо і ефективно.

Взаємодія суспільства і реклами є двоєдиним процесом: суспільство розвиває і інтенсифікує рекламну діяльність, а рекламні технології, у свою чергу, дають відповідний стимул соціально-економічному розвитку суспільства. Аудиторія рекламної комунікації – «об'єктно-суб'єктна» спільність. З одного боку, аудиторія рекламної комунікації є об'єктом, на який спрямовано комунікативний вплив, з іншого боку, рекламна комунікація завжди адресована конкретному споживачеві – активному суб'єкту [1].

Виділяють види реклами залежно від цілей: 1) інформативна реклама; 2) реклама-переконання; 3) реклама-нагадування.

Інформативна реклама відіграє важливу роль на початковій стадії просування товару, коли її ціль – створення первинного попиту.

Реклама-переконання набуває особливої ваги на стадії конкурентної боротьби, коли компанія прагне створити стійкий попит на визначену марку товару. Інколи реклама-переконання перетворюється у порівняльну рекламу, ціль якої – встановити переваги певної марки товару шляхом порівняння однієї чи декількох її ознак з ознаками аналогічних товарів.

Реклама-нагадування особливо ефективна для добре відомих на ринку товарів. Мета яскравої та дуже дорогої реклами "Завжди Coca-Cola" – не інформація про товар чи заклик до покупки напою, а саме нагадування. Схожа форма реклами – реклама-підтримка, ціль якої – спроба усунення останніх сумнівів споживача у тому, що він зробив правильний вибір. У рекламах часто використовуються зображення задоволених покупців, які придбали рекламований товар. Тобто, кожна з видів реклами вирішує певні цілі компанії. У залежності від того, які цілі та мету переслідує реклама, виділяють наступні її види: 1) імідж-реклама; 2) стимулююча реклама; 3) політична реклама; 4) бізнес-реклама; 5) суспільна реклама та інші [2].

Пріоритетними напрямками використання основних засобів реклами є: друкована реклама, реклама у пресі, реклама на радіо, реклама на телебаченні, кіно- та відеореклама, виставки та ярмарки, рекламні сувеніри, пряма поштова реклама, зовнішня реклама, реклама в Internet.

Реклама як засіб комунікацій має свої переваги та недоліки.

До переваг реклами можна віднести: можливість залучення великої аудиторії; низька вартість одного рекламного контакту; у наявності є велика кількість різних ЗМІ і можна вибрати найбільш придатні для цільових сегментів; можливість контролювати зміст повідомлення, його оформлення, час виходу; можливість змінювати повідомлення залежно від реакції цільового сегмента; висока ймовірність того, що рекламне повідомлення дійде до потенційного споживача; імовірність того, що покупець прийде до рішення про покупку до контакту безпосередньо з продавцем.

Недоліки реклами: рекламне повідомлення є стандартним, негнучким; немає можливості зосередитися на індивідуальних потребах клієнта; рекламне повідомлення є коротким; деякі види реклами вимагають великих інвестицій; у ряді випадків необхідно довго чекати розміщення рекламного повідомлення [3].

Зважене планування рекламної кампанії створює можливість для підприємства правильно розподіляти ресурси, запобігати невиправданим витратам, що можуть виникати за непередбаченого процесу рекламування товарів або послуг. План рекламної кампанії дозволяє своєчасно вносити корективи та забезпечити повноцінне управління рекламною діяльністю підприємства. Будь-який стан споживацького попиту може бути змінений цілеспрямованими рекламними заходами у відповідності з можливостями підприємства. Різноманітність видів та функцій реклами, її універсальний та всеохоплюючий характер роблять її потужним інструментом у системі маркетингу.

#### **Література:**

1. Богомолова Н. Н. Социальная психология печати, радио и телевидения / Н. Н. Богомолова. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 127 с.
2. Миронов Ю.Б. Основи рекламної діяльності [Електронний ресурс] / Ю.Б. Миронов, Р.М.Крамар.– Режим доступу до документу: <http://kerivnyk.info/osnovy-reklamnoi-diyalnosti1-2/>
3. Бутенко Н.В. Основи маркетингу. [Електронний ресурс] / Н.В. Бутенко. – Режим доступу до документу: <http://buklib.net/books/21857/>

**УДК 339.13**

**Світлана Шпилик, к.е.н., доцент, Олександра Шпилик, ст. викл.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **КОНКУРЕНЦІЯ ТА ЇЇ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА**

**Shpylyk Svitlana, Ph.D., Assoc. Prof., Shpylyk Oleksandra**

### **COMPETITION AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF THE STRATEGY OF ENTERPRISE**

Кожне підприємство, що веде конкурентну боротьбу в галузі, так чи інакше користується стратегією конкуренції. Така стратегія може розроблятися через процес планування або ж розгортатися приховано через діяльність різних відділів фірми. Маючи свободу дій, кожен підрозділ неминуче використовуватиме методи, продиктовані його професійною орієнтацією та стимулами. Проте суму таких методів кожного відділу навряд чи можна назвати найкращою стратегією.

Конкуренція в загальному значенні може бути визначена як суперництво між окремими особами і господарюючими одиницями, зацікавленими в досягненні однієї і тієї ж мети – переваги над своїми суперниками (конкурентами). З точки зору підприємництва такою метою є максимізація прибутку за рахунок завоювання споживачів. І хоча ця мета орієнтує розвиток ринку з моменту його виникнення, перші найбільш цілісні теоретичні положення про рушійні сили конкурентної боротьби з'явилися лише у середині XVIII століття. Якщо цю мету конкретизувати з погляду концепції маркетингу, то ринковою конкуренцією, на думку авторів, називається боротьба фірм за обмежений обсяг платоспроможного попиту споживачів, що ведеться фірмами на доступних їм сегментах ринку.

Основне призначення конкурентної стратегії – створення комплексу конкурентних переваг для досягнення успіху у бізнесі в довгостроковій перспективі. Ознака відсутності стратегічного підходу – концентрація організації на внутрішніх ресурсах. Тим самим ігноруються всі можливі загрози з зовні (вони сприймаються тільки як факт, що здійснився) та упускаються сприятливі тенденції. Стратегічний підхід полягає у перетворенні будь-яких змін у позитивні можливості та їхнє використання.

Підприємство одержує ресурси з зовні, випускає кінцевий продукт, орієнтований на зовнішнього споживача, і веде конкуренцію на ринку. Підприємство змушене бути зовнішньо орієнтованим. Отже, найважливішим процесом для діяльності підприємства, є аналіз зовнішнього середовища, з якого і починається розробка моделі стратегічного розвитку. Розробка стратегії конкуренції значною мірою означає вироблення широкого підходу до того, яким буде бізнес, якими повинні бути його цілі та яка політика є необхідною для їх досягнення.

Аналіз літературних джерел виявив, що під стратегією прийнято розуміти набір правил та засобів, за допомогою яких забезпечується досягнення підприємством своїх цілей. Існує багато поглядів на поняття стратегії. Проте загальноприйнятого та узгодженого визначення щодо стратегії немає, усі визначення вказують на важливість формування стратегії та слідування стратегічному плану. На нашу думку, стратегія – це сукупність засобів для ефективного управління та перемоги у конкурентній боротьбі на ринку. Сьогодні в закордонних фірмах на стратегічному плануванні робиться наголос, який, відображає думку, що через експліцитний процес формування стратегії можна одержати значний зиск і скоординувати та спрямувати на досягнення певної мети якщо не діяльність, то принаймні політику функціональних підрозділів. Зростаюча увага до формального стратегічного планування висвітлила питання, які довго турбували

менеджерів: що стимулює конкуренцію в галузі чи в галузях, куди я планую увійти? яких заходів найімовірніше вживатимуть конкуренти і як найкраще відреагувати на них? як розвиватиметься ця галузь? як можна найкраще позиціонувати фірму, щоб вести конкурентну боротьбу в тривалому періоді?

Формуванню стратегічних чинників успіху сприяє обґрунтований вибір маркетингових стратегій, які мають орієнтувати підприємство на максимальну та своєчасну адаптацію діяльності до динамічного маркетингового середовища для досягнення їхніх стратегічних цілей.

Маркетингові стратегії – це основні напрями зосередження зусиль, філософія бізнесу підприємства в умовах маркетингової орієнтації. До портфеля маркетингових стратегій, що розробляються підприємством на різних рівнях, належать 3 групи: 1) корпоративні; 2) функціональні; 3) інструментальні стратегії.

Кожна з цих підсистем має свої особливості. Усі ці підсистеми повинні бути спрямовані на досягнення головної мети підприємства – постійне підвищення конкурентного статусу. Конкурентний статус підприємства визначає споживач, потенційний покупець. Тому формування конкурентних переваг підприємства базується на його диференціації з погляду споживачів.

Кожне виробниче підприємство володіє певними атрибутами, які є для споживачів критеріями під час зіставлення підприємств та їх товарів. Завдання маркетолога – спираючись на ці атрибути диференціювати своє підприємство так, щоб воно мало конкурентні переваги на тому чи іншому сегменті. Слід підкреслити, що виділені атрибути – це критерії, за якими споживач вибирає (диференціює) підприємство та його товар. Конкурентні переваги можуть мати різний рівень ієрархії і відноситись до товару, підприємства, галузі, економіки в цілому, базуючись на цінових і нецінових факторах, бути довготерміновими, середньотерміновими і короткотерміновими, стійкими і нестабільними, унікальними і імітованими та іншими ознаками.

Жодна фірма не може досягнути конкурентних переваг по всіх комерційних характеристиках товару і засобах його пропозиції. Необхідні вибір пріоритетів і вироблення стратегії, які б найбільшою мірою відповідали тенденціям розвитку ринкової ситуації і найкраще використовували сильні сторони своєї діяльності. На відміну від тактичних дій на ринку, стратегія повинна бути спрямованою на забезпечення конкурентних переваг в довгостроковій перспективі.

Формування конкурентних переваг підприємства, на нашу думку, є основою побудови конкурентної стратегії, спрямованої на досягнення лідерства на ринку.

Виявивши і оцінивши основних конкурентів, фірма повинна розробити конкурентні стратегії, за допомогою яких вона зможе отримати конкурентну перевагу, запропонувавши товари вищої споживчої цінності. Необхідним є формування „стратегічного набору” (система стратегій різного типу на певний відрізок часу), що відбиває специфіку функціонування та розвитку суб’єкта, рівень його претендування на місце й роль у зовнішньому середовищі. Управління конкурентною поведінкою бізнес-організації базується на розробці та ефективній реалізації зваженої, обґрунтованої конкурентної стратегії, яка передбачає забезпечення конкурентних переваг на тривалій період (5-10 років).

