

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**

тез доповідей

**Том I**

**IX Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**



**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy (Ukraine)  
The National Academy of Sciences of Ukraine  
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)  
University of Maribor (The Republic of Slovenia)  
Technical University of Košice (The Slovak Republic)  
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)  
Šiauliai State College (The Republic of Lithuania)  
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)  
Rzeszów University of Technology (Republic of Poland)  
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)  
T. Shevchenko Scientific Society**

# **CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES**

**Book**

of abstract

**Volume I**

**of the IX International scientific and technical  
conference of young researchers and students**

25th-26th of November 2020



**UKRAINE  
TERNOPIL – 2020**

УДК 001

A43

Actual problems of modern technologies : book of abstracts of the IX International scientific and technical conference of young researchers and students, (Ternopil, 25th-26th of November 2020.) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. – Ternopil : TNTU, 2020. – 204.

**ISBN 978-966-305-111-6**

### **PROGRAM COMMITTEE**

**Chairman:** Yasniy P.V. – Dr., Prof., rector of TNTU (Ukraine).

**Co-Chairman:** Maruschak P.O. – Dr., Prof. of TNTU (Ukraine).

**Scientific secretary:** Dzyura V.O. – Ph.D., Assoc. Prof., of TNTU (Ukraine)

Member of the program committee: Vyherer T. – Prof. of University of Maribor (The Republic of Slovenia); Fraissard J. – Prof. of Pierre and Marie Curie University (The French Republic); Prentkovskis O. – Prof of Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania); Šedžiuvienė N. – director of Šiauliai State College (Lithuania); Stahovych P. – Dr, Prof of Ignacy Łukasiewicz Rzeszow University of Technology (The Republic of Poland); Bogdanovych A. – Dr., Prof. of Belarusian National Technical University (Republic of Belarus); Menoy A. – Dr., Prof. of International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco); Loveikin V.S. – Dr., Prof. of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine); Andreikiv O.Ye. – Dr., Prof. Ivan Franko National University of Lviv, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine).

**The address of the organization committee:** TNTU, Ruska str. 56, Ternopil, 46001,

tel. (0352) 519724, fax (0352) 254983

E-mail: volodymyrdzyura@gmail.com

Editing, design, layout: Dzyura V.O.

### **TOPICS OF THE CONFERENCE**

- Physical and Technical Fundamentals of New Technologies Development;
- New Materials, Strength and Durability of the Constructions Elements;
- Modern Technologies in Construction, Machine- and Instrument-Building;
- Modern technologies in transport area.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**

тез доповідей

**Том I**

**IX Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

УДК 001  
А43

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 204.  
**ISBN 978-966-305-111-6**

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

**Голова:** Ясній Петро Володимирович – д.т.н., проф., ректор ТНТУ ім. І. Пулюя (Україна).  
**Заступник голови:** Марущак Павло Орестович – д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)  
**Вчений секретар:** Дзюра Володимир Олексійович – к.т.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)  
**Члени:** Вухерер Т. – професор факультету інженерної механіки Маріборського університету (Словенія); Фресард Ж. – професор університету П'єра і Марії Кюрі (Франція); Вінаш Я. – професор кафедри технології металів Технічного університету у Кошице (Словаччина); Прентковскіс О. – декан факультету Вільнюського технічного університету ім. Гедимінаса (Литва); Шяджювене Н. – директор Шяуляйської державної колегії (Литва); Стахович Ф. – завідувач кафедри обробки матеріалів тиском Жешувського політехнічного університету ім. Лукасевича (Польща); Богданович А. – професор кафедри механіки Білоруського національного технічного університету (Республіка Білорусь); Меню А. – д.т.н., професор Міжнародного університету цивільної авіації (Марокко); Ловейкій В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри конструювання машин національного університету біоресурсів і природокористування України; Андрейків О. – д.т.н., професор кафедри механіки Львівського національного університету ім. І. Франка, член-корр. НАН України.

**Адреса оргкомітету:** ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,  
тел. (096) 2366752, факс (0352) 255798  
E-mail: [volodymyrdzyura@gmail.com](mailto:volodymyrdzyura@gmail.com)  
Редагування, оформлення, верстка: Дзюра В.О.

## **СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ**

- фізико-технічні основи розвитку нових технологій;
- нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій;
- сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні;
- сучасні технології на транспорті.

**СЕКЦІЯ: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
УДК 621.326**

**С.Р. Жеп`як, І.О. Мирзасєв, М.З. Пекар, О.Р. Кавецький**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО ДЕФОРМІНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ З ПОВЕРХНЕВИМИ ТРІЩИНАМИ**

**S.R. Zhep`yak, I.O. Myrzayev, M.Z. Pekar, O.R. Kavets`kyu**  
**INVESTIGATION OF THE STRESS STRAIN STATE OF ELEMENTS OF  
STRUCTURES WITH SURFACE CRACKS**

У структурних елементах металевих конструкцій під час навантаження зароджуються тріщини. Моделювання та прогнозування росту таких дефектів є важливим для оцінки живучості структурних елементів. При експлуатації машин і конструкцій на них діють навантаження, які проводять часто до миттєвої чи монотонної зміни напружень. Найпростіші прояви таких змін – пікові однократні перевантаження, циклічні перевантаження чи недовантаження певної тривалості, програмне навантаження та ін. Численні дослідження свідчать про значені перехідні ефекти змін швидкості росту втомних тріщин, що утруднюють оцінку ресурсу роботи виробів з тріщинами. Особливо дане питання є актуальним при наявності в елементах конструкцій поверхневих тріщин.

Поверхневі тріщини частіше за все зароджуються в місцях концентрації напружень, таких як зварні шви. Від якості виконання зварного шва залежить кількість та частота появи тріщин під час циклічного навантаження структурних елементів металевих конструкцій. Моделювання напружено-деформівного стану зразків, та дослідження їх несучої здатності проводилось методом скінчених елементів у програмному комплексі ANSYS (рис. 1).

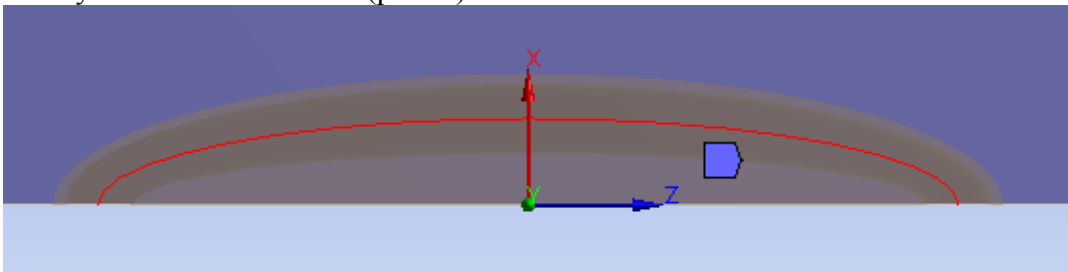


Рисунок 1. Модель півеліптичної тріщини.

Отримано значення коефіцієнтів інтенсивності напружень (КІН) по контуру поверхневої півеліптичної тріщини. Також було отримано розподіл напружень в околі тріщини. Результати були порівняні з даними із літературних джерел, що показало їх хорошу збіжність.

**Література**

1. Підгурський І. М. Визначення МСЕ коефіцієнтів інтенсивності напружень вздовж контуру поверхневих тріщин при їх злитті / І. М. Підгурський, Я. Р. Дубик // ІV міжнародна науково-технічна конференція „Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування“ — Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. — С. 256-258. — (Оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій).

2. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. пособие / Под ред. В.В. Панасюка. - Киев: Наукова думка, 1990. - Т. 4. -680 с.

**УДК 621.791.927.7**

**С.Р. Жеп'як, І.О. Мирзаєв**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ СТІЙКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ**

**S.R. Zhep'yak, I.O. Myrzayev**

### **INCREASING THE SPATIAL STABILITY OF THE WELDING ARC**

Зварювання на сьогоднішній день є одним із основних способів виготовлення конструкцій майже у всіх галузях промисловості. Найбільш поширеними способами які мають широке застосування є дугові. При дугових способах зварювання важливою умовою є просторова стійкість дуги, що є важливою її складовою технологічною властивістю. Продуктивність розплавлення електроду, теплоутримання розплавленого металу, його перенесення в дузі, розбрикування і проплавлення основного металу визначається у значній мірі просторовою стабільністю дуги, яка являється обов'язковою умовою зварювання в захисних газах довгою дугою.

Вивченням питань просторової стійкості різних типів дуг займалися Г.М. Тиходеев, В.С. Гвоздецький, Д.А. Дудко, В.С. Мечев, Б.А. Урюков та інші. В їхніх роботах відзначено, що основною причиною просторової нестабільності (блукання) дуги являється переміщення катодної плями по поверхні електрода.

На основі припущення, що радіальні розміри позитивного об'єму заряду, в катодній області дуги більше радіальних розмірів від'ємного об'ємного заряду, що надходить із катоду В.С. Гвоздецький та ін., запропонували причини блукання катодної плями дуги компенсацією частини позитивного об'ємного заряду в центрі іонізації області автоелектронним струмом з катоду. В результаті максимальне напруження електричного поля буде розподілятися по колу периферії іонізаційної області. Г.І. Лесков встановив, що основною причиною рухомості катодної плями являється «охолодження» іонізаційного простору катодної області дуги яка постійно поступає в неї парами матеріалу катоду. Парова фаза, яка утворилася, як вважає Б.А. Урюков, має меншу електропровідність ніж плазма, тому дузі «зручніше» горіти на краю першопочаткової плями, де концентрація пари значно менша.

В.С. Мечев дослідив, що основною причиною рухомості катодної плями являється деформація об'ємного позитивного заряду відносно першопочаткової катодної плями, що утворилася в процесі зіткнення з перезарядженням між атомами металу, які випаровуються з катоду в катодну область і іонами плазми дуги, що наближаються до катодної області.

На практиці дугового зварювання відомо, що тепло для утримання електродного металу (ступінь його перегрівання вище температури плавлення) і потік парів з активної плями дуги будуть тим більші чим вища просторова стійкість дуги. Цим і пояснюється більш високе теплоутримання капель електродного металу при зварювання струмом зворотної полярності у вуглекислому газі в порівнянні з прямою полярністю, не дивлячись на те, що ефективно катодне падіння напруги вище анодного.

Можливі наступні шляхи підвищення просторової стійкості:

- зниження градієнта потенціалу стовпа дуги;
- застосування катодів, що характеризується хімічною однорідністю;
- зниження питомої теплової потужності на катоді (зменшення катодного падіння напруги і густини струму в катодній плямі).

На основі проведеного аналізу можна підібрати методи підвищення просторової стійкості дуги, яка суттєво впливає на працездатність зварної конструкції.



**УДК 621.791.927.7**

**О.Р. Кавецький, М.З. Пекар**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЮ ДУГОЮ**

**O.R. Kavets'kyu, M.Z. Pekar**

### **METHODS OF WELDING ARC CONTROL**

Найбільш широкого застосування в різних галузях промисловості, які пов'язані з виготовленням металоконструкцій знайшли дугові способи зварювання, такі як: ручне дугове зварювання, зварювання в середовищі захисних газів, зварювання під шаром флюсу та їх різновиди. Основною задачею, яка ставиться при реалізації даних способів зварювання є забезпечення стабільності протікання дугового процесу та забезпечення заданих режимів зварювання.

Керування зварювальною дугою і її властивостями має дві мети: вплив на процеси пов'язані з електродом і вплив на процеси в зварювальній ванні та біляшовній зоні. Процеси пов'язані з електродом і в зварювальній ванні можуть бути обумовлені не тільки дією дуги, але й іншими факторами, наприклад дією власного магнітного поля.

Розрізняють керування зварювальною дугою і її властивостями. До керування дугою відносять механічне керування, при якому змінюється положення дуги в просторі без зміни її внутрішніх механічних властивостей. В деяких випадках до керування дугою можна віднести також газодинамічне і магнітне керування.

Керування дугою може привести до зміни її властивостей. Так примусове переміщення дуги з високою швидкістю викликає інтенсивне охолодження і відповідно зміну властивостей: стиснення дуги, підвищення температури дуги та інше.

Механічне керування дугою за допомогою поперечних коливань електроду дозволяє отримати шви з оптимальним співвідношенням параметрів незалежно від величини струму і напруги дуги. Поперечні коливання застосовуються при зварюванні короткою дугою. При зварюванні дугою підвищується напруга із зростанням струму які необхідні для задовільного формування шва. Також даний спосіб керування зварювальною дугою застосовується при вібродуговому способі наплавлення, що дозволяє збільшити ширину валика наплавленого металу та зменшити долю наплавленого металу в основному металі.

Газодинамічне керування дугою широко застосовується для дуги в плазмотронах. Застосування до плавкого електрода даний спосіб полягає в додатковому крім дуги, впливу на зварювальну ванну газового струменю з метою збільшення глибини проплавлення. Газовий струмінь впливає не тільки на зварювальну ванну, а й на дугу. Керуючий газовий потік взаємодіє з потоком дуги, призводить її до стиснення, зменшення довжини дуги і струму, збільшення коефіцієнта розплавлення електроду.

Магнітне керування просторовим положенням дуги застосовується при зварюванні електродною стрічкою, для забезпечення рівномірного її плавлення, при значній ширині і для розігрівання торців, які з'єднуються в стик, а також для зміни геометрії шва шляхом поперечних коливань дуги.

За допомогою магнітного поля можна керувати процесами в зварювальній ванні, наприклад, переміщення рідкого металу. Електричне керування дугою включає дію на процеси пов'язані з електродом і зварювальною ванною.

Застосування різних методів керування зварювальною дугою дозволяє покращити якість та механічні властивості зварного з'єднання та конструкції в цілому.

УДК 621.3.087.47:[53.05+53.09]

**В.І. Крочак, В.Л. Дунець, канд. тех. наук.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

## **МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ГАЗОРОЗРЯДНИХ ДАВАЧІВ ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА**

**V.I. Krochak, V.L. Dunets, Ph.D**

### **METHOD OF RECOGNITION OF IONIZATION RADIATION EMISSION SIGNALS FOR GEIGER-MULLER DETECTORS**

При вимірюванні радіоактивності матеріалів і дослідженні сукупних іонізуючих випромінювань за допомогою давачів Гейгера-Мюллера, як правило, застосовують метод екранування, при якому один з видів випромінювання на шляху до давача відсікається певним матеріалом або полем. Такий метод є ефективним, але непрямим, тому частина інформації втрачаються.[1].

Запропонований метод дозволяє без застосування методу екранування розрізняти види випромінювань, які спричиняють лавинний процес в давачі Гейгера-Мюллера, що є більш інформативним.

Проведено збір та опрацювання даних за допомогою експериментальної установки, в результаті чого виявлено інформативні ознаки, які дозволяють розпізнавати різновиди іонізуючого випромінювання за параметрами сигналу.

Шляхом синхронного по часу усереднення [3] встановлено часове представлення імпульсів на виході давача Гейгера-Мюллера (рис.1), породжених різними видами іонізуючого випромінювання. Після чого отримані імпульси були оброблені і отримані їх періодограми [2] (рис.2).

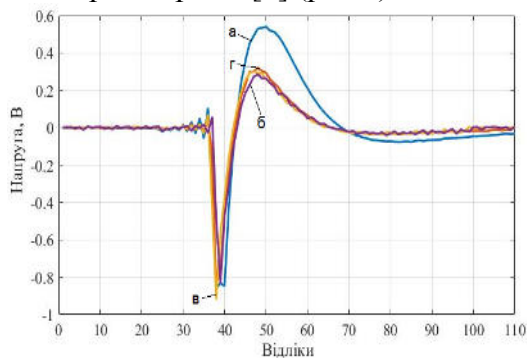


Рисунок 1. Часові представлення сигналів а – породженого  $\gamma$ -випромінюванням,

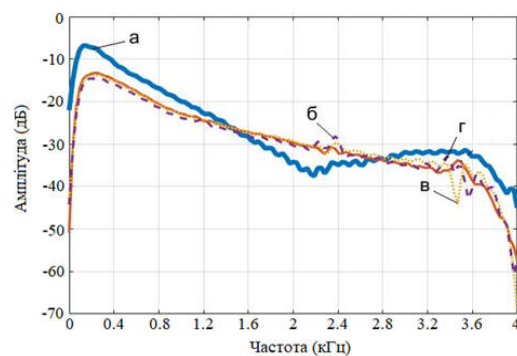


Рисунок 2. Періодограми сигналів б,в,г –  $\beta$ -випромінюванням

Інформативною ознакою визначена оцінка спектральної густини потужності (періодограма) окремих сигналів на виході давача Гейгера-Мюллера. Виявлено, що вказана оцінка відрізняється для сигналів породжених різними видами іонізуючого випромінювання ( $\beta$ - або  $\gamma$  – випромінювання).

#### **Література**

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. — Київ: Світ, 2003. — 288 с.:245,140,143,152

2. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: учеб. пособие.— СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 560 с.: ил. — (Учебная литература для вузов)

3. <https://www.mathworks.com/help/signal/ref/tsa.html>

**УДК 621.326**

**М.Ф. Кузмічов, Н.Р. Бутрак, В.В. Пікус**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ЛИСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З  
ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ**

**M.F. Kuzmichov, N.R. Butrak, V.V. Pikus**

**JUSTIFICATION OF THE NEED TO INCREASE THE PHYSICAL AND  
MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS OF SHEET STRUCTURES  
FROM ALLOY STEEL**

У світі стабільно підвищується попит на електрозварювальні конструкції з листового прокату легованих сталей. У зв'язку з необхідністю зберігання чи транспортування різних агресивних речовин із врахуванням різних робочих зон та умов виникає потреба в освоєнні виробництва електрозварювальних високоміцних конструкцій з легованих сталей із підвищеними фізико-механічними властивостями.

Основним завданням при виготовленні конструкцій із сучасних високоміцних сталей, з точки зору технології зварювання, є забезпечення високих механічних властивостей зварного з'єднання при перепадах температур та із врахуванням корозійного впливу речовин, що зберігаються. Забезпечення високої ударної в'язкості металу шва та ЗТВ (зони термічного впливу) при зварюванні відповідальних листових конструкцій є складним завданням, через низькі швидкості охолодження в ЗТВ при зварюванні і утворення гетерогенної структури. Метал зварного з'єднання, для забезпечення їх надійності повинен володіти підвищеною ударною в'язкістю при від'ємних температурах, опором крихкому руйнуванню; відсутністю «холодних» та «гарячих» тріщин. Для зварного з'єднання високоміцних низьколегованих сталей найбільш низький рівень ударної в'язкості відзначається в зоні термічного впливу основного металу, на стику з розплавленим металом шва. Це зумовлено істотним огрубінням мікроструктури і ростом зерна в результаті перегрівання. Мікроструктура ЗТВ також суттєво залежить від швидкості охолодження в інтервалі температур фазових перетворень. Залежно від хімічного складу сталі і умов охолодження мікроструктура ЗТВ може змінюватися від мартенситу (через різної морфології бейніт) до перліто-феритної суміші. Найбільш прогресивні технології отримання зварних з'єднань ґрунтуються на застосуванні порошкових дротів в якості присадного матеріалу, оскільки застосування порошкових дротів дозволяє якісно регулювати хімічний склад та підвищувати міцнісні властивості металу зварних з'єднань та ЗТВ, підвищувати продуктивність процесу за рахунок високого коефіцієнта розплавлення, що має важливе значення при зварюванні листових конструкцій. Легування сталі Ті (в мікрооб'ємах) сприяє формуванню з'єднання TiN, завдяки чому зменшується кількість азоту, розчиненого в сталі. Оскільки фаза TiN володіє ефектом збереження границь зерен, введення Ті запобігає зростанню зерен аустеніту, що сприяє підвищенню в'язкості основного металу і ЗТВ. Для досягнення бажаного ефекту необхідний вміст Ті знаходиться в межах від 0,001% до 0,02%, оскільки при вищих значеннях вмісту титану відбувається формування карбіду, через що відбувається дисперсне затвердіння і суттєве зниження в'язкості металу. Ефективним, з точки зору підвищення міцнісних властивостей металу шва є легування вуглецем. Встановлено, що оптимальний вміст вуглецю складає від 0,03 до 0,11%, а при збільшенні його вмісту підвищується прогартовуваність, яка призводить до збільшення твердості і зниження рівня ударної в'язкості в ЗТВ.

УДК 621.865.8

**Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук, В.Б. Савків, канд. тех.наук, доц., О.А. Загоруйко**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ПРОГРАМУВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ КОМІРКИ**

**R.I. Mykhailyshyn, Ph.D., V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., O.A. Zahoruyko**  
**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PROCESS FOR PROGRAMMING  
A ROBOTIC CELL**

Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення завдань автоматизованого виробництва є створення автоматичних програм, здатних виконувати на виробництві ряд допоміжних операцій [1-2]. До них відносяться автоматичні маніпулятори і промислові роботи, експлуатаційна надійність яких в основному залежить від програмних засобів та апаратів [3-4].

Для збільшення швидкості офлайн-програмування робототехнічних комірок була створена серія розумних компонентів та надбудов. Кожен розумний компонент містить необхідну геометрію для створення графічної складової. Розумні компоненти мають можливість створювати та модифікувати механізми, завдяки чому графічні компоненти візуально відображатимуть функцію, яку виконує механізм. Розумні компоненти також мають можливість завантажувати несуттєву геометрію та прикріплювати її до належного кадру, щоб комірка була якомога точнішою під час досліджень та автономного програмування.

Серія розумних компонентів складається з трьох частин. Перший - це автоматичний будівельник огорожі, який дозволяє користувачеві вибрати бажану довжину та висоту огорожі та будує його на станції (Рис. 1). Другий розумний компонент - це конструктор доріжок. Цей розумний компонент завантажує бажану довжину колії; виходячи з обраної висоти; і довжини стріли. Користувач також має можливість завантажувати аксесуари та автоматично розміщувати та прикріплювати їх до належного положення на козлі. Цей розумний компонент також генерує козловий механізм на основі висоти вибраної вежі та довжини колії проїзду. Останній розумний компонент - це автоматичний компонент світлової завіси. Цей компонент дозволяє користувачеві створити кілька світлових завіс і автоматично побудувати віртуальний лазерний паркан, який знаходиться між двома стовпами світлових завіс.

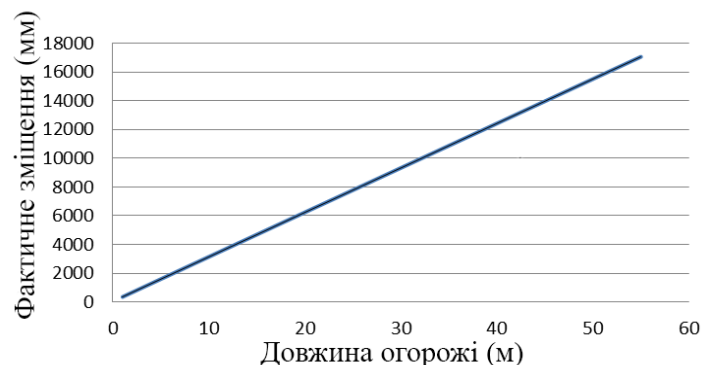


Рисунок 1. Залежність довжини огорожі від фактичного зміщення перегородок

Додатковий компонент був створений для повної автоматизації конструкції роботизованого зварювального елемента (Рис. 2). Автоматичний конструктор станцій конструює зварювальну камеру з урахуванням основних атрибутів деталі: ваги в кг,

діаметра в мм і довжини в мм. Цей компонент використовує інтелектуальну серію компонентів для створення відповідного робота та позиціонера деталей та включає в себе обладнання безпеки, таке як огорожа та легкі завіси. Всі компоненти мають автономний розмір і розміщені для побудови зварювальної комірки, здатної зварювати зазначену деталь. Надбудова була створена в Microsoft Visual Studio C#, щоб дозволити користувачеві швидко завантажити позиціонер та бажаний райзер. Позиціонер завантажується у правильне положення для калібрування віртуального контролера. Головний запас та хвостовий запас вибираються на основі бажаної потужності та висоти стояка. SkyHooks вибираються залежно від ємності, падіння та кидка. Відповідний стояк завантажується на основі більших вимірювань падіння та кидка. Крім того, центри завантажуються з урахуванням потужності, падіння, кидка та висоти стояка.

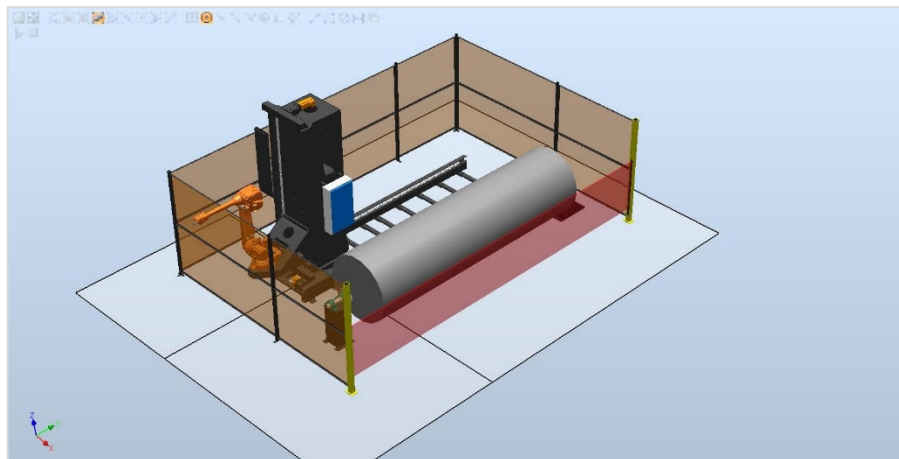


Рисунок 2. Приклад автоматичної побудови робототехнічної комірки

Створення механізмів таким чином не тільки економить час користувача при розробці концептуальної станції, але й економить значну пам'ять комп'ютера. Метод попередньої компіляції бібліотек, що застосовувався раніше, дублював геометрію в кожному механізмі. Новий метод використовує єдиний фрагмент геометрії, який можна розділити між різними механізмами. Пам'ять, яку використовують бібліотеки, зменшилась на 80%.

### **Література**

1. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // *Journal of Electrical Engineering*. – 2017. – № 68 (6). – P. 496 – 502. – DOI: 10.1515/jee-2017-0087.
2. Михайлишин Р.І. Обґрунтування параметрів та орієнтації струминного захоплювача маніпулятора для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 “Піднімально-транспортні машини” / Р.І. Михайлишин. – Тернопіль, 2018. – 21 с.
3. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2018. – DOI: 1729881418762670.
4. Research of Energy Efficiency of Manipulation of Dimensional Objects With the Use of Pneumatic Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, F. Duchon, R. Trembach // *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2019 – IEEE, 2019. – P. 527 – 532. – DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879957.*

**УДК 621.865.8**

**Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук, В.Б. Савків, канд. тех.наук,доц.,Й.Р. Кравець, Н.С. Мінько**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ В РОБОТОТЕХНІЧНІЙ КОМІРЦІ**

**R.I. Mykhailyshyn, Ph.D., V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., Y.R. Kravets, N.S. Minko  
MODELING AUTOMATED PROCESS OF CHANGING TOOLS IN A ROBOTIC  
CELL**

Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення транспортно-завантажувальних завдань автоматизованого виробництва є створення автоматичних механізмів, здатних виконувати на виробництві ряд допоміжних операцій [1-2]. До них відносяться автоматичні маніпулятори і промислові роботи, експлуатаційна надійність яких в основному залежить від конструкції захоплюючого пристрою [3-4].

Розроблення прототипів для спеціального інструменту для маніпулювання блістерами та інструментами всередині Людино-машинного інтерфейсу має важливе значення. Також важливим на даному етапі розвитку виробництва є розроблення програми тестування, щоб полегшити програмні потреби на виробництві. Зокрема використання великої кількості прототипів дозволить створити велику гнучкість у виборі того, що використовувати на більшості роботизованих станцій. Людино-машинного інтерфейс також дозволить досить просто зрозуміти та використовувати програмні засоби для звичайної роботи оператора.

Однією з головних цілей роботи було побудувати гнучку систему зміни інструментів. Для додання гнучкості системі важливо проаналізувати процес розробки нового інструменту, який можна використовувати з цим пристроєм, що змінює інструмент. Тому було проаналізовано реальну проблему виробничої лінії, в даному випадку потрібен був інструмент, який міг підібрати як окрему деталь, таку як блістер.

Оглядаючи розміри виступів, можна розглянути деякі ускладнення його балансування, особливо враховуючи використання лише одного робота з однією рукою для маніпулювання ним, крім того, кожна деталь повинна мати можливість захоплення індивідуально. Для вирішення цієї проблеми був розроблений спеціальний інструмент з 2 захоплювачами, які мають кут 90 градусів між собою для захоплення за виступ та різні частин на ньому.

Кут між захоплювачами дозволив би використовувати відстань між кінчиками пальців захоплювачів, забезпечуючи рівновагу виступу після його утримання в повітрі, цей кут також дозволив би добре обробляти деталі, які збиралися підібрати окремо.

Захоплювачі, які збиралися використовувати, є Robotiq 2F-85, тому потрібно було лише побудувати тримач, щоб утримувати як захоплювачі на місці з певним кутом, так і відстанню.

Як вже було сказано раніше, адаптер має функцію підключення захоплювачів до робота. Кожен захват має кут 90 градусів між собою. При розробці цього адаптера слід враховувати різні аспекти, наприклад, який матеріал буде використаний для його виготовлення, спосіб його виготовлення, конфігурацію, яка буде використовуватися, та інші конструктивні аспекти.

Вважалося, що адаптер розділити на 4 різні частини (Рис. 1.):

• першою була б основна структура адаптера, тобто конструкція, яка з'єднає роботу з захоплювачем.

- друга частина - це диск, що з'єднує основний каркас із конструкцією адаптера
- останні 2 частини - це диски, які з'єднують захоплювачі з основною рамою.

Авторами визначено основні параметри розміщення частин адаптера, та проведена математичне моделювання процесу навантаження рами адаптера при дії рівномірно навантажених захвата (Рис. 2).

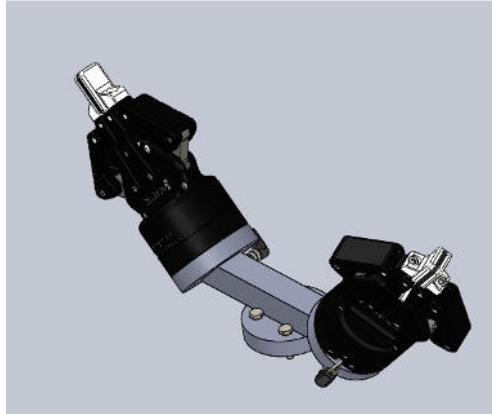


Рисунок 1. Адаптер із захоплювачами

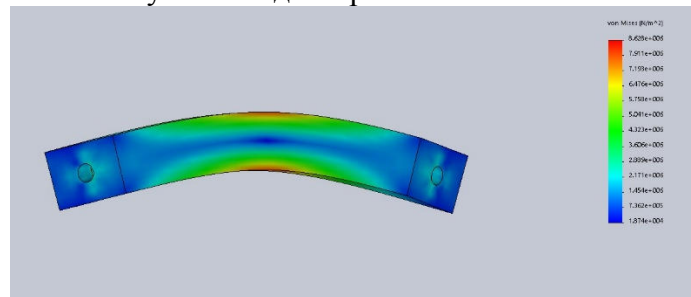


Рисунок 2. Статичний тест, 100Н

Встановлено, вплив статичних навантажень на раму адаптера захоплення вальної системи. В результаті моделювання рекомендовано використання пустотілого адаптера, та трубного адаптера із змінним діапазоном розміщення захоплювачів, для збільшення гнучкості виробничої лінії.

### **Література**

1. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // *Journal of Electrical Engineering*. – 2017. – № 68 (6). – P. 496 – 502. – DOI: 10.1515/jee-2017-0087.
2. Михайлишин Р.І. Обґрунтування параметрів та орієнтації струминного захоплювача маніпулятора для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 “Піднімально-транспортні машини” / Р.І. Михайлишин. – Тернопіль, 2018. – 21 с.
3. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2018. – DOI: 1729881418762670.
4. Research of Energy Efficiency of Manipulation of Dimensional Objects With the Use of Pneumatic Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, F. Duchon, R. Trembach // *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2019* – IEEE, 2019. – P. 527 – 532. – DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879957.



**УДК 621.865**

**Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук, В.Б. Савків, канд. тех. наук, доц., Р-В. М. Павловський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАВЧАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО РОБОТА**

**R.I. Mykhailyshyn, Ph.D., V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., R-V.M. Pavlovskyi**

### **DESIGN AND RESEARCH OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF EDUCATIONAL SMALL-SIZED ROBOT**

Промислові роботи є важливою частиною автоматизованої гнучкої виробничої системи (ГВС), яка може підвищити продуктивність праці, збільшити точність виготовлення деталей, підвищити швидкість переміщення об'єктів виробництва. Типове застосування промислових роботів включає такі операції, як зварювання, складання, розпилення, відбір проб та їх встановлення, перевірка та тестування виробів, упакування, які мають високу точність, швидкість та надійність. Промислові роботи в процесі виробництва можуть виконувати основні та допоміжні технічні операції [1-2]. У наш час є необхідним отримання навичок програмування промислових роботів студентами, тому розробка малогабаритних промислових роботів на базі Arduino є актуальною задачею. Такий робот можна було б використовувати в навчальному процесі, для практики і реалізації різного роду операцій, як основних так і допоміжних. З цією метою була розроблена 3D-модель малогабаритного промислового робота з кутовою системою координат, вантажопідйомність якого становить до 1кг. Попередньо конструкція промислового робота була спроектована в програмному середовищі SolidWorks (Рис. 1).

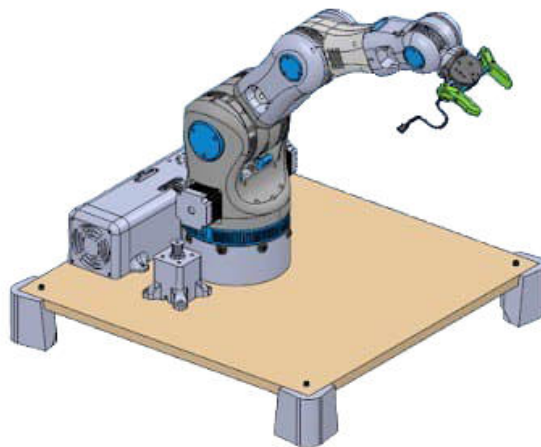


Рисунок 1. Конструкція малогабаритного промислового робота в SolidWorks

Після цього всі елементи були надруковані на 3D-принтері, використовувався 3D-принтер Wanhao Duplicator 6 (D6), деталі були виготовлені з платіску ABS та PLA. Для контролю параметрів друку використовувалось програмне забезпечення Wanhao Cura, де встановлювались різні параметри, такі як, швидкість друку, температура сопла, температура столу, товщина стінок, заповнення деталей, підстилка, підтримка навісних елементів. Отриману модель було імпортовано в програмне середовище RobotStudio.



Це програмне середовище для керування роботами та їх симуляцій [2]. В RobotStudio зібрано малогабаритний промисловий робот та підключено всі елементи живлення.

Використовуючи програмний пакет RobotStudio [3-5] для програмування і симуляції промислових роботів, продемонструємо для розробленого промислового робота. Для симуляції вибрано виконання повороту маніпулятора на 30 градусів. У такому випадку система використовує траєкторію із трапецієподібним швидкісним профілем прискорення проте він є переривчастим [3]. Як наслідок ривок (похідна прискорення) приймає нескінченні значення. Такі параметри руху маніпулятора викликаючи вібрації. А причиною вібрацій є стрибки потужності двигунів маніпулятора Рис. 2 через те, що прискорення на стадіях розгону і уповільнення приймають максимальні значення (в нашому випадку 3 і 5 м/с<sup>2</sup>).

Для того, щоб уникнути такої проблеми, планування траєкторії змінено, додано функцію з безперервним прискоренням. В програмному середовищі RobotStudio для цього використовується функція PathAccLim (PathAccLim TRUE \AccMax := 0.3, TRUE \DecelMax := 0.3). В результаті отримуємо трапецієподібний профіль в фазах прискорення і уповільнення Рис. 3. З рисунку 3 можна побачити, що коливання потужності двигуна відсутні, фази розгону і уповільнення проходять монотонно.

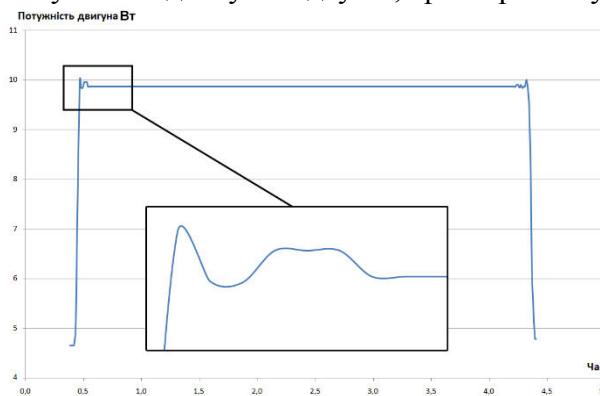


Рисунок 2. Графік потужності двигуна маніпулятора

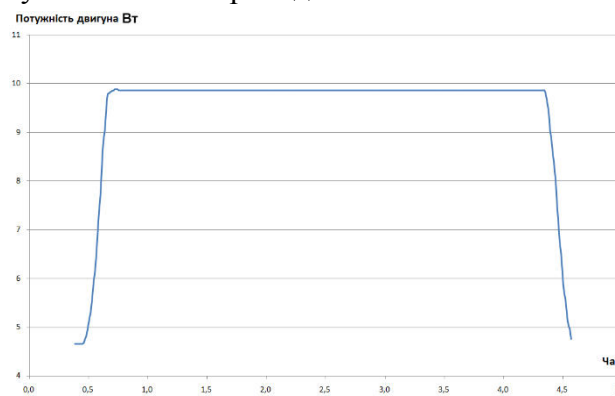


Рисунок 3. Графік потужності двигуна маніпулятора

У роботі проведено дослідження експлуатаційних характеристик малогабаритного промислового робота в програмному середовищі RobotStudio. Та виготовлений експериментальний зразок малогабаритного промислового робота для практичних занять із програмування промислових роботів на базі Arduino.

#### Література

1. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // Journal of Electrical Engineering. – 2017. – № 68 (6). – P. 496 – 502. – DOI: 10.1515/jee-2017-0087.
2. Михайлишин Р.І. Обґрунтування параметрів та орієнтації струминного захоплювача маніпулятора для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 “Піднімально-транспортні машини” / Р.І. Михайлишин. – Тернопіль, 2018. – 21 с.
3. Михайлишин Р. І. Аналіз методів планування траєкторій маніпуляторів / Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків // Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади» Луцький НТУ. – Луцьк, 2016. – №8 (1). – С. 61 – 69.
4. «Створення роботизованої станції в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 з курсу “Гнучкі комп’ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 19 с.
5. «Визначення базових точок та траєкторії промислового робота» : методичні вказівки до лабораторної роботи № 2 з курсу “Гнучкі комп’ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / укл. : Р. І. Михайлишин, В. Б. Савків. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 17 с.

**УДК 621.791.927.7**

**Ч.В.Пулька докт. техн. наук, проф., А.І. Горішний, І.Ф. Дудич, Т.М. Струсь.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

**Ch.V.Pulka Dr., Prof., A.I. Horishnyy, I.F. Dudych, T.M. Strus'.**

### **APPLICATION OF INDUCTION SURFACING IN THE MANUFACTURE OF PARTS OF AGRICULTURAL MACHINES**

В сільськогосподарському машинобудуванні використовують такі деталі як леміші плугів, диски та стрільчаті лапи культиваторів, ножі-гичкорізи і т.д., які працюють в абразивних середовищах. З метою підвищення зносостійкості робочих поверхонь застосовують різні методи наплавлення в тому числі і індукційне.

Виходячи із необхідності виробництва спосіб індукційного наплавлення постійно вдосконалюється в наступних напрямках: підвищення продуктивності процесу та зносостійкості наплавленого металу, оптимізації режимів індукційного нагрівання, вдосконалення конструкції індукторів і нагрівальних систем, економії електроенергії при наплавленні дисків довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення.

Для підвищення продуктивності процесу наплавлення ножів-гичкорізів зубчатої форми запропоновано технологію одночасного індукційного наплавлення по всій робочій поверхні з шириною наплавлення більшою за висоту зуба з використанням двовиткового кільцевого індуктора. В результаті цього підвищилась продуктивність процесу наплавлення в 4-5 раз, зносостійкість наплавленого шару відповідно з 2.2 до 3.4. В порівнянні з існуючим неперервно-послідовним способом наплавлення.

З метою економії електроенергії проведена оптимізація режимів підводу потужності до індуктора. Показано, що одночасне наплавлення дисків по всій робочій поверхні можна проводити як при постійній питомій потужності за певний проміжок часу так і при змінній за енергоощадним режимом за той же проміжок часу. При цьому досягається економія електроенергії на 16-37% в залежності від використання наплавлювальних матеріалів.

На практиці бувають випадки коли діаметр дисків і ширина зони наплавлення змінюються. Для цього необхідно підбирати інші конструкції індукторів або спеціальних екранів, що пов'язано в великими матеріальними і трудовими затратами.

З цією метою були проведені дослідження і розрахунки розмірів індукторів і спеціальних екранів теплових і електромагнітних полів для різних випадків використання цих систем.

В результаті досліджень отримані дані які дозволяють визначати розміри індукторів і екранів, а також силу струму для наплавлення дисків зубчатої форми довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення.

Таким чином при використанні тої чи іншої нагрівальної системи індукційного наплавлення, інженер-технолог за заданими діаметрами диска і ширини наплавленого шару може графічно або за табличними даними підбирати необхідні розміри індуктора, виходячи з потреб технології, що скорочує терміни і матеріальні затрати на проведення експериментів і впровадження нових технологій у виробництво.

Запропонована технологія з використання нагрівальної системи індуктор теплової і електромагнітний екрани (ІТЕЕ) дозволяє додатково економити на 15-20% електроенергії, підвищити стабільність товщини наплавленого шару металу до 22% і скоротити час наплавлення з 32 с до 22 с.

Крім того для підвищення зносостійкості наплавленого металу було запропоновано ввести додаткові технологічні операції в процес індукційного наплавлення, а саме горизонтальну і вертикальну вібрації, а також обертання диска з відповідною швидкістю відносно вертикальної осі.

При цьому враховуючи не велику товщину плоских дисків 3-6 мм, велику увагу приділено залишковим напруженням, деформаціям і переміщенням які виникають після наплавлення в зоні робочої поверхні, яка має різну ширину.

В дослідженнях показано що максимальні залишкові напруження  $\sigma_2$  виникають в наплавленому шарі безпосередньо біля межі його з'єднання з основним металом на межі з не наплавленою зоною  $\sigma_2=0.54 \sigma_b$  при границі міцності сормаїту  $\sigma_b=150$  МПа.

Розроблена технологія дозволяє проводити нагрівання з низьким рівнем градієнтності температури по радіусу диска. При вертикальній і горизонтальній вібрації деталі з відповідною амплітудою і частотою безпосередньо в процесі наплавлення вдається оптимізувати мікроструктуру наплавленого металу і підвищити зносостійкість наплавлених зразків приблизно в 1.5 рази порівняно з технологією без використання вібрацій.

Стабільність товщини шару наплавленого металу покращується на 22% і досягається за рахунок комбінованого використання горизонтальної і вертикальної вібрацій які забезпечують рівномірний розподіл рідкого металу в зоні наплавлення.

Застосування розроблених технологічних схем і обладнання для індукційного наплавлення ножів-гичкорізів дозволяє підвищити продуктивність праці, економити електроенергію, покращити мікроструктуру, підвищити зносостійкість і стабільність товщини шару наплавленого металу, а також знизити залишкові напруження і деформації дисків які сприяють усуненню додаткових технологічних операцій (рихтування, попередній підігрів).

#### **Література.**

1. Гаврилюк В. Я., Михайлишин В.М., Михайлишин М.С., Пулька Ч.В. Оптимальне керування індукційним нагрівом в процесах наплавлення тонких фасонних дисків / Вісник ТНТУ 2020.-№1(97), С. 5 – 13.

2. Гаврилюк В. Я., Пулька Ч.В., Михайлишин М.С., Сенчишин В.С. Математична модель руху краплі рідкого металу на поверхні обертового сталевго диска / Вісник ТНТУ 2020.-№3(), С.(в друці).

3. Pulka Ch.V., Pidgurskyi M.I., Senchishin V.S., Sharik M.V., Gavrilyuk V.Ya. Effect of horizontal mechanical metalvibration on service properties of deposited / The Paton Welding Journal, November 2019, №10, P. 21–26.

4. Пулька Ч.В., Шаблій О.М., Барановський В.М., Сенчишин В.С., Гаврилюк В.Я. Пути совершенствования технологии индукционной наплавки тонких дисков / “Автомат сварка” №5-6. – 2015. – С. 64-67.