Отже, стратегія є засобом управління підприємством, який дає можливість забезпечити його довгострокове функціонування у динамічному, невизначеному середовищі за рахунок визначення механізмів впливу на нього з метою зменшення невизначеності та своєчасної реакції, а попередження та реакція на зміни – це головні переваги підприємства, що застосовує такий підхід при формуванні своєї стратегії.

**УДК 33.330**

**Юрик Н.Є, к.е.н., доц., Пастух Х.Р**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПУБЛІЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ В СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ**

**Yuryk Natalia, Ph.D., Assoc. Prof., Pastukh Khristina**

### **PECULIARITIES OF PUBLIC ORGANIZATION DEVELOPMENT IN MODERN ECONOMIC CONDITIONS**

Еволюція сучасного суспільства визначається найвагомішими тенденціями та факторами його розвитку: глобалізаційними, інформаційними, інноваційними, соціальними, європеїзаційними та іншими. Загальнотеоретичне уявлення про динаміку суспільних змін відображає сучасна методика інноваційного розвитку суспільства. У цій методиці вплив цих тенденцій та факторів розглядається також як їх адекватне проектування в теорії та практиці соціального та державного (публічного) управління, ключові принципи яких забезпечують оновлення системи публічного управління через комплексний механізм нововведень шляхом здійснення державно-управлінських реформ. Прагнення українського суспільства до прогресивних перетворень на засадах європейських цінностей зумовлює передусім потребу в масштабному, своєчасному, адекватному та швидкому оновленні ефективності системи публічного управління у межах цілеспрямованого здійснення державно-управлінських реформ. Це зумовлює необхідність більш поглибленого доопрацювання теоретико-методологічних засад інноваційного розвитку суспільства з урахуванням еволюції теорії та практики соціального та державного (публічного) управління, а також стратегічних завдань реалізації нової політики державного управління України.

Згідно Закону України «Про добровільне об'єднання територіальних громад» який 05.03.2015 набув чинності, у територіальній громаді є можливість обрати шлях: об'єднуватись чи фінансувати себе самостійно?

Головними чинниками, заради якого об'єднуються територіальні громади, є отримання економічної та податкової самостійності, отримання самостійних функцій, які фактично надають об'єднаним територіальним громадам статусу, наближеного до статусу які сьогодні мають міста обласного значення. Для невеликих територіальних громад переважну частину видатків бюджету складають саме видатки на управління, тобто фактично на зарплатню працівників сільської ради. Ніяких видатків на освіту або ЖКГ в малих громадах немає, або вони дуже незначні. Лише починаючи з 5 тис. населення структура видатків стає більш оптимальною та забезпечує задоволення потреб мешканців.

У 2016 році Гукалівська сільська рада висунула ініціативу не приєднуватись до ОТГ. На місцевій сесії депутати сільської ради більшістю голосів висунули клопотання не вступати в ОТГ, аргументувавши це тим, що для піднесення власної інфраструктури та зростання добробуту мешканців, сільська рада повністю забезпечить Лопушани та Гукалівці за рахунок податків підприємців, інвестицій корейської фірми "Пі ЕнЕйч — Україна", та майбутніх кооперацій які планують реалізувати у 2018-2019 рр.

Завдяки новітнім технологіям, а саме розміщення сонячної електростанції потужністю 22,78 МВт на території Гукалівської сільської ради Зборівського району Тернопільської області, місцева громада зможе розвивати свою територію. Оскільки, виробництво електроенергії з відновлювальних і нетрадиційних джерел енергії стає



дедалі актуальнішим для будь-якої країни, що хоче зменшити свою енергозалежність від інших держав, зокрема забезпечити себе від можливих перебоїв з поставками органічного та ядерного палива. До того ж таке виробництво або зовсім не дає викидів у атмосферу шкідливих речовин (вітро-, гідроенергетика, використання геотермальних джерел та енергії Сонця) або принаймні не збільшує обсягу таких викидів.

Розміщення сонячної електростанції потужністю 22,78МВт на території Гукалівської сільської ради Зборівського району Тернопільської області це ефективне залучення території площею 64,1 га, яка на даний час не має обмежень щодо використання. Вказана територія – це землі сільськогосподарського призначення (землі запасу – пасовища). Ділянка вільна від забудови, рельєф складний з ухилом на південь. Ділянка забезпечена під'їздом (місцевою дорогою) із південної сторони.

Реалізація проекту має довгострокові наслідки та стане економічним поштовхом для розвитку соціально-економічної самодостатності Гукалівської сільської ради, а саме: дасть змогу залучити додаткові джерела на фінансування проекту; сприятиме удосконалення соціальної інфраструктури; дозволить мінімізувати витрати на споживання електроенергії. Мережеві сонячні фотоелектричні станції, як один з видів електростанцій, що використовують для генерування електрики є альтернативним джерелом енергії. Сонячні батареї перетворюють енергію сонячного випромінювання в змінний струм, який потім надходить в загальну електромережу. Сонячна установка має у своєму складі три ключових елементи: фотоелектричні модулі, інвертори і рами для сонячних панелей.

Мережеві сонячні системи, як об'єкт сонячної енергетики, можуть використовуватися як для генерації екологічно безпечної електроенергії з метою подальшої реалізації в загальнодержавну електромережу за зеленим тарифом, так і для вироблення електроенергії для власного споживання.

За допомогою реалізації даного проекту буде гарантовано:

1. Фінансову сталість: економічна ефективність та показники самоокупності проекту: при реалізації даного проекту буде спостерігатися економія коштів на електроенергію, використання фотоелектричних модулів дозволить забезпечити повсякденні потреби в електроенергії для сільської ради до 100%, термін окупності 5 років, а використання сонячного колектора дасть змогу забезпечити сонячною електроенергію на 60-70% з окупністю в 2-3 роки.
2. Інституційну сталість: провадження місцевої політики у сфері застосування інноваційних технологій, використання яких дасть в найближчій перспективі суттєву економію коштів, які використовуються на оплату енергоносіїв в районі.
3. Політичну сталість: даний проект стане потужним стимулом для популяризації сонячної електроенергії, які впроваджуються в життя на основі змішаного фінансування та дасть суттєве скорочення бюджетних витрати на електроенергію.

Діяльність за проектом в перспективі передбачає подальший розвиток й встановлення сонячних батарей у Зборівському районі. За рахунок зменшення споживання електроенергії буде відбуватися вивільнення бюджетних коштів, які відповідно можна буде спрямувати на реалізацію інших соціальних проектів.

**УДК 33.330**

**Юрик Наталія Євгенівна, к.е.н., доцент, Луциків Іванна Василівна, к.е.н.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВИКОРИСТАННЯ АКМЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТА АКМЕОЛОГІЧНОГО  
ПІДХОДУ ДО САМОРОЗВИТКУ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ  
САМОМЕНЕДЖМЕНТУ**

**Yuryk Natalia, Ph.D., Assoc. Prof., Lutsykiv Ivanna, Ph.D.**  
**THE USE OF ACMEOLOGICAL MODEL AND ACMEOLOGICAL APPROACH TO  
PERSONAL SELF-DEVELOPMENT IN TERMS OF SELF-MANAGEMENT**

Акмеологічний підхід до особистості виробляється в рамках психологічної науки. Даний підхід розглядає розвиток на протязі всього життя людини. акмеологія враховує не тільки прогресивні, потенційні можливості при визначенні розвитку особистості, але й її регресивні варіанти і виявляє та діагностує з метою її оптимізації самою особистістю чи з допомогою акмеологічної підтримки. Акмеологія враховує закономірності, які виявлені психологією, для того щоб розвиток особистості здійснювалося не стихійно-емпірично, а цілеспрямовано, з урахуванням цих закономірностей. В цьому акмеологія зближується з педагогікою: вона не просто досліджує процеси розвитку, та включає практику розвитку і удосконалення особистості в якості центральної наукової задачі. На відміну від педагогіки, акмеологія ставить своїм завданням не тільки і не стільки отримання особистістю знань, але й удосконалення її самої, її мислення, здібностей, навиків і вмінь.

Постановка життєвих цілей ґрунтується на принципах та ідеалах, визначених на попередньому етапі, а також на життєвих планах людини. Труднощі, що супроводжують певні етапи життя, долаються бажанням самої людини розвиватися, ставати більш зрілою і відповідальною. Зріла особистість у ході розвитку самостійно обирає чи змінює зовнішню ситуацію свого розвитку, а завдяки цьому змінює і себе.

Відповідальність створює психологічний простір для саморозвитку та самореалізації, задає мотиваційно і ситуаційно вивірені орієнтири для розгортання цих процесів; визначає зони оптимального співвідношення зовнішніх вимог щодо особистості з одного боку, та рівня домагань особистості і її актуальних можливостей, з іншого. В цьому зрізі відповідальність виступає як контролюючий механізм, котрий захищає особистість, задає її стійкість щодо зовнішніх дестабілізуючих впливів і внутрішніх не виважених ініціатив. Одним з вимірів відповідальності є суб'єктивний локус контролю особистості.

З огляду на це найважливішими стають ті принципи, які дають змогу повністю розкрити потенціал людини і спрямувати його на користь організації: розвиток творчих здібностей персоналу; залучення співробітників до розроблення управлінських рішень; опора на систему гнучкого лідерства серед персоналу та особисті контакти працівників із зовнішнім оточенням; використання таких методів співпраці з людьми, які забезпечують їх задоволення роботою; постійна і цілеспрямована підтримка індивідуальної ініціативи працівників фірми і організацій, які з нею співпрацюють;

чесність і довіра в ділових відносинах; орієнтація на високі стандарти роботи і прагнення до нововведень; обов'язкове визначення розміру внеску працівника у загальні результати; орієнтація на перспективу розвитку; опора на загальнолюдські цінності та соціальну відповідальність бізнесу перед людьми та суспільством загалом. На кожного працівника повинен виділятися визначений бюджет для його саморозвитку; він самостійно вибирає необхідні для себе теми. В організації заохочується уміння брати на себе відповідальність. Індивідуальні потреби в навчанні кожного працівника – центральна ланка планування його кар'єри.

Акмеологічна модель – оптимальний варіант особистісно-професійного сходження до акме – є описом ознак результатів рівнів продуктивності. Її визначають: акмеологічні критерії – вимірник оцінки професійного становлення; акмеологічні показники – професійні завдання певного роду і конкретного рівня розвитку професіоналізму; акмеологічні рівні – ступінь розвитку професіоналізму.

Акмеологічний підхід базується не тільки на методологічних принципах, але і на позиції по відношенню до досліджуваного об'єкта, а також на застосуванні власне акмеологічних методів дослідження і вирішення практичних завдань. Тому опора на нього може дозволити отримати якісно нові наукові результати. Ці результати відрізняються від того, що можуть дати, наприклад, психологічні дослідження. Дані відмінності заслуговують особливої уваги, тому що вони дозволять краще зрозуміти специфічність акмеологічного знання і особливості акмеологічного дослідження.

На основі вищесказаного можна констатувати, що суттєвою ознакою сьогодення є актуалізація акмеологічного підходу до аналізу особливостей прояву соціально-психологічних властивостей особистості, то її розвиток і становлення розглядається в єдності внутрішньої психічної й зовнішньої практичної діяльності: з одного боку, соціально-психологічні властивості особистості проявляються, формуються й розвиваються в соціумі, з другого – соціальне середовище, володіючи великою кількістю ступенів свободи, значною мірою визначається особистими комунікативними якостями й можливостями індивіда. Це сприяє посиленню вимог до комунікативної поведінки особистості, підвищує її комунікативну компетентність, робить залежним успіх її діяльності від власних комунікативних знань, умінь і навичок. Комунікативна компетентність у цьому контексті трактується як інтегральна якість особистості, що пронизує всі її професійно-особистісні утворення, як оформленість індивідуальної програми поведінки в системі соціальних відносин, мотиваційна приналежність до певного соціального середовища, спрямованість на розвиток комунікативних здібностей, прагнення до збереження й розвитку соціально-психологічних традицій конкретної соціальної інституції й тієї групи, в якій відбувається її соціалізація, загалом, як сформованість комунікативного стилю життя індивіда.

**УДК 004.4**

**В.Яцишин<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Х. Яцишин<sup>2</sup>, Р. Ладика<sup>2</sup>, к.фіз.-мат.н, доц.**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>2</sup>Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського,  
Україна

**ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГНУЧКИХ МЕТОДОЛОГІЙ РОЗРОБКИ**

**V.Yatsyshyn, Ph.D., Assoc.Prof., K. Yatsyshyn, R. Ladyka, Ph.D., Assoc.Prof.**

**FORMALIZATION OF SOFTWARE QUALITY ASSURANCE PROCESS BASED ON THE FLEXIBLE METHODOLOGIES IN MEDICINE AREA**

Прямо використовувати гнучкі методології розробки для систем реального часу, до якого відносяться системи медичного призначення, не рекомендується. Тому виникає необхідність формалізувати та адаптувати процес забезпечення якості таких систем з врахуванням методологічних і технологічних особливостей гнучких методологій проектування програмних систем.

Процес планування проекту систем медичного призначення проводиться на основі аналізу потреб замовника у системі, тому в першу чергу необхідно формалізувати вимоги. Представимо потреби у вигляді множини

$$Needs = \{ n_i, t_j \} \quad (1)$$

$n_i$  – потреби замовника в конкретний момент часу,  $i = 1, N$  – кількість потреб в конкретний момент часу;

$t_j$  – конкретний момент часу формування потреби,  $j = 1, T$  – кількість моментів фіксації часу.

На наступному кроці необхідно визначити вимоги до системи медичного призначення

$$Req = \{ r_i, Needs_{ij} \} \quad (2)$$

$r_i$  – вимоги до систем реального часу,  $i = 1, R$  – кількість вимог до системи;

$Needs_{ij}$  – потреби замовників у системі реального часу,  $j \in 1..N$  – кількість потреб, пов'язаних із вимогою.

Для кожної вимоги, що належить множині  $Req$  необхідно задати пріоритет, тоді вимоги представимо у вигляді множини

$$Req = \{ r_i, Needs_{ij}, Weight_i \} \quad (3)$$

$Weight_i$  – ваговий коефіцієнт для інтерпретації важливості  $i$ -ої вимоги.

Для визначення вагових коефіцієнтів пропонується використати експертні технології, зокрема метод аналізу ієрархій, метод простого алгоритму вибору та метод середньої зваженої оцінки.

При застосуванні гнучких методологій важливим є планування компонентів систем медичного призначення на найвищому рівні, тобто на рівні концептуального проектування архітектури

$$ArcHigh = \{ comp_i \} \quad (4)$$

$comp_i$  – компоненти архітектури системи медичного призначення на концептуальному рівні;

Компоненти архітектури реалізують функціональні вимоги з набору  $Req$  у формулі (3), тобто

$$\{Req_i\} \rightarrow comp_j \text{ або } comp_i \rightarrow Req_{ij} \quad (5)$$

$\{Req_i\} \in Req, i = 1..H$  – підмножина вимог, які реалізують деяку підсистему системи реального часу;

$H$  – кількість вимог, які визначають компонент архітектури на концептуальному рівні.

Для визначення пріоритету підсистеми чи модуля пропонується знайти зважену суму пріоритетів вимог, які буде реалізовано у даному компоненті системи медичного призначення.

$$Weight(comp_i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^H Weight_j \quad (6)$$

$Weight(comp_i)$  – ваговий коефіцієнт компонента архітектури на концептуальному рівні;

$Weight_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -ої вимоги, яка буде реалізована в  $i$ -ому компоненті.

Таким чином, визначено пріоритетність реалізації компонентів систем медичного призначення, що в подальшому буде враховано при плануванні спринтів.

Для реалізації компонентів систем медичного призначення необхідно спланувати задачі, які ведуть реалізації підсистем. Однак перед тим потрібно провести декомпозицію модулів на більш елементарні і включити їх у спринти. В загальному випадку задачі щодо реалізації модулів можна представити у вигляді множини

$$Task = \{comp_i \{ecomp_{ik}\}, task_{ikj}\} \quad (7)$$

$ecomp_{ik}$  – елементарний компонент  $i$ -го модуля системи медичного призначення,  $k = 1..K$ ,  $K$  – кількість елементарних модулів;

$task_{ikj}$  – задачі, які необхідно виконати для реалізації  $i$ -го модуля системи реального часу.

У гнучких методологіях передбачено поняття спринта, тобто відрізок часу протягом якого реалізуються задачі, які ведуть до створення елементарних та повноцінних підсистем систем медичного призначення. Спринти представимо множиною, до складу якої входять виконавці і задачі, які вони реалізують

$$Sprint = \{Task_i, \{Person\}, t_{start}, t_{end}\} \quad (8)$$

$Task_i$  – множина задач, які виконуються протягом спринта;

$\{Person\}$  – множина осіб, які виконують визначені задачі протягом спринта;

$t_{start}$  – дата початку спринта;

$t_{end}$  – дата закінчення спринта;

Формалізація процесів гнучких методологій розробки програмного забезпечення медичного застосування з інтеграцією методу забезпечення якості на основі моделей якості стандарту ISO/IEC 25010 дає змогу підвищити якість та продуктивність виконання таких програмних проєктів і гарантує якість для кінцевого замовника чи клієнта. Додаткового дослідження потребує метод визначення пріоритетів атрибутів якості та відповідно адаптація методів планування і керування ризиками при виконанні проєктів медичного призначення. Пріоритети атрибутів якості систем медичного призначення можна задавати на основі експертних технологій, або за наявності множини даних (data set), шляхом застосування алгоритмів машинного навчання, зокрема нейронних мереж, методів колаборативної фільтрації та ін.