**УДК 621.791**

**В. Є. Романів, В. В. Лазарюк, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУМІШЕЙ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ ПРИ НАПІВАВТОМАТИЧНОМУ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ**

**V.Y. Romaniv, V.V. Lazaryuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **PECULIARITIES OF APPLICATION OF SHIELDING GAS/ MIXTURES IN THE GAS METAL ARC WELDING**

Напівавтоматичне зварювання плавким електродом у захисних газах залишається найбільшим поширеним способом масового виробництва зварних конструкцій. Висока продуктивність праці, можливість механізації процесу та зниження імовірності утворення пор та тріщин зварного шва є одними з переваг даного способу. Проте при зварюванні вуглецевих сталей у вуглекислому газі може мати місце нестабільність горіння дуги, підвищене розбризування електродного металу, незадовільне формування шва. При зварюванні вуглецевих сталей в аргоні нерідко спостерігається поява пористості, викликані внутрішніми реакціями в розплавленому металі, утворенням оксиду вуглецю та недостатньою кількістю розкислювачів. Одним із напрямків удосконалення процесу напівавтоматичного зварювання плавким електродом у захисних газах є покращення металургійних процесів через зміну газового середовища процесу.

Серед причин погіршення формування зварного шва при напівавтоматичному зварюванні у  $\text{CO}_2$  було встановлено [1] вибухоподібні виплески розплавленого металу із зварювальної ванни, збільшення розміру крапель розплавленого металу та значні реактивні сили, що виштовхують краплі металу за межі шва. Одним із способів керування процесом формування та перенесення краплі електродного металу у дузі є зменшення поверхневого натягу та підвищення концентрації поверхнево-активних речовин у поверхневому шарі розплавленого металу.

Так добавки кисню до вуглекислого газу зменшують поверхневий натяг заліза та покращують процес формування шва. Використання сумішей  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  підвищує інтенсивність окислення водню та зменшує імовірність утворення пор та тріщин [1]. Зварювання у  $\text{CO}_2+20\%\text{O}_2$  рекомендують проводити в нижньому положенні на підвищених струмах [1]. Проте недоліком такого способу є збільшення кількості шлаку на поверхні через підвищення окислювального потенціалу захисного середовища та більш високу температуру зварювальної ванни.

Покращити формування шва, зменшити або усунути розбризування електродного металу, за умов високої продуктивності процесу можна використовуючи напівавтоматичне зварювання плавким електродом у середовищі аргону з добавками вуглекислого газу та/або кисню. Поява кисню у середовищі газового захисту на основі аргону також зменшує поверхневий натяг заліза, що сприяє подрібненню крапель та переходу до струменевого способу перенесення електродного металу. Проте підвищення температури зварювальної ванни при зварюванні тонколистових заготовок може стати причиною дефектів перепалення.

Також при зміні газового середовища слід враховувати просторове положення зварного шва. Для використання імпульсно-дугового зварювання в аргоні в усіх просторових положеннях рекомендують вміст вуглекислого газу та кисню обмежувати до 15% [1]. До недоліків застосування сумішей відносять також більший розхід захисного газу через більшу довжину дуги.

Проведено аналіз українських виробників технічних газів та газових сумішей на сайті prom.ua за пошуком «суміш газова», «суміш зварювальна», «сварочная смесь». Виявлено 11 пропозицій газової суміші на основі аргону та вуглекислого газу. Проте виробники пропонують лише газову суміш однієї групи М2 ( $15 < \text{CO}_2 < 25$ ) з вмістом  $\text{CO}_2$  -18-20% (торгова марка MIX №1), відповідно до стандарту ISO 14175 "Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання". Спостерігається широке варіювання цін від 315 грн. до 550 грн. за балон (40 л). Окремі виробники на своїх сайтах пропонують також газові суміші із вмістом  $\text{CO}_2$  - 2, 10, 18, 20 та 25%. для напівавтоматичного зварювання вуглецевих, нержавіючих, низько та середньолегованих сталей, а також тонкостінних конструкцій та оцинкованих виробів. Для порівняння цін чистого аргону, вуглекислого газу та їх сумішей було проведено порівняльний аналіз цінових пропозицій одного виробника компанії «Лінде Газ Україна», <http://www.linde-gas.com.ua/>. Ціна:  $\text{CO}_2$  - 1, Ar - 2,47, Ar+18% $\text{CO}_2$  – 1,96.

Проведений аналіз особливостей застосування сумішей газів на основі вуглекислого газу та аргону вказує на значну перспективу їх використання для напівавтоматичного зварювання плавким електродом, оскільки це дозволяє підвищити якість зварних виробів, міцнісні характеристики зварного шва, значно зменшити трудомісткість зачищення та полірування поверхонь від слідів бризок та крапель, зменшити витрати електроенергії та зварювального дроту на 10-15%. Серед ризиків для виробників металоконструкцій при застосуванні зварювальних сумішей газів слід назвати неврахування просторового положення зварних швів, можливі підвищені витрати захисного газу та більш високу ціну суміші у порівнянні з вартістю вуглекислого газу.

### **Література**

1. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 208 с

**УДК 621.791.927**

**В.Ф. Савків**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ІЗ СТАЛІ 09Г2С**

**V.F. Savkiv**

### **IMPACT RESISTANCE INVESTIGATION OF THE 09Г2С STEEL WELDED JOINTS**

В нафтогазовій промисловості для транспортування та зберігання нафто-газових продуктів широко застосовуються резервуари, до яких висуваються високі вимоги міцності та надійності. З метою запобігання їх тривалої експлуатації необхідно проводити діагностування поточного технічного стану сталей та зварних з'єднань та за необхідності виконання ремонтних заходів. Проведення ремонтних робіт резервуарів, які використовуються в нафтогазовій промисловості є складним технічним завданням, яке потребує покрокової технології з застосуванням обґрунтованих режимів та параметрів кожної операції. Відомо, що більшість випадків непрогнозованого руйнування резервуарів пов'язано із дефектами зварних швів. Наявність легуючих елементів в металі сприяє погіршенню зварювання, зокрема можлива поява ділянок з пониженим опором крихкому руйнуванню. Процеси деградації протягом тривалого напрацювання, є найнебезпечнішими для зварних швів, оскільки спричиняють непрогнозовані зміни механічних властивостей. Це питання є особливо важливим для нових технологічних підходів процесу зварювання. Процеси виділення дисперсних включень, притаманні зоні зварного шва та термічного впливу можуть спричинити пошкодження структури металу та по різному впливати на його опір руйнуванню за різних температурно-силових умов. Процеси зародження та поширення тріщин за динамічних умов є локалізованими й граничний стан матеріалу визначається фактично властивостями «найнебезпечніших ділянок», якими можуть слугувати зварні шви [1-3]. Зварні шви є макроконцентраторами напружень та складною фізико-механічною структурно-неоднорідною системою (основний метал – зварний шов – зона термічного впливу), яка може містити технологічні концентратори напружень – підрізи, неповари, пори, що можуть спричинити їх руйнування [4]. З метою цього були проведені дослідження зварних з'єднань на ударну в'язкість сталі 09Г2С. Виявлено, що ударна в'язкість дослідженої сталі є достатньо високою. При цьому ударна в'язкість зварного шва за температур  $-40^{\circ}\text{C}$  та  $-20^{\circ}\text{C}$  є ідентичною основному матеріалу. Для зразків вирізаних з зони термічного впливу та ділянки зварного шва для температури  $-40^{\circ}\text{C}$  є в середньому відповідно на 1,15 та 1,4 рази нижчою ніж основного металу. Відмінності значень ударної в'язкості у зразках вирізаних з центральної ділянки шва та в зоні термічного впливу зумовлені їх структурним станом. Слід зазначити, що спосіб вирізання темплетів з яких виготовлено зразки не вплинув на ударну в'язкість у дослідженому температурному діапазоні.

#### **Література**

1. Фридман Я.Б. Механические свойства. Деформация и разрушение / Я.Б. Фридман. - М.: Машиностроение, ч. I, 1974. - 472 с. 2. Качанов Л.М. Основы механики разрушения / Л.М. Качанов. М.: Наука, 1974. - 312 с. 3. Макклиток Ф. Деформация и разрушение материалов / Ф. Макклиток, А. Аргон. М.: Мир, 1970. - 443 с. 4. Шестериков С.А. Избранные труды / С.А. Шестериков. М.: Изд-во Московского университета, 2007. - 242 с.

УДК 621.865.8

В.Б. Савків, канд. тех. наук, доц., Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук, С.А. Трачук,  
А.О. Северин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СТРУМИННІ ЗАХОПЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ З ІНТЕГРОВАНИМ КОНТРОЛЕМ РОЗМІРІВ ОБ'ЄКТІВ МАНІПУЛЮВАННЯ

V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., R.I. Mykhailyshyn, Ph.D., S.A. Trachuk, A.O. Sevryn  
BERNOULLI GRIPPERS FOR INDUSTRIAL ROBOTS WITH INTEGRATED CONTROL OF THE DIMENSIONS OF THE MANIPULATED OBJECT

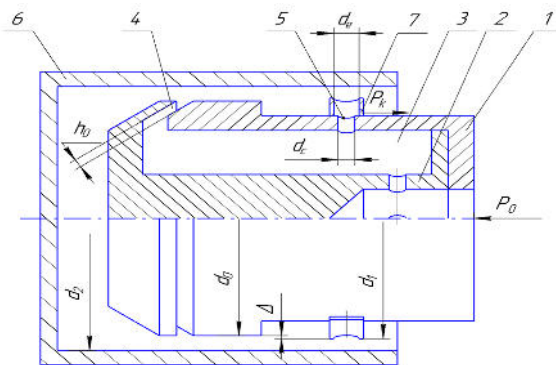
Одними з основних вимог до технологічного обладнання гнучких автоматизованих виробничих систем є поєднання високої продуктивності з точністю виконання операцій. Ефективне забезпечення даних вимог досягається шляхом максимальної концентрації технологічних операцій в одиниці технологічного обладнання з використанням системи автоматичного керування [1]. Крім цього у сучасному механообробному виробництві виникає необхідність організації режимів оптимального та адаптивного проведення технологічних процесів, які реалізуються при застосуванні методів активного контролю параметрів об'єктів маніпулювання (ОМ). Отримана інформація про параметри ОМ використовується для подальших розрахунків найефективніших режимів обробки.

Конструктивні та експлуатаційні особливості струминних захоплювачів створюють ряд додаткових можливостей і переваг перед класичними методами вимірювання пневматичними засобами: точне центрування ОМ відносно власної осі захоплювача в позиції вимірювання, контроль вісесиметричності та конусності ОМ, підвищена точність вимірювань, збільшення діапазону вимірюваних розмірів та ін. [2].

На рис. 1 показаний струминний пристрій, що поєднує функції захоплення, центрування відносно власної осі та проведення активного безконтактного контролю внутрішнього діаметру ОМ з внутрішнім глухим отвором. Струминний захоплювач конструктивно простий і забезпечує високі експлуатаційні показники по надійності та довговічності роботи при збереженні на весь час його служби постійно високої точності вимірювання.

Пристрій складається з корпусу 1, в якому закріплена вставка 2, що утворює з ним закриту камеру 3 для підводу стисненого повітря. Між зовнішньою фаскою корпусу 1 та внутрішньою фаскою вставки 2 утворюється регульована кільцева конічна щілина 4 для виходу стисненого повітря з камери 3 в атмосферу. У тілі корпусу 1 у напрямку витікання повітряного потоку з кільцевої конічної щілини 4, перпендикулярно до його осі виконана парна кількість симетричних ежекторних сопел 5. Для забезпечення високої точності вимірювання та вантажопідймальності струминного захоплювача необхідно щоб активні поверхні ежекторних сопел 5 виступали відносно бічної поверхні корпусу 1 на відстань  $\Delta$ . Допускається їх 2-х рядне розташування для вимірювання конусності поверхні ОМ та 2-х парне розміщення симетричних сопел у ряді при вимірюванні

Рисунок 1. Конструктивна схема струминного пристрою для захоплення та контролю внутрішнього діаметру ОМ





вісесиметричності по взаємноперпендикулярних діаметрах. У соплах 5 перпендикулярно до їх власної осі виконані отвори 7, в яких кріпляться давачі для перетворення тиску у напругу (на рисунку не вказані). Найбільш придатними для реалізації перетворення є п'єзокерамічні давачі, котрі найкраще відповідають вимогам чутливості та малогабаритності.

Пристрій у режимі захоплення працює за наступним принципом. У камеру 3 підводиться стиснуте повітря від магістралі, яке витікає через щілину 4 в атмосферу. При захопленні ОМ 6, повітря в кільцевому проміжку між бічною поверхнею корпусу 1 та внутрішньою поверхнею ОМ утворює суцільний кільцевий потік викликаючи за рахунок ежекції пониження абсолютного тиску на торці вставки 2 до величини меншої за атмосферний. Під дією аеродинамічної сили заготовка притягується до торця вставки 2 та в процесі переміщення центрується кільцевим потоком повітря відносно осі захоплювального пристрою. При цьому, внутрішня циліндрична поверхня ОМ перекриває ежекторні сопла 5, викликаючи в них зростання абсолютного тиску до рівня  $P_k$ . Величина тиску  $P_k$  залежить від конструктивних параметрів сопла, магістрального тиску  $P_0$  та проміжку  $h_2$  утвореного торцем сопла і внутрішньою поверхнею ОМ і рівного  $h_2=(d_2-d_1)/2$ . Вимірюючи величину тиску  $P_k$  у ежекторному соплі та враховуючи залежність  $P_k(h_2)$  (рис.2) визначається внутрішній діаметр  $d_2$  ОМ 6. Безпосередньо вимірювання значення тиску  $P_k$  проходить у давачі перетворюючого типу, вихідним сигналом якого є напруга  $U_d = f[P_k(h_2)]$ , що перетворюється аналогово-цифровим перетворювачем у цифровий код. Він в подальшому підлягає обробці процесором і передачі на локальну систему керування технологічним обладнанням.

В результаті проведеного моделювання в програмному середовищі ANSYS 16.2 було отримано графік залежності тиску  $P_k$  у соплі від величини кільцевого проміжку  $h_2$ . Дану криву можна розбити на три зони. У першій та третій зонах, характерних для значень  $h_2 < h_{2min} = 0,2$  мм та  $h_2 > h_{2max} = 0,3$  мм, зміна абсолютного тиску  $P_k$  у соплі незначна, а при  $h_2 = 0,15$   $P_k = P_0$ . Для величини кільцевого проміжку в межах  $h_{2min} \leq h_2 \leq h_{2max}$ , залежність  $P_k(h_2)$  практично лінійна. Лінійність залежності у цій зоні

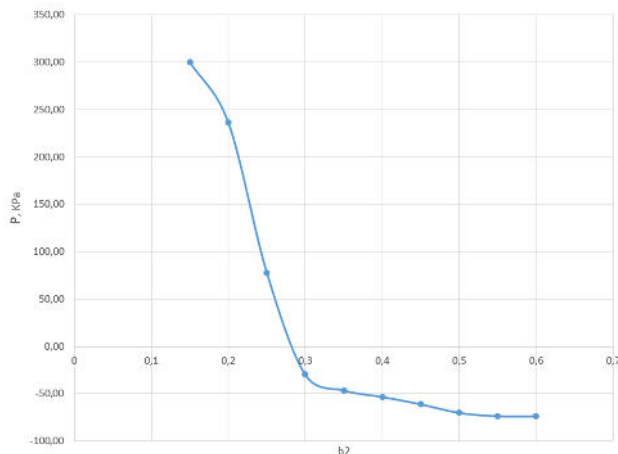


Рисунок2. Графік залежності тиску в соплі від величини кільцевого проміжку

дозволяє проводити вимірювання величини діаметру ОМ  $d_2$  з найменшою похибкою.

При проектуванні струминних пристроїв з максимальною силою захоплення та ефективним контролем розмірів деталей необхідно дотримуватись конструктивних параметрів:  
 $h_0 = 0,08 \dots 0,1$  мм;  
 $d_0 = d_{2min} - (5 \dots 6)h_0$ ;  $d_c < 0,4 \dots 0,6$  мм;  
 $d_e = (1,5 \dots 2)d_c$ ;  $d_1 \cong d_{2min} - (0,06 \dots 0,1)$  мм.

### Література

1. Analysis of Operational Characteristics of Pneumatic Device of Industrial Robot for Gripping and Control of Parameters of Objects of Manipulation / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, P. Maruschak, F. Duchon, O. Prentkovskis, I. Diahovchenko // TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – Springer, 2020. — P. 504–510. – DOI: 10.1007/978-3-030-38666-5\_53.
2. The analysis of influence of a nozzle form of the Bernoulli gripping devices on its energy efficiency / Volodymyr Savkiv, Roman Mykhailyshyn, Frantisek Duchon, Lubos Chovanec. – 2019.



УДК 621.791.927.7

**В.С. Сенчишин, Ч.В. Пулька, докт. техн. наук, проф., М.В. Шарик, В.Я. Гаврилюк**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ МЕТАЛУ**

**V. S. Senchishin, Ch V. Pulka, Dr. Prof., M. V. Sharik, V. Ya. Havryliuk**  
**INVESTIGATION OF THE VIBRATION-INDUCED PARAMETERS AFFECT ON  
THE PROPERTIES OF METAL FUSED LAYER**

В техніці індукційне наплавлення використовується для виготовлення і відновлення зношених деталей, у тому числі для зміцнення робочих поверхонь тонких елементів конструкцій, а саме фасонних дисків для різання шиферу та зрізання сосяшнику, лап культиваторів, лемішів плугів, фрез і т.п.

З метою підвищення експлуатаційних властивостей наплавленого металу, авторами була запропонована нова технологія індукційного наплавлення з використанням інерційних сил (механічної вібрації). Вона полягає в тому, що до деталі прикладають вертикальну або горизонтальну вібрацію в момент початку плавлення порошкоподібного твердого сплаву до моменту його повного розплавлення. При цьому важливе значення має напрям прикладання коливань, а також їх частота і амплітуда.

Для оцінки ефективності розробленої технології було проведено експериментальні дослідження впливу параметрів віброіндукційного наплавлення на характеристики наплавленого шару металу. Такі параметри вібрації, як частота і амплітуда можуть значно змінювати характеристики наплавленого шару металу, як в кращу так і в гіршу сторону. Так, застосування горизонтальної і вертикальної механічних вібрацій з частотою 50 Гц і амплітудою 0,2 мм призводить до значного підвищення зносостійкості наплавленого шару металу з 2,2 до 3,4.

З метою дослідження впливу параметрів і напрямку прикладання вібрації на стабільність товщини шару наплавленого металу було проведено статистичну обробку експериментальних досліджень впливу параметрів режиму наплавлення на рівномірність товщини шару наплавленого металу.

Результати статистичних розрахунків обробки експериментального масиву даних і регресійного аналізу зміни відхилення товщини шару наплавленого металу на робочу поверхню диска  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta h_3$  записано у вигляді функцій  $\Delta h_1 = f_{\Delta h_1}(U_k; t_n)$  і  $\Delta h_2 = \Delta h_3 = f_{\Delta h_{2,3}}(A_k; U_k; t_n)$ .

Отримані регресійні залежності дозволяють визначити відхилення товщини шару наплавленого металу на робочу поверхню диска  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta h_3$  залежно від вхідних факторів у таких межах їх зміни: амплітуди коливання деталі під час наплавлення  $0,1 \text{ мм} \leq A_k \leq 0,5 \text{ мм}$ ; напруги на контурі  $4,4 \text{ кВ} \leq U_k \leq 6,4 \text{ кВ}$ ; часу наплавлення  $20 \text{ с} \leq t_n \leq 50 \text{ с}$ . Аналіз числового підрахунку значень  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta h_3$  за рівняннями регресії та побудованих згідно з ними графічних відтворень у вигляді поверхонь відгуку, які характеризують функціональну зміну відхилення товщини шару наплавленого металу, яке описується функцією  $\Delta h_1 = f_{\Delta h_1}(U_k; t_n)$  (рис. 1а),  $\Delta h_2 = f_{\Delta h_2}(a_k; U_k)$  (рис. 1б),  $\Delta h_2 = f_{\Delta h_2}(a_k; t_n)$ , рис. 1в,  $\Delta h_3 = f_{\Delta h_3}(a_k; U_k)$  (рис. 1г),  $\Delta h_3 = f_{\Delta h_3}(a_k; t_n)$ , рис. 1д показує, що основний масив апроксимованих відповідних значень  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$ ,  $\Delta h_3$  знаходиться у межах:

- без застосування вібрації  $\Delta h_1 = 0,57 \dots 0,92$  мм, рис. 1а;
- з застосуванням вертикальної вібрації  $\Delta h_2 = 0,34 \dots 0,58$  мм, рис. 1б;
- з застосуванням горизонтальної вібрації  $\Delta h_3 = 0,08 \dots 0,26$  мм, рис. 1г.

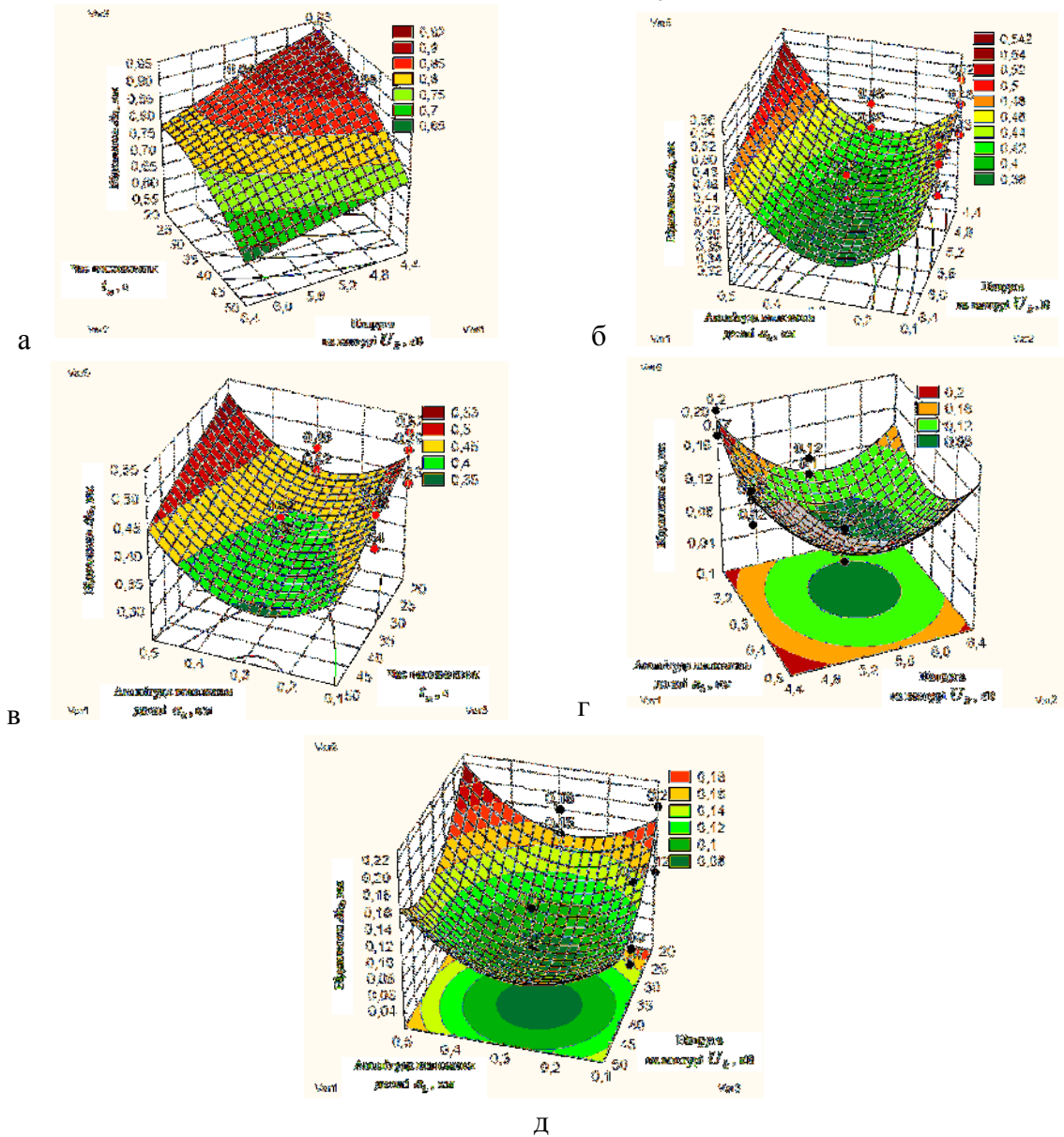


Рисунок 1. Поверхні відгуків зміни відхилення товщини шару наплавленого металу

Таким чином, застосування, як вертикальної, так і горизонтальної вібрації деталі під час наплавлення металу призводить до зменшення відхилення товщини шару наплавленого металу  $\Delta h_2$  і  $\Delta h_3$  на робочу поверхню диска від раціонального значення  $h = 1$  мм відносно відхилення товщини шару наплавленого металу на робочу поверхню диска  $\Delta h_1$  без застосування вібрації, відповідно,  $\Delta h_2$  – 1,6...1,8 рази, а  $\Delta h_3$  – у 3,5...7,5 рази, що підтверджує ефективність застосування запропонованої технології індукційного наплавлення металу для відновлення тонких дисків. Крім того, застосування горизонтальної вібрації деталі під час наплавлення металу зменшує відхилення товщини шару  $\Delta h_3$  наплавленого металу на робочу поверхню диска від раціонального значення  $h = 1$  мм відносно відхилення товщини шару наплавленого металу на робочу поверхню диска  $\Delta h_2$  з застосуванням вертикальної вібрації у 2,2...4,3 рази.

## **СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

**УДК 624.014.078.45**

**М.А. Басара**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ДЕФОРМУВАННЯ ВЕРХНЬОГО ПОЯСУ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ**

**М.А. Basara**

#### **TOP CHORD DEFORMATION OF PHYSICAL WELDED TRUSS MODEL**

За допомогою програмної платформи ANSYS Workbench 17.1 здійснено комп'ютерний моделюючий експеримент фізичної моделі зварної підкрюв'яної ферми розмірами 600x187 мм (рис. 1). Вузли ферми виконані встик напівавтоматичним дуговим зварюванням в середовищі CO<sub>2</sub>. Для елементів нижнього та верхнього поясів ферми використано профільну трубу розмірами 25x25x2 мм, а для розкосів 20x20x1 мм.

На ферму діє зосереджене статичне навантаження на центральний вузол верхнього поясу (рис. 2), обумовлене експлуатаційним режимом, який виникає внаслідок опирання кроквяних конструкцій на підкрюв'яні.

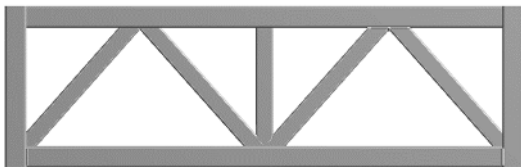


Рисунок 1. Модель зварної ферми

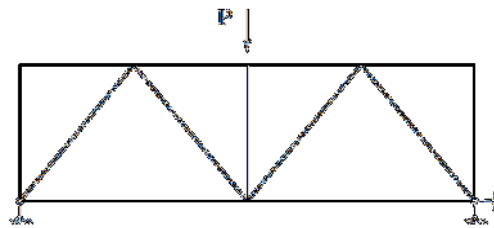


Рисунок 2. Схема закріплення та навантаження ферми

За результатами проведеного дослідження отримано чисельні показники деформації верхнього поясу ферми при різних рівнях зовнішнього навантаження, на основі яких побудовано загальну діаграму деформування (рис. 3) та діаграму розподілу деформацій по довжині верхнього поясу (рис. 4).

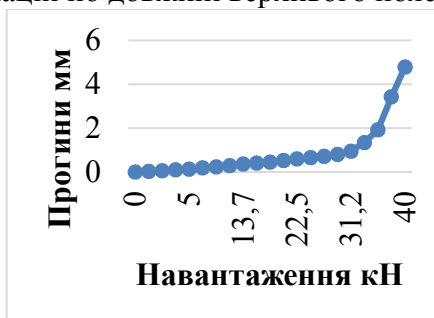


Рисунок 3 Загальна діаграма деформування

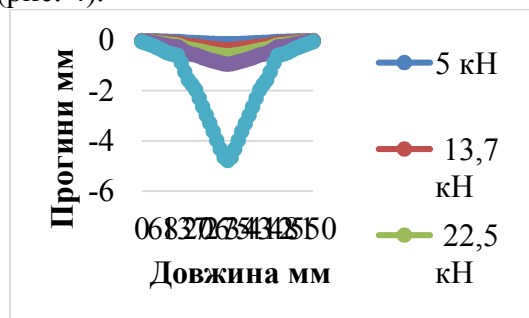


Рисунок 4. Діаграма розподілу деформацій

Згідно отриманих показників можна дійти висновку, що при навантаженні до 31,2 кН ферма не досягає рівня критичних деформацій, що є допустимим експлуатаційним навантаженням, а при 40 кН ферма досягає рівня граничного стану.

#### **Література**

1. Ковальчук Я.О. Конструювання вузлів зварних ферм з використанням ПК ANSYS / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера, М.А.Басара //Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2017. № 1(85) – С. 47 –52.

УДК 69.07

Н.З. Биків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ СПЛАВІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ**

N.Z. Bykiv

### **THE USE OF SHAPE MEMORY ALLOYS TO INCREASE THE STABILITY OF STRUCTURES UNDER DYNAMIC LOADS**

Сплави з пам'яттю форми – це нове покоління інтелектуальних матеріалів, які здатні відновлюватися до наперед визначеної форми після зазнаних значних деформацій. Основним чином, це пояснюється ефектом пам'яті форми та ефектом надпружності. Завдяки цим властивостям сплавів з пам'яттю форми чудово підходять для застосування у демпфуючих конструкціях пасивного, напівактивного та активного методів. Такі методи, зокрема, застосовуються в цивільній інженерії для підвищення стійкості конструкції та для розсіювання енергії від зовнішнього збудника, особливо при сейсмічних навантаженнях.

Один із таких методів застосування сплавів з пам'яттю форми для підвищення стійкості конструкції при динамічних навантаженнях було використано та досліджено для залізобетонної стіни [1]. Результат цього дослідження вказує на те, що використання сплаву з пам'яттю форми підвищило міцність стіни на 10% у порівнянні із звичайним армуванням залізобетонної стіни. Також, поєднання сплаву з пам'яттю форми із звичайною арматурою покращило супротив стіни до пластичних деформацій та до розсіювання енергії від чисельно-великих циклічних навантажень [1].

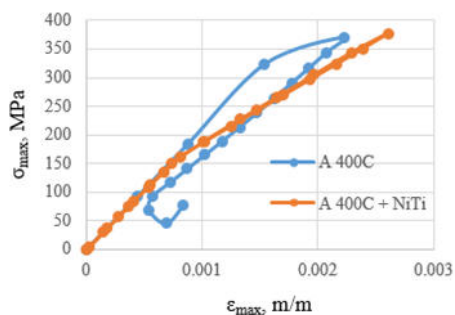


Рисунок 1 Діаграма деформацій арматур

Ще один із методів було досліджено та змодельовано методом скінченних елементів при підсиленні залізобетонної балки вставками із сплаву пам'яті форми [2]. Даний метод базується на заміні класичної арматури у найбільш навантаженому місці, а саме: ділянка на якій напруження робочої арматури, у даному випадку 400С, перейшли значення текучості. Таким чином, залізобетонна балка із вставками сплаву із пам'яттю форми має вищий спротив до пластичних (незворотних) деформацій (рис.1) [2].

#### **Література**

1. Almeida J.P. de et al. Shape-memory NiTi alloy rebars in flexural-controlled large-scale reinforced concrete walls: Experimental investigation on self-centring and damage limitation // Eng. Struct. Elsevier, 2020. Vol. 220, № April. P. 110865.
2. Биків Н.З., Ясній П.В., Ясній В.П. Modeling of mechanical behavior of reinforced concrete beam reinforced by the shape memory alloy insertion using finite elements method // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2020. Vol. 3, № 13. P. 24–34.

**УДК 69.07.**

**М.В. Бігун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВОЇ БАЛКИ НА СТІЙКІСТЬ**

**M.V. Bihun**

### **FEATURES OF THE CALCULATION METAL BEAM FOR STABILITY**

Балками називають елементи, довжина яких значно перевищує розміри перерізу, що працюють на поперечний згин та мають суцільний переріз. Це одні з найпоширеніших конструкцій, які використовують як несучі елементи в перекриттях і покрівлях будівель та споруд, робочих майданчиків, естакад, галерей, у мостах тощо. Балки застосовують як при малих (наприклад, прогони легких покрівель), так і значних навантаженнях (балки мостів, підкранові балки тощо).

Балки використовують як у вигляді окремих несучих конструкцій (наприклад, підкранові шляхи), так і у вигляді системи перехресних балок (так званих балкових кліток). Найбільш поширеними типами балкових кліток є спрощений, нормальний та ускладнений. Поверх балкових кліток влаштовують настил. Найпоширенішим і найдешевшим є спрощений тип балкової клітки. Його застосування доцільне при малих прольотах, коли балки можуть бути виконані з прокатних, гнутих чи пресованих профілів. Крок балок зумовлений конструктивним рішенням настилу.

Загальна стійкість балки буде забезпечена, якщо за поверхового сполучення балок виконується умова:

$$l = 80 \text{ см} < b_{f\phi} \left[ 0,41 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + \left( 0,73 - 0,016 \cdot \frac{b_f}{t_f} \right) \cdot \frac{b_f}{h} \right] \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

де  $l = 80 \text{ см}$  – крок балок настилу. За сполучення балок на одному рівні коли на всі балки зверху безперервно опирається жорсткий металевий настил, а тому балка явно стійка і не потребує перевірки.

Стійкість стінки оцінюється за значенням умовної гнучкості:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

При значенні умовної гнучкості  $\bar{\lambda}_w > 3,2$  у випадку нерухомого навантаження, то стінку балки необхідно укріплювати поперечними ребрами жорсткості, розміщеними у місцях прикладення зосереджених навантажень, а якщо це необхідно, то і між ними.

Відстань між поперечними ребрами при  $\bar{\lambda}_w > 3,2$  приймається  $\leq 2 h_{ef}$ .

Якщо  $\bar{\lambda}_w < 3,2$ , то поперечні ребра відіграють лише конструктивну функцію і крок між ними приймається  $\leq 2,5 h_{ef}$ .

При  $\bar{\lambda}_w > 3,5$ , то необхідно перевіряти стійкість стінки, укріпленої поперечними ребрами жорсткості. У випадку, коли  $\bar{\lambda}_w \leq 3,5$ , перевіряти стійкість стінки, укріпленої поперечними ребрами жорсткості не потрібно.

Стійкість стінки необхідно перевірити у трьох відсіках (ділянках стінки, розділених ребрами жорсткості) поблизу опори, всередині прольоту балки та на ділянці, у межах якої розташовується місце зміни перерізу.

**УДК 691.175:666.96**

**А.М.Б. Дзюбак, Л.Г. Бодрова, канд. техн. наук, проф.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя Україна

## **НОВІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА**

**A.M.B. Dziubak, L.G. Bodrova, Ph.D, Prof.**

### **NEW HEAT-INSULATION MATERIALS OF MODERN BUILDING**

Поряд з розв'язанням основних задач по надійності, довговічності та якості будівельних споруд в галузі цивільного будівництва дуже важливим є вирішення проблеми з енергоефективності та енергозбереження. Їх вирішення тісно пов'язують з використанням нових високоміцних, тепло- та гідроізоляційних, акустичних та інших матеріалів. Застосування таких матеріалів дає змогу підвищити якість та комфортність житла і сприяє зменшенню його собівартості та енергозатратності. До таких матеріалів відноситься рідка керамічна теплоізоляційна фарба. Рідка керамічна теплоізоляція – це матеріал, що після нанесення, утворює еластичне термо-, гідро- і шумоізоляційне покриття. Підходить для захисту різних типів поверхонь: бетон, залізобетон, метал, цегла, дерево, скло та забезпечує теплоізоляційну, антикорозійну та гідрофобну дію. А також може застосовуватися для теплоізоляції труб, повітропроводів, котлів, теплових камер, бойлерів. Враховуючи, що теплообмін за допомогою випромінювання характеризується перетворенням теплової енергії в променисту енергію. Поглинаючись іншим тілом, промениста енергія знову перетворюється в теплову. Рідка теплоізоляція працює по принципу «відбиття» тепла в середину приміщення. Термофарба переломлює теплові потоки хвиль завдяки мікросферам і тепловий потік не виходить за межі захисної плівки, а повертаються до теплоносія, завдяки чому суттєво знижуються енерговитрати. Це дозволяє не гріти зовнішню огорожувальну конструкцію, що особливо актуально в монолітно-каркасних новобудовах.

Енергія поглинута тілом вимірюється ступенем чорноти. Рідка керамічна теплоізоляція має хороші відбиваючі властивості. Коефіцієнт відбиття визначається величиною, що доповнює ступінь чорноти до одиниці. Для рідкої керамічної теплоізоляції торгової марки «LicCeramic» коефіцієнт відбиття має 0.095 при температурі 40 °С -70 °С. Для порівняння біла емаль при температурі 20 °С – 0.9, залізо оцинковане блискуче при температурі 30 °С – 0.23. Покриття працює відповідно до фізичних принципів відбиття, теплопровідності, тепловіддачі таким чинником, що забезпечує унікальний коефіцієнт теплопровідності. Розрахункова теплопровідність покриття з термофарби має бути не більше 0.0025 Вт/ (м×К) для товщини від 0.2 до 0.6 мм. Маючи в своєму складі латексну (резинову) основу володіє водовідштовхуючими властивостями. Це гарантує, що теплоізолятор не втратить свої теплоізоляційні властивості під час підвищеної вологості. Термофарба захистить конструкції від інфрачервоних випромінювань і прямих сонячних променів.

Консистенція рідкої теплоізоляції схожа на звичайну фарбу, тому може наноситися будь-яким способом - щіткою для фарби, валиком, фарбопультом. Фарбу наносять декількома шарами на заздалегідь очищену поверхню. Товщина одного шару при нанесенні на поверхню не повинна перевищувати 0,5 мм. Тривалість сушки кожного шару - не менше 24 годин при температурі 20 °С. Термофарба нетоксична, екологічно-, пожежобезпечна, не підтримує горіння та уповільнює поширення дим.

#### **Література**

1. <https://licceramic.com.ua/features-liquid-ceramic-insulation.html>
2. [https://psnk.kpi.ua/docs/obj\\_tmnk/MV\\_LR\\_TMNK.pdf](https://psnk.kpi.ua/docs/obj_tmnk/MV_LR_TMNK.pdf)



УДК 624.012.25

**О.П. Конончук, канд. техн. наук, доцент, О.Б. Скоренький, Т.А. Возна,  
В.П. Будівський, А.Я. Тарас**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**A.P. Kononchuk, Ph.D., Assoc. Prof., O.B. Skorenkyu, T.A. Vozna, V.P. Budivskyu,  
A.Y. Taras**

### **RESEARCH REINFORCED CONCRETE STRUCTURES UNDER THE ACTION OF LOW-BICYCLE LOADS**

Під малоцикловими навантаженнями розуміють навантаження, кількість повторення яких за граничний термін служби складає десятки, сотні, а деколи й тисячі разів [1]. На сьогоднішній день проведено ряд досліджень міцності бетону, що зазнав впливу малоциклових навантажень – . Даним питанням займалися такі науковці,

як Є.М. Бабич, А.Я. Барашиков, О.П. Борисюк, О.І. Валовой, В.С. Дорофеев, А.С. Залесов, Н.І. Ільчук, Ю.О. Крусъ, Л.П. Макаренко, Ю.М. Панчук, Г.Н. Ставров, А.А. Федосєєв та ін. Проте дослідники так і не дійшли єдиного висновку щодо впливу таких навантажень на згинальні залізобетонні елементи.

Дана робота присвячена вивченню впливу малоциклового навантаження на роботу підсилених композитними матеріалами згинальних залізобетонних елементів.

В експериментальних дослідженнях використовувались залізобетонні балки довжиною 2 м та розмірами поперечного перерізу 160x100 мм, виготовленні із класу бетону С 20/25, які після попереднього випробування підсилювались за двома схемами: в розтягнутій зоні композитною стрічкою Sika CarboDur та композитним полотном Sika Wrap. Матеріали, що були використані в якості підсилюючих елементів виготовлені на базі вуглецевих волокон [1, 2, 3].

Згідно методики досліджень експериментальні балки піддавались впливу малоциклових навантажень трьох видів. На рис. 1 показано деформування крайньої стиснутої фібри бетону непідсиленої БЦ3-1 та підсиленої балки БЦ3-1(П1), випробуваних при однакових величинах навантаження (за 1,0 взято граничне експлуатаційне навантаження непідсилених балок).

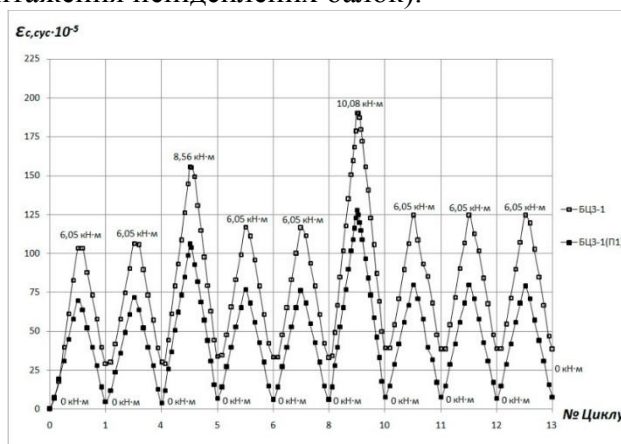


Рисунок 1. Деформування крайньої стиснутої фібри бетону дослідних балок випробуваних малоцикловим навантаженням при однакових величинах моменту

Як видно з рис. 1, деформування стиснутого бетону непідсиленої балки при малоциклових навантаженнях в верхніх точках значно більше, ніж у підсиленої,

наприклад, при моменті  $8,56 \text{ кН}\times\text{м}$ , що відповідає рівневі  $0,85$ , деформації стиснутого бетону балки БЦ3-1 –  $156\times 10^{-5}$ , а балки БЦ3-1(П1) –  $106\times 10^{-5}$ .

В табл. 1 наведено збільшення несучої здатності балок після їх підсилення. Варто зауважити, що дане порівняння проведено окремо по кожній балці, яка була випробувана на малоциклове навантаження певного режиму. Для балок підсилених композитною стрічкою ефект підсилення по граничному експлуатаційному навантаженні складає  $64 - 78 \%$ , для зразків підсилених полотном –  $50 - 67 \%$ .

Таблиця 1. Збільшення несучої здатності балок після їх підсилення

№ з/п	Назва балки	Вид підсилення	Експериментальний згинальний момент	Ефект підсилення	
			, $\text{кН}\times\text{м}$	, %	
1	БЦ1-2	Підсилені стрічкою	9,82	-	
	БЦ1-2(П1)		16,93	72,4	
2	БЦ2-2		9,07	-	
	БЦ2-2(П1)		16,12	77,7	
3	БЦ3-1		9,32	-	
	БЦ3-1(П1)		15,31	64,3	
	П1-Ц4		16,12	73	
4	БЦ1-1		Підсилені полотном	9,57	-
	БЦ1-1(П2)			14,35	50
5	БЦ2-1	9,57		-	
	БЦ2-1(П2)	14,42		50,7	
6	БЦ3-2	9,07		-	
	БЦ3-2(П2)	15,13		66,8	
	П2-Ц4	13,72		51,3	

Руйнування підсилених дослідних зразків проходило одночасно по стиснутій та розтягнутій зоні перерізу. Паралельно із руйнуванням системи підсилення – відбувалось виколування стиснутої зони бетону, що свідчить про максимальне використання ресурсу підсилюваної конструкції. Малоциклові навантаження, зокрема високих рівнів, сприяють збільшенню несучої здатності згинальних залізобетонних елементів підсилених в розтягнутій зоні у порівнянні із однократним навантаженням. В окремих дослідних зразках цей приріст досягав  $7,5 \%$ . Це відбувається за рахунок ущільнення бетону стиснутої зони перерізу в результаті впливу повторних навантажень.

### **Література**

1. Борисюк О.П. Напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиками за дії малоциклового навантаження / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 136 с.
2. Конончук О.П. Вплив малоциклових навантажень на несучу здатність згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. – Дн-вск: ГВУЗ "ПГАСА", 2013. – Вип. 68. – С. 168 – 172.
3. Конончук О.П. Напружено-деформований стан залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 326 – 335.