## ЗМІСТ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Секція: ФЕНОМЕН ІВАНА ПУЛЮЯ, РОЛЬ ОСОБИСТОСТІ В<br/>СТАНОВЛЕННІ УКРАЇНСЬКОЇ НАУКИ .....</b>                           | <b>5</b>  |
| Василь Ніконенко, к. ф. н, проф., Оксана Потіха, к. і. н., ст. викл.....   | 5         |
| ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОЛІТИЧНИХ ЕЛІТ .....   | 5         |
| Василь Ніконенко, к. ф. н, проф., Наталія Габрусєва, асистент .....  | 7         |
| ПРОБЛЕМИ МІЖНАЦІОНАЛЬНИХ ВІДНОСИН В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....   | 7         |
| Рокіцький О. М, к. і. н., доц.....   | 9         |
| ЖИТТЯ ПРИСВЯЧЕНЕ НАУЦІ ТА УКРАЇНІ .....  | 9         |
| П.І. Сівчук .....  | 10        |
| ПРОБЛЕМИ СОЦІАЛІЗАЦІЇ МОЛОДІ В УМОВАХ СОЦІАЛЬНО-ПОЛІТИЧНИХ<br>ТРАНСФОРМАЦІЙ.....   | 10        |
| С.А. Федак к. ф. н, доц.....   | 12        |
| УКРАЇНСЬКОМОВНА ФІЗИЧНА ТЕРМІНОЛОГІЯ В НАУКОВО-ПОПУЛЯРНІЙ<br>КНИЖЦІ ІВАНА ПУЛЮЯ «НОВІ І ПЕРЕМІННІ ЗЬВІЗДИ».....          | 12        |
| <b>Секція: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ<br/>ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>  | <b>13</b> |
| Ів.Б. Гевко, д. т. н., проф., В.З. Гудь к. т. н, О.А. Круглик, асп. ....   | 13        |
| ПОШУК НОВИХ СПОСОБІВ НАВИВАННЯ СПІРАЛЕЙ ШНЕКІВ.....  | 13        |
| Олена Гевко, к. м. н, доц., Микола Хвостівський к. т. н, доц.....  | 15        |
| МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ІЗ<br>ВРАХУВАННЯМ АЛЬФА- ТА БЕТА-АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ .....         | 15        |
| Машталяр С.В., Пастернак В.С.....  | 18        |
| СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПЛАТФОРМИ СТЮАРТА .....  | 18        |
| Ю.Б. Паляниця, Є.Б Яворська, к. т. н, доц., Г.М. Шадріна к. т. н., доц. ....   | 19        |
| АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ФОНОКАРДІОСИГНАЛУ ЯК<br>ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ .....             | 19        |
| Л. Романюк, к. т. н., доц. ....  | 21        |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОНИ ЗЛИТТЯ ВІДКРИТИХ ПОТОКІВ ВОДИ .....   | 21        |
| Тимків П.О. ....   | 22        |
| ВЕРИФІКАЦІЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ<br>ФІЛЬТРУ КАЛМАНА У НИЗЬКОІНТЕНСИВНІЙ ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЇ.... | 22        |
| С.І. Федак, к. т. н, доцент .....  | 24        |
| ВИБІР ЯДРА ДЛЯ ОПИСУ ПОВЗУЧОСТІ МАТЕРІАЛІВ ЗА УМОВИ<br>НАКЛАДАННЯ ЦИКЛІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ .....                              | 24        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Секція: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>  | <b>25</b> |
| <b>Олександр Андрейків<sup>1</sup>, д. т. н., член.-кор. НАНУ, Ірина Долінська<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., Володимир Кухар<sup>1</sup> асп., Орест Райтер<sup>2</sup> асп.....</b> | <b>25</b> |
| ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИКИ І ПЕРІОДУ ДОКРИТИЧНОГО РОСТУ ТРІЩИН В МАТЕРІАЛАХ ТРУБОПРОВІДІВ ЗА ДІЇ СИЛОВИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ФАКТОРІВ З ВРАХУВАННЯМ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ.....        | 25        |
| <b>С. Балабан, к. т. н., доц., О. Якубишин .....</b>   | <b>26</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ СТАРІННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОЛІМЕРНІЙ ОСНОВІ .....  | 26        |
| <b>Басара М.А.....</b>   | <b>27</b> |
| СТАТИЧНА МІЦНІСТЬ ВУЗЛІВ ЗВАРНИХ ФЕРМ.....   | 27        |
| <b>Наталія Блашак, Надія Крива.....</b>  | <b>28</b> |
| АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ПРУЖНОЇ АНТИПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПІВПРОСТОРУ З ОДНОБІЧНО ВІДШАРОВАНИМ ВКЛЮЧЕННЯМ.....  | 28        |
| <b>Юрій Боднарчук, Галина Крамар, к.т.н., доц.....</b>   | <b>30</b> |
| ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ .....   | 30        |
| <b>А.В. Букетов<sup>1</sup>, д. т. н., М.В. Браїло<sup>1</sup>, к. т. н., С.В. Якущенко<sup>1</sup>, В.М. Яцюк<sup>2</sup> к. х. н., М.Ю. Амелін<sup>1</sup> .....</b>               | <b>31</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИ-ПОЛІЕФІРНОГО МАТРИЦІ МОДИФІКОВАНОЇ МЕТИЛЕНДІФЕНІЛДІЗОЦІАНАТОМ.....   | 31        |
| <b>А.В. Букетов, д. т. н., А.Г. Кулініч, С.О. Сметанкін, В.М. Яцюк, к. х. н.....</b>   | <b>32</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ, МОДИФІКОВАНИХ 4-АМІНОБЕНЗОЙНОЮ КИСЛОТОЮ (4-AMINOBENZOIC ACID) .....  | 32        |
| <b>Ján VIŇÁŠ, Assoc. Prof., Ing., Ph.D. Janette BREZINOVÁ, Prof, Ing., Ph.D., Jakub BREZINA, Ing.,.....</b>  | <b>33</b> |
| INVESTIGATION OF JOINING ZINC-COATED STEEL SHEETS BY LASER WELDING FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY.....  | 33        |
| <b>Ján Viňáš, Assoc. Prof., Ing., Ph.D., Dagmar Draganovská, Assoc. Prof, Ing., Ph.D..</b>   | <b>35</b> |
| THE STUDY OF THE INFLUENCE OF SURFACE PRETREATMENT ON THE PROPERTIES OF PLASMA COATINGS .....  | 35        |
| <b>Дмитро Вітенько, Андрій Сорочак, к.т.н.....</b>   | <b>37</b> |
| АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД .....   | 37        |
| <b>Г.В. Габрусєв, к.фіз.-мат. н., доц., Б.Г. Шелестовський, к.фіз.-мат.н., доц., О.І. Панчук .....</b>   | <b>39</b> |
| КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ ШТАМПА ТА ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЇ ПІВПЛОЩИНИ.....  | 39        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Г.В. Габрусєв, к.фіз.-мат. н., доц.; І.Ю. Габрусєва, к.т.н. ....</b>  | <b>41</b> |
| ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПОЧАТКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПЛИТИ НА ЇЇ<br>ВЗАЄМОДІЮ ІЗ ПАРАБОЛІЧНИМ ШТАМПОМ .....                         | 41        |
| <b>Надія Громосяк, Ковальчук Я. О., к.т.н., доцент .....</b>   | <b>43</b> |
| ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СТІНОВОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ВІД<br>ЗМІНИ ВОЛОГОСТІ .....   | 43        |
| <b>Михайло Гудь, Галина Крамар., к.т.н., доц., Іван Гудь .....</b>   | <b>44</b> |
| ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ БЕТОНУ .....  | 44        |
| <b>Петро Гузик, Павло Білоус, Юрій Микитів, Роман Золотий, канд. техн. наук ...</b>  | <b>46</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРУЗІЇ ПРИ 3D ДРУЦІ .....  | 46        |
| <b>Анна-Марія Дзюбак, Ольга Мещерякова .....</b>   | <b>47</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ ПРИ<br>СПОРУДЖЕННІ СТІН .....  | 47        |
| <b>Ігор Добротвор, д. т. н., доц., Віталій Карташов, к. т. н., Данило Стухляк.....</b>                                     | <b>49</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З<br>НАПОВНЮВАЧАМИ ФЕРОМАГНІТНОЇ ПРИРОДИ .....                            | 49        |
| <b>Василь Запухляк, к. т. н., доц., Любомир Побережний д. т. н., проф., Віталій<br/>Мархалевич, Наталія Запухляк .....</b> | <b>50</b> |
| АНАЛІЗ ПРИЧИН НЕВІДПОВІДНОСТІ ПРОЕКТУ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ<br>ЕКСПЛУАТОВАНИХ ТРУБОПРОВІДІВ .....                             | 50        |
| <b>Володимир Каспрук к.т.н., доц., Оля Ващишин .....</b>   | <b>52</b> |
| ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНІВ .....  | 52        |
| <b>Ярослав Ковальчук, к.т.н., доц., Наталія Шингера, к.т.н., доц. ....</b>   | <b>53</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ<br>НАВАНТАЖЕННЯХ .....  | 53        |
| <b>В. Ковбашин<sup>1</sup>, к. х. н., доц., І. Бочар<sup>2</sup>, к. т. н., доц.....</b>                                   | <b>54</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НАНЕСЕНОЇ НА<br>ПОВЕРХНЮ РЕАКЦІЙНО-СПЕЧЕНИХ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ .....       | 54        |
| <b>Г.В. Козбур, О.К. Шкодзінський .....</b>  | <b>56</b> |
| ВПЛИВ ОПУКЛОСТІ ТОНКОСТІННОЇ ОСЕСИМЕТРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ НА ЇЇ<br>МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....                                | 56        |
| <b>О.І. Крамар, к.фіз.-мат.н., доц.....</b>  | <b>57</b> |
| МОДИФІКОВАНА ПРОЦЕДУРА РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРИ КЮРІ<br>ВУЗЬКОЗОННОГО ФЕРОМАГНЕТИКА .....                                    | 57        |
| <b>Віталій Левицький, к. т. н., Василь Бадищук, к. т. н., Роман Золотий, к. т. н. ....</b>                                 | <b>58</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПЛАСТИФІКОВАНИХ<br>ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ .....   | 58        |
| <b>Павло Марущак, д.т.н., проф. ....</b>   | <b>59</b> |
| МЕХАНІЗМИ СТАТИЧНОГО РУЙНУВАННЯ ТРУБНОЇ СТАЛІ ЗА НАЯВНОСТІ<br>РОЗПОРОШЕНОЇ СТРУКТУРНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ.....                  | 59        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>Найда Тетяна Богданівна</b> .....  | <b>61</b> |
| ВЕРИФІКАЦІЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДАХ<br>КОНТРОЛЮ .....   | 61        |
| <b>Анатолій Недибалюк</b> .....   | <b>62</b> |
| ВІДПУСКАННЯ, ЯК СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ, ТА ВІДПУСКНА<br>КРИХКІСТЬ СТАЛЕЙ.....  | 62        |
| <b>Олег Недибалюк, Валерій Черняк, Ігор Федірчик</b> .....  | <b>64</b> |
| ГІБРИДНЕ ПЛАЗМОВО-КАТАЛІТИЧНЕ РЕФОРМУВАННЯ ЕТАНОЛУ У<br>СИНТЕЗ-ГАЗ .....  | 64        |
| <b>Підгурський М.І., Окіпний І.Б., Підгурський І.М., Якубишин О.М.,<br/>Петровський Л.А., Солодкий В.М., Антонюк В.М.</b> .....                 | <b>65</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ГОФРОВАНИХ<br>БАЛОК З РІЗНОЮ КОНФІГУРАЦІЄЮ СТІНОК.....   | 65        |
| <b>Плисюк В.В., Бодрова Л.Г., к.т.н., проф.</b> .....   | <b>66</b> |
| ДЕКОРАТИВНІ ЛИЦЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ (ФАЯНСОВІ ПЛИТКИ ТА<br>МАЙОЛІКА) ДЛЯ СУЧАСНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ДЕКОРІВ .....                                      | 66        |
| <b>Пулька Ч.В., д. т. н., проф., Сенчишин В.С., Шарик М.В.</b> .....  | <b>67</b> |
| ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ З<br>ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ВІБРАЦІЇ.....   | 67        |
| <b>А.В. Сапронова м.н.с., Н.М. Букетова м.н.с., О.В.Лещенко ассистент</b> .....   | <b>68</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗЕРНИСТИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ<br>ЕПОКСИДНИХ АДГЕЗИВІВ .....   | 68        |
| <b>Петро Стухляк, д. т. н., проф., Андрій Миитишин, к. т. н., доц., Олександр<br/>Голотенко, к. т. н.</b> .....                                 | <b>69</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗШИВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ<br>КАРБІДОМ БОРУ .....  | 69        |
| <b>Віктор Удовицький, к. т. н., с. н. с., Петро Турбін, к. фіз.-мат. н., Олександр<br/>Кропотов, к. фіз.-мат. н.</b> .....                      | <b>70</b> |
| МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ АДГЕЗІЇ ДО МЕТАЛІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ<br>ПОКРИТТІВ, НАНЕСЕНИХ МАГНЕТРОННИМ РОЗПИЛЕННЯМ.....                                       | 70        |