**УДК 691.175**

**О. М. Муравська, Г. М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОЛІУРЕТАНОВІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО МАЙДАНЧИКА**

**О. М. Muravska, H.M. Kramar , Ph.D., Assoc. Prof.**

### **POLYURETHANE COATINGS FOR MULTIFUNCTIONAL SPORTS PLAYGROUND**

Реконструкція спортивних залів та майданчків затребувана послуга для створення додаткових спортивних потужностей у навчальних закладах та оновлення існуючих об'єктів. При виборі покриттів на спортивних майданчиках для ігрових видів спорту на аматорському рівні достатньо універсальних характеристик спортивного покриття і перевагу віддають універсальним покриттям (рулонним або монолітним поліуретановим). Будівництво мультифункціонального спортивного майданчика для міні футболу, баскетболу, волейболу, тенісу складається з таких основних етапів: риття котловану глибиною 450 мм під тришарову основу щебеневої подушки, формування бетонної монолітної плити майданчика в один етап товщиною шару 10 см; монтаж м'язезатримувачів з монтажем на тросових розтяжках поліамідної сітки по коротких сторонах майданчика. Одним з найважливіших вимог до будь-якого спортивного майданчика є якісне, надійне, довговічне, травмобезпечне обладнання та покриття. Поліуретанове наливне покриття - це еластичне безшовне синтетичне покриття, яке вкладається шляхом заливанням з використанням машини укладальної, модель TPJ-2.0. та механічного пристрою для розпилення порошкоподібних речовин:- розпилювач, модель - PTJ-120. Для виготовлення наливного покриття застосовують крихту SBR в основі якої каучук бутадієновий з гранульованими частинками розміром 1-5 мм. Покриття мають високі фізико-механічні властивості у широкому діапазоні температур: еластичність і гнучкість, зносостійкість, підвищену ударостійкість. До переваг відносяться екологічність та гігієнічність матеріалу, термін експлуатації понад 8 років, низька вартість (вдвічі менша, ніж у кольорової гумової крихти EPDM), відмінна шумоізоляція. Матеріал має щільну і еластичну структуру, яка стійка до налипання бруду і намерзання льоду. За товщиною поліуретанові покриття CONIPUR варіюються від 6 мм до 50 мм. Вибір залежить від функціонального призначення спортивного майданчика та економічної доцільності. Оптимальним для мультифункціональних майданчиків є покриття товщиною 13мм. З них 10 мм складається з крихти SBR та 3 мм з гумової крихти EPDM. Проведено дослідження гідрофобності поліуретанових матеріалів в дистильованій та морській воді. Встановлено, що водостійкість матеріалів на поліуретановій основі в морській воді майже удвічі вища порівняно з дистильованою водою, що ймовірно пов'язано з впливом йонної сили електроліту на водостійкість Цей факт свідчить про можливість використання поліуретанових основ в сильно мінералізованих ґрунтах та болотних, замулених ґрунтах. Визначення порової структури покриття передбачає знаходження таких показників: щільність у сухому стані, об'ємне водонасичення зразків, процентний вміст повного об'єму пор, процентний вміст умовно-закритих пор, процентний вміст відкритих капілярних пор, процентний вміст відкритих некапілярних пор. Встановлено, що покриття з поліуретану витримує 140-150 циклів заморожування / розморожування. Отже, матеріал є водонепроникним та гідрофобним. Майданчик потрібно фарбувати кожні 120 місяців.

**УДК 747-03**

**В.О. Паркалаба, Г.С. Олійник канд. техн. наук, доц.**

Хмельницький національний університет, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ІНТЕР'ЄРІ ДИЗАЙН-СТУДІЇ**

**V.O. Parkalaba, G.S. Oliinyk Ph.D., Assoc. Prof.,**

### **THE USE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MATERIALS IN THE INTERIOR OF A DESIGN STUDIO**

В сучасних умовах приміщення дизайн-студій стають все більше складними з точки зору їх функцій та вимог. Важливо побудувати в приміщенні інтегрований робочий простір, який може швидко адаптуватися до потреб бізнесу в реальному часі. Найбільш затребуваним є дизайн інтер'єру дизайн-студії з використанням екологічних матеріалів.

Так як в дизайн- студію приходять замовники та часто відбувається обговорення майбутнього дизайн-проекту, то важливим є створення комфорту та затишку. Екологічні матеріали відтворюють естетику живої природи. До таких матеріалів відносять натуральні матеріали, що підходять для вторинної переробки, наприклад дерево, камінь, кераміка, цегла, або ж більш сучасні матеріали, які імітують вигляд натуральних. Велика кількість світла, зокрема природного. У приміщеннях з екологічним дизайном світло має приємний природний відтінок. Від галогенових ламп доведеться відмовитися. Велике значення мають світлові потоки, які потрапляють з вікон. Важливо пам'ятати: світло повинне заповнювати весь простір, проте не дратувати, не сліпити. Доречним буде використання декору на екологічну тематику. У якості декору можуть бути мотиваційні плакати, картини з рослинним розписом, «зелені» інсталяції. Особливим акцентом є озеленення в якості декору. В приміщенні може бути багато кімнатних рослин, оригінальних тераріумів, мініатюрних дерев у горщиках. Рослини стають інструментом декору. Вони перегукуються з кольоровою гамою, а також розписом на стінах. В цілому такі інтер'єри створені з дотриманням лаконізму та стриманості. В них немає нічого зайвого чи дисгармонійного.

Велике значення в дизайні інтер'єрів має колір. Від обраної кольорової гами залежить комфорт приміщення, а також його вигляд і особливі риси. Екологічне оформлення інтер'єру є максимально природне. В оформленні інтер'єру використовують кольори, які зустрічаються у природі. До таких кольорів слід віднести різні відтінки коричневого – від шоколадного до блідо-коричневого; зелений у різних варіаціях – салатний, блідо-зелений, насичений зелений, колір трави, тощо; стримані відтінки червоного і рожевого; пастельні світлі відтінки – пісочний, беж, ніжно-лавандовий; різні відтінки синього – небесно-синій, ніжно-блакитний, фіалковий, т.д. Особливу увагу рекомендується приділяти сірому кольору і його відтінкам [1]. Це може бути колір мокрого асфальту, натурального каменю, бетону, білого дерева тощо. Поєднують відтінки за принципом контрастів, проте домінують завжди більш спокійні і світлі кольори. Головне правило поєднання – створення ідеальної гармонії, яку можна зустріти у природі.

Екологічні матеріали поєднують людину з природою та дають дизайнеру велику свободу для експериментів та створення незвичайних деталей. Не менш важливим є створення цікавого рішення за рахунок використання нових оригінальних предметів інтер'єру з вторинної сировини. А дизайн- студія це саме і є місце для нових винаходів.

Цікаві ідеї з'являються з використанням екологічних матеріалів. А де найкраще експериментувати, як не в дизайн- студії? Розглянемо найцікавіші ідеї.

Наприклад, створення тераріума зі старої лампи розжарювання. Так як старі лампи розжарювання використовуються у побуті достатньо рідко і на зміну їм прийшли сучасні системи освітлення, їх можна використати по- іншому. Дизайнери фактично дали життя старим лампам розжарювання. З скляної колби витягують усе «начиння». Всередину поміщають маленькі камінці, ракушки, висаджують мох чи лишайники. Інколи в таких контейнерах можуть рости мініатюрні рослини. Виглядає такий інструмент озеленення досить стильно. Його можна кріпити на стіни, підвішувати під стелею або просто ставити на робочий стіл. Другою цікавою ідеєю є використання в інтер'єрі виробів зі старих пакетів. У інтер'єрі дизайн-студії можна використати старі пакети для створення невеликих меблів. Сировину очищають, нагрівають та спресовують [2]. В результаті виходять оригінальні пуфики, міні-столики, тощо. Хороший варіант для зони відпочинку в офісі дизайн-студії. Наступною цікавою ідеєю є створення меблів з дерев'яних піддонів. Такий вид меблів став справжнім мейнстрімом, проте не втратив своєї актуальності. З старих піддонів створюють зручні дивани, кавові столики, навіть стелажі для книг. Такий «будівельний матеріал» дозволяє створювати цікаві та оригінальні речі. Крім того, з вторинної сировини дизайнери створюють цілі інсталяції, картини. А також з неї роблять цікаві лампи, світильники, торшери. Такі вироби можна використовувати для декорування приміщень у різних стилях. Акваріум з плаваючими рибками буде доречним в приміщенні інтер'єру дизайн-студії, що забезпечить додаткову порцію релаксу для присутніх в приміщенні. Таке поєднання естетичності та оздоровчих функцій в поєднанні з використанням екологічних матеріалів забезпечить здоровий мікроклімат приміщення. Поруч з використанням екологічних матеріалів для освітлення рекомендовано використання заощаджуючих природні ресурси енергозберігаючих ламп. Використання екологічних матеріалів в інтер'єрі може бути бюджетним. Головне у ньому: комфорт, міцність і екологічність. Можна сміливо віддавати перевагу будь-яким улюбленим і доступним за вартістю предметам меблів з натуральних матеріалів. Оригінальне і стильне рішення – плетені меблі й додаткові аксесуари. «Холодні» пластик, метал і скло більш доречними будуть для інших напрямків дизайну [2], тому їх присутність слід мінімізувати. Використання екологічних матеріалів в приміщенні забезпечують оригінальні ротангові крісла, тумби та столики. Меблі повинні не просто органічно вписуватися в обстановку, бути красивими і витонченими, але і функціональними. Саме ротангові меблі відрізняються міцністю і вологостійкістю. Крім того, такі меблі дуже легкі – завдяки малій вазі, навіть габаритні ротангові вироби легко переміщати, роблячи прибирання приміщення, перестановку або ремонт. Інтер'єр сучасної дизайн-студії неможливо уявити без таких винаходів цивілізації, як електроніка і побутова техніка: комп'ютери, принтери, сканери. Якщо все грамотно обіграти, то технічні елементи в інтер'єрі будуть виразно контрастувати з природними мотивами. Можна зробити висновок, що використання екологічних матеріалів в інтер'єрі дизайн-студії - це цілісний світогляд, яке ґрунтується на дбайливому ставленні до того світу, що нас оточує. Штучні речі не зможуть замінити силу природи, звідки ми черпаємо енергію та натхнення. Використання екологічних матеріалів потрібне для комфорту та затишку, як відповідь на культуру споживання і занадто швидкий ритм сьогодення.

#### **Література**

1. Особливості використання екологічних матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mebelok.com/uk-ua/eko-dizayn-v-interjeri/>

2. Саломатина К.П. Еко-матеріали в інтер'єрі // Interior Digest. – 2005. – № 1(42). – С.36-

42.

УДК 621.77

Я.Л. Швед, О.І. Міщук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЗВАРНИХ ФЕРМ ПРИ ДІЇ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Ya.L. Shved, O.I. Mishchuk

### COMPUTER MODELING OF WELDED TRUSS BEHAVIOR UNDER CYCLIC LOADS

Актуальність теми зумовлена тим, що за умов номінальних циклічних навантажень впродовж експлуатації зварної ферми в елементах конструкції та їх з'єднаннях відбувається поступове накопичення втомних пошкоджень, зародження тріщин, їх поширення до настання граничного стану конструкції, руйнування ферми і споруди в цілому. Метою роботи є виявлення допустимого ресурсу експлуатації зварних ферм, які зазнають впливу циклічних навантажень. Для досягнення цієї мети необхідно визначити місця зародження втомних тріщин, інтенсивність їх поширення, значення довжин тріщин на рівні граничного стану ферми і час експлуатації до цього моменту. Для дослідження використано сучасний програмний пакет SolidWorks Simulation, який алгоритмічно базується на методі скінченних елементів і дає можливість врахувати комплексний вплив конструкторських, технологічних і експлуатаційних чинників на напружено-деформівний стан елементів зварних ферм (рис. 1).

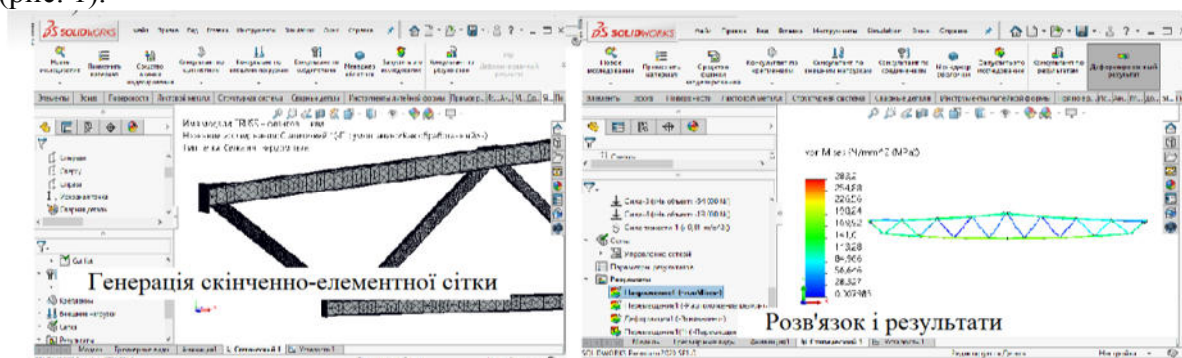


Рисунок 1. Методика моделювання поведінки ферми в середовищі SolidWorks Simulation

Для реалізації комп'ютерного моделюючого експерименту в середовищі SolidWorks Simulation створено ескіз ферми, її геометричну модель, задано властивості основного матеріалу, ділянки зварного шва і зони термічного впливу, задано параметри базування і режим навантаження ферми, згенеровано скінченно-елементну сітку. На підставі цього отримано результати досліджень, а саме виявлено місце зародження першої втомної тріщини, кількості циклів до моменту появи цієї тріщини, до настання граничного стану ферми та до її руйнування.

Отримані результати доцільно застосовувати для визначення ресурсу роботи зварних ферм, які експлуатуються за умов циклічних навантажень.

#### Література

1. Ясній П. В. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми / Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей / За заг. ред. Лучка Й.Й. – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 461 – 471.

**СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА ПРИБАДОБУДУВАННІ**

**УДК621.03**

**Ю. О. Апостол, Я. Ю. Гарник, Д. О. Деркач, С.В. Попович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**S-MODEЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЮ ЧЕРЕЗ НЕРІВНОМІРНЕ ПРОКРУЧУВАННЯ ВАЛА**

**J.O. O.Apostol, J.J. Garnyk, D.O. Derkach,**

**S-MODEL FOR ESTIMATING OF CABEL MEASURING LENGTH ERRORS DUE TO UNEVEN CYLINDER SCROLLING**

Точність показиків є однією із важливих характеристик вимірювальних засобів. А вимога періодичної повірки вимірювального пристрою – важливою умовою адекватного його застосування. Оскільки в процесі експлуатації розрахункові параметри можуть змінюватися, доцільно передбачувати можливий вплив цих змін на точність результатів вимірювань, з метою профілактичного регулювання конкретних вузлів вимірювального засобу. В ошадний спосіб такі передбачення можна реалізовувати, використовуючи симулювання роботи вузлів вимірювального пристрою на S-моделях в середовищі MATLAB SIMULINK.

Запропоновано S-модель для оцінки похибок пристрою вимірювання довжини кабелю, спричинених можливим послабленням контакту вимірюваного зразка із функціональними вузлами. За попереднього настроювання механізм притискання кабелю при його протягуванні достатній для обертання вала разом із диском з прорізами, що реєструються лічильником імпульсів. Послаблення притиску приводить до проковзування кабелю і, в результаті, нерівномірного обертання диска, що відбивається на показах лічильника. Як саме – досліджуємо на S-моделі (рис. 1).

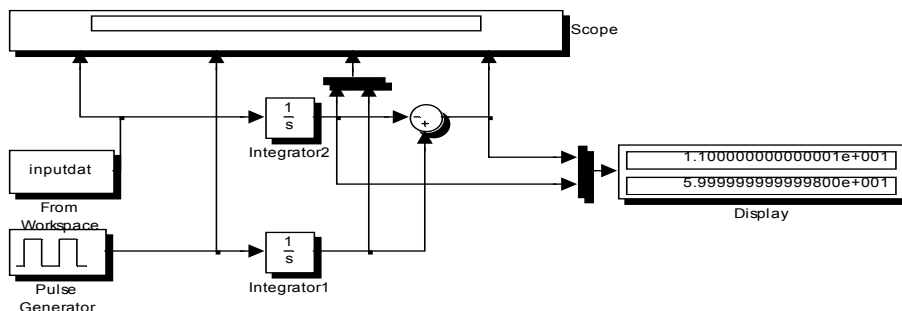


Рисунок 1. S-модель для симулювання роботи лічильного механізму пристрою для вимірювання довжини кабелю за послаблення зусилля притискання.

Результати симулювання - вхід лічильника імпульсів за умов проковзування кабелю, та за умови достатнього контакту, виміряне значення довжини зразка, пропущеного через вимірювальний пристрій і біжуча похибка вимірювання – показані на рис.2

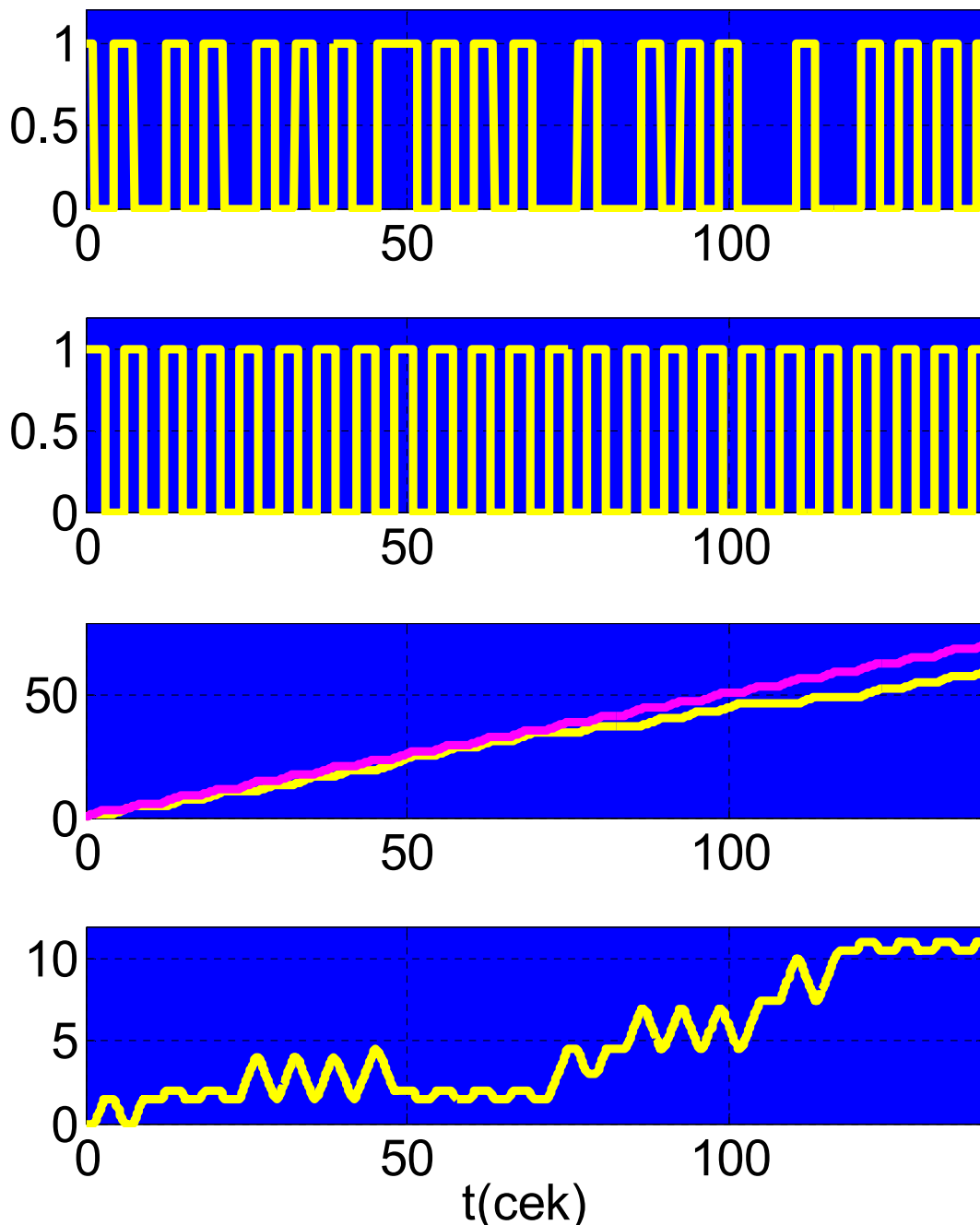


Рисунок 2. Вплив регулювання механізму притискання на результати і похибку у вимірюванні довжини протягнутого зразка

Розглянута модель дозволяє отримувати як візуальні (блок Score), так і числові (блок Display) оцінки роботи пристрою за різних режимів швидкості протягування кабелю (блок Pulse) та його проковзування (блок Inputdat). А отримані значення похибки вимірювання можуть слугувати критерієм потреби у профілактичному регулюванні механізму притискання вимірювального пристрою.

УДК 631.348

**А.В. Бабій, канд. техн. наук, доцент; О.В. Січкоріз; М.В. Вовк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРНОСТІ МАШИНИ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ**

**A. Babii, Ph.D., Assoc. prof.; O. Sichkoriz; M. Vovk**

### **RESEARCH OF THE WAY TO INCREASE MANEUVERABILITY MACHINES FOR CHEMICAL PROTECTION**

Сучасне виробництво сільськогосподарської продукції вимагає нових та досконаліх технологій вирощування. Але неможливо реалізовувати ці технології на практиці без застосування відповідних технічних засобів. Дані питання є надзвичайно актуальними щодо машин для хімічного захисту рослин. Аналізуючи марки машин, які працюють в господарствах українських товаровиробників, можемо спостерігати невтішну статистику. Переважна більшість таких машин є закордонного виробництва. Ці факти ніяк не сприяють розвитку українського сільськогосподарського машинобудування. Тому актуальними залишаються питання пов'язані з вдосконаленням машин для хімічного захисту рослин вітчизняного виробництва [1-3].

Проведено локальне дослідження протруювачів насіння, які виробляються українським виробником. Дане питання стосується підвищення маневреності протруювача. Водночас потрібно зважати на рівень конкурентоспроможності машини на ринку, тобто прагнути до мінімальної її вартості, але максимального технологічного ефекту. Тому конструктивні рішення, які будуть реалізовуватися в конструкції машини повинні задовольняти поставлені критерії.

Локальна задача полягала в дослідженні фрикційної передачі, яка монтується на колесі (колесах) протруювача та забезпечує його поступальний рух. Така передача виконана у вигляді ведучого металевого ролика, який з пневматичною шиною утворює фрикційну передачу.

Задача цікава тим, що необхідно встановити співвідношення між штовхаючою (коловою) силою  $F_t$ , силою притиску  $Q$  ролика до гумової шини опорного колеса і коефіцієнтом запасу зчеплення  $K$ , який гарантує передачу крутного моменту без проковзування. Вказані параметри напряму впливають на питомий тиск  $q$ , який виникає в контактній парі цієї фрикційної пари, а від того залежить швидкість зношування шини, тобто ресурс її роботи.

Відомо, щоб фрикційна передача була роботоздатною, потрібно витримати умову

$$F_s > F_t, \quad (1)$$

де  $F_s$  – сила тертя, що виникає у контактній парі ролик-колесо;  $F_t$  – штовхаюча (колова) сила.

Сила притиску ролика  $Q$  буде визначати значення сили тертя  $F_s$ , тобто

$$Q = F_t K / f, \quad (2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання матеріалів котків.

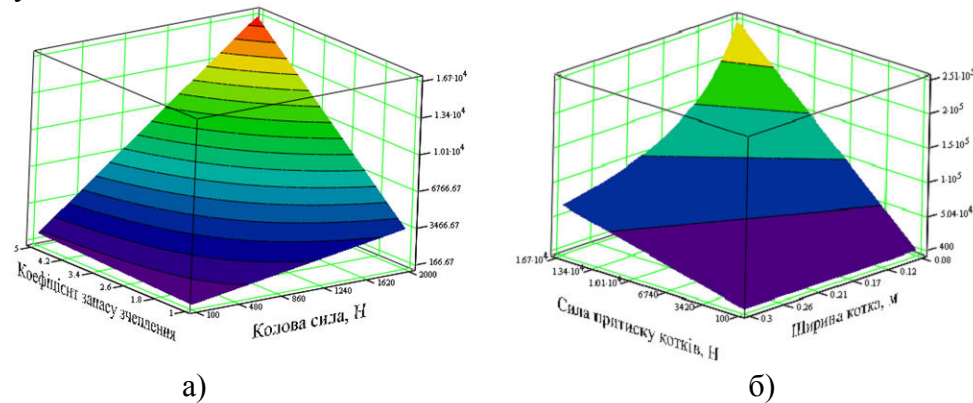
Змінюючи вказані фактори, отримаємо поверхню відгуку, яка демонструє нам зв'язок між ними, рис. 1.

Звідси видно, що для розглядуваної пари стальний ролик-резинова шина колеса, де прийнято  $f = 0,6$ , можна вибрати силу притиску ролика до колеса в залежності від



необхідної штовхаючої сили та надійності зачеплення при умові, що привод ролика може забезпечити відповідний крутний момент.

З іншого боку, сила притиску котка до колеса визначає питомий тиск  $q$  по лінії їх контакту.



а – залежність сили притиску котків від коефіцієнта запасу зчеплення та колової сили ; б – зміна питомого тиску в контакті фрикційної пари від сили притиску котків та їх ширини

Рисунок 1. Графічні залежності співвідношень між параметрами фрикційної пари

Умовою роботоздатності такої передачі є

$$q \leq [q]. \quad (3)$$

де  $[q]$  – допустимий питомий тиск для матеріалу фрикційної пари. Визначальним тут є матеріал, який для роботоздатності допускає менші питомі тиски. Для гумового котка допустимий контактний тиск становить  $[q] = 18000 \text{ Н/м}$  [4].

Тоді співвідношення між розрахунковим тиском вздовж лінії контакту котків, силою притиску ролика і котка та шириною котка  $b$  набуде вигляду

$$q = QK_\beta / b, \quad (4)$$

де  $K_\beta = 1,1 \dots 1,3$  – коефіцієнт нерівномірності виникнення контактного тиску із-за неточностей виготовлення та монтажу фрикційної передачі. Прийmemo середнє значення  $K_\beta = 1,2$ .

Таким чином, аналізуючи графічні залежності рис. 1, б, можна зробити наступні висновки: для забезпечення необхідного значення штовхаючої сили за допустимим контактним тиском в контакті фрикційної пари, для найменшої ширини ролика  $b = 0,08 \text{ м}$  максимально допустима сила притискування котків становитиме 1200 Н, а для максимальної ширини котка  $b = 0,3 \text{ м}$  – 4500 Н. За отриманими граничними значеннями сили притиску котків отримаємо максимально можливі штовхаючі сили, які можуть виникати при роботоздатності такої фрикційної передачі, відповідно – 654,5 Н та 2455 Н.

#### Література.

1. Babii A. (2020) Important aspects of the experimental research methodology / Andrii Babii // Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.
2. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів / Р.Л. Лещак, А.В. Бабій, Р.А. Барна, А.М. Сиротюк // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2020. Т. 56, № 3. С. 132–140.
3. Андрейків О.С., Бабій А.В., Долінська І.Я. Вплив експлуатаційних середовищ і маневрового режиму навантаження на залишковий ресурс штанг польових обприскувачів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2020. № 2. С. 26-32.
4. Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991. 383 с.



УДК 629.01

**В.В. Батюк, М.О. Стрембіцький канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АДАПТИВНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ**

**V.V. Batiuk, M.O. Strembitskiy**

### **ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS FOR MECHATRONIC SYSTEMS**

Мехатроніка – галузь науки і техніки, завдання якої полягає у створенні й експлуатації машин та систем з комп'ютерним керуванням рухом, базовими компонентами є електроніка та мікропроцесорна техніка, інформатика й комп'ютерне керування рухом машин та агрегатів. У основу мехатронних систем закладена ідея глибокої взаємної залежності механічних, електронних і комп'ютерних елементів.

Мета роботи полягає у проведенні аналізу існуючих, та визначенні способів побудови адаптивної системи керування для мехатронних пристроїв.

Об'єктом дослідження виступає система керування для мехатронних систем.

Адаптивні системи керування мехатронними пристроями – це системи, які призначені для складання та видачі керуючих сигналів виконавчим пристроям, відповідно до поставлених завдань. Розглянуто роботу підсистеми керування автомобілем – визначення безпечної дистанції і швидкості руху. Така технологія дозволяє розрахувати безпечну істанцію між транспортним засобом і перешкодою (або іншим транспортним засобом) методом інтеграції датчиків *cruise control*. Запропонована структурна схема підсистеми керування приведена на рис. 1.

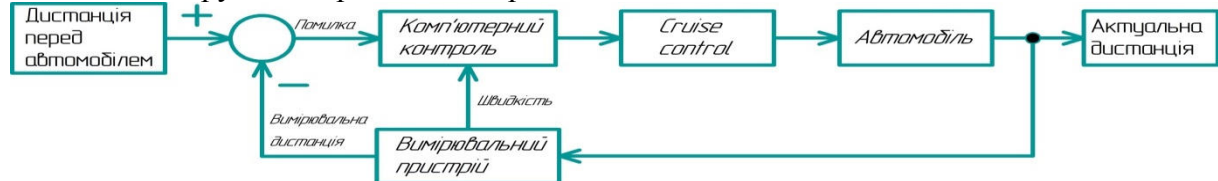


Рисунок 1. Структурна схема підсистеми керування мехатронною системою

В даному прикладі для реалізації системи керування мехатронною системою було реалізовано наступні елементи: обробляючий пристрій, керуючий механізм, вимірювальний пристрій, виконавчий механізм, об'єкт керування.

**Висновки.** Запропонована адаптивна система керування для мехатронних систем може бути використана для керування швидкістю та переміщенням автомобільного транспорту без втручання людини.

### **Література.**

1. Подураев Ю.В. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем / Ю.В. Подураев, В.С. Кулешов // Мехатроника. - 2000. - №1. – С. 5-10.
2. Bishop. Robert H. The Mechatronics handbook / Robert H. Bishop. – Austin: The University of Texas at Austin. – 2002. – 1229 p.

УДК 621.791.763

Є.Б. Береженко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Е.В. Berezhenko

### RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH HICK-COLLECTING MODULE

Зменшення енергозатрат збирання гички коренеплодів досягається на основі розробки нових способів збирання та удосконалених гичкозбиральних модулів у яких відсутній гвинтовий конвеєр для транспортування зрізаної гички, що є актуальним науковим завданням [1].

Першим етапом однофазного збирання великорозмірних коренеплодів цикорію, яке переважно застосовують у теперішній час, є двостадійне збирання гички гичкозбиральним модулем у складі самохідного бункерного комбайна. При цьому механізоване збирання гички коренеплодів цикорію передбачає виконання двох послідовних суміжних технологічних операцій або стадій – зрізування основного масиву гички та наступне обрізування залишків гички з головок коренеплодів обрізниками[2]. Схема удосконаленого способу збирання основного масиву гички коренеплодів наведена на рис. 1.

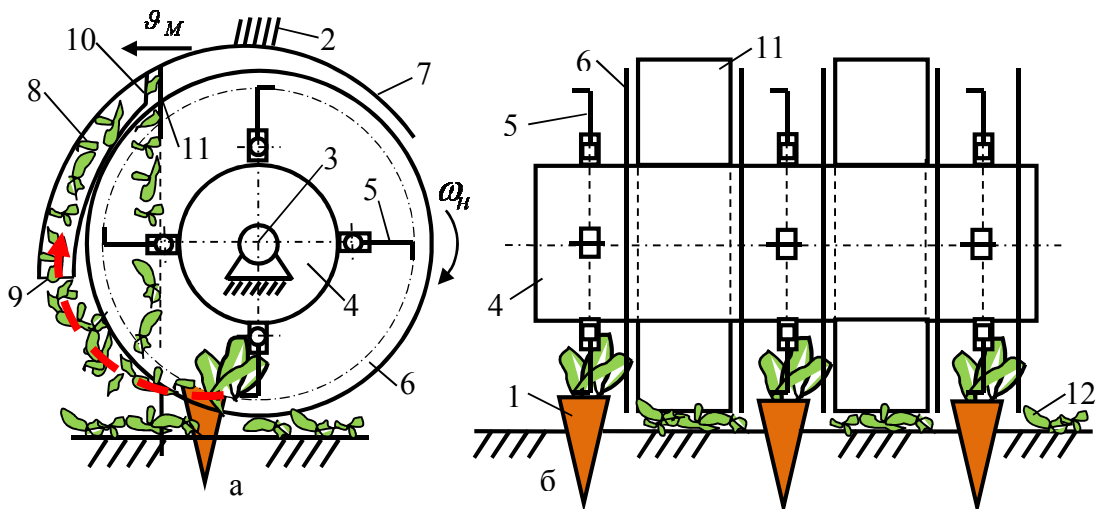


Рисунок 1. Схема удосконаленого способу збирання основного масиву гички коренеплодів:

а – вигляд збоку; б – вигляд ззаду; 1 – коренеплід з гичкою; 2 – рама; 3 – роторний гичкоріз; 4 – барабан; 5 – ніж; 6 – ділительний диск; 7 – кожух; 8 – направляючий канал; 9, 10 – вхідний і вихідний отвір; 11 – фартух; 12 – укладена у міжряддя гичка

Зниження енергоємності процесу досягається за рахунок одночасного поєднання операцій зрізування та переміщення зрізаної гички одним активним (роторний гичкоріз) і пасивним (направляючий канал) робочим органом.

Експерименти проводили на дослідних полях посівів коренеплодів цикорію сорту Софіївський 7 (Хмельницька державна науково-дослідна станція). Для отримання рівняння регресії секундної подачі  $P_p$  (кг/с) та питомої маси  $M_{np}$  (кг/м<sup>2</sup>) гички,

вибирали симетричний план трифакторного експерименту на трьох рівнях варіювання факторами. При цьому змінними факторами приймали швидкість руху модуля  $\vartheta_M = 1.2 - 1.4 - 1.6$  (м/с), урожайність гички  $U_p \pm \Delta U_p = 1.4 \pm 0.2 - 1.6 \pm 0.2 - 1.8 \pm 0.2$  (кг/м<sup>2</sup>), густоту насаджень коренеплодів цикорію  $\Gamma_k \pm \Delta \Gamma_k = 7 \pm 2 - 9 \pm 2 - 11 \pm 2$  (тис.шт./м<sup>2</sup>).

Апроксимуючу залежність, яка функціонально описує зміну секундної подачі  $II_p^\pm$  та питомої маси  $M_p^\pm$  гички залежно від зміни вхідних факторів після обробки

експериментального масиву даних знаходили у вигляді лінійної моделі за найбільшим значенням коефіцієнта детермінації  $D$  та кореляції ( $R = 0.964$ ) за рівня достовірності  $P = 0.95$ . Після перевірки адекватності моделі за F-критерієм Фішера ( $F = 100.8$ ) та значимості коефіцієнтів за критерієм Стюдента (t-альфа критерій,  $t = 2.05$ ) було отримано рівняння регресії у вигляді лінійної моделі для натуральних факторів:  
- секундної подачі зрізаної гички коренеплодів цикорію:

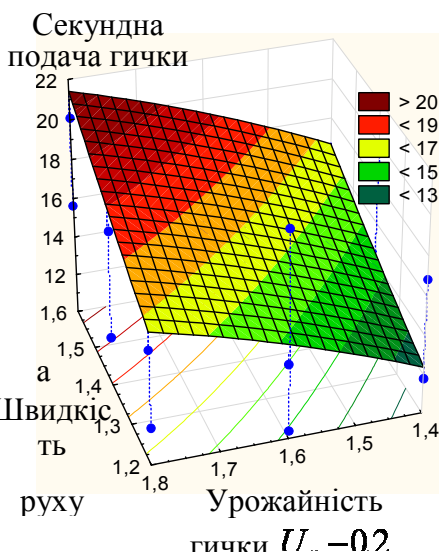


Рис. 2. Поверхня відгуку як функція

$$II_p^+ = -39.38 + 18.67\vartheta_M + 14.81(U_p + \Delta U_p)^+ + 2.11(\Gamma_k + \Delta \Gamma_k) \quad (1)$$

$$II_p^- = -42.26 + 11.17\vartheta_M + 11.36(U_p - \Delta U_p)^+ + 2.81(\Gamma_k - \Delta \Gamma_k) \quad (2)$$

- питомої маси гички  $M_p^\pm$ , яку зрізано ножами роторного гичкоріза та укладено у міжряддя не зібраних коренеплодів між двома суміжними ділильними дисками:

$$M_{np}^+ = -17.05 - 2.52\vartheta_M + 19.11(U_p + \Delta U_p)^+ + 14.81(\Gamma_k + \Delta \Gamma_k) \quad (3)$$

$$M_{np}^- = -35.51 - 0.91\vartheta_M + 14.39(U_p + \Delta U_p)^+ + 19.49(\Gamma_k + \Delta \Gamma_k) \quad (4)$$

Згідно з рівняннями регресії (2) побудовано поверхню відгуку, яка характеризує функціональну зміну секундної подачі гички  $II_p^-$  залежно від

швидкості руху гичкозбирального модуля  $\vartheta_M$ , урожайності гички  $U_p - \Delta U_p$  (рис. 2).

За мінливого зменшення зміни урожайності гички  $U_p - \Delta U_p$  у межах від  $1.4 - 0.2$  до  $1.8 - 0.2$  (кг/м<sup>2</sup>) та густоти насаджень коренеплодів цикорію  $\Gamma_k - \Delta \Gamma_k$  у межах від  $7 - 2$  до  $11 - 2$  (тис. шт./м<sup>2</sup>) секундна подача гички  $II_p^-$  за швидкості руху гичкозбирального модуля  $\vartheta_M = 1.2 \dots 1.6$  (м/с) змінюється прямопропорційно збільшенню кожного фактора у діапазоні від 13 до 22 (кг/с), (рис. 2). На основі аналізу графічних побудов встановлено, що секундна подача та питома маса гички, яку зібрано з 3-х рядків коренеплодів знаходиться, відповідно, у діапазоні 17-36 (кг/с) та 19-27 (кг/м<sup>2</sup>). Розбіжність теоретичних та експериментальних значень секундної подачі та питомої маси гички знаходиться від 5 до 15 (%).

### Література.

1. Барановський В.М., Соломка В.О., Онищенко В.Б. Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра. Вісник ХДТУСГ. 2001. Т. 2(8). С. 209–215.
2. Baranovsky V.M., Potapenko M.V. Theoretical analysis of the technological feed of lifter root crops. INMATEH – Agricultural Engineering. 2017. Vol. 51. No. 1/2017. P. 29–38.

УДК 621.326

**І.Р.Брикайло, Т.Т.Бартош, В.М.Матвіїшин, Т.С. Дубиняк канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ВІДМОВ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ, ЩО МАЮТЬ ВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР**

**I.R.Brukaylo, T.T.Bartosh, V.M.Matviishun, T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.**  
**RELIABILITY AND TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC  
EQUIPMENT FAILURES, HAVING A RANDOM CHARACTER**

Більшість відмов електронної апаратури мають випадковий характер і обумовлені різними факторами, які важко врахувати: вологість, температура навколишнього середовища, вібрація, недосконалість технологічних процесів, неоднорідність матеріалів, тощо. Стосовно до надійності пристроїв розглядають її основний кількісний критерій – ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  протягом заданого інтервалу часу  $t$ .

При розробці технічних засобів повинні бути визначені такі показники надійності як середнє напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи протягом встановленого часу [1]. При розробці системи управління в цілому необхідно визначити коефіцієнт готовності чи простою системи. Для багатofункціональних систем достатньо проаналізувати надійність основних функцій [2]. Необхідні дані для розрахунку показників надійності елементів слід вибирати за паспортними даними або з довідників [3].

Ймовірність безвідмовної роботи є функцією часу  $t$ , і в загальному випадку її визначення для будь-якого часового інтервалу створює значні труднощі. Однак для складної апаратури, яка вміщує велику кількість різних елементів, часто виявляється достатнім знати величину середнього напрацювання на відмову  $T_0$ , яка визначається як середнє значення випадкових величин інтервалів часу  $\tau_i$  між сусідніми відмовами, год:

$$T_0 = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n}{n}. \quad (1)$$

При можливості застосування цього критерію надійності часто користуються зворотною величиною:

$$\lambda = \frac{1}{T_0}. \quad (2)$$

У даному випадку структурна (логічна) схема, яка базується на аналізі функціонування АЦП, не містить резервних елементів. Тому, якщо припустити статистичну незалежність і випадковість відмов елементів, від яких залежить роботоздатність АЦП, то загальна ймовірність безвідмовної роботи визначається із виразу:

$$P_{заг}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (3)$$

Відповідно,

$$\lambda_{заг} = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (4)$$

де  $P_i$  – ймовірність безвідмовної роботи окремих елементів, ланок, каскадів;  
 $\lambda_i$  – інтенсивність їх відмови.

За отриманим з табличних значень [2] знаходимо  $\lambda_z$  сумарної інтенсивності відмови пристрою, обчислюємо середнє напрацювання на відмову  $T_0$ , застосовуючи формулу (2):

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_z} = \frac{1}{10,197} \cdot 10^6 = 98068,59 \text{ год} . \quad (5)$$

Далі наведено формулу для заданого часу безвідмовної роботи при вказаній ймовірності безвідмовності (звичайно 0,95) і визначено час безвідмовної роботи, год :

$$t_{\text{без}} = \frac{0,051}{\lambda_z} . \quad (6)$$

Отже, згідно даних табличних значень, та за формулою (6),

$$t_{\text{без}} = \frac{0,051}{10,197} \cdot 10^6 = 50015 \text{ год} .$$

Якість апаратури визначається можливістю і швидкістю її ремонту. В цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи в інтервалі заданого часу визначається за формулою:

$$P(t) = \frac{\frac{1}{\lambda_z}}{T_p + \frac{1}{\lambda_z}} \cdot e^{-t \cdot \lambda_z} . \quad (7)$$

де  $T_p$  – середній час ремонту апаратури.

Приймаючи  $T_p = 24$  год і підставивши у формулу (7), отримують часову залежність ймовірності безвідмовної роботи пристрою ( див. рис. 1).

Для визначення ймовірності виникнення відмов маємо:

$$Q(t) = 1 - P(t) . \quad (8)$$

Підставивши значення, обчислені за формулою (7) у формулу (8), отримаємо графік ймовірності виникнення відмов за час  $t$ , який наведено далі (див. рис. 2 ).

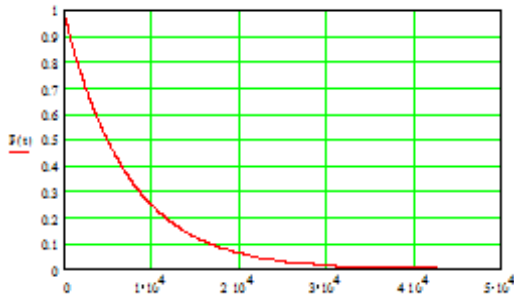


Рисунок 1. Ймовірність безвідмовної роботи пристрою

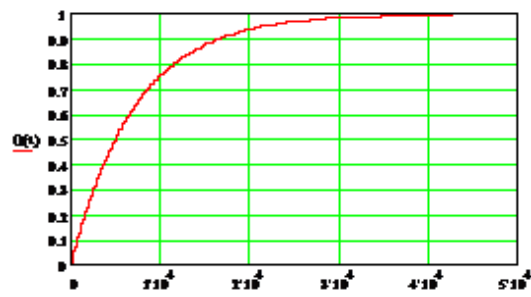


Рисунок 2. Ймовірність відмови пристрою

Обчислені для вузла детального проектування (ВДП) показники надійності задовільняють вимогам до відповідних показників усієї системи, що проектується. Тому можна стверджувати, що, з точки зору теорії надійності і технічної діагностики, даний ВДП відповідає своєму функціональному призначенню.

### Література

1. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах : Учеб. пособие для ст. радиотех. спец. вузов. Под ред. Г.В. Дружинина. –М.: Энергия, 1975.
2. Ястребецкий М.А., Иванова Г.М. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами: Учеб. Пособие для вузов. –Энергоатомиздат, 1989.





**УДК 699.841**

**В.В. Бухта, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**V.V. Bukhta, H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **FEATURES OF DESIGN OF SEISMOSTABLE STEEL STRUCTURES**

Конструкції будівель і споруд, що будуються у сейсмонебезпечних районах, повинні протистояти зовнішнім навантаженням без істотної втрати експлуатаційних властивостей. Сейсмостійкість будинків і споруд в цілому, так і окремих елементів конструкцій забезпечується застосуванням конструктивних рішень, конструкцій і матеріалів, що відповідають сейсмічності (інтенсивності сейсмічного впливу в балах) місця будівництва, а також належним дотриманням правил і вимог по зведенню конструкцій і виконанню робіт у сейсмічних районах.

Ефективним методом протистояння сейсмічним впливам є спорудження будинків із застосуванням металевих конструкцій. Міцність металевих елементів будівель поєднується з певною еластичністю матеріалу, що дозволяє таким будинкам бути сейсмічно стійкими і довговічними.

Вибір матеріалів для сталевих каркасів повинен проводитися відповідно додатка Е ДБН В.2.6-163 при сейсмічності до семи балів як для конструкцій групи 2, при сейсмічності вище семи балів як для конструкцій групи 1. Зварні шви у з'єднаннях потрібно виконувати електродами, що забезпечують достатню пластичність з'єднання. При ручному дуговому зварюванні рекомендуються електроди типу Є42А, Є46А і Є50А згідно з додатком Ж ДБН В.2.6-163. Для болтових з'єднань рекомендуються болти класів точності В і С відповідно додатка Ж ДБН В.2.6-163. У болтових кріпленнях в'язей опір зрізу болтів повинен бути як мінімум в 1,2 рази більшим, ніж опір зминанню поверхонь, що з'єднуються.