| <b>Микола Чаусов<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; Павло Марущак<sup>2</sup>, д.т.н., проф.; Андрій<br/>Пилипенко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.</b> ..... | <b>72</b> |
| НОВІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ<br>ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ ЗАХИСНОГО СПОРЯДЖЕННЯ .....   | 72        |
| <b>Ігор Чихіра, к. т. н., доц., Олег Тотосько, к. т. н., Ігор Ярема, к. т. н., с. н. с.</b> .....   | <b>74</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗШИВАННЯ МАТРИЦІ У ЗОВНІШНІХ<br>ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ КАРБІДОМ<br>БОРУ.....                  | 74        |
| <b>Петро Ясній, д. т. н., проф., Юрій Пиндус, к. т. н., доц., Михайло Гудь</b> .....  | <b>75</b> |
| ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОВНЮВАЧА НА<br>ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДСИЛЕНОЇ<br>ОБОЛОНКИ.....                | 75        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНО- ТА ПРИБАДОБУДУВАННІ .....</b>   | <b>77</b>  |
| <b>А.В. Бабій, к. т. н., доц.; С.І. Коноваленко; М.В.Бабій, к. т. н. ....</b>   | <b>77</b>  |
| ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОКОЛИВНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ<br>КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ В ҐРУНТІ .....   | 77         |
| <b>Барановський В.М.<sup>1</sup>, д. т. н., проф., Теслюк В.В.<sup>2</sup>, д. с.-г. н, проф., Онищенко<br/>В.Б.<sup>2</sup>, к. т. н., доц. ....</b> | <b>79</b>  |
| ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ<br>ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОЧИСНИКА.....   | 79         |
| <b>Віктор Барановський, д. т. н., проф., Сергій Мариненко, к. т. н., доц., Віктор<br/>Сенчишин .....</b>  | <b>82</b>  |
| ОПТИМІЗАЦІЯ КУТА ВІДБИВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ.....   | 82         |
| <b>V. Vasykiv, Dr., Prof., L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof. ....</b>   | <b>84</b>  |
| FACTORS INFLUENCING THE VALUE OF SPRING BACK OF SHEET<br>MATERIAL IN BENDING .....  | 84         |
| <b>Іван Воронець, Андрій Сорочак, к.т.н. ....</b>   | <b>86</b>  |
| ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГНУТОКЛЕСНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ РАМ .....  | 86         |
| <b>Ів.Б. Гевко, д. т. н., проф., В.З. Гудь к.т.н., І.М. Шуст, асп.....</b>  | <b>87</b>  |
| ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ З<br>МОБІЛЬНИХ БУНКЕРНИХ УСТАНОВОК .....  | 87         |
| <b>Богдан Гевко д. т. н., проф., Назар Марчук асп., Петро Казмірчук асп.....</b>  | <b>89</b>  |
| ОПРАВКА ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ І НАРІЗАННЯ РІЗІ.....  | 89         |
| <b>Іван Гевко, д.т.н., проф.; Олена Рогатинська, к.т.н., доц.; Тарас Дубиняк;<br/>Лілія Рогатинська; Павло Леськів .....</b>                          | <b>90</b>  |
| ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДЕТАЛЯХ ПРИВОДУ .....  | 90         |
| <b>Грицай Ю.В., аспірант .....</b>  | <b>92</b>  |
| ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТИСКУ КОРЕНЕПЛОДІВ В БУНКЕРІ ШНЕКОВОГО<br>ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА .....   | 92         |
| <b>Андрій Гупка, к. т. н., Андрій Гриньків, к. т. н.....</b>  | <b>94</b>  |
| МАСШТАБНИЙ ЧИННИК В ЗАЛЬНІЙ МЕТОДИЦІ ДОСЛІДЖЕННЯ<br>ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ.....   | 94         |
| <b>Гурик Олег к. т. н., доц., Роман Котик, аспірант .....</b>   | <b>96</b>  |
| ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАВАЛЬЦЮВАННЯ КУЛЬОК В КОРПУСНИХ ДЕТАЛЯХ .....   | 96         |
| <b>L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.; D. Radyk, Ph.D., Assoc. Prof. ....</b>  | <b>98</b>  |
| SIMULATION OF PROCESSES OF MANUFACTURING WORKPIECES BY SHEET<br>METAL FORMING.....  | 98         |
| <b>Володимир Дзюра, к.т.н., доц., Ігор Ткаченко, к.т.н., доц.....</b>   | <b>100</b> |
| ГАЛЬМІВНІ ДИСКИ З ПОКРАЩЕНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ<br>ВЛАСТИВОСТЯМИ.....  | 100        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Михайло Дичковський, к. т. н., доц., Юрій Юхимчук.....</b>   | <b>101</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ РІЗАННЯ ПРОЦЕСУ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ .....   | 101        |
| <b>Тарас Довбуш к.т.н., ас., Надія Хомик к.т.н., доц., Богдан Дунець аспірант .....</b>   | <b>102</b> |
| РОЗРАХУНОК РЕСУРСУ РОБОТИ КОНСТРУКТИВНОЇ СИСТЕМИ<br>РОЗКИДАЧА ДОБРІВ .....  | 102        |
| <b>Андрій Дячун, к. т. н., доц., Микола Артем .....</b>   | <b>104</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ НАВИВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ<br>ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК.....   | 104        |
| <b>Андрій Дячун, к. т. н., доц., Андрій Мельничук.....</b>  | <b>105</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ У ГВИНТОВОМУ<br>КОНВЕЄРІ ІЗ ОБЕРТОВИМ КОЖУХОМ .....  | 105        |
| <b>Андрій Дячун, к. т. н., доц., Ярослав Олійник.....</b>   | <b>107</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВЩИНИ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ КІНЦЕВИМИ<br>ФРЕЗАМИ.....  | 107        |
| <b>Петро Казмірчук, аспірант .....</b>  | <b>108</b> |
| ГОЛОВКА ДЛЯ НАРІЗАННЯ ВНУТРІШНІХ РІЗЬ.....  | 108        |
| <b>Когут Р., Хомик Н.І., к. т. н., доц. ....</b>  | <b>110</b> |
| ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ГРЕЙФЕРА НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б..  | 110        |
| <b>Кондратюк О.М.<sup>1</sup>, к.т.н. доц; Серілко Л.С.<sup>1</sup>, к.т.н. доц., Галан Ю. Я.<sup>2</sup>, аспірант<br/>.....</b>   | <b>112</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ УСТАНОВКИ.....   | 112        |
| <b>О. Король, Б. Береженко, О. Гурик к.т.н., доцент .....</b>   | <b>115</b> |
| ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОСТИГАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ<br>ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ .....   | 115        |
| <b>Роман Котик, аспірант .....</b>  | <b>117</b> |
| ПАТРОН ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЛЬЦЕВИМИ РІЗУЧИМИ<br>ІНСТРУМЕНТАМИ.....   | 117        |
| <b>Роман Котик, аспірант .....</b>  | <b>119</b> |
| ПАТРОН З ГВИНТОВИМИ ЗАТИСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ .....   | 119        |
| <b>Петро Кривий<sup>1</sup>, к. т. н., проф., Михайло Михайлишин<sup>1</sup>, к. фіз.-мат. н., Володиір<br/>Дзюра<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Надія Тимошенко<sup>2</sup>, к. т. н., доц. ....</b> | <b>121</b> |
| УТОЧНЕННЯ МЕТОДУ АПРІОРНО-ЕМПІРИЧНИХ ФУНКЦІЙ ВИЗНАЧЕННЯ<br>ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ<br>МАЛОЇ ВИБІРКИ.....  | 121        |
| <b>Петро Кривий<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Надія Тимошенко<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., доц.; Андрій<br/>Сеник<sup>1</sup>, асистент, Мирослав Шарик<sup>1</sup>, ст. викладач .....</b>         | <b>123</b> |
| ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ДОРНУВАННЯ<br>ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРІВ .....  | 123        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Андрій Курко, к.т.н., доц.....</b>   | <b>125</b> |
| СТАТИЧНИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАНОК<br>ЗАМКНУТОЇ АВТОМАТИЧНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ .....  | 125        |
| <b>І.В. Луців, д. т. н., проф.; В.Н. Волошин, к. т. н., доц.; В.М. Буховець.....</b>  | <b>126</b> |
| ВАРІАЦІЇ ЖОРСТКОСТІ ПІДСИСТЕМИ ЗАТИСКУ ЗАГОТОВКИ<br>КОМПЛЕКСНОГО САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ<br>ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ.....                   | 126        |
| <b>І. Луців, д. т. н., проф.; В. Кушик, к. т. н., доц.; В. Буховець, І. Ярема, к. т. н., ст.<br/>наук. співроб.....</b>                         | <b>127</b> |
| КОНСТРУКТОРСЬКЕ І ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ<br>ПРОДУКТИВНОСТІ І ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАЛОЇ ЖОРСТКОСТІ<br>НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ..... | 127        |
| <b>О. Л. Ляшук, д. т. н., доц., Р.Я. Лещук, к. т. н., А.Є. Дячун, к. т. н., доц., В.М.<br/>Клендій к. т. н., О.Л. Третьяков .....</b>           | <b>128</b> |
| КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГВИНТОВОГО<br>ЕКСТРУДЕРА .....  | 128        |
| <b>Олександр Маруніч, аспірант, Любомир Слободян.....</b>   | <b>131</b> |
| ГВИНТОВИЙ ЗМІШУВАЧ З ПІДНІМАЛЬНО-ПЕРЕСИПНИМ МЕХАНІЗМОМ<br>.....   | 131        |
| <b>Назар Марчук, аспірант.....</b>  | <b>133</b> |
| ПРОФІЛЬНИЙ МІТЧИК ДЛЯ НАРІЗАННЯ РІЗИ В ГАЙКАХ .....   | 133        |
| <b>Володимир Савків<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Роман Михайлишин<sup>1</sup>, Франтішек Духон<sup>2</sup>, к. т.<br/>н., проф. ....</b>        | <b>135</b> |
| ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ТА ВИТРАТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМИННО-<br>ВАКУУМНОГО ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ .....   | 135        |
| <b>Володимир Савків, к. т. н., доц., Роман Михайлишин, Олег Борух.....</b>  | <b>137</b> |
| АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ СТРУМИННОГО ЗАХОПЛЮВАЧА ПІД ЧАС<br>ВИКОНАННЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ .....                                      | 137        |
| <b>Тетяна Навроцька, аспірант .....</b>   | <b>139</b> |
| КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГНУЧКИХ<br>ГВИНТОВИХ КОНВЕСЕРІВ .....   | 139        |
| <b>Тетяна Навроцька, аспірант .....</b>   | <b>141</b> |
| ЛЮНЕТ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ДОВГОМІРНИХ<br>ЗАГОТОВОК .....  | 141        |
| <b>Юрій Паливода, к. т. н., доц., Сергій Бута .....</b>   | <b>143</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПІСЛЯ ВИГЛАДЖУВАННЯ<br>.....   | 143        |
| <b>Юрій Паливода, канд. техн. наук, доц., Павло Пашко .....</b>   | <b>144</b> |
| РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ<br>ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ.....   | 144        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>М. Pylypets, Dr., Prof., L. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof. ....</b>  | <b>145</b> |
| COMPUTER AIDED PROCESS DESIGNING OF MANUFACTURING<br>WORKPIECES BY SHEET METAL FORMING .....  | 145        |
| <b>Піхоцький В., Довбуш Т.А., к. т. н. ....</b>   | <b>147</b> |
| РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПЛОСКОЇ РАМИ.....  | 147        |
| <b>Рибак Т., д.т.н., проф.; Паламарчук П., к.т.н.; Бортник І.М. ....</b>  | <b>149</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ШТАНГИ<br>ОБПРИСКУВАЧА ШИРОКОЇ РОЗГОРТКИ .....   | 149        |
| <b>Тимофій Рибак, д.т.н., проф.; Анатолій Довбуш, Наталія Антончак .....</b>  | <b>151</b> |
| ОЦІНКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ<br>КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ .....   | 151        |