При проектуванні сталевих несучих елементів необхідно створювати умови для розвитку пластичних деформацій. При виборі конструктивних схем перевагу слід віддавати схемам, в яких зони пластичності виникають у першу чергу в зв'язках і в горизонтальних елементах каркаса (ригелях, перемичках, обв'язувальних балках тощо). Слід враховувати те, що стики потрібно, за можливості виносити із зони максимальних напружень.

Для елементів, що працюють в пружно-пластичній стадії, потрібно використовувати маловуглецеві і низьколеговані сталі з відносним видовженням не менше 20%.

Несуча здатність сталевих елементів повинна бути такою, щоб пластичні шарніри утворювалися в ригелях або в з'єднаннях ригелів з колонами, але не в колонах. Ця вимога може не дотримуватися, якщо стиск у колоні від постійного навантаження не перевищує 30% несучої здатності колони на стиск.

### **Література**

1. Д.Б.Н.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України К. – Мінрегіонбуд України 2014, 118.



**УДК 621.9.06**

**В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц., С.С. Корніцький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ЗАТИСКУ  
ЗАГОТОВКИ**

**V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., S.S. Kornickii**

**COMPARATIVE DYNAMIC ANALYSIS OF CNC LATHE SPINDLE UNIT AT  
DIFFERENT METHODS OF WORKPIECE CLAMPING**

Одним з найбільш відповідальних вузлів токарного верстата з ЧПК є шпиндельний вузол (ШВ). Він приймає участь у формоутворюючому русі, а його якість істотно впливає на точність, надійність і продуктивність всього верстата. Динамічна якість ШВ токарного верстата з ЧПК безпосередньо впливає на якість поверхонь тіл обертання. Тому дослідження динамічної якості ШВ шляхом моделювання її залежності від параметрів ШВ та способу затиску заготовки (в токарному патроні, в токарному патроні з підтримкою задньої бабки, з підтримкою люнетом та ін.) набуває особливої актуальності.

Метою даної роботи є встановлення динамічних характеристик ШВ при різних способах затиску заготовки на основі порівняльного динамічного аналізу конструктивних схем і параметрів ШВ.

Серед усіх методів динамічних досліджень ШВ [1, 2], як згинних систем, для порівняльного аналізу взаємозв'язку конструктивних параметрів при різних способах затиску заготовки [3] та динамічних характеристик ШВ вибрано метод коефіцієнтів впливу податливості [4]. При цьому ШВ подається у вигляді пружної невагомої балки із відповідним числом зосереджених мас. Даний метод дозволяє враховувати радіальну і кутову жорсткість опор ШВ.

При вільних коливаннях ШВ рівняння руху багатомасової системи має вигляд [4]:

$$\sum_{j=1}^n m_{ij} \ddot{x}_j + \sum_{j=1}^n r_{ij} x_j = 0 \quad (1)$$

де  $m_{ij}$  - інерційні коефіцієнти;  $r_{ij}$  - коефіцієнти жорсткості.

При пошуку розв'язку системи (1) при умові гармонійних коливань, отримуємо систему лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь відносно амплітуди коливань  $u_i$  [4]:

$$\sum_{j=1}^n (r_{ij} - p^2 m_{ij}) u_j = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

де  $u_i$  - амплітуда коливань в  $i$ -й точці;  $p$  - власна частота коливань.

Система лінійних однорідних алгебраїчних рівнянь (2) може мати ненульові розв'язки тільки при її визначнику, рівному нулю:

$$\Delta(p^2) = \begin{vmatrix} r_{11} - p^2 m_{11} & r_{12} - p^2 m_{12} & \dots & r_{1n} - p^2 m_{1n} \\ r_{21} - p^2 m_{21} & r_{22} - p^2 m_{22} & \dots & r_{2n} - p^2 m_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} - p^2 m_{n1} & r_{n2} - p^2 m_{n2} & \dots & r_{nn} - p^2 m_{nn} \end{vmatrix} = 0 \quad (3)$$

В загальному випадку всі корені рівняння (3), а значить і всі власні частоти, різні.

Даний метод використано для порівняльного аналізу власних частот коливань ШВ токарного верстата з ЧПК із різними способами затиску заготовки в процесі обробки. На рис. 1 приведена динамічна модель ШВ із консольно закріпленою заготовкою в токарному патроні. Аналогічно наведеній моделі, побудовані динамічні моделі ШВ із затиском заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою та із підтримкою люнетом.

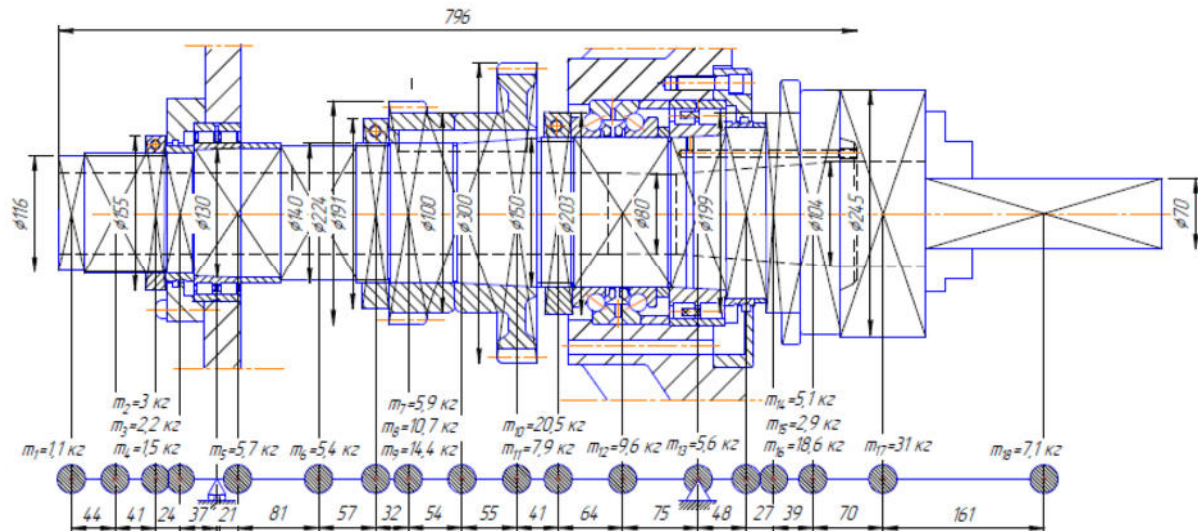


Рисунок 1. Шпиндельний вузол токарного верстата з ЧПК із затиснутою в токарному патроні заготовкою та його динамічна модель у вигляді пружної невагомої балки із зосередженими масами

Після приведення багатомасових динамічних моделей ШВ при різних способах затиску заготовки до моделей із меншою кількістю мас, визначалися власні частоти системи за залежністю (3). Для розрахунку власних частот коливань розроблено прикладну програму в пакеті MathCAD.

За результатами порівняльного аналізу динамічних моделей ШВ, отриманими за допомогою прикладної програми MathCAD, видно, що додаткові місця закріплення заготовки призводять до більш високого спектру власних частот. Так, наприклад, перша власна частота ШВ із консольно закріпленою заготовкою в токарному патроні менша від першої власної частоти ШВ із закріпленням заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою в 1,8 рази. Це в першу чергу пов'язано з підвищеною жорсткістю схем ШВ з додатковими опорними точками, які виникають при затиску заготовки в токарному патроні з підтримкою задньою бабкою чи люнетом.

### Література.

1. Данильченко Ю.М. Прецизійні шпиндельні вузли на опорах кочення (теорія і практика)/ Ю.М. Данильченко, Ю.М. Кузнецов. – Тернопіль-Київ: Економічна думка, 2003, – 344 с.
2. Пуш А.В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность. – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с.
3. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: Монография/ [Кузнецов Ю.Н., Драчев О.И., Луцив И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 480 с.
4. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.

**УДК 681.5**

**Д. В. Гаврилюк, В. В. Моліцький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ**

**D.V. Gavryliuk, V.V. Molickyi**

## **INVESTIGATION OF THE MILLING PROCESS' ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS**

Потреба у механічному обробленні деталей складної геометрії з високою точністю призвела до розроблення верстатів з числовим програмним керуванням та багатоцільових верстатів. Це обладнання зробило можливим виконання складних, а часом і неможливих для оператора, завдань з обробки деталей. Проте проблема вибору параметрів різання, таких як подача та швидкість різання, залишилась. Наприклад, при обробці заготовки з великою кількістю отворів та пазів та змінною осьовою глибиною та радіальною шириною різання, величина сили різання змінюється в процесі механічного оброблення, і якщо граничне зусилля перевищує певну межу, то існує велика імовірність пошкодження заготовки, поломки інструменту і навіть верстату. Щоб уникнути цього, зазвичай застосовують консервативний підхід і вибирають параметри різання відповідно до найгіршого можливого сценарію. Як наслідок, процес хоч може відбуватися в оптимальних умовах для цієї ділянки, параметри будуть незадовільними для інших поверхонь, що призведе до зниження продуктивності.

Одним із способів подолання цієї проблеми є розробка системи керування режимами обробки. Існує три підходи до розроблення таких систем: відкритий цикл адаптивного керування, замкнутий цикл з фіксованим коефіцієнтом підсилення та замкнутий цикл адаптивного керування. У відкритому циклі адаптивного керування умови роботи оптимізовані з метою максимізації показника продуктивності. Цей тип називається адаптивним керуванням з оптимізацією і для нього є характерними кілька недоліків, а саме складність у встановленні відповідного індексу продуктивності, складність конструкції і потреба в високих обчислювальних потужностях. Системи керування з фіксованим коефіцієнтом підсилення і зворотнім зв'язком дуже поширені і характеризуються компенсацією коефіцієнта, а величина зворотного зв'язку використовується для регулювання робочих параметрів, для підтримання сили різання на постійному рівні. Цей тип систем керування, які добре працюють в певних умовах, стає нестабільним при значній глибині різання, нетипових властивостях матеріалу або зміні стану інструменту. У адаптивних системах замкнутого циклу передбачається, що параметри процесу невідомі і змінюються в часі. Як правило, в таких системах є два цикли керування. Перший – це цикл зворотного зв'язку зусилля різання, інший – призначений для регулювання параметрів системи шляхом отримання інформації з вводу та виводу на обладнання таким чином, що сила різання залишається постійною. Робота останніх двох систем керування базується на накладанні обмежень на процес, наприклад, на постійну потужність або силу. Такі системи мають назву адаптивного керування з обмеженнями.

У зв'язку з цим певний інтерес становить розробка адаптивних систем керування із замкнутим циклом, які здатні регулювати швидкість подачі так, щоб підтримувати зусилля різання на бажаному рівні. Це дозволить підвищити продуктивність, стійкість інструменту і якість поверхні, що обробляється.

УДК 621.7

**А. В. Гагалюк, канд. техн. наук, І. Ю. Фесина, Т. Г. Зазуляк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ SLM – ДЕТАЛЕЙ У ВЕРСТАТОБУДУВАННІ**

**A. V. Gagalyuk, Ph.D, Sen. Lecturer, I. Yu. Fesyina, T. G. Zazulyak**

### **PERSPECTIVITY OF APPLICATION OF SLM – PARTS IN MACHINE TOOL CONSTRUCTION.**

Верстатобудування є достатньо консервативною галуззю виробництва. Впровадження новітніх або експериментальних технологій не завжди доцільне, а іноді вкрай необхідне. Інертність до впровадження новітніх технологій щодо виготовлення самих верстатів пов'язана з високою вартістю та трудомісткістю виробництва. Разом з тим верстатобудування є також і достатньо металомістким виробництвом. Історично так склалося, що всі передові технології в інші галузі виробництва приходять з аерокосмічної галузі. Не виключенням є SLM (Selective laser melting).

Це метод лазерного пошарового спікання порошку по попередньо створених 3D моделях. Суть його полягає в тому, що з 3D моделі деталі за допомогою алгоритму створюються поперечні січення з кроком 2 мкм і лазер спікає порошок. Таким чином ми отримуємо наплавлену модель. По суті це є друкування деталі. У якості порошку донедавна використовували INCONEL 718. Це жароміцний, корозійностійкий сплав на основі нікелю, хрому, молібдену. Сімейство цих сплавів використовують в аерокосмічній галузі. Оскільки сплав зберігає міцність в широкому проміжку температур, тому його використовують там де сталь і алюміній не підходять. Проте він має і недоліки, а саме схильний до наклепу при механічному обробленні, а щодо зварювання INCONEL 718 джерела суперечать одне одному. В дослідженнях українського вченого [1] описано характеристики дослідних зразків з цього сплаву. Німецька компанія APWORKS (група Airbus) запатентувала порошок Scalmalloy – це алюмінієво (Al) – магнієво (Mg) – скандієвий (Sc) порошок з унікальною мікроструктурою, міцністю та пластичністю, який можна використовувати на всіх SLM – машинах. Scalmalloy має дуже добру зварюваність, корозійна стійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, стійку мікроструктуру при високих температурах до 250°C, відмінні характеристики для звичайного процесу обробки тощо. Його також використовують в аерокосмічній галузі, зокрема для друкування перегородки салону літака Airbus 380 (співпраця з Autodesk) та кронштейна супутника Eurostar 3000. У табл. 1 наведено характеристики Scalmalloy порівняно з аналогічними матеріалами.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики матеріалів

	AlSi10Mg	Scalmalloy	Ti6Al4V	СЧ30
Границя текучості, $\sigma_{0,2}$ , МПа	230	470	1020	240
Границя розтягу, МПа	350	520	1070	100-350
Питома міцність, МПа	131	195	243	
Видовження при розриві (%)	6	13	14	9,6
Твердість по Віккерсу	119	180	320	~243
Густина, г/см <sup>3</sup>	2,67	2,67	4,41	7

В таблиці 1 наведено характеристики чавуну СЧ30 – основного матеріалу для виготовлення станин та інших несучих частин верстатів. За своїми характеристиками чавун є крихким, а не пластичним матеріалом, тому порівняння може здатися недоречним. Проте є певні властивості наведених сплавів, які майже відповідають

чавуну.

Компанія Directed Manufacturing виготовила (2013 р.) і випробувала інжектор ракетного двигуна (РД). Ця подія мала вагоме значення в галузі SLM, оскільки це був найбільший 3D-друкований компонент РД (табл.2), що складався з двох частин, в той час як схожі інжектори складалися з 115 деталей, причому витримав збільшення тяги в 10 разів.

Таблиця 2. Порівняльні характеристики виготовлення ракетного інжектора

Параметри	3-D друк методом SLM	Традиційні способи обробки
Термін виготовлення деталі	3 тижні (з них 40 годин на виготовлення)	6 місяців
кількість компонентів деталі	1 частина	4 частини
Кількість спаяних (зварних) з'єднань	0	5 спайок
Вартість деталі	\$5 тис.	\$10 тис.

З 2011 року наукові розробки багатьох металознавців спрямовані на виготовлення порошків, а кількість їх виробників у 2017 році складала 32, а полімерних – 23. За даними [2] 2012-2013 років зафіксовано зростання попиту SLM обладнання на 76%, а в щорічній доповіді компанії Gartner за даними 2016 року ринок складав \$13,2 млрд. на основі якого було зроблено прогноз на 2020 рік щодо збільшення ринку 3D – друку до \$29 млрд. Загалом щорічний приріст склав 22,3%. Згідно статистики [3] IDC Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide в 2016 році максимальний дохід від застосування припав на автомобілебудування - \$3,9 млрд. і авіакосмос - \$2,4 млрд.

Очевидно, що дана технологія створює нові перспективні можливості для виготовлення деталей, проте SLM машини не замінять використання верстатного обладнання. Принаймні в найближчому майбутньому. Навіть у деталях виготовлених наплавленням є поверхні, яким необхідно забезпечити відповідну шорсткість, що можна виконати лише на металорізальних верстатах. Проте у розрізі співвідношення «маса деталі – міцність», SLM метод, на сьогодні є найкращим з досягнень.

Цілком реально, що SLM метод міг би мати майбутнє у виготовленні верстатів, що могло б забезпечити зменшення ваги, навіть до 20%. Проте головною характеристикою верстата є точність, яка залежить від багатьох факторів, зокрема від вібрацій. Тому основним матеріалом для виготовлення несучих частин верстатів залишається чавун, який попри свою вагу добре гасить вібрації та коливання. Враховуючи, що життєвий цикл металообробного обладнання складає 20 років [3], то в класичній компоновці верстатів найближчим часом нічого не зміниться, адже виготовлення комплектуючих методом спікання є невиправдано дорогими, допоки SLM принтери не стануть доступнішими.

### Література

1. Чумаков Д.М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники. *Труды МАИ*. 2014. № 78. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53682>
2. Аджамский С. В. Реализация SLM - технологии для изготовления образцов из жаропрочного сплава INCONEL 718, применяемого в авиационно-космической технике. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2019. № 2. С. 69–75. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit\\_2019\\_2\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2019_2_11).
3. Н.М.Максимов. Мировой рынок аддитивных технологий. *Аддитивные технологи*. – 2017. №2. С. 16 – 23. URL: <https://additiv-tech.ru/publications/mirovoy-rynok-additivnyh-tehnologiy.html>

УДК 624.012:454

К.А. Грабовська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДІВ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОГО МОСТА НА ВЕНТИЛЬОВАНІ ФАСАДИ**

**K.A. Hrabovska**

### **OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF VENTILATED FACADES BY ANALYZING THE THERMAL BRIDGE EFFECT ON VENTILATED FACADES**

У вентиляованих фасадах є проблема утворення точкових термомостів. Конструкція вентиляованого фасаду вимагає відносно великої кількості точок, де зовнішній шар повинен бути закріплений на внутрішній оболонці основи. На цих ділянках сталеві або алюмінієві кронштейни проникають через шар ізоляції. Проблема точкових термомостів – це багатопараметрична проблема, на яку найбільше впливає геометрія конструкції, що досліджується, та теплофізичні властивості всіх матеріалів, що належать їй.

Метою роботи є оптимізація конструкції вентиляованих фасадів, оскільки з'єднання структурних елементів та тепловий аналіз може призвести до ефективної конструкції.

Для досягнення поставленої мети виконано аналіз системи точкових термомостів, зосереджених на з'єднанні кронштейну та теплоізолюючого матеріалу. Для точного аналізу ефекту термомосту в середовищі кінцевих елементів ANSYS була розроблена обчислювальна модель для того, щоб бути модульною та легко адаптуватись до широкого кола вимог. Всі ці параметри повинні бути враховані, щоб забезпечити необхідний рівень точності, деталізації та впевненості у значенні результатів (рис. 1).

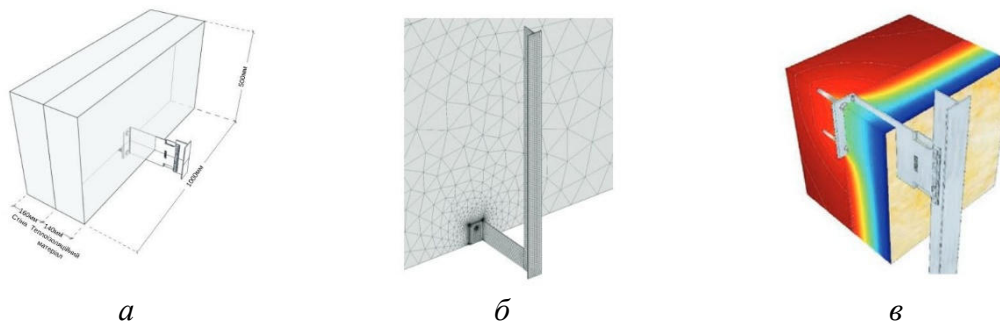


Рисунок 1. Ескіз імітаційного елемента для експерименту з використанням:  
*a* – симетрії; *б* – розрахункової сітки в області повної довжини кронштейна;  
*в* – обчисленого ізотермічного контуру навколо анкерної зони

Отримані результати подано на рис.2-5.

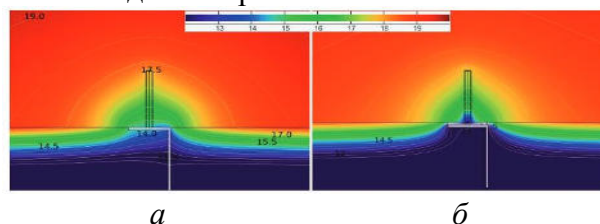


Рисунок 2. Ізотермічні поверхні, що показують розподіл температури на площині, вертикальній до анкера для сценарію:



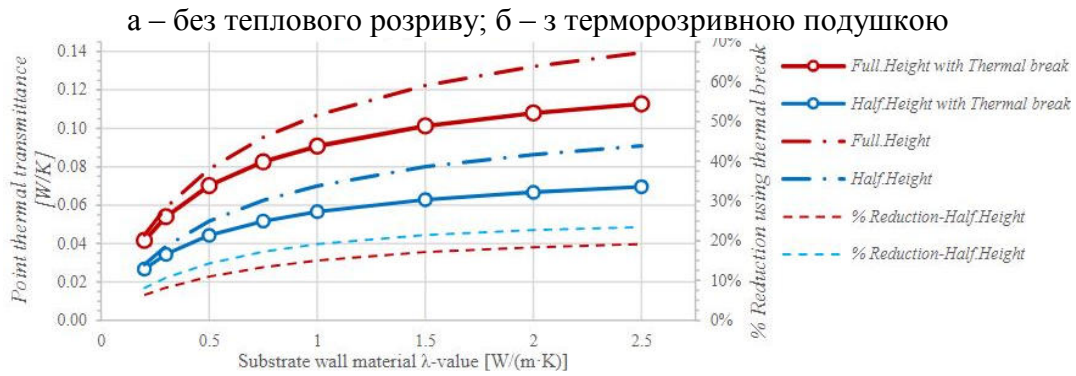


Рисунок 3. Вплив теплового розриву на точковий коефіцієнт теплопередачі при різних теплопровідностях стінки підкладки (сталевий анкер)

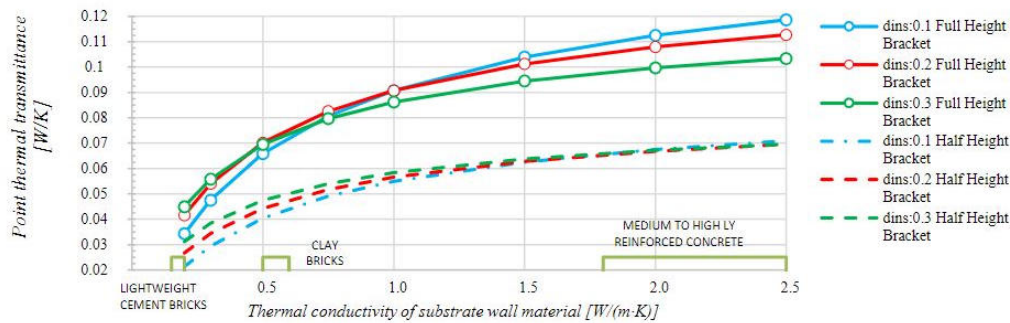


Рисунок 4. Вплив теплопровідності матеріалу стінки підкладки на точковий коефіцієнт теплопередачі

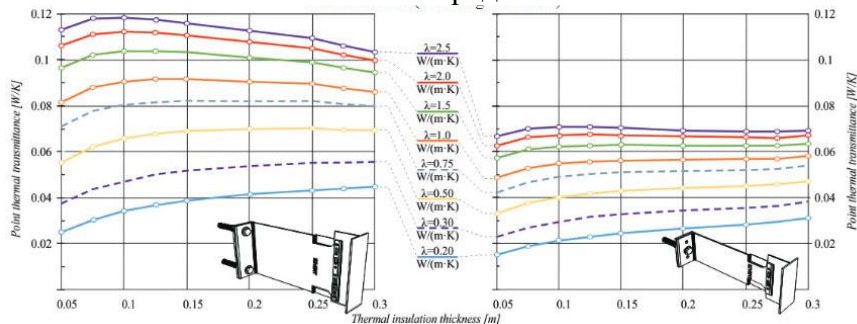


Рисунок 5. Вплив товщини теплоізоляції з мінеральної вати ( $\lambda = 0,035$  Вт / (м · К)) на точковий коефіцієнт теплопередачі для кронштейнів на повну висоту для різноманітної теплопровідності стінки основи

Дослідження точкових теплових мостів проаналізувало конструктивні фактори, пов'язані з величиною точкових теплових мостів. Беручи до уваги також усунення лінійних теплових мостів, завдяки положенню шару теплоізоляції, дослідження оптимізувало несучу конструкцію системи. Отримані результати доцільно використовувати при проектуванні конструкцій вентиляованих фасадів, з метою забезпечення енергоефективності конструкції та теплозахисту будівлі.

### Література

1. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови : ДСТУ Б В.2.6-35:2018. – [Чинні з 2019.01.12]. – Київ : М-во регіон. розвитку та буд-ва України, 2019. –25 с. (Національний стандарт України)



УДК 621.835+621.8.028.3

Д. С. Гриценко, канд. техн. наук

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ВПІ, Україна

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ, ЯКІ ПЕРЕТВОРЮЮТЬ ПОСТІЙНИЙ ОБЕРТОВИЙ РУХ У ПЕРІОДИЧНИЙ

D. S. Hrytsenko, PhD

### COMPARATIVE ANALYSIS OF MECHANISMS THAT CONVERT CONSTANT ROTARY MOVEMENT IN PERIODIC

При конструюванні обладнання, зокрема поліграфічного, деяким ланкам необхідно створювати складні рухи. Такі рухи здійснюються за певними законами періодичного руху. А для зменшення динамічних навантажень, які виникають при зміні напрямку руху веденої маси, необхідно використовувати спеціальні закони, які вибираються у залежності від параметрів веденої маси [1,2].

Складні рухи виконавчих механізмів здійснюються, як правило, при перетворенні постійного обертового руху у обертовий рух із зупинками [3]. І якраз під час зупинок здійснюються необхідні технологічні операції, для яких призначається обладнання, яке проектується. Перетворення із постійного обертового руху у періодичний обертовий може здійснюватися різними механізмами: мальтійськими, кулачково-цівковими, диференціальними механізмами періодичного повороту, механізмами неповнозубих коліс, кулачковими механізмами періодичного повороту.

Були визначені основні критерії, яким відповідають такі механізми і які враховуються під час вибору необхідного механізму [4]. Типи механізмів та основні критерії їх вибору було зведено у таблицю, в якій відображено їх допустимі значення.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз механізмів періодичного повороту

Види механізмів		ЗПР (рекомендовані)	Константи піків			k <sub>d</sub>	φ <sub>max</sub> , град (рекомендовані)	φ <sub>min</sub> , град (рекомендовані)	Можливість блокування з РП	τ
			C	B	D					
Мальтійські механізми	Плоскі зовнішнього зачеплення	В залежності від профілю паза: К чи C <sub>0</sub>	1,571 чи 2	4,94 чи 6,28	3,88 чи 8,15	1,18-4,45 чи 1,1-2,6	90	60	+	Визначено кількість пазів $\varphi_{пов} = \frac{360}{z}$
	Плоскі внутрішнього зачеплення	Будь-який					90	24		
	Сферичні	Будь-який					90	30		
Кулачково-цівкові механізми	З циліндричним кулачком	Будь-який	Будь-який	Будь-який	Будь-який	[4]	60	15	+	Визначено кількість цівок $\varphi_{пов} = \frac{360}{n}$
	З глободальним кулачком	Будь-який					60	15		
Диференціальні механізми періодичного повороту	Диференціальні кулачково-зубчасті	Будь-який	Будь-який	Будь-який	Будь-який	[4]	180	15	-	Можливе будь-яке
	Кулачково-зубчасті	Будь-який					180	36		

Продовження табл.

Види механізмів		ЗП (рекомендовані)	Константи піків			$k_d$	$\Phi_{max}$ , град (рекомендовані)	$\Phi_{min}$ , град (рекомендовані)	Можливість блокування з РП	$\tau$
Механізми неповнозу- бих коліс	З епіциклоїда- льним включенням	Комбіновані	Будь- який	Будь- який	Будь- який	1,5- 1,8	360	180	-	Визначено кількістю зубців
	З кулачковим включенням	Комбіновані					360	180		
Кулачкові механізми періодичного повороту		Поліноміаль- ні, 0317 та комбіновані	Будь- який	Будь- який	Будь- який	1,1- 2,6	180	15	+	Можливе будь-яке

Ця таблиця може використовуватись при попередньому виборі схеми структурної побудови виконавчих механізмів розроблюваного обладнання.

Для вибору оптимального механізму необхідно проводити подальші дослідження з урахуванням призначення машини, швидкості її роботи та технологічних навантажень [5,6]. Експериментальні дані полегшують вибір оптимального механізму періодичного повороту з урахуванням конкретних вимог, наприклад, відносно циклової діаграми приводу конвеєра блокооброблюючих агрегатів 2БТГ та ВЗР, як і для інших карусельних та конвеєрних машин брошурувально-палітурного виробництва, відносна тривалість повороту може бути прийнята  $\tau = 0,5$ . У цих випадках доцільно застосовувати сферичний мальтійський механізм, який відрізняється сприятливими характеристиками закону руху. Якщо врахувати, що передача руху від головного валу здійсниться мінімальним числом ланок (головний вал машини та вал каруселі або конвеєру перпендикулярні), то стає очевидним оптимальність прийнятого типу механізму періодичного повороту за мінімальним значенням константи піку прискорень. У результаті проведеного аналізу різних механізмів періодичного повороту запропоновано таблицю порівняльного аналізу таких механізмів за критеріями: закон періодичного руху та пік швидкості, прискорення, кінематичної потужності відповідного закону, коефіцієнт динамічності, мінімальний та максимальний кут повороту веденої ланки, можливість використання розвантажувального пристрою, а також відношення часу руху веденої ланки до повного кінематичного циклу.

#### Література

1. Гриценко Д.С. Кінематика привода конвеєра тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Поліграфія і видавнича справа». – Л., 2009. – № 2 (50). – С. 40-47.
2. Гриценко Д.С. Динаміка привода крокового транспортера тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Комп'ютерні технології друкарства». – Л., 2011. – № 25. – С. 264-273.
3. Шостачук Ю. О. Розрахунок кулачкового механізму періодичного повороту / Ю. О. Шостачук, Д. С. Гриценко // Технологія і техніка друкарства. – 2012. - №1(35). – С. 97-106.
4. Петрук А. І. Визначення раціональної структури механізмів періодичного повороту поліграфічних машин / А. І. Петрук, Д. С. Гриценко // Технологія і техніка друкарства. – 2012. - №1(35). – С. 86-94.
5. Гриценко Д. С. Конвеєр подання паковань у тамподрукарську машину (експериментальне дослідження крокового привода) / Д. С. Гриценко // Упаковка. – 2016. – №2. – С. 45-48.
6. Шостачук Ю.О. Дослідження точності позиціонування транспортувальних пристроїв конвеєрного типу тамподрукарської машини ТДМ-300 / Ю.О. Шостачук, Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2011. – № 3(33). – С. 89-95.

**УДК 621.9.01**

**В.В. Двнилюк, Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РІЗАННІ**

**V.V. Danyljuk, L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **RESEARCH AND OPTIMIZATION OF LOADS DURING CUTTING**

Деформація заготовки при обробленні супроводжується витратами енергії, тому інструмент зазнає різні навантаження, які призводять до його зношування, іноді і до його поломки. Отже, для ефективного різання, необхідно віднайти баланс між енергією для видалення металу, і можливістю інструменту надійно сприймати навантаження. Правильний вибір параметрів різання, геометрії інструменту, матеріалу дозволяють домогтися продуктивного і економічно ефективного процесу різання металу.

Механічні навантаження в процесах точіння є стійкими, проте при фрезеруванні вони є динамічними та зростаючими. Навантаження, які впливають на різальний інструмент, поділяють на чотири види: механічні, термічні, хімічні та трибологічні..

Механічні навантаження прискорюють зношення інструменту. Переривчасте різання виробляє ударні навантаження, які можуть призвести до відколу або поломки інструменту. Теплові навантаження виникають внаслідок того, що деформований матеріал заготовки виробляє теплоту, що призводить до підвищення температури в діапазоні 800-1000°C та до деформації і притуплення інструмента. Поєднання теплоти та тиску також сприяє хімічній реакції між матеріалом інструменту і заготовки, відбувається дифузне зношення, змінюється хімічний склад і фізико-хімічно властивості поверхні інструменту. Трибологічне навантаження виникає в результаті тертя між інструментом і стружкою, коли відбувається абразивне зношення, руйнування контактних поверхонь інструменту, змінюється його геометрія.

Всі види навантажень відбуваються одночасно, крім того, характеристики верстата, жорсткість кріплень також впливають на кінцевий результат. Взаємодія навантажень в різних умовах може давати різні результати, але всі вони в кінцевому підсумку призводять до зношення або поломки інструменту.

Здатність інструменту витримувати навантаження визначає його термін служби, для забезпечення максимального терміну і технологічної безпеки, навантаження при обробленні протягом певного проміжку часу повинні бути нижчими, ніж стійкість інструменту. Крім параметрів оброблення, на процеси різання впливають характеристики інструменту, його геометрія та різальний матеріал [1].

Точний підбір параметрів різання і геометрії дозволяють знизити негативні навантаження на інструмент, і зробити процес оброблення передбачуваним ще до його початку. При призначенні режимів оброблення необхідно враховувати взаємозалежність всіх параметрів: глибини різання, подачі, швидкості, а також те, що, стійкість інструменту залежить від швидкості різання нелінійно. Сила різання не рівнозначна механічному навантаженню на інструмент, при розрахунку взаємного впливу параметрів оброблення, необхідно враховувати:

- із збільшенням глибини різання зростає сила різання і довжина різальної крайки в розрізі, що призводить до того, що навантаження залишається незмінним на одиницю довжини різальної крайки;

- із збільшенням швидкості подачі зростає сила різання, оскільки великі значення подач збільшують товщину стружки, навантаження на різальну крайку суттєво зростають;

- із збільшенням швидкості різання, сила різання залишається незмінною, а споживана потужність зростає;
- сили різання зростають на більш низьких швидкостях, і знижуються на більш високих., тому в процесі різання необхідно стежити за наростом, який може вказувати на неприйнятну швидкість різання;
- занадто висока швидкість різання може знизити надійність різання за рахунок формування неконтрольованої стружки, екстремального зношення інструменту та вібрацій, які можуть пошкодити інструмент;
- із збільшенням швидкості, швидкість зміни зносостійких характеристик інструменту спочатку зменшується, потім збільшується і знову знижується. це пояснюється зміною інтенсивності налипання частинок - адгезійного зношення, а потім його переходу в дифузний;
- високі значення подачі й глибини різання в поєднанні з низькими або середніми швидкостями різання дозволяють забезпечити безпечне та надійне оброблення, високі значення швидкості різання можуть забезпечити найбільш високу продуктивність.

Підвищення продуктивності різання вимагає запровадження більш сучасних матеріалів різального інструменту на основі карбіду, покриттів, кераміки і PCBN. Однак, матеріал інструменту - не єдине вирішення проблем. Якщо великі механічні навантаження спричиняють поломку інструменту, необхідно вибрати більш жорсткий матеріал. Вплив геометрії інструменту є достатньо вагомим. Зміна геометрії інструменту змінює потік деформованого матеріалу, при очікуваних високих механічних навантаженнях, більш різка геометрія може призвести до зниження сил різання і звести до мінімуму проблеми до їх виникнення. Зміна потоку стружки за допомогою геометрії також може позитивно змінити кількість і вплив хімічних, термічних і трибологічних навантажень.

Геометрія інструменту - це форма і розміри як пластини в цілому, так і її окремих елементів. Такі характеристики різальної пластини, як розмір і форма, визначають її міцність. Різальні сили, що діють на велику пластину, приводять до більш легких навантажень, ніж ті ж сили на меншій пластині. Велика, міцна пластина дозволяє використовувати високу подачу та глибину різання. Проте, велика пластина не завжди може обробляти дрібні частини деталі [1].

Аналогічні міркування існують щодо форми пластини. Кругла форма є найміцнішою, і кут в 90° квадратної пластини міцніше, ніж кут в 35° ромбічної пластини. Проте, кругла пластина не може нарізати таке ж різноманітність профілів деталей як пластина з кутом 35°. Крім того, геометрія визначає те, яким чином інструмент входить в заготовку, що визначається кутом різальної крайки, кутом нахилу й переднім кутом. Якщо верхня поверхня пластини перпендикулярна до робочої поверхні, пластина вважається негативною. Коли передній край нахилений назад від поверхні заготовки, кут нахилу вважається позитивним. Негативні пластини виробляють більш високі зусилля різання і ефективні при обробленні жорстких матеріалів, таких як сталь, чавун. Позитивні пластини виробляють менші зусилля різання, при цьому масивність різального клина знижується, інструмент стає більш сприйнятливий до відколів і переломів. Позитивні пластини мають гостру різальну крайку і їх частіше використовують для оброблення в'язких матеріалів.

### **Література**

1. Данильченко Л.М., Паньків В.Р. Дослідження теплового впливу в процесах формоутворення заготовок згинанням // Л.М. Данильченко, В.Р. Паньків // Збірник тез доповідей ХХ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя 17-18 травня 2017 р. - Тернопіль: ТНТУ, 2017. – С.20-21.

**УДК 621.91**

**В. І. Денега, С. М. Одлижук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПОКРИТТЯ НА СТІЙКІСТЬ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ**

**V. I. Deneha, S. M. Odlyzhuk**

### **STUDY OF IMPACT OF SPECIAL COATING PARAMETERS ON THE CUTTING TOOLS DURABILITY**

На оброблення різанням у різних галузях машинобудування припадає від 20-30 % до 70-80 % загальної трудомісткості продукції цих галузей [1]. При цьому, лезова обробка впевнено витісняє абразивну в технологічних процесах різання твердих матеріалів, наприклад, загартованих сталей та на фінішних операціях, яким притаманні високі вимоги до точності розмірів, форми і шорсткості [2]. Прогрес в обробці різанням нерозривно пов'язаний з досягненнями у сфері вдосконалення інструментальних матеріалів.

В даний час провідні виробники ріжучого інструменту до 90 - 95 % інструменту з твердого сплаву і до 60 % інструменту з швидкорізальної сталі виготовляють з композиційно-багатошаровими покриттями останнього покоління. При виробництві інструменту все ширше використовують композиційні нано-структуризовані покриття. Зокрема, компанія Sandvik Coromant, яка однією з перших в світі освоїла серійне виготовлення змінних багатограних пластин (ЗБП) з покриттям TiC (серія GC, метод нанесення CVD) і в даний час є одним зі світових лідерів виробництва ЗБП з твердих сплавів з покриттям, розробила нове композиційно-багатошарове покриття TiN-TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCN для пластин серії GC 2025, в якому шар TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> складається з субшарів нанорозмірної товщини з нанокристалічними зернами. Пластини GC 2025 мають стійкість до 2-2,5 разів вищу ніж стійкість пластин із стандартним багатошаровим покриттям. Були проведені лабораторні дослідження різних типів ріжучого інструменту зі зносостійкими покриттями TiAlN [3].

Отримані дані випробувань покриттів показали їх високу ефективність не лише при поздовжньому точінні сталі 45, але і при точінні та фрезеруванні важкооброблюваних хромонікелевих сплавів типу ХН77ТЮР. Зокрема, застосування покриттів з нанорозмірними субшарами як при сухому різанні, так і при різанні з рідкими ЗОР дозволяє підвищити стійкість інструменту в 2...5 разів при точінні конструкційних сталей (на прикладі сталі 45) і важкооброблюваних матеріалів (на прикладі хромонікелевого сплаву ХН77ТЮР).

Результати досліджень ріжучих властивостей швидкорізальних свердел і кінцевих фрез зі згаданими зносостійкими комплексами свідчать про істотні переваги швидкорізальних свердел з перспективними складами покриттів не тільки в порівнянні з контрольними свердлами без покриттів (стійкість до 10 разів вища), але і зі свердлами із стандартними покриттями (стійкість до 3,5-5 разів вища).

Аналогічні результати були отримані при сухому фрезеруванні легованої сталі 20MnCr5 торцевими фрезами Ø 63 мм, оснащеними пластинами з швидкорізальної сталі, з режимами різання  $V = 89$  м/хв,  $S_z = 0,28$  мм/зуб,  $t = 1,5$  мм представлені в таблиці 1.

Дані, приведені в таблиці 1, дозволяють відзначити підвищення періоду стійкості фрез з А-Ti-TiN-(Ti,Al,Cr)N до 4 разів в порівнянні з періодом стійкості фрез без покриття і в 2...2,5 рази в порівнянні з аналогічним показником для фрез із різними варіантами стандартних покриттів. Отримані результати свідчать про суттєві переваги швидкорізального інструменту з перспективними складами наноструктурованих

покриттів не тільки в порівнянні з контрольними інструментами без покриттів, але і з інструментами із стандартними покриттями.

Таблиця 1. Результати випробувань стійкості торцевих фрез

Покриття	Період стійкості $T$ , хв, при $h_z$	
	0,2 мм	0,3 мм
Контрольні фрези	19	36
Стандартне TiN	43	60
Стандартне TiCN	43	54
Стандартне TiAlN	62	66
Стандартне TiCrN	44	58
Стандартне TiMoN	76	92
A*-Ti-TiN-(Ti,Al,Mo)N**	82	118
A*-Ti-TiN-(Ti,Al,Cr)N**	112	158

\* Азотований термо-стабілізуєчий шар; \*\* Нано-структуроване покриття

Графічні залежності зносу задньої поверхні зубів фрез з різними типами покриттів від часу їх роботи представлено на рис. 1.

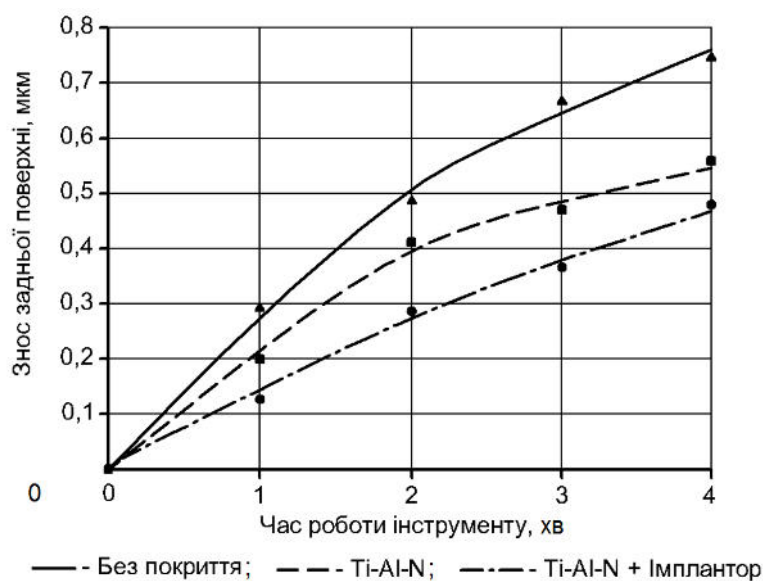


Рисунок 1. Залежність зносу інструменту від часу його роботи

### Література

1. Грицай І. Є., Кукляк М. Л. Різання металів. Теорія різання : Навчальний посібник. Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2005. 132 с.
2. Зубарь В. П. Лезвийная обработка закаленных сталей и чугунов взамен шлифования / В. П. Зубарь, А. Г. Тимчук, М. В. Чопенко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. Вип. 5. С. 32-38.
3. Верещака, А.С. Верещака А. А. Тенденции совершенствования и методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии в машиностроении : сб. науч. статей. Харьков : НТУ «ХПІ», 2007. С. 192-235.

**УДК 624.071**

**В. М.Дзьоба**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДАХОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

**V. M. Gzoba**

### **RESEARCH OF ROOF STRUCTURE**

В покриттях промислових і цивільних будинків широко застосовуються ферми виготовлені з металу. Ферми застосовують для зведення ангарів, вокзалів, великопролітних мостів, радіовежі й щогли, опори ліній електропередачі й багато інших конструкцій які виконуються у вигляді металевих ферм при найрізноманітніших навантаженнях. Залежно від призначення їм надають найрізноманітнішу конструктивну форму - від легких пруткових конструкцій до важких ферм, стержні яких можуть компонуватися з декількох елементів великих профілів або листів. Найбільше поширення мають розрізні балкові ферми.

Комбіновані системи прості у виготовленні й раціональні у важких конструкціях, а також у конструкціях з рухомим навантаженням. Можливість використання в комбінованих системах дешевих прокатних балок сприятливо впливає на вартість і трудомісткість виготовлення цих систем.

Ефективність ферм і комбінованих систем можна значно підвищити, створивши в них попереднє напруження.

Одним із перспективних напрямків розвитку конструкцій ферм, балок та арок є використання профільних труб.

Використання в конструкції як профілю іншого типу так і другої системи решітки впливає і на масу конструкції і на трудомісткість її виготовлення, і на вартість. В відомих нам дослідах ферм на протязі довгого часу залишався практично без змін тип профілю. Використовувалися одиночні і спарені в вигляді тавра кутики, зварні таври. Пізніше стали запроваджувати круглі труби, також давно відомий профіль, але в кровляних конструкціях не використовувавсь. Це пояснюється тим, що теоретично найбільший ефект по економії металу в стиснутих стержнях може бути досягнутий при використанні в них перерізів в вигляді труби. Такий переріз в порівнянні з рівнополосним кутиком, тавром, двотавром має найбільше значення радіуса інерції, прийнятого для оцінки раціональності профілю при роботі в стиснутих стержнях.

В ході проведення досліджень були виявленні ряд переваг конструкцій з застосуванням профільних труб це стійкість до деформації навіть при великих навантаженнях, не значна маса профільних труб, зменшення трудомісткості при збиранні конструкцій та монтажі, довговічність за рахунок захисного шару та надійність за умови додаткової міцності ребер жорсткості.

Тому металеві конструкції з профільних труб дозволяють зменшити собівартість за рахунок скорочення терміну будівництва, при цьому зменшується навантаження на фундамент а також з них можна виконувати складні конструктивні схеми.

На основі проведеного розрахунку виконана модель ферми, що дозволяє застосовувати прямокутні труби в різних конструкціях покрівель.

**Література** 1. Галатенко В.А. Исследование металлических ферм из прямоугольных труб, сваренных из прокатных уголков: Автор. дис. канд. техн. наук. Новосибирск:1982.-22с. 2. Гарф Э.Ф. Исследования конструктивной прочности сварных узлов и элементов из гнутых профилей замкнутого сечения Автор. дис. канд. техн. наук. Киев, 1970.-19с.



УДК 621.91

М.Г. Дичковський, канд. техн. наук, доц., А.Б. Решетуха, І.В. Головатий  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТУ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ

M.G. Dychkovskiy, Ph.D., Assoc. Prof., A.B. Reshetuha, I.V. Golovaty  
THE STUDY OF CUTTING TORQUE DURING FLAT SURFACE MILLING PROCESS

В результаті аналізу літератури [1] та на основі експериментальних досліджень встановлено, що процес фрезерування є досить складним, супроводжується деформаціями та вібраціями елементів системи інструмент-патрон для затиску-верстат, що суттєво впливає на точність оброблення поверхонь, їх шорсткість та хвилястість. Тому розроблено динамічну модель фрезерування поверхонь деталей машин, що дасть змогу прогнозувати деформації елементів системи інструмент-патрон для затиску-верстат, визначати критичні динамічні навантаження та граничні режими різання і не допускати деформації фрези, що перевищує допустимі межі.

Стрибокподібну зміну моменту різання фрезою представлено логічною функцією:

$$\begin{cases} M_k(i, \tau) & \text{if } it_1 < \tau < it_1 + t_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

де  $M_k(i, \tau)$  - функція зміни крутного моменту різання фрезою в часі,  $i$  – порядковий номер зуба після врізання,  $t_1$  - час між послідовними врізаннями зубів фрези,  $t_k$  - час контактної взаємодії одного зуба із заготовкою,  $\tau$  - час.

Функція зміни крутного моменту різання фрезою в часі:

$$M_k(i, \tau) = M_{k\max} \sin(\omega\tau - i\omega t_1),$$

де  $M_{k\max}$  - максимальний крутний момент під час фрезерування,  $\omega$  – частота обертання фрези.

На рис. 1 зображено графіки зміни крутного моменту різання в часі при одночасному різанні двома зубами фрези

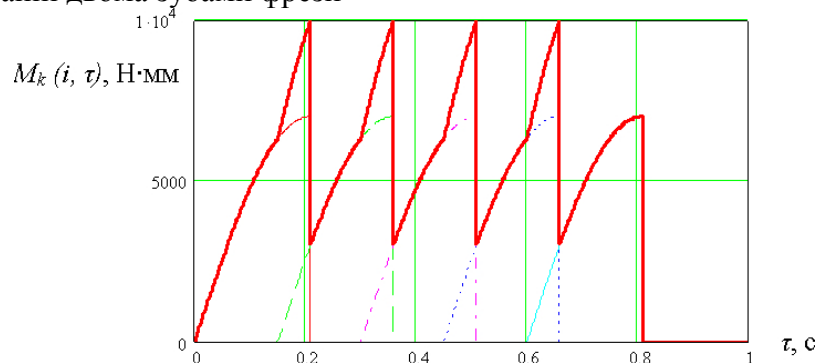


Рисунок 1. Графік зміни моменту різання  $M_k(i, \tau)$  у часі при одночасному різанні двома зубами фрези

### Література

1. Математична модель процесу фрезерування криволінійних контурів циліндричною фрезою / А. Дячун, О. Ляшук, В. Диня, С. Білик // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2011. – Т. 16, № 4 – С. 83–89.

УДК 621.91

М.Г. Дичковський, канд. техн. наук, доц., А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц.,  
С.М. Солтисьяк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТУ РІЗАННЯ СТУПІНЧАСТОГО ОТВОРУ КОМБІНОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ СВЕРДЛО-ЗЕНКЕР

M.G. Dychkovskiy, Ph.D., Assoc. Prof., A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof.,  
S.M. Soltysiak

### THE STUDY OF STEPPED HOLE CUTTING TORQUE BY COMBINED TOOL DRILL BIT - CORE DRILL

На основі літературних даних [1] та експериментів встановлено, що процес оброблення ступінчастих отворів комбінованим інструментом свердло-зенкер є складним, особливо при врізанні зенкера, тому досліджено динаміку такого процесу.

Момент різання  $M_i(t)$  кожним зубом інструмента є змінним в процесі різання і залежить від глибини різання при поступових і почергових врізаннях в заготовку, тому цю величину у динамічній системі представлено зростаючими лінійними залежностями (рис. 1):

$$M_i(t) = \frac{\left[ \left[ \frac{l_i}{2} - \left| \frac{l_i}{2} - (t - r_i) \right| \right] k_i + M_{ui} \right] - \left[ \left[ \frac{l_i}{2} - \left| \frac{l_i}{2} - (t - r_i) \right| \right] k_i - M_{ui} \right]}{4} + \frac{\left[ \left[ \frac{l_i}{2} - \left| \frac{l_i}{2} - (t - r_i) \right| \right] k_i + M_{ui} \right] - \left[ \left[ \frac{l_i}{2} - \left| \frac{l_i}{2} - (t - r_i) \right| \right] k_i - M_{ui} \right]}{4} + M_{ki} \sin\left(\frac{t\pi}{t_p}\right),$$

$l_i$  – час оброблення заготовки  $i$ -тим зубом зенкера;  $k_i$  – коефіцієнт швидкості різання  $i$ -того зуба зенкера;  $r_i$  – час врізання  $i$ -того зуба зенкера;  $M_{ui}$  – максимальний момент різання  $i$ -того зуба зенкера;  $M_{ki}$  – змінний момент різання  $i$ -того зуба зенкера;  $t_p$  – півперіод коливання змінного моменту різання  $i$ -того зуба зенкера.

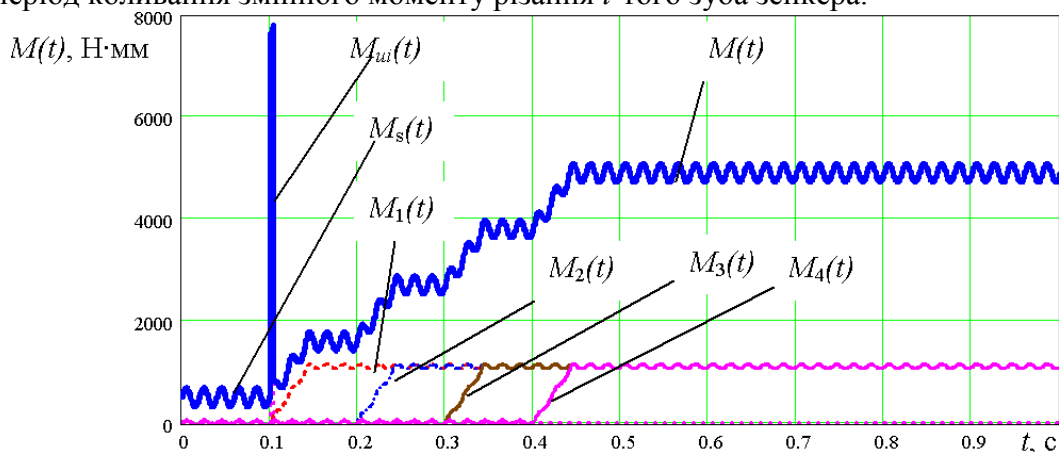


Рисунок 1. Графіки зміни моменту різання  $M(t)$  на інструменті, моменту удару  $M_{ui}(t)$ , моменту різання  $M_i(t)$   $i$ -того зуба зенкера, моменту різання свердлом  $M_s(t)$

#### Література

1. Гевко Б. Исследование динамики устройства для нарезания резьбы / Б. Гевко, А. Дячун, Н. Марчук // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin - Rzeszow, 2016. – Vol. 18, No 1. – P. 87-92.

УДК 624.048

**В.І. Древницький, І.В. Коваль канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ СТІНИ РІЗНИМИ ІЗОЛЯЦІЙНИМИ ШАРАМИ

**V.I. Drevnytskyy, I.V. Koval Ph.D.**

### THERMAL INSULATION OF THE WALL WITH DIFFERENT INSULATION LAYERS

Вимоги до проектування житла в якості пріоритету ставлять питання високої енергоефективності. Для зменшення витрат на опалення необхідне використання будівельних матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями. Будівельна індустрія дає можливість вибрати різноманітні за походженням, технологією виготовлення, властивостями і вартістю теплоізоляційні матеріали.

Теплопровідність - це явище передачі внутрішньої енергії від однієї частини тіла до іншої або від одного тіла до іншого за їхнього безпосереднього контакту. За явища теплопровідності не відбувається перенесення речовини. Поняття «опору» є протилежним до «провідності», і означає здатність матеріалу або набору матеріалів протидіяти передачі тепла. Опір може вважатися характеристикою ефекту ізоляції. Він залежить від двох основних параметрів: провідності й товщини матеріалу. Це означає, що ефект ізоляції буде залежати від характеристики матеріалу та його товщини.

Тепло завжди проходить крізь будівельний матеріал із найнижчим R-показником (опором). У зв'язку з цим стіна завжди складається із декількох різних матеріалів. Потрібно уникати матеріалів, які мають низький R-показник.

Для уникнення тепловтрат слід використовувати матеріали з високим R - показником та, відповідно, з низькою щільністю. В результаті проведених досліджень було запропоновано наступні ізоляційні шари:

- 1 шар – цементно-піщаний розчин  $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\delta = 0,01 \text{ м}$ ;
- 2 шар – цегляна кладка  $\lambda = 0,52 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\delta = 0,51 \text{ м}$ ;
- 3 шар – цементно-піщаний розчин  $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\delta = 0,02 \text{ м}$ ;
- 4 шар – мінераловатні плити  $\lambda = 0,049 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\delta = 0,01 \text{ м}$ ;
- 5 шар – цементно-піщаний розчин  $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\delta = 0,02 \text{ м}$ ;

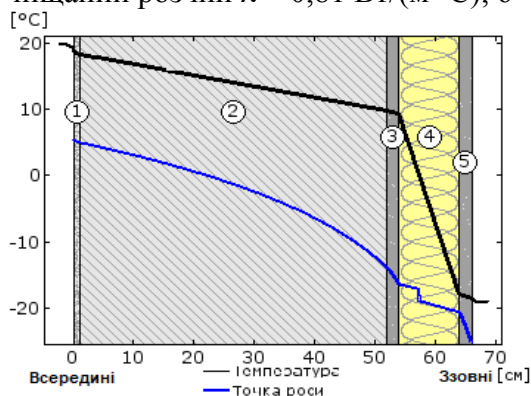


Рисунок 1. Розподіл температури в стіні за наявності утеплювача

Методичні аспекти дослідження теплопровідності будівельних матеріалів базуються на вимогах чинної нормативно-технічної документації та на досвіді попередніх досліджень, виконаних різними авторами. Такий підхід дає можливість отримати достовірні результати досліджень і можливість їх порівняння з теплотехнічними характеристиками матеріалів.

**УДК 621.9.014**

**П.А. Дудар, Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ РІЗАННІ**

**P.A. Dudar, L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SIMULATION OF CHIP FORMATION PROCESS DURING CUTTING**

Для якісного управління технологічним процесом необхідна побудова відповідної моделі процесу різання. Модель повинна бути досить простою і в той же час відображати фізичні явища в процесі утворення стружки. Крім цього, модель повинна володіти різноманітними динамічними характеристиками і узгоджуватися з експериментальними даними при варіації її параметрів. При обробленні металів різанням залежно від режимів різання, геометрії інструменту, фізико-механічних властивостей оброблюваної заготовки й інструменту, виду та способу підведення мастильно-охолоджувальних виникають різні види контактної взаємодії і утворюються різні види стружок, яким відповідають свої особливості процесу стружкоутворення.

В межах різних діапазонів швидкостей різання формуються такі види стружок: елементні; суглобисті; зливні; циклічні. Перехід від одного виду до іншого відбувається поступово. Деякі дослідники об'єднують в один вид елементні й суглобисті стружки та називають їх стружками сколювання. При обробленні крихких металів (чавуну, бронзи тощо) утворюються стружки надлому. У широкому діапазоні швидкостей різання можуть також існувати різні види контактної взаємодії. Найбільш часто з підвищенням швидкості різання відбувається послідовна зміна наступних видів контактної взаємодії: при різанні з мікрошвидкостями (зовнішнє тертя); контактне пластичне деформування при утворенні елементних і суглобистих стружок; наростування при послідовній зміні видів наростів; нестійке пластичне деформування в межах пульсуючої контактної зони; наявність пластичної вузької ділянки.

Таким чином, існує велика кількість видів різання, які класифікуються за різними ознаками. У той же час при тому чи іншому конкретному методі оброблення утворюється поєднання різних видів різання, тому кожен метод має свої особливості.

Відомо, що в процесі безперервного стружкоутворення одночасно виконуються процеси пружного та пластичного деформування зрізаного шару, деформація оброблюваного металу по умовній площині зсуву, процеси контактної взаємодії (тертя, адгезія, дифузія тощо) сформованої стружки з передньою поверхнею інструменту, а також контактна взаємодія оброблюваного матеріалу з площиною зношування по задній поверхні інструменту. Розглянемо наступні моделі процесу різання металів.

Першу модель процесу різання з одноплосинної схемою стружкоутворення часто називають теорією Тіма-Зворикіна-Мерчанта [1]. У цій моделі стружкоутворення розглядають як процес пластичного деформування в єдиній площині зсуву, положення якої визначається кутом зсуву  $\Phi$  (рис. 1,а; де 1 - інструмент, 2 - заготовка,  $\gamma$  - передній кут різання,  $a$  – товщина зрізу). Процес взаємодії передньої поверхні інструменту зі стружкою розглядається як зовнішнє тертя. Оскільки така схема відрізняється від реальної, її називають умовною, згідно з якою перетворення зрізаного шару в зливну стружку відбувається в результаті послідовного й безперервного зняття нескінченно тонких шарів матеріалу по умовній площині зсуву. Перебіг процесу проходить без порушення зв'язку між зрушуваними шарами цілісності матеріалу стружки. Знаючи значення всіх параметрів, можна визначити сили  $P_z$  і  $P_y$ , що діють при різанні.

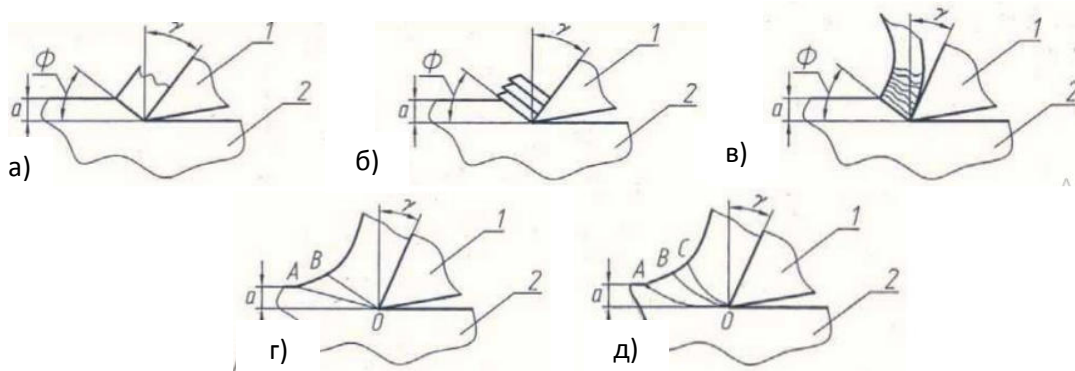


Рисунок 1. Моделі процесів стружкоутворення

У зв'язку з умовністю схеми стружкоутворення, а також з причини невисокої точності визначення параметрів точність визначення  $P_z$  і  $P_y$  невисока. Проте ці моделі придатні для якісного аналізу впливу різних чинників на сили різання. Незважаючи на зовнішню простоту умовної моделі з єдиною площиною зсуву і можливістю використання її для якісного аналізу механіки процесу, прийняття цієї схеми є достатньою підставою для визнання таких фізичних фактів, існування яких пояснити неможливо. Так, прийняття умовної схеми як реально існуючої означає наявність миттєвого повороту вектора переміщення металу від положення вектора швидкості різання  $V_p$  до положення вектора швидкості руху стружки  $V_c$ ; миттєвого зниження абсолютної величини швидкості від  $V_p$  до  $V_c$ ; миттєвого зростання ступеня деформації від 0 до 2,5-3 одиниць, тобто існування нескінченно великих швидкостей деформації.

Згідно з моделлю Е. Мерчанта (рис. 1,б) стружка утворюється в результаті послідовного зсуву по площині елементарних об'ємів зрізаного шару, який пластично не деформується. У моделі, представленій на рис.1в, передбачається, що пластична деформація металу в зоні зсуву є результатом стиснення шару металу, при цьому враховуються тертя стружки по передній поверхні інструменту і температура різання. У моделі, зображеній на рис. 1,г, зона зсуву представлена у вигляді пластично деформованого клина OAB, обмеженого прямими ковзання OA і OB.

Всі ці моделі, побудовані на уявленнях про плоскому зсуві, мають ті ж недоліки, що і модель з однієї умовної площиною зсуву (рис. 1а). Альтернативною до поданих схем є схема з розвиненою зоною деформації. М.М. Зорев [1], який вивчав особливості стружкоутворення, сили різання, контактні процеси на задній і передній поверхнях інструменту і досліджував особливості вільного і косокутного різання, розробив схему стружкоутворення з розвиненою зоною деформації з непрямолінійними поверхнями зсуву (рис. 1,д). При цьому площа зони зсуву залежить від швидкості різання  $V_p$ , з її збільшенням зона зсуву, яка займає площу AOB, звужується до площі BOC.

Аналіз моделей стружкоутворення, показав, що побудова однієї універсальної фізичної моделі є малоімовірною. Представлені моделі є основою для топологічної оптимізації систем автоматичного управління процесом оброблення різання [2].

### Література

1. Иванов О.И., Драчев О.И. Модели динамических явлений процесса механической обработки осесимметричных деталей // О.И. Иванов, О.И. Драчев // Вектор науки. № 2. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013.- С.140–143.

2. Данильченко Л.М., Ласько В.Р. Дослідження методів топологічної оптимізації деталей машин // Л.М. Данильченко, В.Р. Ласько // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2019.- С. 104–105.

УДК 621.86

А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., І.В. Тарасенко, А.О. Курась

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ ЗОВНІШНІХ ГВИНТОВИХ КАНАВОК РОЛИКОМ

A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., I.V. Tarasenko, A.O. Kuras

## THE STUDY OF EXTERNAL SPIRAL GROOVES STRAIN HARDENING BY ROLLER

Для дослідження зміцнення поверхневого шару гвинтової канавки або радіусної зовнішньої поверхні різьби поверхневим пластичним деформуванням фасонним циліндричним роликом використано розрахункову схему на рисунку 1 та дані із публікації [1].

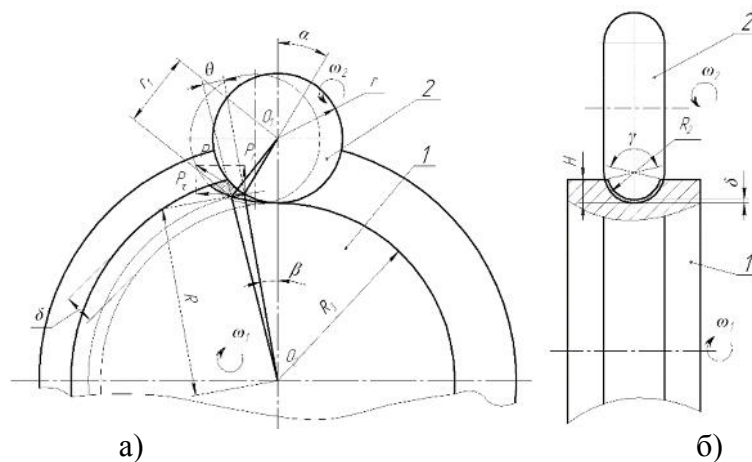


Рисунок 1. Розрахункова схема для дослідження зміцнення поверхневого шару гвинтової канавки поверхневим пластичним деформуванням фасонним циліндричним роликом 2 а) поздовжній переріз; б) поперечний переріз; 1 - заготовка  
В результаті теоретичних досліджень визначено крутний момент обертання заготовки в процесі зміцнення гвинтової радіусної канавки:

$$M = 2\sigma_T R_3 r R_2 \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right) \times \arccos\left(1 - \frac{H}{R_2}\right) \times \left[ \cos\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right) + \mu \sin\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right) \right]$$

де  $R_3$  – радіус впадини канавки,  $R_2$  - радіус заокруглення канавки,  $\sigma_T$  - границя текучості матеріалу заготовки,  $r$  - зовнішній радіус ролика,  $\delta$  – глибина деформованого поверхневого шару канавки,  $\mu$  - коефіцієнт тертя між роликом та поверхнею канавки.

### Література

1. Дослідження силових параметрів процесу зміцнення гвинтових поверхонь робочих органів деформуючими пуансонами / О.Л. Ляшук, А.Є. Дячун, В.М. Клендій, О.Л. Третьяков // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2018. – №. 1 (66). - С. 38-43.



УДК 624.01

Р.А. Зелінський, О.В. Сухораб

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

R. A. Zelinskiy, O. V. Suhorab

### CALCULATION MARGINAL LOAD

Одна з основних особливостей промислових виробництв - їх постійне вдосконалення, пов'язане з модернізацією технології та частковою або повною заміною обладнання.

Функціональні вимоги полягають у тому, щоб промислові будівлі найбільш повно відповідали своєму призначенню, тобто заданим параметрам розміщення в них технологічних процесів. Технічні вимоги до об'ємно-планувальних та конструктивних рішень промислових будівель полягають у забезпеченні їх міцності, стійкості та довговічності, у зниженні пожежної та вибухової небезпеки для працюючих, а також у можливості зведення будівель індустріальними методами. За матеріалом основних несучих конструкцій розрізняють будівлі з залізобетонним каркасом (збірним, монолітним, збірно-монолітним), сталевим каркасом, цегляними несучими стінами та покриттям по залізобетонних балках, металевих конструкціях. Для цього розраховується міцність залізобетонних елементів за нормальними перерізами. Визначення напружень у нормальних перерізах елементів є статично невизначеним завданням, тому що необхідно визначити чотири величини ( $A_b$  – площа нормального перерізу залізобетонного елемента,  $R_b$  – межа міцності бетону,  $A_s$  – сумарна площа перерізу сталеві арматури,  $R_s$  – межа міцності сталі). Тому розрахунок нормальних перерізів елементів за міцністю виконували із припущенням коли відомо три значення з чотирьох -  $A_b$ ,  $R_b$ ,  $R_s$ , або  $A_s$ ,  $R_b$ ,  $R_s$ . У першому випадку визначили площу робочої арматури, а в другому – розміри перерізу елемента. Також провели розрахунок міцності перерізу прямокутного елемента при заданих параметрах: (ширина)  $b$ ,  $i$  (висота)  $h$ , клас бетону і розрахунковий опір арматури приймали за аналогією з розмірами існуючих конструкцій. Розрахунок згинальних моментів базується на умовах міцності та рівноваги.

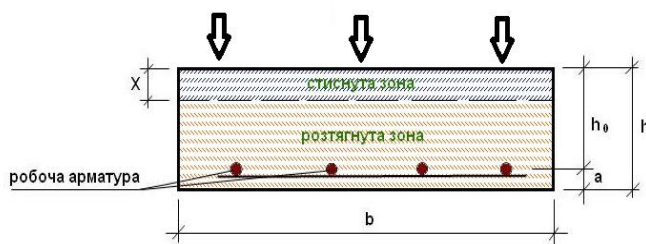


Схема поперечного прямокутного перерізу згинального залізобетонного елемента

Міцність нормального перерізу елемента буде забезпеченою, якщо зовнішній момент  $M$  не перевищує несучої здатності матеріалу перерізу елемента. А рівновага елемента буде забезпеченою коли відносно якоїсь осі урівноважуються всі зовнішні моменти  $M_i$  і також урівноважуються проекції усіх сил  $N^x_i$  на обрану вісь.

#### Література

ДБН В.І.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. К. Мінбуд України, 2006.

а) умови міцності  $M \leq M_{сер}$   
де  $M$  - момент зовнішніх сил;

$M_{сер}$  – гранична несуча здатність згинального елемента при  $\sigma_b = R_b; \sigma_s = R_s$ ;

б) умова рівноваги  $\sum M_i = 0$   
та  $\sum N^x_i = 0$ , де  $N^x_i$  проекція діючої сили на горизонтальну вісь.



**УДК 624.01**

**Л. І.Зуб**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ІЗОЛЯЦІЯ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ВОЛОГИ**

**L.I. Zyb**

### **CALCULATION MARGINAL LOAD**

Розвиток будівельної індустрії протягом останнього десятиліття здійснюється при зростанні вимог до раціонального та ефективного використання сировинних та енергетичних ресурсів. При цьому, для одержання бетонів із заданими технічними властивостями необхідне розуміння закономірностей у регулюванні параметрів цементних систем на стадії взаємодії цементу з водою. Вважається, що найбільш важлива гідроізоляція фундаменту для будинків з наявними підвальними приміщеннями. У цьому випадку на бетонний фундамент впливає не тільки зовнішня вода з ґрунту і атмосфери, але і внутрішні водяні пари, волога, місток холоду, які скупчуються в підвалі. Але і для простих фундаментів забезпечення захистом від вологи допоможе підвищити міцність і стійкість.

Найбільш легкорозчинним компонентом портландцементного каменю є гідроксид кальцію, його розчинність залежить від температури та має залежність аномального характеру. Хімічні процеси, що визначають ці властивості, обумовлені, в основному, молекулярними силами, що діють на границі розділу фаз.

Проникаюча усередину конструкції волога може викликати появу висолів на поверхні. Крім того, змінюються деякі фізичні властивості матеріалу і, насамперед – теплопровідність, яка при збільшенні вологовмісту в огорожуючі конструкціях на 10 % підвищується в 1,5...2,0 раз. Проникність бетону залежить від властивостей цементу. При однаковому водоцементному відношенні цемент грубого помелу утворює більш пористий цементний камінь, ніж цемент тонкого помелу. Повітряне поглинання підвищує проникність бетону, але воно і зменшує розшаровуваність і водовідділення і підвищує легку укладку, дозволяючи застосовувати більш низьке співвідношення В/Ц.

У разі порушення ізоляції або її відсутності, вода, що є в ґрунті, просочується через стіни і руйнує покриття та бетон із зовнішнього боку, а після капілярного переміщення всередині бетону доходить до внутрішнього шару штукатурки. Якщо до постійної вологості додається тепло, у житлових напівпідвальних приміщеннях, на вологих місцях стіни з'являються чорні плісняві колонії. Вони загрожують не тільки здоров'ю людини, а й міцності конструкцій. Більшість будівельних матеріалів переважно усіяні порами і капілярами. Через капіляри діаметр яких складає від 80 нм до 20 нм вода транспортується проти сили тяжіння догори і в бік. Висота підняття залежить від виду матеріалу. Проведені дослідження [1] показують, що швидкість, глибина й повнота просочення значною мірою залежать від структури бетону. Із збільшенням радіуса капіляра просочення прискорюється. Крім того, в бетоні капіляри розрізняються не тільки за розмірами, але й формою, взаємним розташуванням, способом сполучення між собою та відкритою поверхнею. У праці [2] відзначено, що ефективність просочення визначається не загальною, а тільки активною пористістю, тобто сукупністю пор і капілярів, які здатні заповнюватися рідиною для просочення.

#### **Література**

1.Баженов Ю.М. Бетонополимеры /Ю.М.Баженов.–М.:Стройиздат,1983.–472с.11.2.КасимовИ.К. Бетоны, модифицированные мономерами/И.К.Касимов.–Ташкент:,1982.

**УДК 69.01.**

**І.В. Ільков, Р.В. Іліх, Н.Ю. Черномаз, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ БАЛОК ІЗ ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВОЇ ПЛИТИ**

**I.V. Ilkov, R.V. Ilikh, N.Yu. Chornomaz, Ph.D.**

### **FEATURES OF BEAM FROM ORIENTED STRAND BOARD**

Балки є одним з найуживаніших будівельних елементів будь-яких будівель і споруд. За своєю статичною схемою балки представляють конструкцію, що зазвичай, працює на поперечний згин.

Широке застосування здобули також дерев'яні балки. Клеєні суцільнодерев'яні конструкції або дерев'яні в поєднанні з фанерою застосовують в несучих і огорожувальних частинах будівель промислового, цивільного, сільськогосподарського призначення та в мостах.

Клеєні балки застосовують в несучих конструкціях покриттів, перекриттів холодних і опалювальних будівель; їх виготовляють прямокутного і двотаврового перерізів.

Виняткові параметри балок з OSB плити є результатом поєднання властивостей характерних для двотаврового перерізу, а також високоякісних матеріалів - шарів з клеєного дерева та полотна з плити OSB-3.

OSB плита відрізняється стабільністю форми, стійкістю до мінливих кліматичних умов, до механічних ударів, високим звукопоглинанням, хорошою оброблюваністю. Мікроструктура зчепленої щепи оберігає краї плити від обламування при з'єднанні їх цвяхами, збільшує жорсткість і стійкість до вигину, що дуже важливо при каркасному будівництві. Істотною відмінністю плит OSB від інших плитних матеріалів є те, що міцнісні характеристики і здатність утримувати кріплення забезпечуються не в'язучим, а характером укладання тріски - при навантаженні в процесі експлуатації довгі тріски передають навантаження одна через одну, створюючи єдиний конструкційний елемент, вільний від концентраторів напружень, і поєднує в собі високу міцність з високою еластичністю. Кріплення (шурупи, цвяхи, будівельні скоби і ін.) утримуються не щільністю в'язучого, а численними тонкими щепами, орієнтованими в площині, перпендикулярній до осі кріпильних елементів. Складені елементи балок піддаються опресуванню в спеціальних пристроях з використанням водостійких клеїв, завдяки чому вони досягають високої жорсткості та стабільності розмірів. Точне виконання усунуло проблему скрипіння і скручування. Перекриття, виготовлені з таких двотаврових балок, відрізняються більш високою термічно-ізоляційною характеристикою в порівнянні з традиційними бетонними перекриттями. Зв'язуюча речовина і спеціальна обробка поверхні (ContiFinish) забезпечують водо- і вогнестійкість плит, що значно перевищують подібні характеристики масиву деревини. Плити OSB стійкі до зміни погодних умов (вологість, температура), легко пиляються і обробляються будь-яким інструментом, призначеним для роботи з деревиною.

Двотаврова балка з OSB плити ідеально підходить для каркасу дахів, перекриттів і стін. Несуча здатність балок дозволяє витримувати більш високі навантаження при великих прольотах. Завдяки малій власній вазі монтаж балок простий (не потрібен підйомний кран) і не займає багато часу в порівнянні з монтажем залізобетонних балок або балок з цільної деревини.

**УДК 621.757:65.011**

**<sup>1</sup>Н.С. Інжиєвська, <sup>1</sup>П.Д. Кривий канд. техн. наук, доц., <sup>1</sup>А.А. Сеник, канд. техн. наук, <sup>2</sup>Н.М. Тимошенко канд фіз.-мат. наук, доц.**

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

<sup>2</sup>Національний університет Львівська політехніка, Україна

### **ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ВНУТРІШНІХ ЛАНОК ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК**

**N.S. Inzhyeys'ka, P.D. Kryvyu, Ph.D., Assoc.Prof., A.A. Senyk Ph.D., N.M. Tymoshenko Ph.D., Assoc.Prof.**

### **TECHNOLOGY OF ASSEMBLY OF INTERNAL LINKS OF DRIVE ROLLER AND SLEEVE CHAINS WITH PROVISION OF ANGULAR ORIENTATION OF ROLLERS**

Проаналізовано існуючі технологічні процеси складання внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) із згортними втулками [2,4,5].

Відзначено, що кутова орієнтація згортних втулок стиковим швом до середини внутрішньої ланки забезпечує виведення зони стикового шва втулки із контакту з валиком, що сприяє підвищенню точності контактних кроків і регламентованої довжини у 10 кроків відрізка ланцюга, а найголовніше – підвищенню зносостійкості ланок ПРВЛ [5]. Окрім того показано, що орієнтацію згортних втулок здійснюють високотехнологічні фірми IVAS (ФРН), Ditton (Латвія)

Розглянуто існуючі конструкції пристроїв для куткової орієнтації згортних втулок ПРВЛ [1-5].

Встановлено, що такі пристрої ускладнюють конструкцію верстатів автоматів для складання внутрішніх ланок ПРВЛ і знижують надійність складального обладнання. Здійснено класифікацію орієнтуючих пристроїв [5] виходячи з певних критеріїв і зусиль створюваних різними джерелами: пневматичними струменями, електромагнітними полями, механічною дією.

Запропоновано удосконалити конструкцію пневматичного пристрою для куткової орієнтації згортних втулок з обґрунтованою величиною розкриття стикового шва. На основі розв'язку розмірних ланцюгів пресових з'єднань згортна втулка – отвір внутрішньої пластини, отримано залежності для визначення величини цього розкриття, при одночасному забезпеченні необхідної міцності цих з'єднань.

Запропоновано операцію куткової орієнтації згортних втулок здійснювати на проміжній позиції перед запресуванням цих втулок у отвори внутрішніх пластин. Найбільш вдалим у цьому випадку запропоновано використати пристрій для пневматичної орієнтації втулок [3].

Запропонована технологія складання внутрішніх ланок ПРВЛ рис.1 може бути основою для проектування автоматичного складального обладнання для виготовлення приводних ланцюгів з орієнтованими втулками.

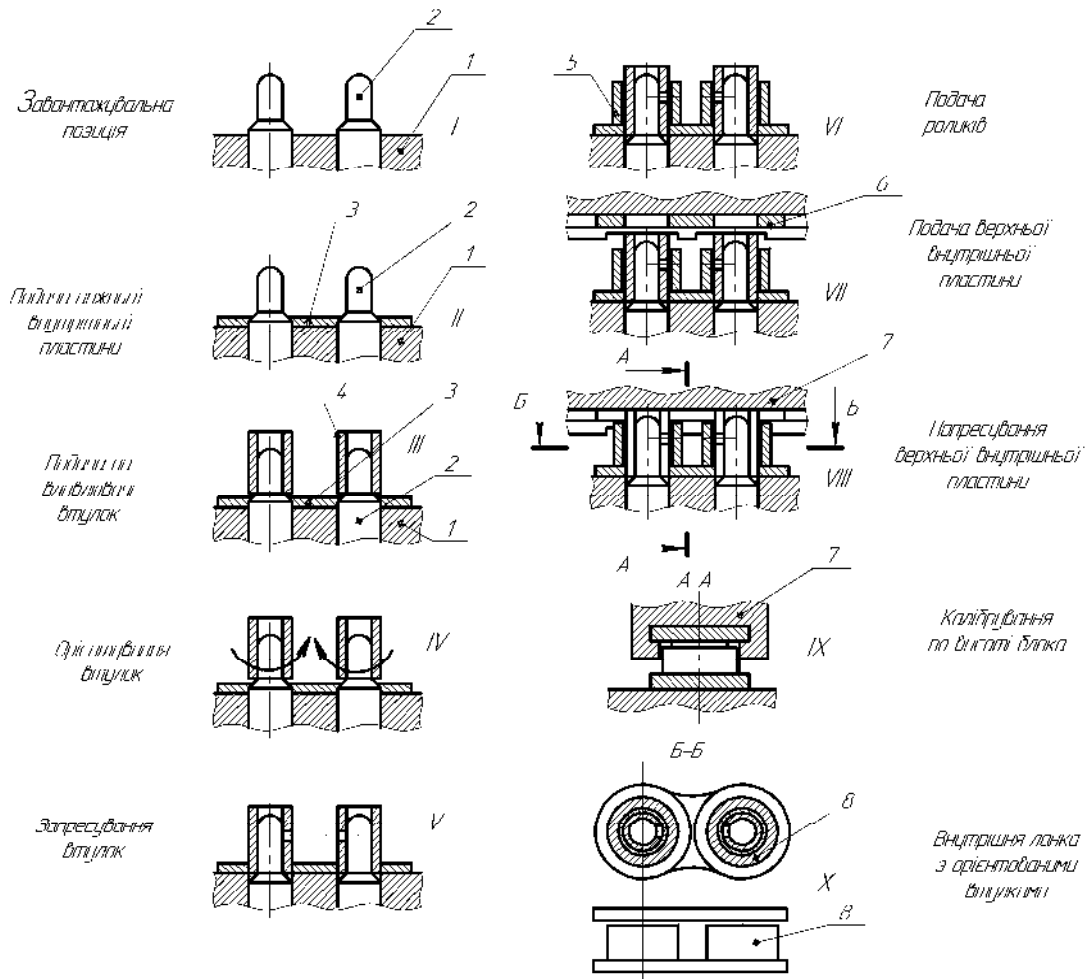


Рисунок 1.

Схеми переходів складання внутрішньої ланки ПРВЛ.

- 1-плита ротора; 2-вловлювач; 3-нижня внутрішня пластина; 4-згортні втулки; 5-ролики; 6-верхня внутрішня пластина; 7-траверс з Т-подібним пазом; 8-внутрішня ланка ПРВЛ.

### Література

1. А.С. 186252 СССР, МКИ<sup>3</sup> В23 Р19/02. Устройство для ориентации деталей типа втулок/ А.Я. Янсос .-№ 968434; Заявл. 24.03.63; опубл. 16.05.66, Бюл. № 18.-2 с.
2. А.С. 434699 СССР, МКИ<sup>3</sup> В23 Р19/04. Способ сборки/ Б.А. Йофе, И.И.Керн, Р.К.Калнинь.-№ 1788451/25-08; Заявл. 29.05.72; опубл. 25.04.78, Бюл. № 15.-2 с.
3. А.С. 462694 СССР, МКИ<sup>3</sup> В23 Р19/02. Пневматическое устройство для ориентирования деталей при сборке/ И.И. Зубченко, С.А. Дубиняк, И.Д. Мокрицкий, П.Д. Кривый.-№ 1858904/25-27; Заявл. 12.12.72; опубл. 19.05.75, Бюл. № 9.-2 с
4. А.С. 968034 СССР, МКИ<sup>3</sup> В23 Р19/02. Автомат сборки внутренних звеньев втулочно-роликовых цепей/ С.А. Дубиняк, П.Д. Кривый, А.В. Куцевич, Л.И. Крюков, Я.Д. Клевс, Ю.П. Бондаренко.-№ 3255931/25-27; Заявл. 27.02.81; опубл. 15.09.82, Бюл. № 34.-18 с
5. П.Д. Кривый. Работоспособность приводных роликовых и втулочных цепей с ориентированными сварными втулками: дис.....канд.техн.наук: 05.02.02/ Тернопольский филиал Львовского ордена Ленина политехнического института им.Ленинского комсомола, Тернополь, 1990.-252с.

**УДК 621.317.08**

**В.А. Кічун, Я.М. Лаврін, О.Л. Кайдик канд. техн. наук, доц., Т.В. Терлецький канд. техн. наук, доц., В.В. Пташенчук канд. техн. наук, доц.**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **ПРО МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІЖПОВІРОЧНОГО ІНТЕРВАЛУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**V.A. Kichun, Y.M. Lavrin, O.L. Kaidyk Ph.D., Assoc. Prof., T.V. Terletskiy Ph.D.,  
Assoc. Prof.**

### **ABOUT THE METHODS OF DETERMINATION OF INTERVAL OF MEASURING EQUIPMENT**

Відповідно до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” [1] засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), які застосовуються у сфері державного регулювання та забезпечують єдність вимірювань (ЄВ) до введення в експлуатацію або після поточного ремонту повинні піддаватись первинній повірці, а в період експлуатації – періодичній. Періодичну повірку прийнято проводити у призначені інтервали часу, які називають міжповіроочними інтервалами (МПІ).

Міжповіроочний інтервал встановлюють під час внесення ЗВ до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, в ході випробувань, з метою затвердження його типу. Відповідно до чинного законодавства та вимог нормативних документів, у сфері метрології та метрологічної діяльності щодо забезпечення єдності вимірювань, для однотипних ЗВТ встановлено єдиний міжповіроочний інтервал незалежно від їх віку, терміну експлуатації, порядкового номера повірки та умов експлуатації.

Зміни МХ, які не залежать від інтенсивності експлуатації засобу вимірювання та не обумовлені процесами його старіння дозволяють призначати міжповіроочний інтервал за календарним часом. В іншому випадку, коли зміна метрологічних характеристик залежить від інтенсивності експлуатації ЗВТ, тобто у наслідок зношування їх елементів, МПІ встановлюють за показником напрацювання.

Настання метрологічної відмови засобу вимірювання (ЗВ) можливо лише встановити під час його метрологічної повірки, і як наслідок, призначення МПІ не враховує зміну моделі дрейфу метрологічної характеристики (МХ), а також відсутньою є інформація про її стан у будь-який момент часу експлуатування ЗВТ. Під час встановлення міжповіроочного інтервалу доцільно виокремити тільки ту метрологічну характеристику, яка безпосередньо визначає стан метрологічної справності даного типу ЗВ [2]. За умови, коли стан метрологічної справності визначають за декількома МХ, то вибирають лише ті з них, які призводять до найбільшого відсотку браку під час повірки. У технічній документації на ЗВТ, зазвичай, вказують інформацію про середнє напрацювання до відмови, гамма-процентний (середній) ресурс і термін служби, але такої інформації для коректного розрахунку МПІ є недостатньо.

Міжповіроочний інтервал прийнято встановлювати шляхом моделювання зміни показників точності або метрологічної надійності засобу вимірювання у часі за допомогою таких методів (моделювання процесів дрейфу метрологічних характеристик ЗВТ за нормальним законом розподілу): методи, які базуються на основі статистики відмов; методи, які базуються на основі економічного критерію; довільне призначення початкового МПІ із подальшим його корегуванням протягом усього терміну служби ЗВ.

Вибір методу визначення міжповіроочного інтервалу залежить як від вихідних даних про надійність, так і стабільність засобу вимірювання [3]. За умови коли відомим

є показник метрологічної надійності ЗВТ, то найбільш ймовірним та ефективним способом призначення МПІ є метод на основі статистики відмов. З метою отримання найбільш повної інформації про метрологічну надійність ЗВ використовують лише ті моделі, які описують зміну у часі його метрологічної характеристики. За допомогою таких моделей визначають, перш за все, момент виходу похибки за допустимі межі, що і дозволяє встановити МПІ для даного ЗВТ. Однак припущення і обмеження, які висувають під час формалізованого опису, у такій моделі, параметрів та характеристик процесів старіння ЗВТ призводять до збільшення похибки розрахунку міжповірочного інтервалу. Вирішення даної проблеми можливе лише за наявності великої кількості експериментальних даних про процес зміни в часі МХ ЗВТ різних типів (процес отримання таких даних надто трудомісткий та вимагає значного часу, про що свідчать незначні статистичні дані про процеси старіння ЗВ різних типів).

Призначення міжповірочного інтервалу шляхом економічного критерію відбувається за рахунок вибору такого інтервалу, за яким мінімізують витрати, які пов'язані із експлуатацією ЗВТ та враховано можливі наслідки у разі використання метрологічно-несправного засобу вимірювання. Вихідними даними для визначення МПІ за даним критерієм виступають показники вартості проведення повірки та ремонту ЗВТ; витрати, які пов'язані із вилученням ЗВ із експлуатації, а також ті витрати, які з'явилися внаслідок використання метрологічно-несправного ЗВТ. Складність під час застосування даного методу полягає лише у тому, що витрати, які пов'язані із використанням метрологічно-несправного ЗВТ, як правило, невідомі, у порівнянні із витратами на його ремонт та повірку, які визначають з нормативних документів. Це, у свою чергу, призводить до застосування наближених моделей, які описують експлуатаційні витрати ЗВТ із прихованими метрологічними відмовами у вигляді функцій втрат (для визначення МПІ за економічним критерієм, на практиці, використовують [4] та [5]). Найбільш універсальним є метод, в основу якого покладено довільне призначення МПІ з його подальшим корегуванням. Перший міжповірочний інтервал вибирають відповідно до рекомендацій з нормативних документів державних і відомчих метрологічних служб, а вихідними даними для його подальшого корегування є результати повірки великого числа однотипних ЗВ. Зауважимо, що серед засобів вимірювання, для яких встановлено єдиний міжповірочний інтервал, знаходяться як високостабільні, так і низькостабільні засоби вимірювальної техніки, але до них усіх, у межах одного типу, висувають однакові вимоги. Встановлення необґрунтовано малого МПІ для ЗВТ із стабільнонизькою похибкою призводить до зайвих витрат, які пов'язані із метрологічною процедурою повірки, а встановлення необґрунтовано великого міжповірочного інтервалу для низькостабільних ЗВТ – до збільшення витрат від використання метрологічно-несправних засобів вимірювання.