| <b>Тимофій Рибак, д.т.н., проф., Ганна Цьонь.....</b>   | <b>153</b> |
| ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ .....  | 153        |
| <b>Тимофій Рибак, д.т.н., проф., Петро Паламарчук, к.т.н. ....</b>  | <b>155</b> |
| ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН НА РІВЕНЬ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ<br>ЗДІЙСНЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ. .... | 155        |
| <b>Роман Рогатинський д.т.н., проф.; Олена Рогатинська, к.т.н., доц.; Василь<br/>Дмитроца; Павло Леськів.....</b>                                   | <b>157</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО ДВОВАЛЬНОГО КОНВЕЄРА .....  | 157        |
| <b>Андрій Сенік .....</b>   | <b>159</b> |
| ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОГРЕСИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО<br>ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ДЛЯ ПРИВОДНИХ<br>РОЛИКОВО-ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ .....     | 159        |
| <b>Сенів Т., Довбуш А.Д., ст. викл. ....</b>  | <b>161</b> |
| АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗКРИТТЯ СТАТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПЛОСКИХ<br>РАМ .....  | 161        |
| <b>Скальський О.Ю., аспірант .....</b>  | <b>163</b> |
| ПОРІВНЯЛЬНІ ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КОПАЧА<br>КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ .....  | 163        |
| <b>Любомир Слободян, здобувач.....</b>  | <b>165</b> |
| СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ З<br>ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ НА ВЕРТИКАЛЬНУ ВІТКИ.....  | 165        |
| <b>Володимир Стрілець, к. т. н., проф., Олег Стрілець, к. т. н., доц., Андрій Савлук,<br/>студент .....</b>   | <b>166</b> |
| ЗАМКНУТА ГІДРОСИСТЕМА В ЯКОСТІ ГАЛЬМІВНОГО ПРИСТРОЮ .....   | 166        |
| <b>Олег Стрілець, к. т. н., доц. ....</b>   | <b>168</b> |
| КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ У ЗУБЧАСТОМУ ДИФЕРЕНЦІАЛІ ЗА<br>ДОПОМОГОЮ ЗАМКНУТОЇ ГІДРОСИСТЕМИ .....  | 168        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Володимир Тесля, к.т.н., Любомир Слободян, аспірант.....</b>   | <b>170</b> |
| ГВИНТОВИЙ ЗАВАНТАЖУВАЧ-ЗМІШУВАЧ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ПРИВОДОМ .....  | 170        |
| <b>Цебенко Б., Хомик Н.І., к.т.н., доц. ....</b>  | <b>172</b> |
| ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШТАНГИ НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б ..   | 172        |
| <b>М.І. Цепенюк, к.т.н., доц. ....</b>  | <b>174</b> |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО<br>ОБЕРТАННЯ ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ.....                                   | 174        |
| <b>О.П. Шовкун .....</b>  | <b>175</b> |
| ПНЕВМАТИЧНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ПРИВІД .....   | 175        |
| <b>Секція: МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ .....</b>   | <b>177</b> |
| <b>Галина Григорчук асистент, Андрій Олійник, д.т.н., проф., Любомир<br/>Григорчук, к.п.н, доц.....</b>                                       | <b>177</b> |
| ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ДІЮЧИМИ ЦИЛІНДРИЧНИМИ<br>ОБЕРТОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ .....  | 177        |
| <b>Дивдик О.В., Ясній В.П, Цимбалюк Л.І., Луцик Н.С.....</b>  | <b>180</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ ПСЕВДОПРУЖНОЇ ПОВЕДІНКИ СПЛАВІВ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ<br>ФОРМИ ЗА СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ РОЗТЯГОМ .....                                    | 180        |
| <b>В.П. Жирук, Я.І. Кінах, к. т. н, доц.....</b>  | <b>182</b> |
| ПРОГРАМНА СИСТЕМА ОБРОБКИ МЕТОДАНИХ.....  | 182        |
| <b>П.М. Камуля , М.І. Яворська .....</b>  | <b>183</b> |
| ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТ У ПОТЕНЦІЙНИХ<br>ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ ПРИ ВІДКРИТОМУ ПРОТИСТОЯННІ .....                                  | 183        |
| <b>Іван Смолюх .....</b>  | <b>185</b> |
| ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТ У ПОТЕНЦІАЛЬНИХ<br>ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ МІЖ РЕГУЛЯРНИМИ І ПАРТИЗАНСЬКИМИ<br>ЧАСТИНАМИ .....              | 185        |
| <b>Сташків М., к.т.н., доц.; Цьонь О.П., к.т.н., доц.; Бортник І.М., ас. ....</b>   | <b>187</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КРАЙОВОЇ ПОПЕРЕЧНОЇ ТРІЩИНИ ПРИ ЗГИНІ<br>ТОНКОСТІННОГО ЕЛЕМЕНТА ВІДКРИТОГО ПРОФІЛЮ.....                                  | 187        |
| <b>Михайло Фриз, к.т.н., доцент, Богдана Млинко, к.т.н., доцент .....</b>   | <b>189</b> |
| ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ПЕРІОДИЧНОЇ АВТОРЕГРЕСІЇ З<br>ВИПАДКОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ .....  | 189        |
| <b>Роман Чаплінський, аспірант .....</b>  | <b>190</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ І ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ<br>МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ .....  | 190        |
| <b>Євгенія Яворська, к.т.н., доцент, Оксана Дозорська .....</b>   | <b>192</b> |
| МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНОГО ТА<br>ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ<br>КОМУНІКАТИВНОЇ ФУНКЦІЇ ЛЮДИНИ..... | 192        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Секція: КОМПЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ .....</b>  | <b>194</b> |
| <b>А.В. Бакан, Р.М. Небесний.....</b>   | <b>194</b> |
| ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ ПРОТОКОЛУ IPV6.....  | 194        |
| <b>І.М. Бармак, Я.І. Кінах – к. т. н., доц.....</b>   | <b>196</b> |
| АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ<br>БУДІВНИЦТВА ІЗ АНАЛІЗОМ ЛОКАЛЬНОГО РЕСУРСУ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНИХ<br>СИСТЕМ ТИПУ IOS ТА ANDROID ..... | 196        |
| <b>Н. Загородна, к.т.н., доц., Є. Жбанов .....</b>  | <b>197</b> |
| АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМНИХ<br>КАМПАНІЙ.....  | 197        |
| <b>Задорожна Ю.А.....</b>   | <b>199</b> |
| АВТОМАТИЗАЦІЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ<br>ТЕХНОЛОГІЇ ІОТ ТА КОНЦЕПЦІЇ SMART HOME .....  | 199        |
| <b>Капаціла Р. І., аспірант .....</b>   | <b>200</b> |
| ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ЗЧИТУВАННЯ<br>КАРДІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ.....   | 200        |
| <b>М.П. Карпінський, д. т. н, проф., Я.І. Кінах, к. т. н., доц., В.Р. Паславський,<br/>аспірант .....</b>   | <b>202</b> |
| ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ФАКТОРИЗАЦІЇ НА ТИПОВИХ<br>АЛГОРИТМІЧНИХ СТРУКТУРАХ З МАСИВНИМ ПАРАЛЕЛІЗМОМ.....   | 202        |
| <b>В.В. Копина, Г.В. Шимчук.....</b>  | <b>203</b> |
| Пошукові системи та загальні принципи їх роботи.....  | 203        |
| <b>В.О. Королик, Р.З. Золотий.....</b>  | <b>205</b> |
| ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОШУКОВИХ СИСТЕМ.....   | 205        |
| <b>Володимир Кругльов - аспірант, Михайло Паламар - д.т.н. проф., Андрій<br/>Чайковський - – к.т.н. ....</b>                                      | <b>207</b> |
| АНАЛІЗ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ ДЛЯ РАДІОСТАНЦІЇ З<br>ППРЧ .....   | 207        |
| <b>Я. Курко, к. м. н., доц.; О. Босюк ст. викладач; Вальчак Н. ст. викладач.....</b>  | <b>209</b> |
| ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ "ВОЛЯ" ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ<br>ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТУДЕНТІВ .....   | 209        |
| <b>Я. Курко, к. м. н., доц., З. Кульчицький, ст. викладач, І. Казмірчук, ст.<br/>викладач.....</b>  | <b>210</b> |
| ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ "REACTION-TEST" ДЛЯ<br>ВИЗНАЧЕННЯ СТАРТОВОЇ РЕАКЦІЇ СПОРТСМЕНІВ .....  | 210        |
| <b>Ярослав Литвиненко, к.т.н., доц. ....</b>  | <b>211</b> |
| ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ .....   | 211        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Сергій Лупенко<sup>1</sup>, д.т.н., професор; Олександра Оробчук<sup>1</sup>, аспірант; Тетяна Помазкіна<sup>2</sup></b> .....             | <b>213</b> |
| ФОРМУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ КОНТЕНТУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО<br>НАВЧАННЯ КИТАЙСЬКОЇ ОБРАЗНОЇ МЕДИЦИНИ .....   | 213        |
| <b>Луцків А.М. доц., к.т.н., Пасіка Д.Р.</b> .....  | <b>215</b> |
| АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ СИСТЕМ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА<br>ГОЛОСОМ.....   | 215        |
| <b>Максимів Т.Б., аспірант</b> .....  | <b>217</b> |
| БІОМЕТРИЧНА СХЕМА ПЕРЕВІРКИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ<br>БІОХЕШ ФУНКЦІЇ.....   | 217        |
| <b>Василь Марценюк, д.т.н., проф., Назар Мілян</b> .....  | <b>219</b> |
| РОЛЬ І МІСЦЕ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ СЕРЕД СУЧАСНИХ<br>ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....   | 219        |
| <b>І.Я. Мудрик, аспірант</b> .....  | <b>221</b> |
| СПОСОБИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОГО ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ<br>АНОРМАЛЬНИХ НЕВРОЛОГІЧНИХ РУХІВ .....   | 221        |
| <b>О.Б.Назаревич, к.т.н., доц. кафедри комп. наук, І.М.Шиккульський</b> .....   | <b>223</b> |
| УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА<br>ESP8266.....  | 223        |
| <b>Л.В. Омельчук, О.Б. Назаревич</b> .....  | <b>224</b> |
| ФOLКСОНОМІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ЯК СКЛАДНА<br>(КОМПЛЕКСНА) БЕЗМАСШТАБНА МЕРЕЖА .....   | 224        |
| <b>Пундик В. І.</b> .....   | <b>226</b> |
| МОДЕЛІ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ .....   | 226        |
| <b>О.І. Савка, Г.В. Шимчук</b> .....  | <b>228</b> |
| ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДЛЯ ЗАДАЧ<br>ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ .....   | 228        |
| <b>Я.Сидорик, О.Назаревич к.т.н., доц.</b> .....  | <b>230</b> |
| ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КЕРУВАННЯ РОБОТАМИ TURTLEBOT3 З<br>ІНТЕРАКТИВНОЮ ПРОСТОРОВОЮ НАВІГАЦІЄЮ .....   | 230        |
| <b>П.С. Слободян, Р.М. Небесний</b> .....   | <b>232</b> |
| АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО<br>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....  | 232        |
| <b>Ю.П. Срогий, Я.І. Кінах к. т. н., доц.</b> .....   | <b>234</b> |
| РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ МАРШРУТУ<br>МУЛЬТИСЕРФІНГУ ДЛЯ ПЛАТФОРМ IOS ТА ANDROID НА ОСНОВІ<br>ПЛАТФОРМИ REACT NATIVE .....   | 234        |
| <b>Станько А. А.<sup>1</sup>, Козак Р. О.<sup>1</sup>, Федорів І.П.<sup>2</sup></b> .....   | <b>235</b> |
| АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВРАЗЛИВОСТЕЙ MELTDOWN І SPECTRE НА РОБОТУ<br>МІКРОПРОЦЕСОРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ<br>ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ..... | 235        |