#### **Література**

1. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05 черв. 2014 р. №1314-VII URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення: 11.11.2020 р.).
2. Фтемов Ю.О., Яковлев М.Ю. Визначення міжповірочних інтервалів засобів вимірювальної техніки. *Системи обробки інформації*. 2008. № 5(72). С. 128-130.
3. Васілевський О.М. Методика визначення міжповірочного інтервалу засобів вимірювання на основі концепції невизначеності. *Технічна електродинаміка*. 2014. №6. С. 81-88.
4. ДСТУ 6044:2008. Метрологія. Міжповірочний інтервал засобів вимірювальної техніки. [2008-12-26]. Київ. 2009. 6 с. (Основні положення і вимоги до установлення).
5. РМГ 74-2004. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерения. [2005-03-01]. Москва. 2006. 21 с.

**УДК 669.539**

**В.П. Карабін, А.В. Олексюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

**V.P. Karabin, A.V. Oleksiuk**

### **INSPECTION OF MACHINES FOR MULCHING OF AGRICULTURAL CROPS**

З розвитком технологій мінімального обробітку ґрунту, а також з метою подрібнення залишків різних сільськогосподарських культур, в провідних аграрних господарствах все частіше застосовують спеціальні пристрої для мульчування – мульчувачі. Так, машина для мульчування RC12 випускається фірмою RHINO і призначена для подрібнення рослинних залишків кукурудзи, соняшнику та стеблових колосових зернових і олійних культур.

Недоліком мульчувача RC12 є відсутність уніфікації навіски. Тобто, така машина може агрегатуватись тільки з закордонними тракторами з потужністю двигуна більше 200 к.с.

Машина для мульчування ИМС-2,8, виготовляється ВАТ «Агропромтехніка», призначена для збирання гички цукрових буряків, подрібнення та розкидання її по полю, подрібнення поживних залишків і рівномірного розподілу подрібненої маси по поверхні поля. Недоліком цієї машини є її низька робоча швидкість, внаслідок чого маємо незначну величину продуктивності.

Мульчувач NK 4801 призначений для виконання тих самих функцій, що і попередні машини. Дана машина має більшу ширину захвату, у зв'язку з чим в приводі вала крутний момент передається на обидва кінці робочого вала. Навіска цієї машини має універсальну конструкцію.

Основним недоліком представленої машини є відсутність причіпного пристрою для транспортного положення, а також ненадійні захисні пластини, які дуже швидко виходять з ладу.

Особливості машини для мульчування BNG 270 фірми KUHN полягають в тому, що привід ротора здійснюється на обидва кінці вала, а ножі на роторі закріплені шарнірно.

Технічна характеристика проаналізованих мульчувачів наведена в таблиці.

Коротка технічна характеристика машин для мульчування

Показники	Машина для мульчування			
	RC12	ИМС-2,8	NK 4801	BNG 270
Робоча ширина захвату, м	3,66	2,8	4,95	2,6
Робоча швидкість, км/год	10...12	6,5...9	10...12	10...12
Необхідна потужність трактора, к.с.	90	70	140	63
Маса, кг	1730	1320	2667	1010

На основі аналізу існуючих передових прогресивних технологій та дослідження конструкцій існуючих машин для мульчування сільськогосподарських культур встановлено, що на даний час існує широка гама мульчувачів, але кожна з машин має свої недоліки, відзначені раніше. З метою усунення виявлених недоліків необхідно розробити нову конструктивну схему навісного пристрою для мульчування, для подрібнення рослинних решток більшості сільськогосподарських культур.

УДК 621.8

В.М. Каретін

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЕРЦІЙНОГО  
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА МОМЕНТУ**

V.M. Karetin

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INERTIAL  
DIFFERENTIAL TORQUE TRANSFORMER**

У загальному аспекті метою реалізації експериментальних досліджень є встановлення адекватності (відповідності) теоретичних моделей, які було розроблено під час проведення аналітичних досліджень процесу роботи інерційного диференціального трансформатора моменту (ІДТМ).

Реалізацію експериментальних досліджень технологічних показників роботи ІДТМ здійснювали на основі загальновідомих наукових методів побудови та проведення експериментів шляхом застосування загальної структурної схеми (моделі) експерименту, яку розроблено згідно з відомими положеннями «чорної скрині».

Структурну схему реалізації експериментів наведено на рис. 1.

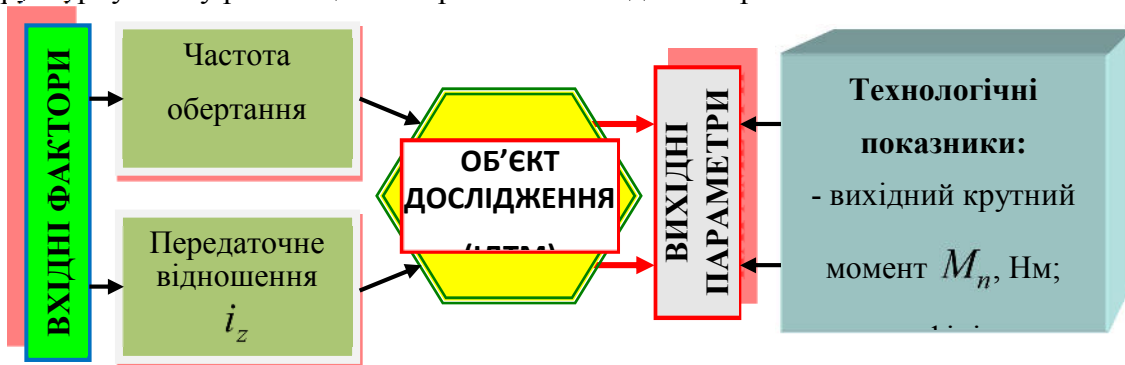


Рисунок 1. Структурна схема проведення експериментів

Для проведення експериментальних досліджень з визначення функціональної залежності зміни крутного моменту на вихідному валу ІДТМ використано макетний зразок лабораторної установки, яка складалася з рами, на якій встановлено електродвигун, з'єднаний з вхідним валом ІДТМ, керуючого мультисистемного пристрою Altivar 71 та програмного забезпечення, що дозволяло плавно змінювати частоту обертання вхідного вала ІДТМ в межах від 280 до 1400 об/хв. При цьому було реалізовано планований факторний експеримент типу ПФЕ 3<sup>2</sup>.

Результати кодування змінних вхідних факторів, верхній, середній і нижній рівень варіювання кожного фактора та інтервал його варіювання під час дослідження крутного моменту  $M_n$  наведено у табл. 1.

Таблица 1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Інтервал варіювання	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
		280/-1	840/0	1400/+1
Частота обертання $n_d$ , об/хв	560	280/-1	840/0	1400/+1
Передаточне відношення $i_z$ м	1,05	1,1/-1	2,15/0	3,2/+1



Після обробки отриманих результатів експериментальних досліджень з використанням прикладної програми Statistica 10 були розроблені емпіричні математичні моделі (рівняння регресії), які характеризують функціональну зміну крутного моменту  $M_n$  на вихідному валу ІДТМ як функція  $M_{ni} = f_M(n_\partial; i_z)$ :

- без змін напрямку обертання вхідного вала ІДТМ (без реверса) та застосування проміжної комбінації шестерень (паразитки)

$$M_{n,\delta} = 0,36 + 0,5n_\partial + 0,02i_z + 3,17 \cdot 10^{-3} n_\partial i_z - 0,03n_\partial^2; \quad (1)$$

- зі зміною напрямку обертання вхідного вала ІДТМ (з реверсом) та застосування проміжної комбінації шестерень (паразитки)

$$M_{n,p} = 0,06 + 1,45n_\partial + 0,02i_z + 3,1 \cdot 10^{-3} n_\partial i_z - 0,19n_\partial^2 + 3,18 \cdot 10^{-6} i_z^2. \quad (2)$$

Згідно з рівнянням регресії (1) і (2) побудовано поверхню відгуку та двомірний переріз поверхні відгуку як функція  $M_{n,\delta} = f_M(n_\partial; i_z)$  та  $M_{n,p} = f_M(n_\partial; i_z)$ , які наведено на рис. 2 та рис. 3.

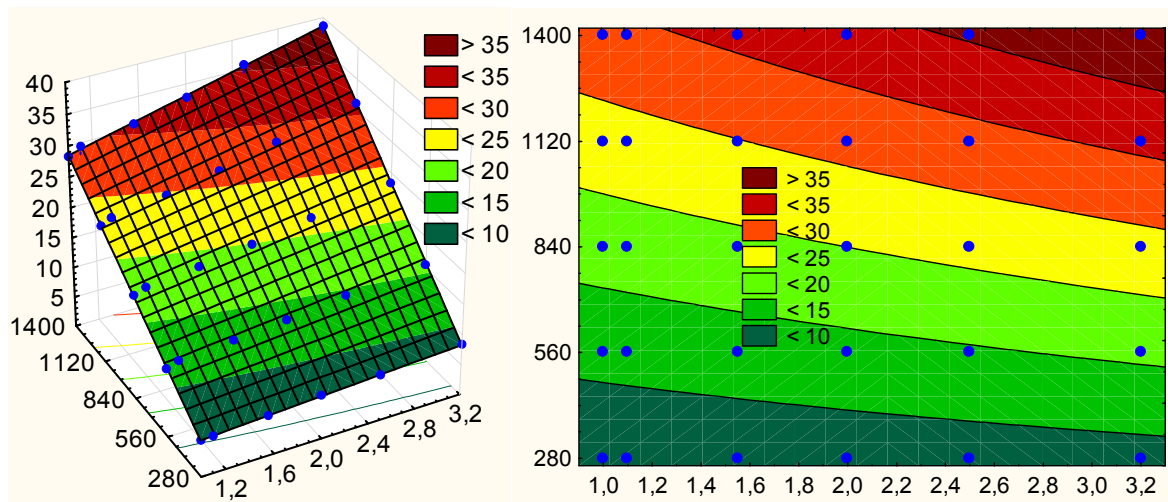


Рисунок 2. Поверхня відгуку та її двомірний переріз зміни крутного моменту як функція  $M_{n,\delta} = f_M(n_\partial; i_z)$

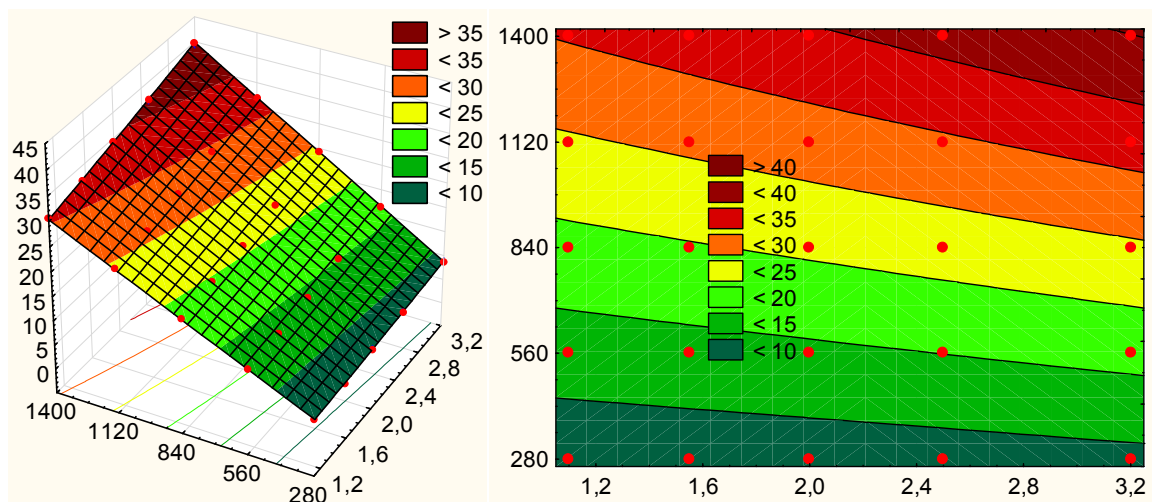


Рисунок 3. Поверхня відгуку та її двомірний переріз зміни крутного моменту як функція  $M_{n,p} = f_M(n_\partial; i_z)$

**УДК 624.1**

**В.П. Кейван, М.І. Гудь**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАКЛАДАННЯ СУМІЖНИХ ФУНДАМЕНТІВ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

**V.P Keivan, M.I. Hud**

### **ESTABLISHMENT OF RELATED FOUNDATIONS OF INDUSTRIAL BUILDINGS**

Сучасні умови будівництва диктують нові порядки зведення промислових будівель. Зокрема, наявність інфраструктури, зведеної за часів СРСР зумовлює зведення виробничих будівель на території існуючих заводів та фабрик. Такі умови є доволі складними для фундаментів промислових будівель, з огляду на значні навантаження та близьке розташування існуючих будівель.

Розробка проектів фундаментів будівель, розташованих в безпосередній близькості від існуючих споруд, включає в себе розрахунок основ як проектованої будівлі, так і існуючих споруд.

Основний аспект зведення подібних фундаментів пов'язаний з особливостями їх роботи: при збільшенні навантаження на фундамент, буде більше стискання ґрунту і просідання. Саме тому, на період будівництва між фундаментами сусідніх будівель організовується розрив (технологічний стик). Зазвичай, розрив влаштовують у вигляді зазору в 20 - 40 см, в якому розташовуються випуски арматури. Залежно від характеру переміщень поблизу деформаційного шва, типу фундаменту і конструкції будівлі можуть застосовуватися такі способи влаштування деформаційного шва: подвоєння торцевих стін; подвоєння колон і балок (в каркасних конструкціях); подвоєння прогонів - при односторонньому рухомому їх обпиранні; метод «вкладеного прольоту»; одностороннє або двостороннє винесення конструкцій покриття. По завершенню будівництва обох будівель, коли фундаменти просядуть, зазор заповнюють бетоном. Якщо арматуру зі стін випустити вже неможливо, то зазор перекривають армопоясом на рівні верхнього покриття. Такий прийом дозволяє уникнути розкриття стику. Також важливо, щоб фундаменти суміжних споруд відносились до одного типу за глибиною закладення (глибокого чи мілкового закладання). Вибір оптимального способу виконання робіт по влаштуванню фундаментів, а також добре обґрунтоване проектне рішення визначають успішну роботу основ і фундаментів. Спосіб розробки котловану повинен вибиратися з урахуванням заглиблення котловану по відношенню до існуючих фундаментів, розміру захваток, рівня підземних вод, виду і стану ґрунтів, пори року та інших факторів. При виконанні робіт динамічний вплив на основу і фундаменти існуючих будівель повинен бути незначним, тому в межах смуги, що примикає безпосередньо до будівель, рекомендується використовувати екскаватори з малою ємністю ковша. Забудова суміжних ділянок з існуючими спорудами, повинна бути об'єктом особливої уваги для служб експлуатації. У період виконання робіт по розробці котловану, зведенні наземної частини, введенні в експлуатацію нових споруд та під час їх експлуатації необхідно вести регулярне обстеження існуючих конструкцій.

#### **Література**

1. Дячок О.М. Особливості закладання суміжних фундаментів сакральних будівель / О.М. Дячок, М.І. Гудь // Актуальні задачі сучасних технологій: Міжнар. науково-техн. конф. молодих учених та студентів, 2014: тези доповідей. - Тернопіль, 2014. – С. 46-49.
2. Ігнат'єва В. Посилення несучих конструкцій фіброармованими системами та сталевими конструкціями / В. Ігнат'єва // Матеріали ХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 р. - Тернопіль, 2019. - С. 102-104.

**УДК 699.86**

**Д.І. Кіян, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ**

**D.I. Kiiian, H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **USE OF THERMAL INSULATION MATERIALS IN BUILDING**

У зв'язку з регулярним здорожчанням енергоносіїв все важливішим питанням є вибір матеріалу утеплювача з урахуванням впливу експлуатаційних факторів, зокрема вологи. Будівлі промислового і цивільного будівництва експлуатуються в умовах періодичного впливу води, тому важливим завданням є вибір утеплювача, що забезпечуватиме виконання санітарно-гігієнічних та будівельних норм протягом усього терміну експлуатації теплоізоляційного шару.

Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів дозволяє не лише забезпечити довговічність і комфорт будівлі у процесі експлуатації, але й зменшити витрати на енергоносії. Найбільш поширеними в Україні матеріалами для теплоізоляції є вироби на основі:

- мінеральної вати;
- пінополістиролу;
- спінених бетонів;
- перліту.

Теплоізоляційні матеріали вкладають на зовнішні поверхні будівель, що контактують із навколишнім середовищем. Винятком є тільки будівлі, що мають архітектурну цінність, де допускається розміщення утеплювача всередині будівлі для збереження зовнішнього оформлення. Теплоізоляції підлягають вертикальні (стіни і фундаменти) та горизонтальні (підлоги, горищне перекриття, дах) елементи будівлі.

При виборі теплоізоляційного матеріалу необхідно враховувати не лише вологість навколишнього середовища, а й вогнестійкість. Так, вироби на основі мінеральної вати втрачають свої теплозахисні властивості при незначній кількості вологи, однак мають відносно високі показники вогнестійкості. Вироби на основі пінополістиролу, навпаки, характеризуються низьким рівнем вогнестійкості, але при цьому краще зберігають теплозахисні властивості при потраплянні вологи.

Спінені бетони та вироби з перліту володіють дещо гіршими, у порівнянні з мінеральною ватою та пінополістиролом теплозахисними властивостями, однак мають вищі показники вогнестійкості та добре зберігають теплозахисні властивості при зволоженні.

Використовують різні технологічні способи нанесення теплоізоляційних матеріалів на стіни:

- кріплення з використанням системи вентиляованих фасадів;
- кріплення за допомогою клейцементів;
- нанесення утеплювачів шляхом розпилення.

Після нанесення теплоізоляційних матеріалів на стіни їх забарвлюють у будь-який колір відповідно до вимог замовника.

Якісно нанесені на поверхню теплоізоляційні матеріали виключають можливість промерзання, створюють сприятливий температурно-вологісний режим у приміщенні, запобігають утворенню грибка, формуванню цвілі та вирішують проблему комплексної теплоізоляції будівлі.

**УДК 699.86**

**В.О. Концевич, А.П. Сорочак, канд. техн. наук, доц.**

тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНДАМЕНТУ**

**V.O. Kontsevych, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE FOUNDATION**

За статистикою споживання енергетичних ресурсів можна поділити на три великі групи: промисловість (до 28%), транспорт (до 32%) та житловий сектор (понад 40%). [1]. Житлово-цивільне будівництво в Україні за останні роки має позитивну тенденцію розвитку і входить у п'ятірку найважливіших галузей економіки України. Завдяки змінам технологій у будівництві створюється можливість для зведення та реконструкції будинків за енергоощадними технологіями відповідно до екологічних вимог. Базовий принцип будівництва сучасного енергоефективного будинку – дотримання безперервного теплового контура без утворення містків холоду. Це дозволяє звести до мінімуму тепловтрати через будь-які огорожувальні конструкції будівлі. При цьому через фундамент і цоколь будинку може втрачатися до 20-25 % тепла [1]. Тому утеплення фундаменту не менш важливе, ніж утеплення стін. Якщо зводити фундамент за застарілими методиками без утеплення, через нього в ґрунт буде йти тепло, що призведе до зростання енергоспоживання і збільшення витрат на опалення. Тому для підземної і зовнішньої частин фундаменту і цоколю будинку застосовують додаткову теплоізоляцію. Матеріал для утеплення фундаменту повинен підходити для тривалої експлуатації в несприятливих умовах. Він має витримувати підвищені навантаження від тиску ґрунту, повторення сезонних циклів відтавання і заморожування ґрунту і негативний вплив ґрунтових вод. Один із кращих теплоізоляційних матеріалів, який здатний працювати у вологих умовах під землею без зміни своїх властивостей, – це екструдований пінополістирол. За рахунок низької теплопровідності, високої міцності на стиск і мінімального водопоглинання він зберігає свої експлуатаційні характеристики тривалий час (до 50 років). Екструдований пінополістирол стійкий до багатьох хімічних сполук і не піддається шкідливому впливу агресивних речовин, які можуть міститися в ґрунті (наприклад, солі і луги). Також він біологічно нейтральний, не гниє і не пліснявіє. Стіни фундаменту – це відносно невеликі конструктивні елементи будинку висотою 50-150 см. В енергоефективних будинках вони можуть бути дво- і тришаровими. Найкраще утеплювати фундаментні стінки на глибину 1 м нижче рівня землі, тобто нижче глибини промерзання ґрунту. Фундамент теплоізолюють зовні, оскільки необхідно з'єднувати утеплювач фундаменту з утеплювачем стін, інакше виникає місток холоду. Несучі стіни фундаменту найчастіше роблять із бетонних або пустотілих засипних блоків, а також із суцільної цегли або монолітного бетону. Фундамент перед утепленням гідроізолюють. Товщину утеплювача визначають теплотехнічним розрахунком. За наявності підвалу така товщина дає змогу цілий рік підтримувати в приміщенні температуру 5-10 °С, а також запобігти утворенню конденсату на внутрішніх поверхнях влітку. До стін фундаменту пінополістирол кріплять, наприклад, за допомогою клейкої бітумно-полімерної мастики. Додатково утеплювач можна нічим не захищати, і відразу виконувати зворотну засипку ґрунту.

### **Література**

1. Оцінювання ефективності енергоспоживання у житлових будівлях (на прикладі Львівської області) [Електронний ресурс] / О.Ю.Трач // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2014. – № 2(12). – С. 159-164. – Режим доступу: <https://economics.opu.ua/files/archive/2014/No2/159-164.pdf>.

УДК 621.9.06-529

П.Д. Кривий канд. техн. наук, доц., І.Г. Лось, С.Я. Дубина

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ  
ПОДАЧ НА ТОЧНІСТЬ ЇХ КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ НА ПРИКЛАДІ  
ФРЕЗЕРНОГО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ШИРОКОУНІВЕРСАЛЬНОГО  
ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 676**

P.D. Kryvyy, Ph.D., Assoc.Prof., I.G. Los, S.Y. Dubyna

**PROBABILITY APPROACH IN THE STUDY OF THE INFLUENCE OF  
INCREASED FEEDS ON THE ACCURACY OF THEIR KINEMATIC CHAINS ON  
THE EXAMPLE OF MILLING MACHINE OF MODEL 676**

Проаналізовано методи визначення точності кінематичних ланцюгів подач металорізальних верстатів в імовірнісному аспекті [2,3].

Відзначено, що у існуючих дослідженнях не висвітлено впливу збільшення подач на їх точнісні характеристики, а саме на дисперсію і не було визначено суттєвості відмінності між отриманими значеннями дисперсій  $D_i(S_j)$ . Під індексом  $j=1,2\dots4$ , будемо розуміти порядковий номер  $j_i$ -ої подачі, а саме:  $j_1 = 0.017\text{мм/зуб}$ ;  $j_2 = 0.017\text{мм/зуб}$ ;  $j_3 = 0.105\text{мм/зуб}$ ;  $j_4 = 0.131\text{мм/зуб}$ . Схема вимірювання подач подана на рисунку 1.

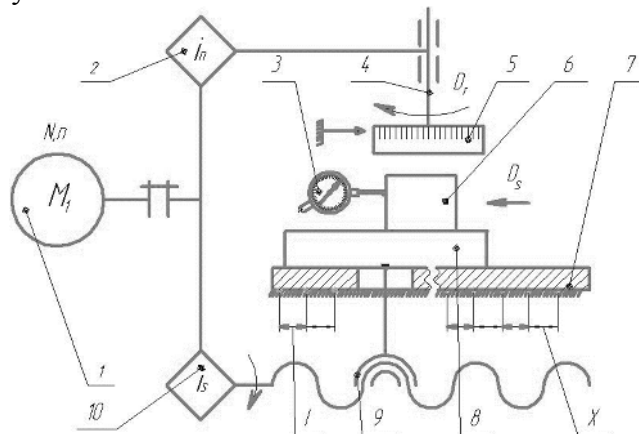


Рисунок 1. Схема вимірювання величини подачі на зуб фрези:

1-електродвигун; 2-коробка швидкостей; 3-індикатор з мікронною шкалою; 4-шпиндель; 5-градусна шкала шпинделя; 6-заготовка; 7-станина верстата; 8-стіл; 9-передача гвинт-гайка; 10-коробка подач; I-X-проміжки вимірювань.

Суть вимірювання у наступному. Спочатку встановлюємо паспортне значення подачі, наприклад,  $S_{хв}=40$  мм/хв. Нехай з врахуванням діаметра фрези і допустимої швидкості різання, розрахункова частота обертання шпинделя  $n_{шп.д}=420$  об/хв. За паспортом фрезерного верстата моделі 676, встановлюємо дійсну  $n_{шп.д}=400$  об/хв. Врахувавши кількість зубів фрези  $Z_{фр}=6$ , визначаємо розрахункову подачу на 1 зуб фрези

$$S_z = \frac{S_{хв}}{n_{шп.д} \cdot Z_{фр}} = \frac{40}{400 \cdot 6} = 0,017 \text{ мм/зуб}$$

і відповідний кут повороту шпинделя  $\varphi$ , вибираємо можливі зазори у зубчастих зачепленнях (на рис.1 не показано) і в зачепленні гвинт-гайка 9. Включивши частоту обертання шпинделя 4 і повздовжню подачу переміщення стола 8, здійснюємо поворот вала електродвигуна 1, при цьому фіксуємо на шкалі 5 поворот шпинделя на кут  $\varphi = 60^\circ$  і за показами індикатора 3, визначаємо подачу на 1

зуб фрези. Аналогічно здійснивши 10 таких прийомів при на кожному із (I-X) проміжків, отримуємо значення  $S_{zi}$ . Піддавши отримані значення статистичному обробленню [1,4] отримали характеристики розсіювання, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.Значення подач та характеристики їх розсіювання.

№		Паспортне значення подач на зуб фрези, S мм/зуб:			
		0,017	0,085	0,105	0,131
Значення подач мм/зуб	1	0.011	0,081	0,102	0.132
	2	0.014	0,080	0,105	0.130
	3	0.013	0,079	0,103	0.118
	4	0.013	0,079	0,102	0.128
	5	0.015	0,076	0,100	0.125
	6	0.016	0,086	0,103	0.120
	7	0.015	0,079	0,100	0.127
	8	0.015	0,078	0,100	0.130
	9	0.017	0,080	0,102	0.127
	10	0.018	0,074	0,103	0.123
Характеристики розсіювання	M(S), мм	$147 \times 10^{-4}$	$792 \times 10^{-4}$	$102 \times 10^{-3}$	$126 \times 10^{-3}$
	D(S <sub>z</sub> ), мм	$3,8 \times 10^{-7}$	$8,96 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-6}$	$18 \times 10^{-6}$
	$\sigma$ , мм	$207 \times 10^{-5}$	$299 \times 10^{-5}$	$155 \times 10^{-4}$	$351 \times 10^{-4}$
	K <sub>v</sub>	0.14	0.037	0.15	0.27
Суттєва (+) та несуттєва відмінність (-)		(+)	(+)	(+)	

Висновок. 1. Вперше встановлено, що із збільшенням подачі на зуб фрези дисперсії можуть суттєво відрізнятися.

2. Таким чином запропонований метод може бути використаний у діагностиці визначення норми точності певних зубчастих коліс коробки подач фрезерних верстатів.

### Література

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. 4-е изд., стереотип /Вентцель Е. С. – Москва: Наука, 1969. – 576 с. – (Физматгиз).

2. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис.... канд. техн. наук, спец. 05.03.01/ Кобельник Володимир Романович – Тернопіль, 2013.-168с.

3. Лось І. Г. Імовірно-статистичний метод визначення точності кінематичних ланцюгів повздовжніх подач фрезерного верстата моделі 676 / І. Г. Лось // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 1. — С. 110–111. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

4. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. 2-е изд., перераб. и доп. / П. Г. Кацев. – Москва: Машиностроение, 1974. – 231 с.

УДК 621.9.06-529

<sup>1</sup>П.Д. Кривий канд. техн. наук, доц., <sup>1</sup>М.І Паласюк, канд. філософ. наук,  
<sup>1</sup>І. Р. Петречко

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

### ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ ПОДАЧ НА ДИСПЕРСІЮ ЇХ РОЗСІЮВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ТОКАРНОГО ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 1А62

**P.D. Kryvyy, Ph.D., Assoc. Prof., .M.I. Palasiuk, Ph.D., Assoc. Prof., I. R. Petrechko  
PROBABILITY APPROACH TO EVALUATION OF THE INFLUENCE OF  
INCREASED FEEDS ON THE DISPERSION OF THEIR DISTRIBUTION ON THE  
EXAMPLE OF A TURNING MACHINE 1A62**

Проаналізовано імовірнісні методи визначення точності кінематичних ланцюгів подач токарних металорізальних верстатів [3].

Встановлено, що існуючі дослідження точності подач здійснювалось на незначних переміщеннях супорта (для токарних) верстатів. При цьому, по перше, не враховувалось нерівномірність зношування елементів кінематичних ланцюгів подач вздовж ходу супорта. Окрім цього не враховувались точнісні характеристики елементів рейкового зачеплення. Разом з тим на даний час відсутні дослідження впливу збільшення подач на їх точнісні характеристики, зокрема дисперсію розсіювання.

Таким чином здійснення оцінювання впливу збільшення подач на їх точність за критерієм дисперсії їх розсіювання є актуальною задачею.

Експериментальні дослідження пояснюються принциповою структурно-кінематичною схемою поданою на рисунку – 1.

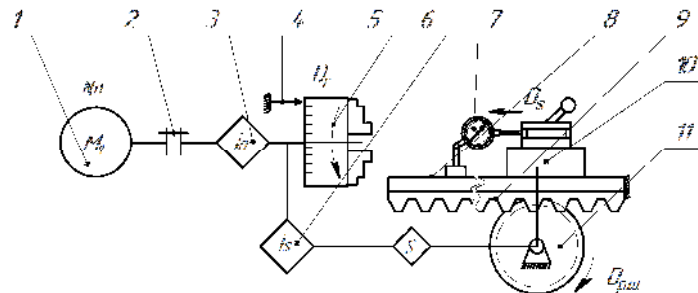


Рисунок 1. Принципіальна структурно-кінематична схема вимірювання величини подачі  $S$  мм/об. 1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – коробка швидкостей; 4 – стрілка; 5 – патрон з градусною шкалою; 6 – коробка подач; 7 – індикатор; 8 – станина; 9 – рейка; 10 – супорт; 11 – рейкова шестерня

Спочатку встановлюють, використавши коробку швидкостей 3 і коробку подач 6 відповідні числа обертів патрона з градусною шкалою 5 і подачу  $S_1$  мм/об. Провертають вал електродвигуна 1 так, щоб патрон 5 здійснив декілька повних обертів  $D_r$  і щоб супорт набув руху  $D_s$  таким чином вибирають всі зазори у зачепленнях елементів кінематичних ланцюгів подач. Шкалу індикатора 7 встановлюють на «нуль». Здійснюють 1 повний оберт патрона 5 і за показами індикатора визначають переміщення супорта 10, яке дорівнює подачі. Повторивши ці прийоми 9 разів, отримують 10 значень подач, які формують у варіаційний ряд і заносять у таблицю. Змінюють подачу, наприклад, встановлюють  $S_2 = 0.3$  мм/об. і аналогічно отримують другий варіаційний ряд значень подач. Отримані експериментальні значення подач і результати статистичного оброблення подано у таблиці 1.



Табл. 1.Значення досліджених подач верстата моделі 1К62 та характеристики їх розсіювання

Номери подач $j$	Паспортні значення подач, мм/об.			
	$s = 0.1$	$s = 0.3$	$s = 0.5$	$s = 0.7$
<b>Варіаційні ряди подач</b>				
1	0.091	0.226	0.460	0,690
2	0.094	0.232	0.470	0,712
3	0.095	0.241	0.475	0,715
4	0.096	0.245	0.490	0,732
5	0.101	0.247	0.493	0,745
6	0.102	0.248	0.498	0,746
7	0.103	0.251	0.500	0,750
8	0.105	0.260	0.523	0,755
9	0.108	0.265	0.525	0,765
10	0.111	0.266	0.530	0,770
<b>Критерій <math>W</math> [1] узгодження із законом розподілу Гаусса</b>				
$W$	0.966	0.955	0.979	0.941
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗСПОВАННЯ</b>				
<b>Математичне сподівання за методом ітерацій, <math>M(s)</math> (мм/об.)<sup>2</sup></b>				
$M(s)$	0.1006	0.2481	0.4964	0.7380
<b>Дисперсія за методом ітерацій [2, 4] <math>D(s)</math> мм/об<sup>2</sup></b>				
$D(s)$	$38 \times 10^{-6}$	$156 \times 10^{-6}$	$520 \times 10^{-6}$	$584 \times 10^{-6}$
<b>Суттєвість відмінностей + за критерієм Фішера <math>F</math></b>				
$P(t_k)$	+	+	+	+
<b>Стандарт, <math>\sigma</math>, мм/об.</b>				
$\sigma$	$615 \times 10^{-5}$	$125 \times 10^{-5}$	$228 \times 10^{-5}$	$241 \times 10^{-5}$
<b>Коефіцієнт варіації, <math>K_v</math></b>				
$K_v$	0.061	0.050	0.046	0.032

Аналіз отриманих експериментальних даних і їх оцінювання надали можливість зробити наступні висновки

1. Подачі як випадкові величини за критерієм  $W$  підпорядковуються нормальному закону розподілу.

2. Вперше встановлено, що при збільшені значень подач, дисперсії їх розсіювання зростають і за критерієм Фішера суттєво відрізняються.

3. Аналіз значень коефіцієнта варіації  $K_v$  показав, що процес вимірювання точності подач є стабільним.

#### Література

1. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. 2-е изд., перераб. и доп. / П. Г. Кацев. – Москва: Машиностроение, 1974. – 231 с.

2. Колкер Я. Д. Математический анализ точности механической обработки. / Колкер Я. Д. — Киев: «Техника», 1976. — 200 с.

3. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис.... канд. техн. наук, спец. 05.03.01 / Крупа Володимир Васильович - Тернопіль, 2015. - 185 с.

4. Статистичне оцінювання міцності пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / П. Кривий, Н. Тимошенко, В. Коломієць, Р. Чорний. // Вісник ТДТУ. — 2013 — №2 [70] — С. 121-129

**УДК 621.791.763**

**Д.Є. Кузьмук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЗВАРНИХ ВИРОБІВ**

**D.YE. Kuzmuk**

### **AUTOMATIC CONTROL OF THE PROCESS OF SPOT WELDING OF THIN-WALLED WELDED PRODUCTS**

Зварювання – провідний технологічний процес при виробництві металевих конструкцій. З її допомогою переробляється приблизно 70 % готового прокату, що становить близько половини всієї сталі [1].

Забезпечення необхідного рівня якості зварених конструкцій і їх експлуатаційної надійності, підвищення продуктивності праці при поліпшенні умов роботи людей вимагають комплексної механізації й автоматизації в одному синхронізованому потоці всіх переділів, пов'язаних з виготовленням звареної конструкції. Прикладом такої організації виробництва є виготовлення електрозварних труб, опалювальних радіаторів і інших виробів з масовим характером випуску продукції.

Сучасний рівень розвитку зварювальної техніки й технології відрізняє велика різноманітність джерел нагрівання, їх енергетичних характеристик і способів теплового впливу на виріб. При розгляді процесів зварювання як об'єктів автоматичного керування доцільно виходити із загальної для всіх способів зварювання послідовності перетворення енергії. Таким чином, формування звареного з'єднання можна розглядати як результат функціонування системи «джерело живлення-джерело нагрівання-виріб». Окремі компоненти цієї системи об'єднані зворотними зв'язками в складну багато зв'язкову систему [2]. Усе різноманіття параметрів процесу зварювання можна умовно розділити на три групи: енергетичні, що характеризують внесок енергії в процес утвору звареного з'єднання; кінематичні, що характеризують просторове переміщення або положення джерела нагрівання щодо виробу; технологічні умови, що характеризують, формування й кристалізації зварених швів, переносу електродного металу.

У виробничих умовах технологічний процес зварювання піддається впливам – збурюванням, що порушують його нормальне протікання, що й приводять до відхилень показників якості зварного з'єднання від необхідних значень. Збурення можуть бути прикладені до кожного із трьох компонентів зварювального процесу, однак класифікувати їх зручніше не по місці додатка, а за аналогією з параметрами зварювального процесу, рис. 1.

Об'єктом автоматичного керування при контактному зварюванні є технологічний процес, який характеризується електричними й тепловими полями, а також пластичними деформаціями в зоні зварювання. Основні параметри процесу точкового зварювання: зварювальний струм  $I_{св}$ ; час зварювання  $t_{св}$ , зусилля стиску  $F_{сж}$  електродів; розміри робочої поверхні електродів і роликів.

Сучасний рівень вимог, пропонованих до зварених з'єднань, може бути вдоволений лише при оптимальному керуванні зварювальним процесом, із прогнозуванням якості звареного з'єднання. У цьому випадку повинне бути забезпечена така комбінація параметрів режиму зварювання і їх зміна в часі з урахуванням діючих обмежень, при якому виходить максимальне значення критерію оптимізації - діаметра ядра звареної крапки або її міцності.

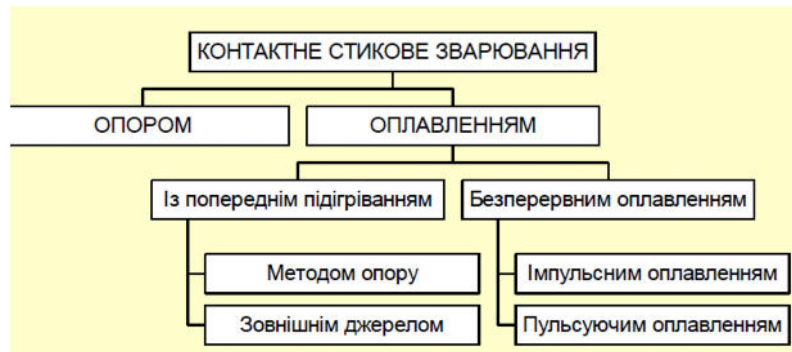


Рисунок 1. Класифікація контактних стикових зварювань

Стабілізація основних параметрів режиму дозволяє забезпечити досить малі відхилення величини погонної енергії дуги від розрахункової. Забезпечення необхідного рівня показників якості зварених з'єднань і насамперед їх міцності вимагає завдання й підтримки встановлених значень більшості параметрів зварювального режиму з точністю не менш  $\pm 5\%$ . Зниження  $I_{св}$  на 10% може привести до зменшення діаметра ядра та, відповідно, міцності з'єднань при зварюванні сталей на 20-25% від номінального значення.

Схема стабілізації струму точкового зварювання наведена на рис. 2.

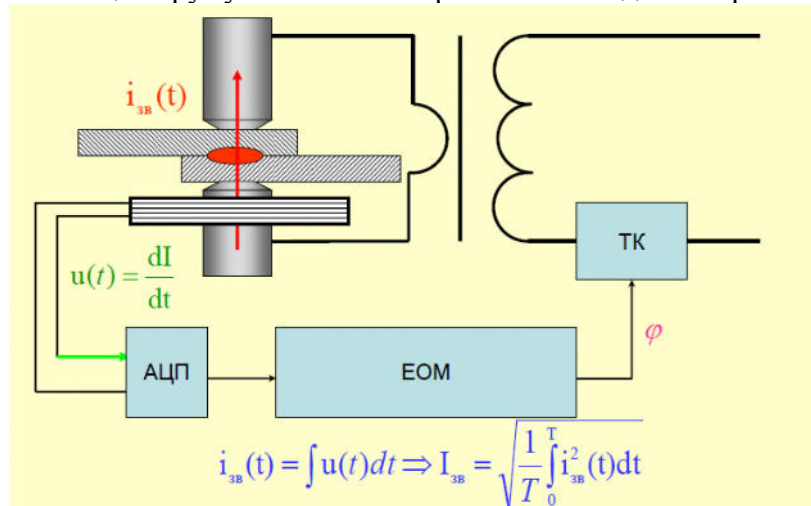


Рис. 2. Схема стабілізації струму точкового зварювання

Збурювання, найнебезпечніші при контактному стиковому зварюванні, підрозділяються на зовнішні й внутрішні. До зовнішніх збурень відносяться такі параметри регулювання: коливання напруги мережі; нестабільність контактних опорів між електродом і деталлю; нестабільність початкового контактного опору між деталями. Внутрішніми збуреннями є: повільні зміни опору зварювального контуру; збурювання, обумовлені нестабільністю пускорегулювальної апаратури машини тощо.

#### Література.

1. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням. Вид. ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 178 с.
2. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактних точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ. 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.

**УДК 621.9**

**Б.Б. Литвин, С.В. Пшеничний, С.М. Петрик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ**

**B.B. Lytvyn, S.V. Pshenychnyi, S.M. Petryk**

**SYSTEM CONTROL OF ACCURACY OF WORKING ON MACHINE TOOL**

При керуванні процесом механічної обробки на етапі динамічного налаштування вирішується завдання керування точністю обробки (режимами різання), які забезпечують екстремум цільової функції (максимум продуктивності, мінімум собівартості). При цьому використовують системи граничного регулювання та системи оптимального керування. У адаптивних системах граничного регулювання, з метою підвищення ефективності обробки деталей на металорізальних верстатах, забезпечується стає протікання технологічного процесу відносно регульованих параметрів (сила різання, використовувана потужність, обертовий момент, точність). В результаті в процесі обробки постійно підтримуються найбільш граничні значення режимів різання ( $v$ ,  $s$ ), при яких виключається можливість перевищення заданих обмежень. В таких системах для керування процесом чорнової та попередньої обробки обмеження до силових параметрів навантаження, які діють в технологічній системі. Наприклад, при обробці з постійною потужністю різання, закон зміни поздовжньої подачі визначається:

$$s \leq y_z \sqrt[3]{\frac{1,2 N_{\text{дв}} \eta}{C_z t^{x_z} v^{n_z}}}$$

де  $N_{\text{дв}}$  – потужність двигуна головного приводу верстата;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії головного приводу верстата;

$C_z$ ,  $x_z$ ,  $y_z$ ,  $n_z$  – стала сили різання та показники степеня для складової сили різання  $P_z$ .

Відповідно, коли при допустимій потужності різання одна із змінних стану (сила різання  $P_z$  або обертовий момент на шпинделі  $M_{\text{об}}$ ) досягають граничного значення, проходить додаткова зміна подачі, в результаті виключається можливість перевищення заданих обмежень. В системах граничного регулювання, які забезпечують керування процесом чистової та напівчистової обробки, накладаються обмеження, які відносяться безпосередньо до параметрів, що визначають досягнення необхідної точності деталі. Вимоги до шорсткості оброблювальної поверхні для токарних верстатів з ЧПК визначаються:

$$s \leq \frac{[Ra] v^{0,4}}{65}$$

де  $[Ra]$  – допустима шорсткість оброблювальної поверхні.

В адаптивних системах оптимального керування, з метою підвищення ефективності обробки деталей, підтримується оптимальне виконання технологічного процесу відносно заданої цільової функції. Незважаючи на випадковий характер зовнішніх впливів, адаптивна система так керує процесом, що цільова функція неперервно підтримується на максимальному або мінімальному рівні в межах встановлених обмежень. При умові забезпечення необхідної точності деталі, ефективність технологічного процесу визначає собівартість деталі та продуктивність обробки, що залежать від основного часу обробки. В такому випадку цільовою функцією є мінімальні значення часу затраченого на операції та її вартість.

УДК 631.356.22

Р.В. Лукавий, Г.Б. Цьонь, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГИЧКИ

R.V. Lukavyy, H.B. Tson, Ph.D.

### CLASSIFICATION OF MECHANISMS FOR CLEANING ROOT HEADS

Апарати для видалення гички бурякозбиральних машин – це пристрої, що забезпечують процес видалення гички з головок коренеплодів і відведення її за межі дії викопувальних робочих органів (із зони рядка). Відведення виконується: у міжряддя, на зібране поле, у транспортний засіб.

Проведений аналіз машин для видалення гички коренеплодів цукрових буряків дозволив створити класифікацію гичковидалаючих механізмів (рис.1). Конструкції гичкозбиральних машин за типом приводу можна класифікувати на причіпні і самохідні. У них застосовуються фронтально розташовані гичкозрізувальні апарати (надалі ГЗА) з вертикальним валом привода з активними чи пасивними ножами, або навісні чи причіпні гичковидалаючі модулі з горизонтальним валом роторного подрібнювача гички і шнеком для її видалення.



Рисунок 1. Класифікація механізмів для видалення гички

Основними недоліками сучасних гичковидалаючих механізмів є: незадовільне копіювання коренеплодів при нерівномірному їх розміщенні у рядках відносно ґрунту; неякісне обрізування головок від залишків гички; травмування та вибивання високо розміщених буряків; затуплення пасивних плоских ножів, що спричиняє зниження якісних показників виконання технологічного процесу

#### Льтература

1. Рибак Т.І. Огляд гичковидалаючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення / Т.І. Рибак, О.П. Цьонь // 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 621.9.06**

**І.В. Луців, докт. техн. наук, проф., В.І. Шмирко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ЗОБРАЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ З ДОПОМОГОЮ ГРАФОВИХ СХЕМ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof., V.I. Shmyrko**

#### **IMAGE OF TOOL DESIGNS FOR HOLE MACHINING USING GRAPH SCHEMES**

Досягнення найважливіших економічно вигідних показників при обробці отворів, зокрема, їх свердлінні, опирається перш за все на конструктивне забезпечення такої технологічної операції. Відомо, що інструмент при свердлінні знаходиться в надзвичайно важких умовах. Серед факторів, що чинять такий вплив на інструмент, є знаходження його у закритій зоні, утворення зливної стружки та опір її відведенню, особливо при різанні важкооброблюваних сталей, наявність нерівномірності твердості оброблюваного матеріалу, можливе биття самого свердла та інші. Цим спричиняється нерівномірне навантаження від зусиль різання на окремі леза інструменту і відповідне уведення свердла від його осі і геометричної осі отвору, розбивання отвору, а в окремих випадках – руйнування інструменту.

Тому для досягнення високої якості оброблюваного отвору, в тому числі його поверхні, при обробленні і відповідного забезпечення необхідного рівня працездатності технологічної системи верстат – інструмент - заготовка загалом слід застосовувати прогресивні конструкції верстатно-інструментального оснащення. Такі конструкції мали б сприяти полегшенню здійснення процесу свердління і надійному досягненню високих показників оброблення, а також підвищенню продуктивності різання за рахунок досягнення оптимальних режимів.

Серед подібних прогресивних інструментів широке застосування набули так звані самовстановлювальні інструменти [1], власне – інструменти плаваючого типу. Інструментальні системи такого спрямування можна використовувати як для оброблення зовнішніх, так і – внутрішніх поверхонь, тобто отворів.

Конструктивною особливістю плаваючих інструментів є прагнення до рівномірності здійснення робочого технологічного процесу за рахунок забезпечення адаптації інструменту до зміни умов різання під час здійснення відповідної операції за рахунок реагування конструктивних складових інструменту на такі зміни. Відповідне досягнення такої внутрішньої реакції інструментальної системи на зовнішній вплив - це, зокрема, забезпечення в конструкції інструменту необхідного кінематичного чи іншого зв'язку між лезами інструменту [2], які володіють рухливістю щодо зміни умов різання. При цьому така система лез плаваючого інструменту має один ступінь вільності власне у напрямку, що співпадає із напрямком подачі корпусу інструменту і віссю оброблюваного отвору. Таким чином, інструмент отримує можливість реагувати на зовнішні впливи, забезпечуючи при цьому взаємопов'язаний зворотній зв'язок між різальними елементами.

Нами створені і проаналізовані конструктивні компоновочні схеми можливих інструментів для оброблення отворів із вмонтованим між інструментальним зв'язком (перетворювачем переміщень, ПП) між окремими лезами інструменту, в якому цей зв'язок здійснюється, наприклад гідравлічним методом [3]. У такій конструкції забезпечується вирівнювання осьових складових зусиль різання, що діють на леза інструменту, що, отже, призводить до вирівнювання радіальних складових цих сил, а загалом – до стабілізації осі інструменту в процесі оброблення отвору і уникнення як

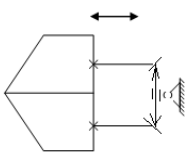
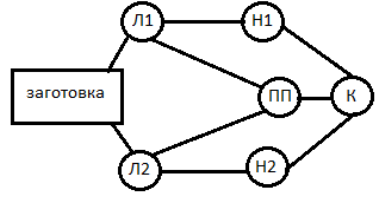
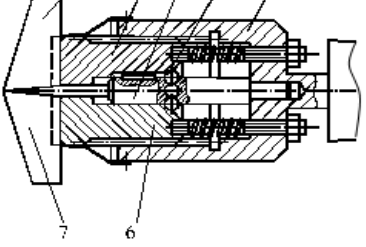
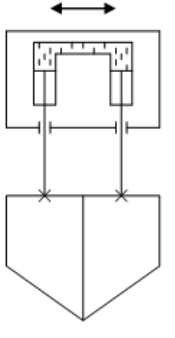
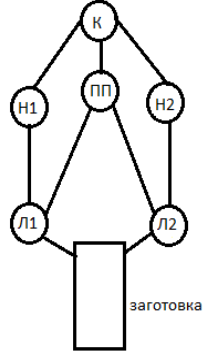
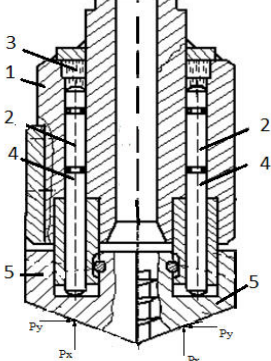
уведення свердла, так і розбивання утворюваного отвору.

Опис компоновочних схем таких інструментів можна, в тому числі, проводити з використанням структурних формул конструкцій. В роботі [4] проведений такий опис для випадку структурного синтезу і аналізу компоновок багато супортних інструментальних систем для обробки зовнішніх поверхонь різного виду.

Аналогічний підхід можна застосувати і для зображення конструкцій інструментів плаваючого типу власне для обробки отворів (таблиця). При цьому можна скористатись схемами, які детально розробляються в теорії графів.

Таблиця

Елементи компоновочної структури плаваючих сверدل

№	Схема	Граф	Компоновочна схема
1		 <p>Л - леза; Н - напрямні; К - корпус; ПП - перетворювач переміщень</p>	 <p>1,7 - леза; 2,6 - напрямні; 4 - конусно шариковий ПП; 3 вісь; 5 - корпус</p>
3		 <p>Л - леза; Н - напрямні; К - корпус; ПП - перетворювач переміщень</p>	 <p>5 - леза; 4 - напрямні; 3 - гідравлічний ПП; 1 - корпус; 2- поршні;</p>

### Література

1. Лепихов В.Г. Самоустанавливающиеся инструменты. – М.: Машиностроение, 1974. – 77с.
2. 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.
3. Брощак І. Луців І. Аналіз технологічних та геометричних параметрів сверدل адаптивного типу для обробки глибоких отворів. – *Машинознавство*, 2001, №3, с.29-32.
4. Луців І. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками. *Вісник Тернопільського державного технічного університету*, 1997, т.2, №1, с. 78-84.



**УДК 692.44**

**С.В. Любий, В.Б. Ігнатєва, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЕЗБАЛОЧНОГО МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ В ПК «ЛІРА»**

**S.V. Liubyi, V. B. Ihnatieva, Ph.D.**

### **MODELING OF MONOLITHIC BEAMLESS SLAB IN «LIRA» SOFTWARE COMPLEX**

Будівництво нових торгових центрів створює позитивні умови для розвитку економіки ще до повноцінного функціонування таких об'єктів. Оскільки потребує залучення широкого кола фахівців ще на етапі проектування, що є актуальним для архітекторів та конструкторів. Значною мірою окупність будівельних об'єктів залежить від раціонального проектування та розрахунку тримких конструкцій, що неможливо без застосування сучасних розрахункових комплексів. Одним із яких є ПК «ЛІРА».

Основні геометричні параметри перекриття: монолітне безбалочне перекриття над першим поверхом; товщина 0,22 м; клас бетону С20/25; сітка колон 8×9 м; при складанні розрахункової схеми задати скінченні елементи квадратної форми зі стороною 0,5 м. Розрахункова схема перекриття на рис. 1.

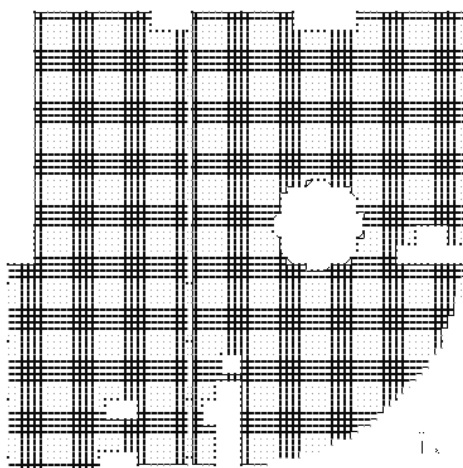


Рисунок 1. Розрахункова схема перекриття

За результатами розрахунку очікується отримання ізополів розподілу внутрішніх зусиль та їх абсолютних значень від дії зовнішніх навантажень. Підбір армування в характерних ділянках здійснюватиметься за двома групами граничних станів, що відповідає вимогам актуальної нормативної і технічної документації.

#### **Література**

1. Гудь М. Фактори впливу на міцність та ефективність бетону / М. Гудь М., Г.М. Крамар, І. Гудь // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали Міжнар. науково-техн. конф. до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 2018. - С. 44-45.

2. Ігнатєва В.Б. Залежність фізико-механічних властивостей бетонних сумішей від виду модифікуючих добавок / В.Б. Ігнатєва, Д.В. Скакун // Naukowy i innowacyjny potencjal prezentacji: Miedzynar. naukowo-prakt. konf., 18 listopada 2018 r.: kolekcja prac naukowych z materialami, Opole, Polska. – Rowne, 2018. – Т. 5. - С. 11-12. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/conferences/issue/view/2018-11-18/110>

**УДК 621.95**

**М.І. Любінський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ**

**M.I. Liubinskyi**

### **IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF THE VERTICAL-MILLING MACHINE MAIN MOVEMENT DRIVE**

Внаслідок наявного парку верстатів на українських підприємствах, що не відповідають сучасним вимогам в основному за швидкостію обробки та максимальними значеннями потужності різання, виникає необхідність у їх модернізації [1-3].

Проаналізовано особливості конструкції та технічні характеристики верстату прототипу. Виконано опис його роботи, а також роботи окремих його елементів. Здійснено аналіз верстатів аналогічного призначення, зокрема їх технічних характеристик, основними з яких є максимальна потужність та діапазон частот приводу головного руху. Виявлено ряд недоліків приводу головного руху верстата-прототипа, що не відповідають вимогам, які ставляться до подібного роду обладнання.

Суть удосконалення конструкції приводу полягає у: розширенні діапазону регулювання за рахунок заміни двигуна приводу головного руху, заміні пасової передачі на зубчасто-пасову, а також модернізації самої автоматизованої коробки швидкостей.

Проведено кінематичний та силовий розрахунок приводу. Внаслідок кінематичного розрахунку отримано структурну сітку та графік чисел обертів, а також нові необхідні передаточні відношення зубчастих зачеплень коробки швидкостей. Розроблено кінематичну схему приводу головного руху верстата. Виконано силовий розрахунок зубчастої пасової передачі, а також підбір необхідних конструктивних елементів. Здійснено силовий розрахунок конструктивних елементів автоматизованої коробки швидкостей, зубчастих передач, валів. Виконано заміну опор автоматичної коробки швидкостей а також заміну опор шпиндельного вузла.

Здійснено конструювання шпиндельної бабки верстату, в якій розміщена автоматична коробка швидкостей та шпиндельний вузол. Розроблена 3-D модель окремих елементів коробки швидкостей.

Проведено дослідження динамічних характеристик окремих елементів приводу головного руху. Проведено розрахунок інерційних характеристик елементів конструкції коробки швидкостей та встановлено критичні частоти обертання валів.

Запропонований підхід до модернізації, а також отримані результати дозволять покращити його характеристики та продовжити ресурс його роботи.

#### **Література**

1. *Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Т. М. Аврамова, В. В. Бушуев, Л. Я. Гиловой и др.; под ред. В. В. Бушуева. Т. 1. — М.: Машиностроение, 2011. — 608 с.; ил.*
2. *Бушуев, В. В. Практика конструирования машин: справочник / В. В. Бушуев. — М.: Машиностроение, 2006. — 448 с.*
3. *Молодцов В.В. Методы проектирования высокоэффективных металлообрабатывающих станков как мехатронных систем. — Дис.... докт. техн. наук. — М.: МГТУ ім. Баумана, 2016. — 390 с.*

УДК 621.326

Л. М. Магула, С. В. Попович, О. Р. Іванців, М. І. Яворська, канд. техн. наук, доц.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИЛАДОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВІРКИ ДЕТАЛЕЙ НА НАЯВНІСТЬ КОМПОЗИТНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ЗАСОБАМИ МЕРЕЖІ ПЕТРІ

L. M. Magula, S.V.Popovych, O.R. Ivanciv, M. I. Yavorska, Ph.D, Assoc.Prof.  
SIMULATION OF INSTRUMENT SYSTEM TO CHECK THE SAMPLES FOR THE  
PRESENCE OF COMPOSITE INCLUSIONS USING PETRI NETS

Процес повірки деталей на наявність композитних включень можна представити структурою мережі Петрі (рис.1), відобразивши у ній основні етапи роботи вимірювальної установки: підготовчий, безпосереднього вимірювання і сортування. Зразки, які підлягатимуть контролю поміщаються у буфер (вузол P1, якому на початку процесу контролю присвоюється кількість міток  $n1$  рівна кількості деталей у буфері). Якщо позиція-вузол P2, на якій відбувається безпосереднє вимірювання вільна (а про це свідчитиме наявність однієї мітки у вузлі P3), заготовка по валиках заїжджає на вимірювальну позицію P2, пневмоциліндр піднімає її безпосередньо до вимірювальних щупів і відбувається сканування (при цьому у вузлі P2 з'являється одна мітка, а у вузлі P4 мітка зникає). Параметр  $t1$ , що відповідає транзакції T1 – це час тривання даної операції. Отримані результати аналізуються в інформаційному блоці на відповідність закладеним вимогам до допустимих меж композитних включень. За результатами вимірювань приймається висновок про придатність контрольованої деталі (при цьому мітка із P2 переходить до вузла P4, перехід відбувається протягом часу  $t2$ , що відповідає транзакції T2), або висновок про відбракування (при цьому мітка із P2 переходить до вузла P5, перехід відбувається протягом часу  $t3$  що відповідає транзакції T3). Паралельно спрацьовує транзакція T4 (час спрацювання  $t4$  задає час, потрібний для відновлення вимірювальної позиції) і з'являється мітка у вузлі P3, що свідчить про готовність установки до аналізу наступної деталі. Причому на транзакції T2 і T3 накладаються додаткові обмеження: вони взаємовиключають одна одну, тобто при спрацюванні T2 перехід T3 закритий і навпаки, а вибір конкретного варіанту обумовлюється наперед заданим випадковим числом.

Повний цикл функціонування мережі (коли всі транзакції опиняться в режимі заборонених) завершиться коли всі мітки із вузла P1 перейдуть до міток вузлів P4 ( $n4$  відповідатиме кількості деталей, що задовільняють вимогам контролю) і P5 ( $n5$  – кількість відбракованих).

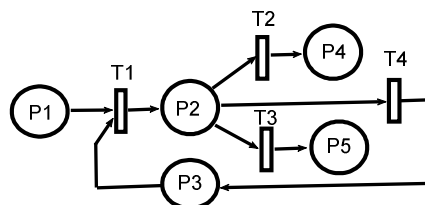


Рисунок 1. Мережа Петрі для відображення процесу повірки деталей на наявність композитних включень.

Наступним кроком після вибору структури мережі є задання параметрів, що відповідають характеристикам модельованого процесу. Оскільки  $t1, t2, t3, t4$  – в нашому випадку не є сталими, а коливаються довкола деяких усереднених значень,

ми маємо справу із стохастичною мережею Петрі. Тому на кожному кроці модельного часу в процесі симулювання значення часів транзакцій вибираються як випадкові величини із гаусовим розподілом, математичного сподівання і дисперсія якого встановлюються на основі статистичних оцінок даних спостережень над роботою установки, що передують моделюванню. Результати таких спостережень наведені на а рис.2.

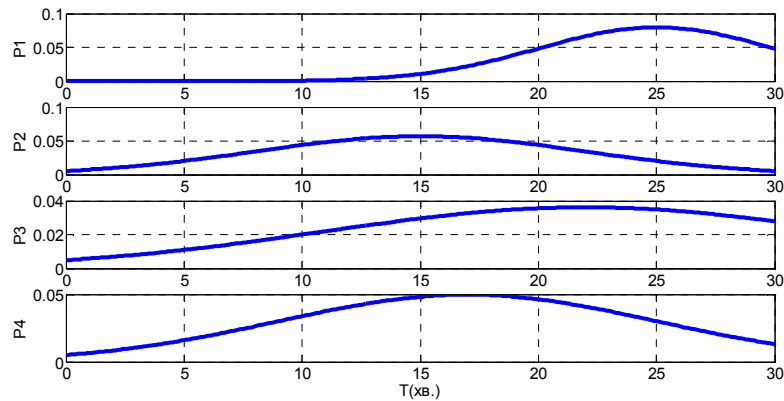


Рисунок 2. Ймовірнісний розподіл часів транзакцій  $t_1, t_2, t_3, t_4 - p_1, p_2, p_3, p_4$  - відповідно

Процес контролю роботи установки відображено у процесі зміни маркерів у вузлах мережі Петрі на рис.1 від початкового стану  $(n, 0, 1, 0, 0)$  до кінцевого  $(0, 0, 0, n_4, n_5)$  за допомогою розробленого програмного забезпечення. Результати симулювання - зміну стану робочих позицій вимірювальної установки в процесі контролю партії з десяти деталей - показано на рис.3.

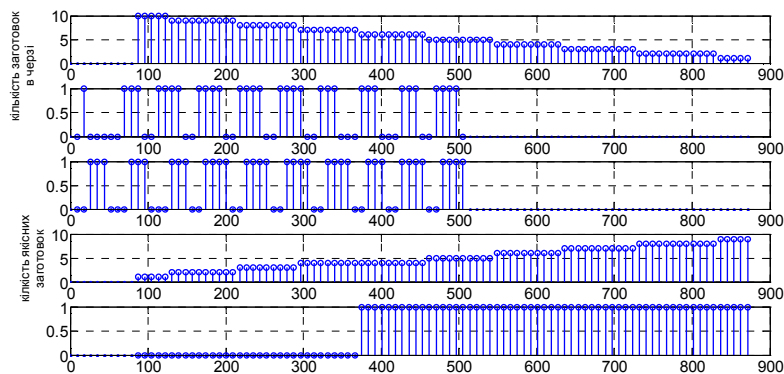


Рисунок 3.Зміна маркування вузлів мережі (станів робочих позицій вимірювальної установки) в масштабі модельного часу.

### Література

1. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навчальний посібник // Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. – 40 с.
2. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / Підручник за загальною редакцією В.В. Поповського. – Харків, ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 564 с.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. Мир, 1984. – 264 с.

**УДК 699.814**

**Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСУ ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ**

**T.Y. Makara, T.O. Krynytskyi, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **FIRE RESISTANCE ASSESSMENT OF STEEL FRAMEWORK ELEMENTS OF THE TRADE AND OFFICE CENTER**

Металеві конструкції завдяки своїм перевагам дуже широко використовуються при спорудженні будівель різного призначення, проте одним із основних недоліків, який необхідно враховувати при цьому, є їх низька вогнестійкість, яка складає тільки R15 без використання додаткових заходів вогнезахисту.

Чутливість елементів металевих конструкцій до дії підвищеної температури може спричинити небезпеку для всієї будівлі, значно знижуючи її ступінь вогнестійкості. Тому оцінка пожежно-технічних характеристик металоконструкцій та обґрунтування способів вогнезахисту є дуже важливим завданням ще на етапі їх проектування. Його вирішення потребує врахування вимог нормативно-правових актів [1], які передбачають безпеку перебування людини у приміщенні та відповідність використаних будівельних матеріалів вимогам пожежної безпеки.

В роботі використано підхід до оцінювання вогнестійкості елементів металевих конструкцій шляхом моделювання методом скінченних елементів [2]. Його виконували у два етапи – спочатку моделювали розвиток пожежі в будівлі та визначали зміну температурних полів, а потім виконували розрахунок на міцність елементів каркасу при даних температурах. Для моделювання використовували програмні пакети ЛПА-САПР 2015 та PyroSim 2015. Для розрахунку було обрано фрагмент несучого металевого каркасу одноповерхової частини запроєктованого торгівельно-офісного центру. Конструктивна система будівлі являє собою рамний сталевий каркас. Колони мають крок 12x6 м. Міжповерхові перекриття виконані у вигляді комбінованої плити з монолітного залізобетону і сталевого профільованого настилу по металевих прогонах.

Згідно норм 2 граничним станом для колон металевого каркасу є втрата несучої здатності (R), а для балок як елементів перекриття – втрата несучої здатності (R), цілісності (E) та теплоізолювальної здатності (I). При цьому для громадської будівлі ступеню вогнестійкості II колони повинні відповідати класу вогнестійкості R120, а перекриття – REI45.

Проведені розрахунки показали, що при відсутності додаткового вогнезахисту запроєктована конструкція не відповідає даним вимогам. В якості додаткового вогнезахисту було прийнято спорудження теплового екрану з вогнестійкого гіпсокартону з шаром теплоізоляції товщиною 65 мм. Повторний розрахунок підтвердив, що в цьому випадку необхідна пожежна стійкість конструкції забезпечена.

### **Література**

1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К: Мінрегіонбуд, 2017. – 40 с.
2. Іщук, С.В. Оцінка НДС сталевих ферм під час пожежі / С.В. Іщук, А.П. Сорочак // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 28-29 листопада 2018. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – С. 97.

**УДК 692.52**

**В.М. Мариновський, М.І. Гудь, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ МОНОЛІТНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ**

**V.M. Marynovskiy, M.I. Hud, H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **APPLICATION OF MONOLITHIC MULTI-HOLLOW FLOORS IN PUBLIC BUILDINGS**

В Україні у будівництві широко застосовують багатопустотні залізобетонні плити, що виготовляють на заводах залізобетонних конструкцій. Їх широко використовують у промисловому та цивільному будівництві при зведенні об'єктів різного призначення.

Однак, сучасні ринкові умови зумовлюють використання конструкцій, що забезпечують збільшення просторової жорсткості, розширення функціональних та об'ємно-планувальних рішень і поліпшення архітектурної виразності будівель. Всі ці фактори зумовили широке застосування технології монолітного залізобетону.

Найбільша витрата залізобетону у монолітних будівлях припадає на плити, тому економічне рішення конструкцій плитних елементів набуває все більшого значення.

Застосування полегшених монолітних перекриттів за рахунок зниження ваги конструкцій і зменшення їх прогинів дозволяє істотно оптимізувати конструктивні схеми будівель. На рис.1. показані можливі шляхи оптимізації конструктивної схеми будівель за рахунок застосування полегшених багатопустотних монолітних плит перекриття.

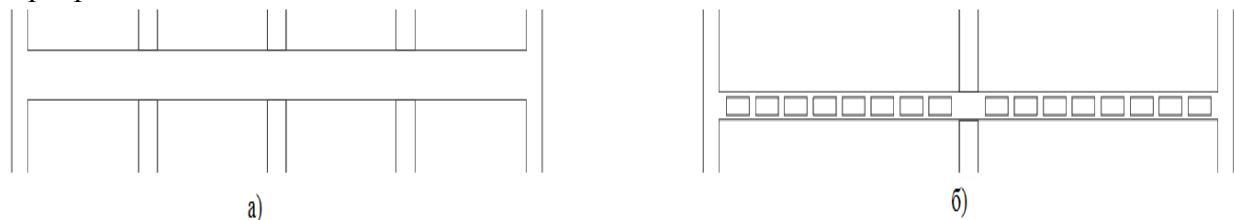


Рисунок 1. Монолітні перекриття: а)- суцільні, б)- багатопустотні.

Технологія зведення монолітних багатопустотних перекриттів передбачає впровадження в тіло плити пустотоутворювачів (незйомної опалубки) різної форми (куль, еліпсів, трапецій, труб тощо.). Загальні вимоги до незйомної опалубки багатопустотних перекриттів принципово нічим не відрізняються від вимог до звичайної опалубки, однак, внутрішня незйомна опалубка повинна відповідати декільком особливим умовам, що гарантує економічність і безпеку її використання.

Використовувані в будівництві будівельні матеріали і елементи повинні бути безпечними з точки зору пожежної безпеки. При їх нагріванні і горінні не повинно виділятися токсичних і отруйних газів. Не допускається застосування пустотоутворювачів, виконаних з матеріалів, які переходять при нагріванні в газоподібний стан з підвищенням тиску всередині пустот, так як існує небезпека вибуху в тілі плити. Пустотоутворювачі повинні бути безпечні з екологічної точки зору на всіх етапах життєвого циклу виробу – від виготовлення до утилізації.

Незважаючи на те, що у будівництві широко застосовують збірні багатопустотні плити, однак, застосування монолітного залізобетону більше відповідає сучасним будівельним тенденціям порівняно із збірними конструкціями.

УДК 624.048

Л.І. Мельник, І.В. Коваль канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ БЕТОНУ ЗА СТИСКУ ТА РОЗТЯГУ

L.I. Melnyk, I.V. Koval Ph.D.

### SIMULATION OF CONCRETE CONDITION UNDER COMPRESSION AND TENSION

Велика кількість залізобетонних конструкцій в Україні, зокрема промислових будівель та мостів втрачають або втратили свою відповідність сучасним стандартам. Основними факторами, які сприяють цьому є: зростання інтенсивності їх використання; збільшення вимог навантаженості; втрата корозійної стійкості внаслідок впливу агресивного середовища, тощо.

Кількість фізично застарілих будівель і споруд, які мають експлуатаційні пошкодження та дефекти, постійно зростає. Крім того, зі зміною призначення і умов експлуатації будівель та споруд, досить часто збільшуються експлуатаційні навантаження, які перевищують прийняті при проектуванні. Для продовження нормальної експлуатації конструкцій необхідне відновлення або збільшення їх несучої здатності.

В останні роки у світовій практиці проведення наукових досліджень все частіше розширюється за рахунок застосування комп'ютерного моделювання, що викликає велику зацікавленість до можливостей, які можна досягти за допомогою методу скінченних елементів. Для достовірного моделювання нелінійної поведінки бетону за стиску та розтягу використали 8-ми вузловий скінченний елемент SOLID65, який володіє трьома ступенями свободи в напрямках OX, OY і OZ. Елемент SOLID65 має здатність до розтріскування при розтягуванні і дроблення при стисканні. Він задовільно описує поведінку бетону відповідно до діаграми деформування, поданої на Рис 1. У первинному стані, до прикладання навантаження, матеріал елемента є ізотропним.

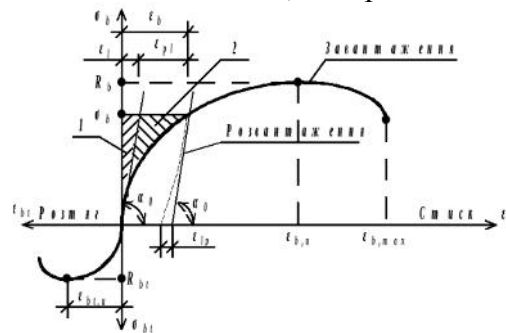


Рисунок 1. Залежність між напруженнями та деформаціями в бетоні:

1 — область пружних деформацій; 2 — область пластичних деформацій

Варто відзначити, що чисельний метод дозволяє змоделювати не тільки результуючий показник тієї чи іншої міцнісної характеристики конструкції, але і відображає характер їх розвитку. Використання скінченного елемента SOLID65 дає змогу з достатньою точністю відтворювати процес утворення тріщин та їх розвитку на всіх кроках зростання навантаження.

Метод скінченних елементів дозволяє детально описати процес деформування та руйнування конструкції, оскільки експериментально встановити всі кінцеві деформації та переміщення є досить складним завданням.



**УДК 621.358.42**

**А.Р. Миколаєвич, В.В. Стельмашук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР**

**A.R. Mykolaevuch, V.V. Stel'mawyk**

### **DEVICE FOR DIGGING ROOTS OF VEGETABLES**

Вирощування та збирання овочевих культур – найтрудомісткіші операції сільськогосподарського виробництва. Затрати праці на отримання урожаю коренеплодів у десятки разів вищі, ніж витрати праці на виробництво зернових і у декілька разів вищі, ніж при вирощуванні цукрових буряків.

Найкращі поживні якості з помірних коренеплодів, а саме, столових, має морква. Вона містить багато поживних речовин і вітамінів, зокрема каротину, який в організмах людини і тварини перетворюється на життєво необхідний вітамін А.

Під час механізованого збирання коренеплодів овочевих культур, зокрема моркви, до машин ставлять такі вимоги: засміченість коренеплодів рослинними рештками не більше 2 %, пошкодження коренів не більше 5 % [1].

Щодо урожайності столових коренеплодів, то схема сівби суттєво не впливає. Її доцільно вибирати з урахуванням наявної збиральної техніки.

Для збирання столових коренеплодів, зокрема моркви, у нашій країні і за кордоном найчастіше використовують коренезбиральні машини теревильного і підкопувачого типів. Для легких ґрунтів доцільно використовувати перші з них, а для ґрунтів середнього і важкого механічного складу кращими є машини викопувачого типу.

Робочі органи машин і механізмів, які безпосередньо задіяні, тобто контактують у процесі збирання і подальшої обробки і переробки з коренеплодами, не повинні допускати їх травмування.

Тіло коренеплодів моркви чутливе до ударних навантажень, тому необхідно запобігати пошкодженню їх при викопуванні, переробці і транспортуванні.

Основний недолік викопувачих робочих органів машин для збирання коренеплодів овочевих культур у тому, що на транспортер-сепаратор разом із коренеплодами подається велика маса ґрунту. Це ускладнює відокремлення коренеплодів від ґрунту. Для забезпечення якісного доочищення вороху коренеплодів моркви необхідно продовжити шлях руху сепаруючими механізмами, встановлювати додаткові пристрої для доочищення. Все це збільшує травмування коренеплодів та їх втрати і в цілому збільшує енергоємність машин [1].

Для викопування коренеплодів овочевих культур можна використати пристрій, у якому завдяки обмежуючим активним викопувачим дискам на сепаратор подається мінімальна кількість ґрунту разом з коренеплодами. У результаті покращується процес сепарації і зменшуються енерговитрати. Коренезбиральна машина з таким робочим органом складається з рами зі встановленими на ній валами з плоскими дисками, лемешем, прутковим елеватором зі струшувачами і грудкоподрібнювачем, поперечним елеватором і вивантажувальним транспортером. Під час підкопування пласта ґрунту разом із коренеплодами боковинами дисків, що обертаються, він руйнується, частина ґрунту просипається в зазор між лемешем і дисками. Якщо зазор між дисками збільшити, то ґрунт буде розрихлюватися і процес сепарації буде відбуватися інтенсивніше. При русі машини полем, плоскі диски, які встановлені спереду, разом з лемешем вирізають пласт ґрунту разом з коренеплодами завширшки відстані між

дисками, і товщиною, яка дорівнює глибині ходу лемеша, і передають його за допомогою встановлених ззаду пар дисків на транспортер. Бокові поверхні встановлених попереду пар дисків перекривають бічні поверхні пар дисків, встановлених ззаду, напрям обертання яких співпадає з напрямом руху пласта по лемешу. Торцеві поверхні ззаду встановлених дисків не чинять опору переміщенню пласта ґрунту по лемешу. Зазор між торцями дисків і валом суміжних дисків (конструктивний зазор) виключає тертя дисків об вал.

При переміщенні пласта боковини дисків, що обертаються, руйнують його, частина ґрунту просипається в зазор між лемешем і дисками. Збільшення зазору між дисками за ходом пласта по лемешу сприяє його розпушуванню. Корені разом з ґрунтом, що залишився, поступають на елеватор, на якому за допомогою струшувача і еластичного грудкоподрібнювача відбувається повне руйнування грудок ґрунту, що залишилися, і відділення їх від коренів. З елеватора корені поступають на поперечний елеватор, потім за вивантажувальним транспортером подаються у транспортні засоби.

Для якісного виконання таким коренезбиральним пристроєм технологічного процесу необхідним є вибір таких параметрів і режимів роботи дисків та профілю лемеша, які б забезпечили викопування коренеплодів овочевих культур з ґрунту з якнайменшими енергетичними витратами.

Аналіз більшості розробок конструкцій викопуючих пристроїв для овочевих культур показав, що вони допускають значні втрати і травмування коренеплодів, недостатньо повне відділення коренів від ґрунту і рослинних домішок, мають низьку продуктивність [1].

Під час збирання коренебульбоплодів так само, як і під час обробітку ґрунту, важливою є технологічна операція підйому ґрунту. Підрізання пласта і підйом ґрунту є найскладнішими та найенергозатратнішими. Розроблені різні конструкції робочих органи для підйому ґрунту: лемішні, роторні, комбіновані. Вдосконалення їх направлено на зниження енергоємності і покращення якості їх роботи. Щоб досягнути менших енергозатрат на підйом коренебульбоплодів, необхідно знизити кількість ґрунту, що забирається разом із коренями під час викопування, у результаті меншими будуть і затрати енергії на відділення ґрунту від коренеплодів.

Можна використати для викопування коренеплодів овочевих культур пристрій для підйому ґрунту, який складається з лемеша і встановлених над ним двох пар паралельних дисків, які разом з активними боковинами утворюють транспортер. Це дозволяє піднімати на значну висоту вузьку смужку ґрунту разом з підкопаними коренеплодами. У результаті зменшується дія робочих органів (дисків і лемеша) на коренеплоди, і, як наслідок, травмування коренеплодів, особливо моркви зменшується. Така конструкція пристрою для збирання коренеплодів овочевих культур забезпечує зменшення кількості ґрунту, що подається з коренеплодами до сепаруючих робочих органів, і запобігає сходженні їх убик при підкопуванні. Технологічний процес роботи такого викопуючого пристрою визначається розташуванням у просторі плоских направляючих дисків. Відповідні дослідження були проведені І.М. Дорожко, при обґрунтуванні параметрів робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини [2].

### **Література**

1. Диденко Н.Ф., Хвостов В.А., Медведєв В.П. Машины для уборки овощей. М.: Колос, 1994. 319 с.
2. Дорожко И.Н. Изыскание и обоснование параметров рабочих органов подъема почвы комбинированной машины для обработки почвы и посева. Диссерт. на соиск. учен. ст. к. т. н., Киев, 1988. 150 с.

УДК 631.3

Ю.С. Михневич, Р.О. Качор, А.Д. Довбуш

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ВПЛИВ СТИСНЕНОГО КРУЧЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**Yu. S. Mykhnevych, R.O. Kachor, A.D. Dovbush**

### **INFLUENCE OF COMPRESSED TWISTING ON THE STRENGTH OF WELDED JOINTS OF FRAME STRUCTURES**

Зварні з'єднання рам передають значну кількість силових факторів. У більшості випадків внутрішні силові фактори стисненого кручення невраховані при розрахунках на міцність зварних вузлів. Визначення достовірного напруженого стану конструктивних систем, а особливо у випадках коли в рамах одночасно використовується закриті та відкриті тонкостінні поперечні перетини, є потреба у визначенні напружень від дії всіх внутрішніх силових факторів. Значну долю напружень складають напруження від дії внутрішніх силових факторів стисненого кручення. Виникнення деформації стисненого кручення відбувається у випадках коли в жорстко закріплених елементах рами діють крутні моменти.

У розкидачах твердих органічних добрив виникнення крутних моментів в поперечинах відбувається протягом всього періоду експлуатації, а саме: при несиметричному навантаженні технологічного матеріалу, при їзді по бездоріжжю, наїзді на груді ґрунту і т.д.

Аналіз напружено-деформівного стану зварного з'єднання проводимо на конкретній рамі розкидача твердих добрив [1].

Візуальний аналіз рамних конструкцій розкидачів твердих добрив показав, що найбільш частіше руйнування зварних з'єднань відбувається у задній частині рами. У даному випадку це з'єднання прямокутної поперечини з несучою балкою розкидача (рис.1).

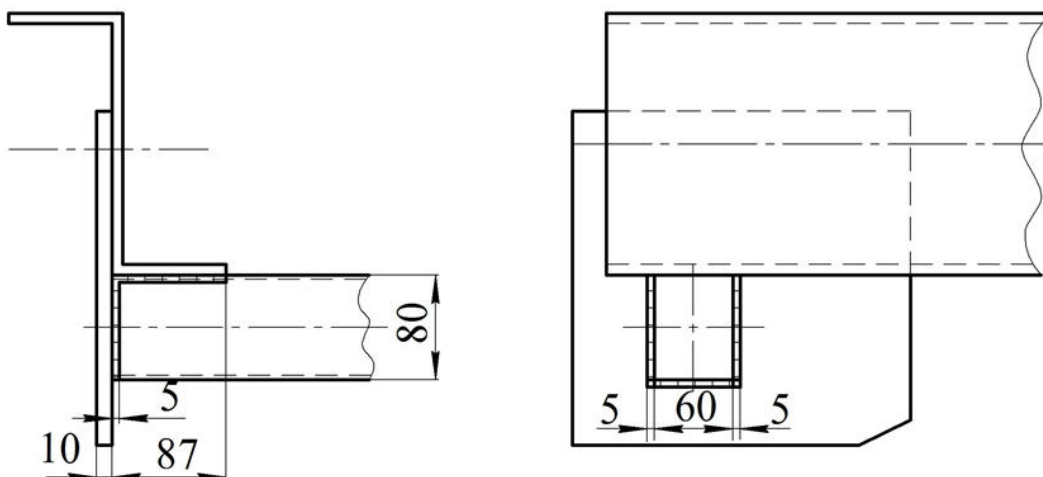
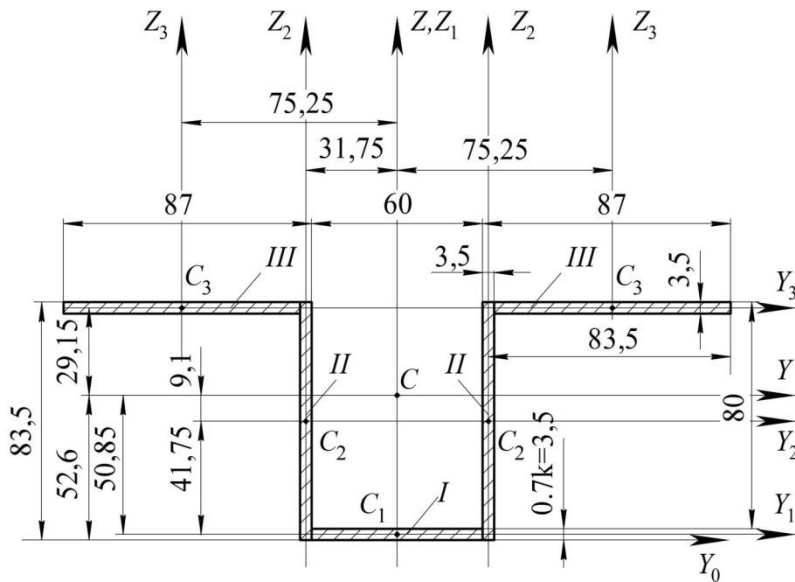


Рисунок 1. Зварне з'єднання поперечини із несучою балкою

Схематизуємо переріз зварного вузла поперечини з несучою балкою, припускаємо, що він знаходиться в одній площині (рис. 2).



Без врахування стисненого кручення У зварному вузлі діють поперечна сила  $Q$  та крутний момент  $K_0$ . Напруження визначаємо за формулами [2].

$$\tau_{K_i} = \frac{K_0}{I_p} \rho_i,$$

$$\rho_i = \sqrt{y_i^2 + z_i^2};$$

$$\tau_{Q_i} = \frac{Q \cdot S_Y(z)_i}{b_i \cdot I_Y},$$

Рисунок 2. Схематизація зварного вузла

де  $\rho_i, y_i, z_i$  – координати точки для якої визначаємо напружений стан;

$I_Y, I_Z, I_p, S_Y(z)_i$  – геометричні характеристики поперечного перетину з'єднання по бісекторній площині;

Напруження від внутрішніх силових факторів стисненого кручення [3]:

$$\tau_i(B_\omega) = \frac{B_\omega \cdot \omega_i}{I_\omega}, \quad \tau_i(M_\omega) = \frac{M_\omega \cdot S_{\omega_i}}{I_\omega \cdot \delta},$$

де  $B_\omega, M_\omega$  – внутрішні силові фактори стисненого кручення;

$\omega_i, S_{\omega_i}, I_\omega$  – геометричні характеристики стисненого кручення.

Внутрішні силові фактори стисненого кручення визначаємо з рівняння [3]:

$$\theta(s) = \theta_0 + \theta'_0 \cdot \frac{sh(ks)}{k_i} + \frac{B_{\omega 0}}{GI_K} \left[ 1 - ch(ks) \right] + \frac{K_0}{GI_K} \left[ s - \frac{sh(ks)}{k} \right],$$

де  $\theta(s=0) = 0, \theta'(s=0) = 0$ .

Детальний аналіз напружено-деформівного стану розкрив причину виникнення руйнування у зварному з'єднанні поперечини з несучою балкою. Без урахування динамічних навантажень максимальні дотичні напруження в 1,74 рази перевищує напруження визначені класичним методом.

### Література

1. Попович П. В. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / Павло Васильович Попович, Микола Ярославович Сташків, Тарас Анатолійович Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. — Том 78. — № 2. — С. 153-163. — (Машинобудування; автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).

2. Рудицын М.Н. Справочное пособия по сопротивлению материалов [Текст]/. Рудицын М.Н., Артемов П.Я., Любошиц – Минск : "Вышэйшая школа", 1970. – 640 с.

3. Бычков Д.В. Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1962. – 472 с.

УДК 69.036.3

А.М. Окаринський, Ю.І. Пиндус, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВЕЛИКОПРОЛІТНОЇ ТРЬОХШАРНІРНОЇ АРКИ

A.M. Okarynskyi, Yu.I. Pyndus, Ph.D., Assoc. Prof.

## FEATURES OF CALCULATION OF THE LARGE-FLIGHT THREE-HINGED ARCH

Арка — криволінійний брус плавного обрису, тримка будівельна конструкція. Арки бувають безшарнірні, двохшарнірні та тришарнірні; якщо опорні кінці арки з'єднати стрижнем (затяжкою, що сприймає горизонтальну реакцію), утворюється арка із затяжкою.

Проліт розрахункової арки по осях - 66 м, крок арок - 5 м. Матеріали - деревина із сосни 1-го сорту, металеві конструкції вузлів - сталь марки С235.

Конструктивно переріз арки складається з двох поясів, кожен з яких представляє собою спарені гнутоклеєні арки з'єднаних розкосами. Розрахункова схема арки наведена на рис.1.

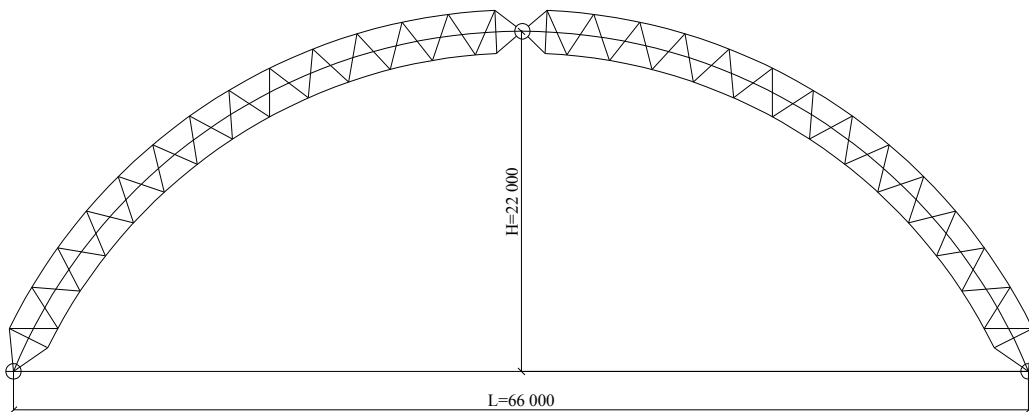


Рисунок 1. Розрахункова схема арки

Радіус осі арки визначається за формулою:

$$R = \frac{l^2 + 4f^2}{8f} = 35,75\text{м}$$

Центральний кути дуги арки:

$$\alpha = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R-f}{R}\right) = 134,72^\circ$$

Довжина осі арки:

$$S = \frac{\pi R \alpha}{180} = 84 \text{ м}$$

Напруження в розрахунковому перерізі обчислюємо за формулою :

$$\sigma_c = \frac{N}{\phi F_{розр}}$$

Розрахунок на стійкість плоскої форми деформування необхідно проводити для арок будь-якого обрису за умови, якщо відношення висоти перерізу арки до ширини більше 5.

**УДК 692.52**

**А.В. Онисько, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗБІРНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ**

**A.V. Onysko, H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof..**

### **ADVANTAGES OF APPLICATION OF PRECAST MULTI-HOLLOW FLOORS IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

Перекриття, як внутрішні горизонтальні конструкції будівель, що розмежують внутрішній простір по висоті на поверхи, сприймають і передають на стіни чи колони постійні й тимчасові навантаження від обладнання, людей, матеріалів тощо, а також ізолюють приміщення одне від одного та від впливів зовнішнього середовища.