|   |            |
|---|------------|
| <b>Григорій Химич</b> .....   | <b>237</b> |
| АДАПТИВНЕ SMART КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРАМИ В МІСТАХ. ....   | 237        |
| <b>Ю.В. Ходюк, Я.І. Кінах, к. т. н., доц.</b> .....   | <b>238</b> |
| СПЕЦІАЛІЗОВАНА СОЦІАЛЬНА МЕРЕЖА «pET» НА ОСНОВІ<br>ВИКОРИСТАННЯ КРОС-ПЛАТФОРМИ ТИПУ REACT-NATIVE .....  | 238        |
| <b>О.В. Шевчук, Р.М. Небесний</b> .....   | <b>239</b> |
| ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЇ У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ.....  | 239        |
| <b>Яворська Є. Б., к.т.н., доц., Стрембіцька О.І.</b> .....   | <b>241</b> |
| ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНЮВАННЯ ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ПРИ<br>ПСИХОЕМОЦІЙНОМУ СТРЕСІ У СТОМАТОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ .....   | 241        |
| <b>С.В. Яворський, Я.І. Кінах, к. т. н., доц.</b> .....   | <b>242</b> |
| ПРОГРАМНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗІНЕРЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В<br>УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ .....   | 242        |
| <b>В. Яцишин к.т.н.,доц., А. Давидов, Д. Подолян</b> .....  | <b>243</b> |
| МЕТОДИ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМ КРОС-<br>ПРОДАЖ.....   | 243        |
| <b>Секція: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ</b> .....   | <b>245</b> |
| <b>В.А. Андрійчук, д.т.н., проф.; Я.М. Осадца, к.т.н.; Р.Б. Кріль; Р.Р. Івасечко, к.т.н.</b><br>.....   | <b>245</b> |
| ВИЗНАЧЕННЯ СПЕКТРІВ ВІДБИВАННЯ ДИФУЗНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА<br>ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ У<br>СИСТЕМИ НА БАЗІ СПЕКТРОФОТОМЕТРА СФ-10..... | 245        |
| <b>В.О. Бурмака, М.Г. Тарасенко, д. т. н., проф.</b> .....  | <b>247</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІКОННИХ<br>ПРОРІЗІВ НА КОЕФІЦІЄНТ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ.....   | 247        |
| <b>С.П. Денисюк, д. т. н., професор, В.І. Василенко, асистент</b> .....   | <b>249</b> |
| АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ<br>ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ .....   | 249        |
| <b>Ю.М. Довгоп'ятий, асист.</b> .....   | <b>251</b> |
| НОВІ РЕЗУЛЬТАТИ В ДОСЛІДЖЕННЯХ МАГНІТНОГО ВПОРЯДКУВАННЯ У<br>ТВЕРДИХ ТІЛАХ .....  | 251        |
| <b>Мирослав Зінь, к. т. н., доц., Юрій Підгайний</b> .....  | <b>252</b> |
| РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТІВ З ПРОПЕЛЕРНИМИ<br>ГІДРОТУРБИНАМИ ДЛЯ МАЛИХ ГЕС.....  | 252        |
| <b>Кузик І., Тарасенко М., д.т.н., проф.</b> .....  | <b>254</b> |
| ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ<br>КОНДЕНСАЦІЙНОГО КОТЛА ТА ТЕПЛООВОГО НАСОСУ .....  | 254        |
| <b>Анатолій Лупенко, д. т. н., проф.</b> .....  | <b>255</b> |
| ПІДВИЩЕННЯ ККД БАГАТОСЕКЦІЙНИХ РЕЗОНАНСНИХ ІНВЕРТОРІВ З<br>РЕГУЛЮВАННЯМ ПОТУЖНОСТІ.....   | 255        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо.....</b>  | <b>257</b> |
| МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В<br>ЛАМПАХ ВИСОКОГО ТИСКУ.....  | 257        |
| <b>Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо.....</b>  | <b>259</b> |
| АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА СХЕМ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ЯВИЩА<br>АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В ГАЗОРОЗРЯДНИХ ЛАМПАХ ВИСОКОГО<br>ТИСКУ .....                             | 259        |
| <b>Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо, Олег Шкодзінський .....</b>  | <b>261</b> |
| ОПТИМІЗАЦІЯ П'ЄЗОТРАНСФОРМАТОРА.....  | 261        |
| <b>П. М. Микулик.....</b>   | <b>263</b> |
| АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ<br>ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....   | 263        |
| <b>В.П. Опришко, ас., Д.І. Доценко .....</b>  | <b>265</b> |
| ОЦІНКА РІВНІВ НЕРІВНОМІРНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В<br>ЛОКАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У ПРОГРАМНОМУ<br>КОМПЛЕКСІ «ПОМІЧНИК ДИСПЕТЧЕРА» ..... | 265        |
| <b>Богдан Орбчук, к. т. н.; доц., Михайло Горохівський .....</b>  | <b>267</b> |
| ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕМЕТРИЧНА СИСТЕМА ОБЛІКУ СПОЖИВАННЯ<br>ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....  | 267        |
| <b>Богдан Орбчук, к. т. н.; доц., Тарас Любінський .....</b>  | <b>269</b> |
| РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ДІАГНОСТИЧНО-<br>ВИПРОБОВУВАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ .....   | 269        |
| <b>Михайло Паламар, д. т. н., проф., Михайло Стрембіцький, к. т. н., Володимир<br/>Стрембіцький.....</b>  | <b>271</b> |
| ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ В ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ.....  | 271        |
| <b>Віктор Решетник, к. т. н., доц.; Олександр Вакуленко; Валентин Коркулов ....</b>   | <b>272</b> |
| СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В<br>МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....   | 272        |
| <b>Володимир Савків, к. т. н., доц.; Олександр Вакуленко; Костянтин Каленський<br/>.....</b>  | <b>274</b> |
| МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ НА<br>ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ .....   | 274        |
| <b>Семків Юрій Мирославович, Андрійчук Володимир Андрійович, Осадца Ярослав<br/>Михайлович, Касеркевич Валерій Станіславович.....</b>                   | <b>276</b> |
| АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЯСКРАВОСТІ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ<br>АТМОСФЕРИ.....  | 276        |
| <b>Микола Тарасенко д.т.н., проф., Віталій Бурмака, Катерина Козак к.т.н. ....</b>  | <b>279</b> |
| ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МОМЕНТІВ ВМИКАННЯ ТА ВИМИКАННЯ<br>ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ МІСТ І НАСЛЕНИХ ПУНКТІВ.....  | 279        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Секція: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ</b> .....  | <b>281</b> |
| <b>Євген Береженко</b> .....  | <b>281</b> |
| ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗРІЗУВАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІО<br>.....   | 281        |
| <b>Городиський Н.І., аспір. 3 року Вітенько Т.М. , д.т.н., проф.</b> .....  | <b>283</b> |
| ЖОРСТКІ КАВІТАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ У ПРОЦЕСАХ ПОДРІБНЕННЯ<br>ДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК.....  | 283        |
| <b>А.В. Деркач</b> .....  | <b>284</b> |
| АНАЛІЗ ФОРМУВАЛЬНИХ МАШИН ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХНЬОЇ<br>КОНСТРУКЦІЇ .....  | 284        |
| <b>Г.В. Карпик, к.т.н, В.Р. Сельський, к.б.н., доцент, В.Г. Юрчак, д.т.н, професор</b><br>.....   | <b>285</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕКТИНУ НА ФОРМИ ЗВ'ЯЗКУ ВОЛОГИ В<br>МАКАРОННОМУ ТІСТІ З ВИСІВКАМИ .....   | 285        |
| <b>Тетяна Лісовська, здоб., Олександра Шпилик ст. викл., Наталія Кушнірук ст.<br/>викл., Ніна Чорна к.т.н., доцент</b> .....  | <b>287</b> |
| ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З<br>ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРУДОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА ПРИ<br>ЗБЕРІГАННІ .....                                      | 287        |
| <b>Оксана Лясота, Наталія Зварич</b> .....  | <b>288</b> |
| ВІДНОВЛЕННЯ СИРОВИНИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПЕРВИННОМУ<br>ВИДОБУТКУ.....   | 288        |
| <b>Богдан Михайлишин</b> .....  | <b>289</b> |
| БЕЗПЕКА ТА ЯКІСТЬ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ – ПЕРШОЧЕРГОВЕ<br>ЗАВДАННЯ ВИРОБНИКА .....   | 289        |
| <b>Володимир Сельський, к. б. н., доц.; Оксана Мельнічук, к. т. н., доц.; Галина<br/>Карпик, к. т. н.</b> .....   | <b>290</b> |
| ВПЛИВ СПОСОБІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ШОВКОВИЦІ НА<br>СОКОВІДДАЧУ .....   | 290        |
| <b>І. Стадник, д.т.н., проф.</b> .....  | <b>291</b> |
| ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА НА РУХ ТІСТА.....   | 291        |
| <b>В.Стручок, Д.Мудра</b> .....   | <b>292</b> |
| АНАЛІЗ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ<br>ДО 2030 РОКУ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ЗАХОДІВ З<br>ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ..... | 292        |
| <b>Марія Шинкарик, Віктор Ворощук</b> .....   | <b>294</b> |
| ІНТЕНСИВНІСТЬ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРКОВИХ МАС У<br>РОТОРНО-ВИХРОВОМУ ЕМУЛЬСОРІ.....  | 294        |
| <b>Марія Шинкарик, Олег Кравець</b> .....   | <b>295</b> |
| ФІЛЬТРАЦІЙНО-КОМПРЕСІЙНЕ СУШІННЯ ТЕХНІЧНОГО КАЗЕЇНУ .....   | 295        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Секція: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ<br/>ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>   | <b>296</b> |
| <b>Юрій Вовк, к.т.н., доц., Ірина Вовк, к.е.н., ст. викл., Олег Цьонь, к.т.н., доц....</b>  | <b>296</b> |
| РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТУ ТА СФЕРІ ПОСЛУГ .....   | 296        |
| <b>Любов Гац.....</b>   | <b>298</b> |
| ОЦІНКА ФАКТОРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У РЕЗУЛЬТУЮЧИХ ПОКАЗНИКАХ<br>ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....  | 298        |
| <b>Наталія Голич, аспірант, Олена Панухник, д. е. н., проф..</b> .....  | <b>300</b> |
| РОЗВИТОК МАЛОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ.....  | 300        |
| <b>Капаціла Я. І.....</b>   | <b>302</b> |
| ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ<br>ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ .....   | 302        |
| <b>Наталія Кирич, д.е.н., проф., Тетяна Лібусь, аспірант, С.М. Співак, к.е.н., доц.</b><br>.....  | <b>304</b> |
| ІНДИКАТОРИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ .....   | 304        |
| <b>Т.І. Кужда, к.е.н., доц., С. Мірошник.....</b>   | <b>306</b> |
| ЧИННИКИ РОЗВИТКУ МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРСОНАЛУ НА ВІТЧИЗНЯНИХ<br>ПІДПРИЄМСТВАХ .....  | 306        |
| <b>N. Yu. Marynenko, Dr., Assoc. Prof., I. Yu. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.</b> .....  | <b>308</b> |
| PAYING TAXES 2018 INDICATOR: EVALUATING THE COST AND<br>ADMINISTRATIVE BURDEN OF THE TAXES .....  | 308        |
| <b>Зоряна Верхоляк, Галина Машлій, к. е. н., доц.....</b>   | <b>310</b> |
| ПРОБЛЕМИ ЗАЛУЧЕННЯ ІНОЗЕМНИХ ІНВЕСТИЦІЙ В УКРАЇНУ ЯК ЗАСОБУ<br>ФІНАНСУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....                                  | 310        |
| <b>А.П. Мащак; Б.А. Оксентюк, к. е. н., доц. ....</b>   | <b>312</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО ПРОДАЖУ У<br>СУЧАСНОМУ МАРКЕТИНГУ .....  | 312        |
| <b>Олена Мельничук, Світлана Шпилик, к.е.н., доц. ....</b>  | <b>314</b> |
| НЕЙРОМАРКЕТИНГ .....  | 314        |
| <b>Оксана Міщук.....</b>  | <b>316</b> |
| ПОТЕНЦІАЛ ОРГАНІЗАЦІЇ — ІННОВАЦІЇ .....   | 316        |
| <b>Ольга Момот, к.е.н. Наталія Шведа.....</b>   | <b>317</b> |
| СУТНІСТЬ КАДРОВОЇ ПОЛІТИКИ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....  | 317        |
| <b>І.Л.Моначин, к.п.н., доц. ....</b>   | <b>319</b> |
| ПІДХОДИ, ТЕХНІКИ ТА ФОРМАТИ РОБОТИ ПСИХОЛОГА-КОНСУЛЬТАНТА<br>В ОРГАНІЗАЦІЇ .....  | 319        |
| <b>Г.С. Нагорняк, к.т.н., доц., С.М. Співак, к.е.н., доц. ....</b>  | <b>321</b> |
| УПРАВЛІННЯ ТРУДОВИМИ ЧИННИКАМИ ЯК ВАЖЛИВИМИ СКЛАДОВИМИ<br>НАКОПИЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ ВІТЧИЗНЯНИХ<br>МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ..... | 321        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Г.С. Нагорняк, к.т.н., доц., Л.М. Мельник, к.е.н., доц., Л.Я. Малюта, к.е.н., доц.,</b><br>.....                                       | <b>324</b> |
| ЕФЕКТИВНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАКЛАДАМИ<br>ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ .....                        | 324        |
| <b>Ірина Періг, к. п. н., доц.</b> .....  | <b>327</b> |
| АРТ-ТЕРАПІЯ В РОБОТІ ПРАКТИЧНОГО ПСИХОЛОГА.....   | 327        |
| <b>Уляна Плекан, аспірант</b> .....   | <b>329</b> |
| ФОНДИ МІСЦЕВИХ ГРОМАД – АУТСОРСЕРИ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСІ ЇХ<br>СОЦІАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ.....  | 329        |
| <b>Наталія Різник, к.е.н.</b> .....   | <b>331</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТ-РЕКЛАМИ ЯК ІННОВАЦІЙНОЇ<br>СКЛАДОВОЇ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ .....  | 331        |
| <b>Світлана Семенюк, к. е. н., доц.</b> .....   | <b>332</b> |
| ТОРГОВИЙ ПРЕДСТАВНИК ЯК ОСНОВНА ЛАНКА В ЛАНЦЮГУ<br>ПРОСУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ КОМПАНІЇ .....  | 332        |
| <b>Верхоляк З., Сороківська О. А. д.е.н., проф.</b> .....   | <b>334</b> |
| АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПЕНСІЙНОГО<br>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ.....   | 334        |
| <b>Оксана Трач, к.е.н. Наталія Шведа</b> .....  | <b>336</b> |
| ФІНАНСОВА СТІЙКІСТЬ ЯК ОСНОВА УСПІШНОГО ПІДПРИЄМСТВА .....  | 336        |
| <b>Шведа Наталія Михайлівна</b> .....   | <b>338</b> |
| БЮДЖЕТУВАННЯ В ПРОЕКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ .....   | 338        |
| <b>Оксана Вовчук, Світлана Шпилик, к.е.н., доцент</b> .....   | <b>340</b> |
| РЕКЛАМА ЯК ЕЛЕМЕНТ КОНЦЕПЦІЇ МАРКЕТИНГУ .....   | 340        |
| <b>Світлана Шпилик, к.е.н., доцент, Олександра Шпилик, ст. викл.</b> .....  | <b>342</b> |
| КОНКУРЕНЦІЯ ТА ЇЇ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ СТРАТЕГІЇ ПІДПРИЄМСТВА  | 342        |
| <b>Юрик Н.Є, к.е.н., доц., Пастух Х.Р</b> .....   | <b>344</b> |
| ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПУБЛІЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ В СУЧАСНИХ<br>ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ .....   | 344        |
| <b>Юрик Наталія Євгенівна, к.е.н., доцент, Луциків Іванна Василівна, к.е.н.</b> .....   | <b>346</b> |
| ВИКОРИСТАННЯ АКМЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТА АКМЕЛОГІЧНОГО<br>ПІДХОДУ ДО САМОРОЗВИТКУ ПЕРСОНАЛУ В УМОВАХ<br>САМОМЕНЕДЖМЕНТУ .....                 | 346        |
| <b>В.Яцишин<sup>1</sup>, к.т.н., доц., Х. Яцишин<sup>2</sup>, Р. Ладика<sup>2</sup>, к.фіз.-мат.н, доц.</b> .....                         | <b>348</b> |
| ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ<br>СИСТЕМ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГНУЧКИХ<br>МЕТОДОЛОГІЙ РОЗРОБКИ..... | 348        |





*Наукове видання*

**Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ  
ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*до 100 річчя з дня заснування НАН України  
та на вшанування пам'яті Івана Пулюя  
(100 річчя з дня смерті)*

**22-24 травня 2018 року**

Комп'ютерне макетування та верстка *Р.З. Золотий*

Формат 60x90/16. Обл. вид. арк. 23,37. Тираж 300 прим. Зам. № 3046.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.  
46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11.