Міжповерхові перекриття каркасних будівель найчастіше комплектують повністю зі збірних залізобетонних елементів – балок панелей. Також застосовуються інші конструкції перекриттів: монолітні перекриття у вигляді плоскої залізобетонної плити або ребристої конструкції; збірно-монолітні перекриття зі збірних панелей перекриттів, посилені монолітними балками або монолітними балками й плитою; монолітне залізобетонне перекриття по металевих балках.

Оскільки найбільша витрата залізобетону у будівлях припадає на плити, то важливим питанням є економічність прийняття рішення конструкцій плитних елементів. Однією із найефективніших складових збірних перекриттів є багатопустотні плити перекриття (Рисунок), що представляють собою спеціальні елементи, із внутрішніми порожнечами у поздовжньому напрямку.

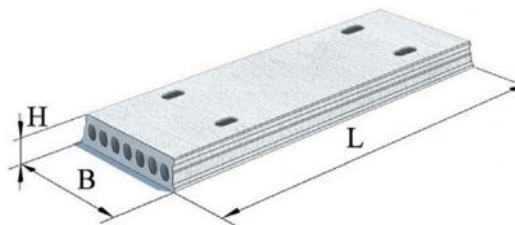


Рисунок 1. Багатопустотна плита перекриття

Подібна конструкція сприяє зниженню власної ваги, без зміни несучої здатності. Такі плити виготовляють у заводських умовах із поетапним контролем якості протягом всього циклу, завдяки чому гарантуються нормативні експлуатаційні показники. Заводський цикл виробництва зумовлює набуття проектної міцності бетону плити вже через 24 години, що виключає можливість негативного впливу погодних факторів на виріб, на відміну від монолітних конструкцій, що зводяться в умовах будівельного майданчику та потребують тривалої витримки в опалубці та догляду в процесі твердіння.

Номенклатура збірних плит перекриття передбачає випуск елементів шириною 1,0; 1,2 та 1,5 м. Довжина від 1,5 до 9 м, з кроком в 10 см.

Застосовування збірних багатопустотних плит перекриття у будівництві житлових будівель зумовлює скорочення термінів будівництва та ефективніше використання матеріалів.

**УДК 004.00**

**А.А. Павлусик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя ,Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ: «П'ЯТИПОВЕРХОВИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК»**

**A.A. Pavlusik**

**RESEARCH PROJECT RESEARCH: «FIVE-STOREY RESIDENTIAL BUILDING»**

Сучасне будівництво на даному етапі досить стрімко прогресує в розвитку своєї діяльності, і щоб бути в курсі всіх нових технологій будівельної галузі, потрібно завжди слідкувати за їхніми дослідженнями, винаходами і новинами.

Тема мого дипломного проекту є п'ятиповерховий житловий будинок в м. Києві. Я проектую його за удосконаленими вже проектами і головними проектами для мене є:

- Функціональна доцільність будівлі, які повинні відповідати своєму призначенню
- Технічна доцільність будівлі, тобто захист людини від зовнішнього впливу природи.
- Будинкова міцність чинити опір зовнішньому середовищу.
- Будинок також має зберігати свої експлуатаційні якості.
- Архітектурно-художня виразність будівлі, тобто його інтер'єр, екстер'єр який має бути індивідуальним і гармоніювати з місцем де він знаходиться.
- Велике значення має також екологічна доцільність будівлі, тому він має бути мінімально шкідливим для жителів цього будинку і навколишнього середовища.

Тому для будівництва мого проекту використовую максимально екологічні матеріали, практичні, і також максимально економічні.

Деформацію підвалень та будівель можна розділити на наступні види:

Осад – це зміщення, викликане ущільненням (стиском) ґрунту під навантаженням, яке не супроводжується сильною зміною будови ґрунту або скорочення вертикальних розмірів будівлі (або його частин). Осадку можна розділити на три типи:

- абсолютний осад основи або будівлі: визначається для кожного фундаменту окремо;
- середнє осідання підвалення або будівлі: визначається за абсолютною осадкою не менше, ніж за даними трьох окремих фундаментів або трьох ділянок загального фундаменту будівлі або споруди;
- додатковий осад основи або будівлі: даний осад є сумою всіх негативних факторів, що впливають на підвалення або будівлю (зволоження ґрунтів підвалення дощовими і талими водами, несправності відмосток, наявність під фундаментом старих, недбало засипаних виробок, промерзання підвалення, динамічний вплив ударного або віброуючого устаткування на фундаменти і підвалення та інш.).

### **Література**

1. В. Хелемський ДБН 360-12. «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень». [<https://dabi.gov.ua/>]

2. М. Микитаренко ДСТУ Б А.2.4-4-10 «Основні вимоги до проектної та робочої документації.» [<http://www.budnet.com.ua/>]

3. Д.Калінчук ДСТУ Б А.2.4-2:2019 «Умовні позначки і графічні зображення елементів генпланів» [<http://ukrainebud.com/>]

4. Г.Соловійова ДБН В.1.2-2:2015 «Навантаження і впливи» [<http://ukrainebud.com/>]

5. О.Кореняк ДСТУ-Н Б.В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [<http://profbuild.in.ua>]

6. О.Іванов ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель» [<http://www.budnet.com.ua/>]



УДК 69

**В.А.Павлючик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ І БУДІВНИЦТВІ**

**V.A. Pavliuchyuk**

### **VIM-TECHNOLOGIES IN DESIGN AND CONSTRUCTION**

Розроблення та впровадження єдиної концепції ВІМ – Будівельного Інформаційного Моделювання в архітектурно-будівельній галузі України є надзвичайно актуальним питанням на сьогоднішній день. ВІМ – використання спільного цифрового представлення об'єкту, що будується, для сприяння процесам проектування, спорудження та експлуатації з метою створення надійної основи для прийняття рішень. [1]. З огляду на розвиток технологій сьогодні, ми вже не можемо говорити про сучасне проектування лише у двовимірному САД-проектванні з непов'язаними графічними даними, де значною мірою відсутні взаємозв'язки між усіма учасниками проектування. Тому важливою задачею є пошук засобів проектування з повним використанням можливостей ВІМ-технології. В роботі представлено один з можливих варіантів впровадження ВІМ-технологій з застосуванням графічних пакетів САПР: створення проекту будівлі в ARCHICAD з заданням необхідних конструктивних характеристик елементів та властивостей матеріалів, з подальшим експортом моделі в форматі IFC в САПФІР-3D та передачею в Ліра САПР для здійснення необхідних інженерних розрахунків та креслень.

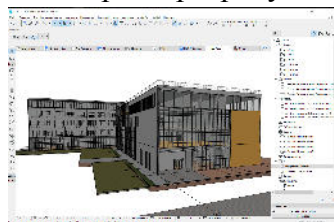


Рисунок 1 Створення моделі будівлі в ARCHICAD 22

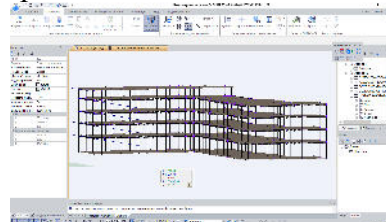


Рисунок 2 Розрахункова модель в САПФІР-3D, з заданими навантаженнями

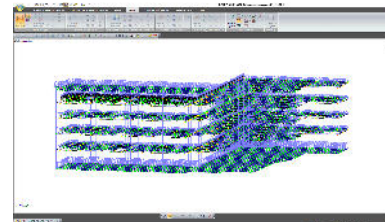


Рисунок 3 Результат передачі моделі в Ліра САПР

Оскільки модель створена засобами комп'ютерного моделювання це дозволяє при заданні різних параметрів мати змогу проаналізувати різні варіанти конструктивних проектних рішень з метою обрання найефективнішого з них. Також робота над єдиною моделлю дає змогу уникнути багатьох проектних помилок та колізій різних елементів, які трапляються при 2D проектуванні та оптимізувати проектні рішення з різних розділів проекту. Результати, отримані на стадії проектування є лише першим етапом життєвого циклу проекту. На етапі будівництва всі дані, які містить інформаційна модель (графічну, текстову, тривимірну (3D) та календарну інформацію (4D) про процес організації та виконання будівельних робіт, а також економічну–фінансування та витрати (5D)) дадуть змогу контролювати та фіксувати процеси та аналізувати можливі відхилення. Згодом, після уточнення цифрової копії об'єкта, відповідно до збудованого, на етапі експлуатації, можна використовувати цифрові дані для ефективного управління та використання будівлі. ВІМ дає можливість системного підходу до процесу проектування створення об'єкту та є надійною основою для прийняття рішень на кожному етапі, базуючись на даних, закладених в попередньому етапі.

**УДК531.374**

**М.Р. Паньків канд. техн. наук, доц., Д.І. Лозовенко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ**

**M.R. Pankiv, Ph.D., Assoc. Prof, D.I. Lozovenko**

### **DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF CUTTING DURING**

Одна з головних завдань технологічної підготовки виробництва при токарних роботах – це визначення раціональних режимів різання. При їх розрахунку повинні враховуватися особливості виробу і можливості верстатного парку, а також наявність відповідного інструменту, пристроїв і оснащення. Компонування вузлів і агрегатів токарного верстата дозволяє реалізувати два визначальні види руху, які формують задану конфігурацію поверхонь деталі: обертання заготовки (головний рух) і переміщення різця вглиб і уздовж поверхні деталі (подача). Тому основними технологічними параметрами для токарного обладнання є: глибина різання; подача та оберти шпинделя; швидкість різання.

Існує взаємозалежність режимів різання і основних елементів виробничої економіки. Серед них найбільш значущі - це: продуктивність обладнання; якісні показники виробництва; вартість виробів, що випускаються; зношення обладнання; стійкість інструменту; безпека праці.

Точіння на граничних режимах підвищує продуктивність токарного обладнання. Однак така робота верстатів не завжди можлива і доцільна, тому що існують обмеження у вигляді граничної потужності головного приводу, жорсткості і міцності оброблюваних виробів, а також технологічних параметрів інструменту і оснастки.

Ще одним обмеженням є характеристики окремих матеріалів. Наприклад, титан і нержавіюча сталь для токарної обробки є одними з найбільш складних матеріалів і вимагають особливого підходу при визначенні параметрів технологічної операції. При неправильному розрахунку або підборі технологічних параметрів робота на високих швидкостях може викликати підвищену вібрацію і розбалансування окремих механізмів токарного верстата. Це призводить до зниження точності і повторюваності розмірів виробів. Крім цього підвищується ризик поломки інструменту і виходу з ладу верстата.

Розрахунок режимів різання при токарній обробці здійснюється фахівцями відділу головного технолога підприємства або технологічного бюро цеху. Отримані результати заносять в операційну карту, в якій наводиться послідовність етапів, перелік інструменту і режими виготовлення необхідної деталі на конкретному токарному верстаті. Заводські і цехові технологи розраховують параметри технологічного процесу і вибирають відповідні інструмент і оснастку, використовуючи конструкторські креслення, емпіричні формули і табличні показники з технологічних довідників. Але на практиці реальні умови точіння можуть відрізнятися від нормативних через наступні випадки: зниження точності обладнання в результаті зносу; відхилення в геометричних розмірах і фізичних характеристиках заготовки, невідповідність характеристик матеріалу розрахунковим.

Тому для уточнення розрахункових технологічних режимів рекомендується застосовувати метод пробних проходів: точіння невеликих ділянок поверхні з підбором режимів і подальшим виміром геометрії та якості поверхні.

УДК 621.9.06  
Н.М. Паньків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ УТЕПЛЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН

N.M. Pankiv

### COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT VARIANTS OF EXTERIOR WALL INSULATION STRUCTURES

На сьогодні досить гостро постало питання оновлення житлового фонду. Тому, особливо останні десятиліття відбувається різкий підйом сфери житлового будівництва. Це пояснюється тим, що сучасне суспільство уже виховало потребницький клас, з вимогами підвищеного рівня комфорту. Велике значення для останнього відіграє температура повітря та вологості в приміщенні.

З метою порівняння різних варіантів конструкцій утеплення зовнішніх стін слід врахувати в основі такого місце розташування самого утеплюючого шару [1, 2], а саме:

- утеплюючий шар може розміщуватися в стіні (так звана колодязна кладка);
- утеплюючий шар розташований на внутрішній поверхні огорожуючої (зовнішньої стіни) конструкції;
- або ж на зовнішній поверхні цієї конструкції .

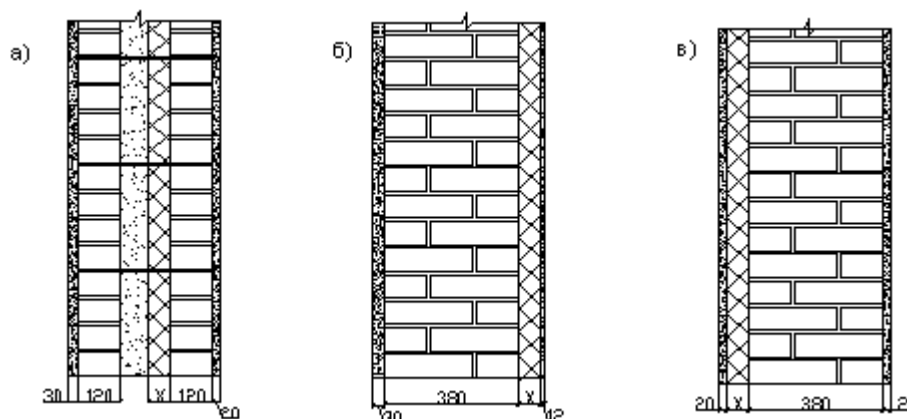


Рисунок 1. Системи утеплення: а) утеплюючий шар може розміщуватися в стіні (так звана колодязна кладка), б) утеплюючий шар розташований на внутрішній поверхні огорожуючої (зовнішньої стіни) конструкції, в) на зовнішній поверхні цієї конструкції.

Практичне значення мають результати дослідження точки роси та врахування всіх переваг та недоліків. Тому з урахуванням даних проведених досліджень слід відмітити про те, що в конденсат не створюється в першому та третьому варіантів розташування утеплюючого шару відносно огорожуючої конструкції, коли в другому запропонованому варіантів конденсат утвориться всередині самого утеплюючому шарі [3].

Слід врахувати і те, що не лише рівень комфортної температури важливий для формування приємного температурно-водного середовища. Іншим важливим фактором являється вологість, на яку впливає не лише формат утеплення зовнішніх конструкцій,

але і кількість людей, котрі проживають в приміщенні, вентиляція, рівень експлуатації різного роду техніки, особливо кухонної. Тому слід враховувати, що для створення здорового мікроклімату стіни повинні «дихати».

З урахуванням паропроникності слід враховувати, що шари огороджуючої конструкції повинні бути розташовані таким чином, щоб опір паропроникності шарів зменшувався у напрямку до атмосфери. Саме неправильне використання будівельного матеріалу може сформувати вологі конструкції, які є причиною утворення грибків та цвілі.

При порівнянні даних систем утеплення висновок формується автоматично та полягає в тому, що ідеального конструктивного вирішення питання не існує, що всі варіанти матимуть своє плюси та мінуси, проте, слід виділити найефективніший спосіб утеплення саме зовнішньої поверхні огороджуючої конструкції. Таке конструктивне рішення з'явилося в другій половині ХХ століття [3].

У практичній сфері застосування варіанту утеплення з штукатурною обробкою існує два конструктивних види застосування:

- система скріпленої теплоізоляції із жорстким закріпленням утеплювача на стіні;
- системи з рухомими сталевими елементами кріплення теплоізоляції.

Дані системи різняться технікою виконання та деякими особливостями монтування. Зокрема в другому варіанті не має значення чистота фасади, його недоліки, адже кріплення відбувається нависне на спеціальні анкерні кріплення. Формується повітряна подушка між утеплюючим шаром та самою стіною. Така конструкція потребує врахування і вентиляції всередині самої себе і врахування сили вітру і дороговартості в кінцевому варіанті. А найбільш поширеним та ефективним залишається система «мокрого» типу. Особливістю даної огороджуючої конструкції полягає саме в щільному приляганні утеплюючого шару до стіни з допомогою клеючих сумішей та покрив утеплювача шаром штукатурки. Особливу увагу слід приділити пожежогасінню. Цінність людського життя неможливо оцінити, тому слід ретельно вибирати сам теплоізоляційний матеріал, який буде використовуватися в конструкціях утеплення зовнішніх стін.

### **Література.**

1. Дроздов П.Ф., Дронов М.И. и др. Проектирование и расчет многоэтажных гражданских зданий и их элементов – М.: Стройиздат, 1986. – 351с.

2. Маклакова Т.Г. Конструкции гражданских зданий – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2000. – 275с.

3. <https://cyberleninka.ru/article/n/navesnye-ventiliruemye-fasady-i-mokrye>

**УДК531.374**

**М.Р. Паньків, канд. техн. наук, доц., В.Я. Бугайчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ**

**M.R. Pankiv, Ph.D., Assoc. Prof, V.Y. Bugaychuk**

### **ANALYSIS OF TECHNOLOGIES OF DEEP DRILLING OF HOLES**

Свердління – один з видів отримання і обробки отворів різанням за допомогою спеціального інструмента – свердла. Отвори поділяють на звичайні до 10 см і глибокі, більше 10 см.

Сфера застосування технології глибокого свердління: виготовлення гільз, осей, втулок, циліндрів і валів.

Обробка металевих виробів проводиться спіральними, гарматними і ежекторними свердлами. Структура спіральних свердел передбачає наявність гвинтових отворів, через які надходить охолоджуюча рідина. Інструмент використовують у високоякісній обробці деталей, глибина – більше трьох діаметрів. Гарматні свердла виконані зі сталі, на кінці яких розташовані твердосплавні пластини, діаметр – 8-30 мм, а довжина до 1700 мм. Дане свердло не тільки ріже за принципом пера, а й додатково усуває нерівності поверхні. Ежекторні сверда з конусоподібної насадкою, призначені для високошвидкісних отворів діаметром до 20 мм. У виробничій програмі фірм, які виробляють сучасний швидкорізальний інструмент (Fette, Guehring, Titex Plus) є свердла великої довжини з крутим кутом підйому спіралі стружкової канавки. Як правило, ці свердла випускаються в діапазоні діаметрів до 12 мм з циліндричним хвостовиком та з можливою глибиною свердління до 25-30 діаметрів. Свердла більшого діаметра випускаються з конічним хвостовиком, для глибини до 10-12 діаметрів. Для видалення стружки подібні свердла використовуються в циклах глибокого свердління з виведенням свердла з отвору.

Технологія глибокого свердління в обов'язковому порядку передбачає подачу під тиском мастильних рідин охолоджуючого характеру. Тим самим зменшується сила тертя, відбувається природне відведення тепла і ефективно усувається стружка. Для якісного свердління необхідно визначити два головних параметри - швидкість різання і обертання свердлильної частини.

В машинобудуванні існують дві основні передумови використання будь-яких свердел для глибокого свердління, а саме система подачі ЗОР верстата повинна забезпечувати тиск і розхід ЗОР, достатні для видалення стружки з отвору без виведення самого свердла; конструкція шпинделя верстата повинна забезпечувати внутрішнє підведення ЗОР через інструмент, в якості ЗОР на спеціалізованих верстатах для глибокого свердління використовується масло для операцій глибокого свердління, на універсальних верстатах - різні види емульсій та конструкція верстата і налагодження повинні забезпечувати напрямок і центрування свердла, достатній для забезпечення прямолінійності його переміщення.

Зазначені особливості операції глибокого свердління привели до створення спеціального типу обладнання верстатів для глибокого свердління. Такі верстати забезпечують підведення ЗОР під великим тиском, а також оснащені системою напрямних втулок і люнетів для направлення свердла. Поява на ринку оброблюючих центрів із ефективними системами підведення ЗОР через шпиндель і інструмент дозволили реалізувати свердління глибоких отворів безпосередньо в циклі повної обробки деталі.

**УДК 669.539**

**О.М. Пастущин, С.С. Кондро**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ПІД СОНЯШНИК**

**О.М. Pastushchyn, S.S. Condro**

### **PROSPECTIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF PROCESSING METHODS SOIL UNDER SUNFLOWER**

В процесі вирощування соняшнику обробіток ґрунту є доволі важливим заходом. Він служить основою оптимізації умов для зростання і розвитку рослин, а також визначає якість і ефективність дії решти агротехнічних чинників, що безпосередньо впливають на урожаї цієї культури. Разом з тим прямі витрати на обробіток ґрунту, зокрема витрати, пов'язані із застосуванням відповідних машин і устаткування, складають значну частину всіх витрат на обробіток соняшнику. Тому із поступовим підвищенням родючості ґрунту спосіб обробітку повинен приводити до підвищення загального економічного ефекту і рентабельності виробництва. У цьому контексті спосіб обробітку ґрунту повинен повністю відповідати біологічним вимогам культури, місцю соняшнику в сівозміні, а також конкретним агро-кліматичним умовам

Тенденції і нові напрями розвитку методів обробітку ґрунту під соняшник визначають науково-технічний прогрес в сільському господарстві і особливо досягнення у сфері виведення нових сортів і гібридів, відмінних комплексною стійкістю до хвороб. Це дозволяє скоротити цикл ротації культур в сівозміні і підвищує можливості вибору попередніх культур. Загалом і в цілому подальший розвиток методів обробки ґрунту проходитиме, мабуть, в наступних чотирьох основних напрямках:

- у напрямку зменшення глибини основного обробітку і числа операції по передпосівному додатковому обробітку, чому сприятиме повне виключення агротехнічних заходів в післяпосівний період;
- у напрямку заміни класичної оранки безвідвальним обробітком;
- у напрямку об'єднання операцій із обробітку ґрунту, внесенню добрив, захисту рослин і посівів за одну операцію;
- у напрямку повної відмови від проведення яких би не було операцій із обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику.

Скорочення числа операцій із передпосівного обробітку ґрунту і повне усунення післяпосівних агротехнічних заходів при інтенсивній хімічній боротьбі з бур'янами у ряді країн вже стало технологічною нормою в процесі обробітку соняшнику. Певною мірою знаходить практичне застосування на легких ґрунтах метод зменшення глибини основного обробітку. На важких ґрунтах застосування цього методу обмежене відсутністю відповідних знарядь для проведення в цих умовах дрібної обробки на належному якісному рівні. Можна сподіватись, що в найближчому майбутньому ця проблема буде розв'язана, оскільки в даний час в широких масштабах ведуться дослідження по створенню конструкцій ще важчих знарядь, призначених для високоякісного основного обробітку ґрунту на невелику глибину. При обробітку соняшнику, який необхідно висівати весною якомога раніше, об'єднання операцій із обробітку ґрунту з посівом дозволить виконувати ці операції в найсприятливіші терміни. Система догляду за соняшником без обробітку ґрунту є доволі перспективною. Ця технологія виключає усі ланки обробітку ґрунту в період догляду за рослинами, забезпечує збереження природної родючості ґрунту і знижує витрати виробництва.

УДК 62.519

**І.Р. Петрашевський, Г.П. Химич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ НЕЗАЛЕЖНОЮ АВТОНОМНОЮ СИСТЕМОЮ ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕННЯ «SMART HOME».**

**I.P. Petrashevskij, G.P. Khymych**

### **RESEARCH OF THE METHOD OF REMOTE CONTROL OF THE INDEPENDENT AUTONOMOUS ROOM HEATING SYSTEM «SMART HOME»**

Протягом останніх 25 років «розумні» інтелектуальні технології стрімко входять у побут, покращують якість життя, екологічний стан, забезпечують енергоефективне використання джерел енергії. Стандартні рішення smart home включають орієнтовно (7-10) варіантів, рис.1., які дозволяють керувати інтелектуальними системами приміщення, будинку: розумне освітлення, інтелектуальна безпека, центральний стан, відеоспостереження, контроль побутової техніки, контроль доступу, контроль використання енергоносіїв, експлуатаційний контроль, пожежобезпека, розумна завіса, управління тепловою енергією.



Рисунок 1. Варіант рішення smart home.

Один із ключових моментів з точки зору обігріву приміщення, будинку у осінньо – зимовий та ранній весняний періоди є основним і вимагає оптимального рішення вибору. В Інтернет мережах пропонується багато різних рішень, які можна втілювати в структуру систем керування енергоносіями будинку. Для впровадження рішень smart home використовують бездротові технології інтегрованого збору та передачі даних на пристрій контролю, керування та візуалізації даних, а саме: ZigBee, WiFi та Bluetooth та Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE). Це є найпопулярніші протоколи зв'язку, які використовуються у smart home.

ZigBee – стандарт для набору високорівневих протоколів зв'язку, що використовують невеликі, малопотужні цифрові приймачі, заснований на стандарті IEEE 802.15.4-2006 для бездротових персональних мереж, що з'єднані з мобільними телефонами за допомогою радіохвиль короткохвильового діапазону. ZigBee працює в промислових, наукових і медичних (ISM-діапазон) радіодіапазонах: 868 МГц в Європі, 915 МГц у США та в Австралії, і 2.4 ГГц у більшості країн у світі (під більшістю юрисдикцій країн світу). Як правило, виробники чипів ZigBee, поєднують радіо- й мікроконтролер з розміром Flash-пам'яті від 60К до 128К. Існують три різних типи пристроїв ZigBee: координатор ZigBee (ZC), маршрутизатор ZigBee (ZR), кінцевий пристрій ZigBee (ZED).

Wi-Fi - загальноживана назва для стандарту IEEE 802.11 передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. У Smart Home дана технологія використовується рідше



у порівнянні з ZigBee, але має деякі переваги: швидкість передачі даних понад 100 Мбіт/с, при цьому користувачі можуть переміщуватися між точками доступу на території покриття мережі Wi-Fi, використовуючи пристрої, оснащені клієнтськими приймально-передавальними пристроями Wi-Fi та отримувати доступ в Інтернет.

Bluetooth - технологія бездротового зв'язку. В Smart Home дана технологія використовується рідше за Wi-Fi та ZigBee, проте має переваги у вигляді низької вартості, зручної мережевої топології та великої швидкості передачі даних. Інтерфейс Bluetooth дає змогу передавати як голос (зі швидкістю 64 Кбіт/с), так і дані. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 Кбіт/с в одному напрямку і 57,6 Кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 Кбіт/с в обох напрямках) методи. Працюючи на частоті 2.4 ГГц, прийомопередавач (Bluetooth-chip) дає змогу встановлювати зв'язок у межах 10 або 100 метрів. Bluetooth Low Energy з низьким енергоспоживанням або Bluetooth smart - технологія цифрової бездротової передачі даних з наднизьким енергоспоживанням, заснована на недорогих мікросхемах в передавальних пристроях. У сфері Smart Home дана технологія використовується кілька років тому і на теперішній час є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку IoT та Smart Home. Для дистанційного керування автономною системою опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC, Heating, ventilation and air conditioning) через мережу Інтернет за допомогою протоколу Bluetooth LE запропонований даний метод. Переваги такого методу на основі технології Bluetooth LE: високий рівень стандартизації та сумісність між різними протоколами, низька вартість, ультранизьке енергоспоживання, швидкість передачі більше 1 мбіт/сек, продуктивність модуля може налаштовуватись в залежності від потреб (збільшення швидкості передачі за рахунок зменшення радіусу дії або навпаки), простота з'єднання, захищеність зв'язку, наявність уніфікованих API для роботи з периферією Bluetooth LE під більшість платформ: Android, iOS, desktop (Java, JS, Python, C++, C#, Ruby та інші).

Основне завдання створення методу дистанційного керування автономною системою опалення на основі протоколу зв'язку Bluetooth LE полягає у інтегрованого накопичення даних з периферійних пристроїв, їх аналіз на основі даних енергоспоживання та сенсорів (температура, вологість), здійснення комутації (керування) приладами, створення Smart Dispatcher – сервера для комп'ютера. Цей сервер забезпечує автоматизоване керування системою у з наступними функціями: збір даних від усіх пристроїв системи, можливість користувачу переглядати статистику роботи приладів, можливість в ручному режимі підключати/відключати їх від електромережі. На основі отриманих даних в автоматичному режимі приймає рішення про комутацію приладів за наступними показниками, значення яких встановлюються користувачем у додатку: відключення приладу від мережі у разі отримання від нього даних про підвищену температуру; відключення приладу від мережі у разі аномальної зміни струму, відключення приладів у разі перевищення встановленого ліміту, відключення/підключення приладу від електромережі в залежності від встановленого для нього добового графіку роботи.



### **Література.**

1. Control Your Castle. The Latest in HVAC Home Automation. - Режим доступу: <http://www.achrnews.com/articles/124160-control-your-castle-thelatest-in-hvac-home-automation>.

УДК531.374

**М.І. Пилипець докт. техн. наук, проф., Н.І. Ногачівський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗОВНІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ**

**M.I. Pylypets, Dr., Prof., N.I. Nogachivsky**

### **DETERMINATION OF THE RESEARCH OF THE FEATURES OF THE PROCESS OF TREATMENT OF EXTERNAL CYLINDRICAL SURFACES**

Різання металів - дуже складний процес, який часто протікає при високих швидкостях, температурах і тисках, що діють на різець і оброблювану заготовку. Шар металу, що знімається піддається значним пружим та пластичним деформаціям, в результаті взаємодії його з ріжучим лезом інструменту. Це супроводжується структурними змінами в поверхневому шарі деталі, що проникає на значну глибину, перебігом і руйнуванням шару, що знімається, тертям та іншими явищами. Великих змін зазнає поверхневий шар, де виникають залишкові напруження різної інтенсивності, а також наклеп, що впливають на фізико-механічні та експлуатаційні властивості обробленої поверхні, а отже і на ресурс виготовлених деталей машин.

Основою процесу різання є уявлення про ріжучий клин, який взаємодіє з оброблювальною поверхню під дією сили різання при одночасній наявності головного руху і руху подачі. Для забезпечення процесу різання необхідно, щоб ріжучий клин мав певну геометрію, тобто наявність переднього і заднього кутів, кута в плані, кута нахилу ріжучої кромки, достатню твердість інструментального матеріалу, міцність В процесі розвитку теорії різання зусилля багатьох вчених були спрямовані на те, щоб забезпечити оптимальні співвідношення між перерахованими вище параметрами, міцністю інструменту, продуктивністю обробки і якістю обробленої поверхні. Це завдання в багатьох випадках не може бути однозначно вирішено, так як поліпшення одних параметрів призводить до погіршення інших. Одним з найбільш доступних і простих методів підвищення продуктивності є правильний вибір інструментального матеріалу, основна властивість якого полягає в дотриманні нерівності  $H_i \gg H_d$ , яке означає, що твердість інструментального матеріалу ( $H_i$ ) повинна бути в багато разів більше твердості матеріалу оброблюваної деталі ( $H_d$ ). Цю умову не завжди вдається задовольнити з двох основних причин:

- з подальшим підвищенням науково-технічного прогресу з'являються нові матеріали, що застосовуються при виготовленні деталей машин, наприклад, жароміцні і інші, що володіють підвищеною твердістю і механічними властивостями, в той час як створення нових надтвердих інструментальних матеріалів практично не спостерігається;
- зі збільшенням твердості інструментального матеріалу зростає його крихкість, що веде до вимушеного зниження продуктивності в силу обмеження величини подачі через можливе викришування і поломки ріжучого леза.

Трудомісткість обробки полягає в недостатній жорсткості системи інструмент-деталь, неможливості контролю над процесом різання і низької продуктивності. Але одним з найбільш проблемних питань є необхідність дроблення стружки і її видалення із зони різання і отвори.

Одним із способів позбутися від проблем, які виникають при обробленні зовнішніх циліндричних поверхонь – це використання кінематичних методів підвищення продуктивності, міцності інструменту і підвищення зносостійкості, а також за рахунок застосування багатозубих лезових інструментів.

УДК 621.91

М.І. Пилипець, докт. техн. наук, проф., В.І. Щербань, О.О. Костюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РОЗТОЧНОЇ ОПРАВКИ ПІД ЧАС ОБРОБКИ НАСКРІЗНОГО ОТВОРУ

М.І. Pylypets, Dr., Prof., V.I. Shcherban, O.O. Kostiuk

## THE STUDY OF BORING BAR DEFORMATION DURING THROUGH HOLE MACHINING

Для дослідження деформації розточної оправки під час оброблення наскрізного отвору використано розрахункову схему на рис. 1 та дані із публікації [1], при цьому як додаткову опору для оправки 2 застосовано обертову втулку 4.

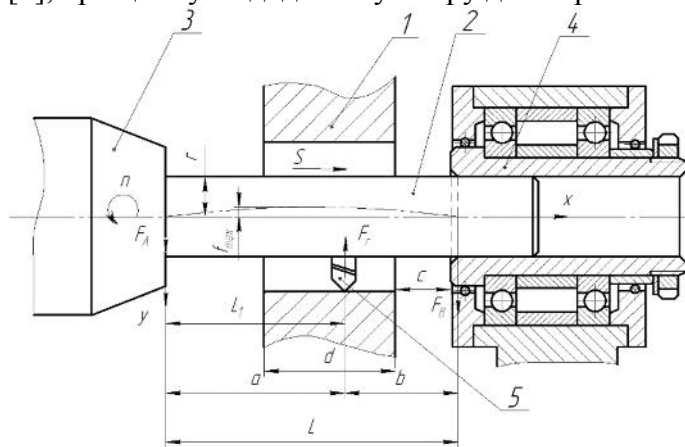


Рисунок 1 – Розрахункова схема для дослідження деформації розточної оправки під час оброблення наскрізного отвору із застосуванням додаткової обертової втулки

Виведено залежності для кута повороту і прогину розточної оправки:

$$EI \frac{d y_1}{d x} = F_A \frac{x^2}{2} + EI \Theta_0 - F_r \frac{(x-a)^2}{2}; \quad EI y_1 = F_A \frac{x^3}{6} + EI y_0 + EI \Theta_0 x - F_r \frac{(x-a)^3}{6}.$$

де  $E$  – модуль пружності першого роду, МПа;  $I$  – момент інерції поперечного січення розточної оправки, мм<sup>4</sup>;  $\Theta_0$  – початковий кут повороту оправки, рад;  $F_r$  – радіальна сила різання на різці, Н;  $a$  – відстань від шпинделя верстата до різця, мм;  $F_A$  – реакція опори шпинделя верстата, Н.

Встановлено максимальну величину деформації оправки на початку розточування отвору

$$f_{\max 1} = \frac{0,256 F_r (c+d)(L_1+d+c)^2 \sqrt{\left(1 - \frac{(c+d)^2}{(L_1+d+c)^2}\right)^3}}{E \pi r^4}.$$

де  $c$  – відстань від торця втулки до торця отвору заготовки, мм;  $d$  – глибина отвору, мм;  $L_1$  – відстань від шпинделя верстата до різця на оправці, мм;  $r$  – радіус розточної оправки, мм.

### Література

1. Ляшук О.Л. Дослідження деформації заготовки в процесі нарізання зовнішніх радіусних канавок пристроєм із декількома різцями / О.Л. Ляшук, А.Є. Дячун, О.Л. Третьяков // Перспективні технології та прилади. Зб. наук. праць. – Луцьк, 2018. – Вип. 12. – С. 105-110.

**УДК 624.151**

**І.М. Підгурський, М.О. Ткачук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

**I.M. Pidgurskyi, M.O. Tkachuk**

### **RESEARCH OF FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

Технології фундаментобудування на сьогодні успішно розвиваються у всіх країнах світу. Удосконалення проектних рішень в області фундаментобудування приводить до значної економії ресурсів (матеріальних і трудових) та скорочення термінів будівництва. Варто зазначити, що саме фундамент і основи (а не надземні частини будівель і споруд) у 80% є причиною руйнування будівель та споруд [1]. Тоді як вартість фундаментів складає в середньому 12% від вартості споруд, трудозатрати – 15% і більше, а тривалість робіт з влаштування фундаментів – 20% терміну будівництва споруди. При неправильному початковому проектуванні будівель та споруд необхідно проводити їх підсилення – реконструкцію. Роботи, пов'язані з реконструкцією, підсиленням і ремонтом фундаментів будівель, що отримали значні деформації основи, можуть досягати 30-40% загальної вартості споруд.

На вибір типу фундаменту впливає врахування численних факторів: топографічних особливостей місцевості, інженерно-геологічних умов, конструктивних особливостей споруд (особливо їх просторово-конструкційної жорсткості та чутливість до осідань), техніко-економічних умов виконання робіт, тощо. Дане складне комплексне завдання вирішується при багатоваріантному проектуванні, в процесі якого вибирають найкраще вирішення даної проблеми, яке дасть змогу максимально використати несучу здатність основ під фундаментами будівлі чи споруди.

Оцінка варіантів проектних рішень фундаментів виконується на основі порівняльного аналізу їх техніко-економічних показників. При цьому варіанти проектних рішень фундаментів і основ повинні бути співставними, тобто розрахованими на однакові навантаження для одних і тих же ґрунтових умов і забезпечувати необхідну експлуатаційну надійність будівлі чи споруди; розробленими з однаковим ступенем проектного опрацювання і у відповідності до діючих норм та стандартів будівельного проектування. Головним критерієм при виборі та оцінці найкращого проектного рішення вибирають мінімум приведених затрат. У випадку, якщо приведені затрати у порівнюваних варіантах відрізняються несуттєво, то тоді враховується мінімізація таких натуральних показників як затрати праці, об'єми земляних і бетонних робіт. При недотриманні норм та стандартів України, а також при недостатній інженерно-геологічній базі вишукувань, ймовірність руйнування будівель чи споруд через неправильно запроєктовані фундаменти суттєво зростає. У випадку утворення тріщин, просідання чи нахилу будівлі необхідно приймати відповідні заходи по її реконструкції або, якщо будівля перейшла у аварійний стан, то її демонтажу. Це все призводить до втрати коштів, які могли бути збережені при правильному проектуванні даної будівлі чи споруди. Необхідно також звернути увагу на те, що при реконструкції чи демонтажі будівлі, можуть настати негативні наслідки для навколишніх будівель чи споруд, особливо якщо йдеться про суттєві роботи з основами постраждалої будівлі чи споруди.

#### **Література.**

1. Механіка ґрунтів. Основи і фундаменти: Підручник / В. Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников та ін. – Дніпропетровськ: “Пороги”, 2014. – 231 с.

**УДК 699.81.**

**М.Ю. Поврозник, О.Є. Сабох, Н.Ю. Черномаз, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ СТІНОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ**

**M.Yu. Povroznyk, O.Ye. Sabokh, N.Yu. Chornomaz, Ph.D.**

## **INFLUENCE OF WALL ELEMENTS ON SEISMO STABILITY OF FRAME BUILDING**

Одним з видів конструктивних рішень, широко вживаних у практиці проектування та будівництва житлових і громадських будівель, є багатоповерхові будинки із залізобетонним каркасом.

Поширеним видом вирішення зовнішніх і внутрішніх стін каркасних будинків є стіни з дрібноштучних матеріалів, які виконуються у вигляді цегляного заповнення між елементами каркасу. При проектуванні каркасних будинків з використанням таких стінових заповнень необхідно враховувати їх істотний вплив на жорсткість будівлі шляхом перерозподілу зусиль в елементах каркасу.

Особливо це проявляється при дії на конструкції горизонтальних навантажень від сейсмічних впливів.

Можна сказати, що наявність суцільного цегляного заповнення дещо змінює характер роботи елементів каркасу. Так, спостерігається скачок величини поперечних зусиль у колонах і ригелях поблизу вузлів, що примикають до кінців стиснутої діагоналі панелі.

Поперечні сили ( $Q_z$ ) в елементах каркасу в схемі із заповненням значно вище, ніж без заповнення. Такий стрибок зусиль в колонах і ригелях (майже в два рази) може привести до руйнування елемента, якщо не вжити необхідних конструктивних заходів щодо посилення його перерізу.

Викликано таке збільшення поперечних сил тим, що при наявності в схемі цегляного заповнення значна частина навантаження сприймається жорсткою панеллю. А так як цегляна панель в силу конструктивних особливостей не може сприймати і передавати зусилля безпосередньо в вузлах з'єднання колон і ригелів, то поперечні сили будуть давати скачок на деякій відстані від геометричного центру вузла.

Характерною особливістю цегляного заповнення, виконаного в складі рам каркасу, у порівнянні з залізобетонними діафрагмами жорсткості є те, що передача зусиль на дрібноштучне заповнення від елементів каркаса при його деформації, відбувається тільки в місцях розподілу стискаючих напружень в площині контакту елементів; передача ж розтягуючих напружень не відбувається.

Таким чином, з одного боку наявність заповнення спричиняє негативний вплив на елементи каркасу, значно збільшуючи поперечні сили в них, але з іншої сторони воно діє позитивно, підвищуючи жорсткість конструкції, тим самим, знижуючи її деформації.

Жорсткість цегляного заповнення досить складно врахувати в розрахунку конструкцій. Раніше робилися спроби визначити величину, що характеризує жорсткість заповнення каркаса з цегли та дрібноштучних каменів. Однак, у зв'язку з тим, що виконати такий розрахунок без використання програмних засобів - це досить складна і трудомістка задача, то формули, за якими визначалися жорсткісні і деформаційні характеристики заповнення, є в значній мірі наближеними.

УДК 624.048

Л.Л. Політов, І.В. Коваль канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ БУДІВЕЛЬ

L.L. Politov, I.V. Koval Ph.D.

### PRINCIPLES OF DESIGNING EARTHQUAKE-RESISTANT BUILDINGS

В Україні силу поштовхів і коливань під час землетрусів прийнято вимірювати за 12-бальною шкалою інтенсивності, також часто використовують магнітуду (силу землетрусу за шкалою Ріхтера, бо її фіксують сейсмографи, а інтенсивність визначають за силою руйнувань. Значні сейсмічні процеси існують в Закарпатті, де неодноразово були землетруси інтенсивністю 6-7 балів.

Сейсмічність будівлі це здатність зберігати після землетрусу функції, передбачені проектом, що передбачають відсутність глобальних обвалень або руйнувань будівлі або її частин, які можуть спричинити загибель і травмування людей; можливість продовження експлуатації будівлі після відновлення або ремонту. Сейсмічний моніторинг проводиться у період будівництва та експлуатації будівель і споруд.

Розрахунки споруд на аварійне сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу слід виконувати із використанням: спектрального методу; прямого динамічного методу із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або набору синтезованих акселерограм; нелінійного статичного розрахунку, що застосовується за необхідності врахування нелінійної реакції конструкцій та/або в якості альтернативи нелінійному динамічному розрахунку.

При визначенні розрахункових значень горизонтальних сейсмічних навантажень на будівлі та споруди висотою  $H$ , яка перевищує у два і більше разів її ширину  $B$  і довжину  $L$  допускається приймати розрахункову схему (рис. 1,а) у вигляді багатомасового пружно-деформованого консольного стрижня, жорстко закріпленого на основі, який несе зосереджені маси вагою  $Q_k$ , розташовані на рівні перекриттів, і здійснює коливальний рух за одним із напрямків ( $x$  або  $y$ ).

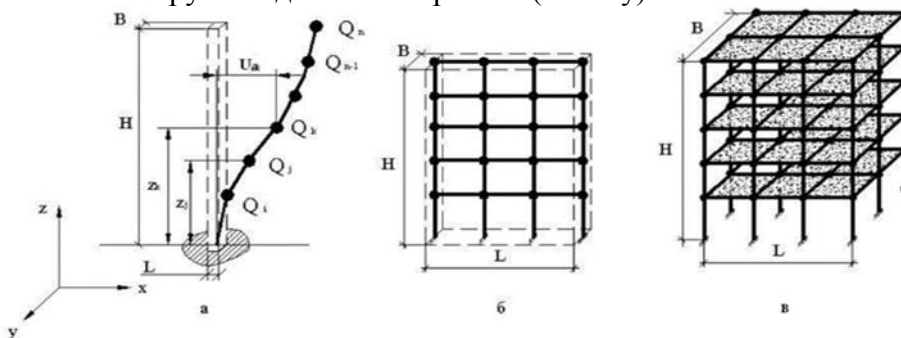


Рисунок 1. Розрахункові схеми будівель і споруд:

а – у вигляді багатомасового консольного стрижня; б – у вигляді багатомасової перехресної системи; в – у вигляді просторової динамічної моделі

При ширині будівлі  $B$ , яка в три і більше разів менша від двох інших її розмірів ( $H$  і  $L$ ), допускається приймати розрахункову схему (рис. 1,б) у вигляді багатомасового пружно-деформованої перехресної системи із зосередженими у вузлах масами, розташованими на рівні перекриттів.

Як правило, рекомендується використовувати просторові розрахункові динамічні моделі із зосередженими у вузлах масами (рис. 1,в).

УДК 621.791.763

В.А. Поліщук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗВАРЮВАННЯ НЕПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ ТРУБИ МАЛОГО ДІАМЕТРА

V.A. Polishchuk

### AUTOMATIC CONTROL OF THE SMALL DIAMETER PIPE FLEXIBLE ELECTRODE WELDING PROCESS

Для вивчення особливостей технологічного процесу дугового зварювання як об'єкта регулювання необхідно узагальнену схему зварювального процесу (рис. 1) деталізувати з урахуванням основних взаємозв'язків, властивих розглянутому способу зварювання. Тут можна виділити два внутрішні замкнені контури регулювання. За допомогою контуру, що охоплює джерело живлення та дугу, де плавиться електрод, реалізується процес саморегулювання електрода. Другий контур охоплює зварний шов, електрод і дугу та показує вплив прогину вільної поверхні зварювальної ванни й глибини проплавлення на довжину дуги. Кінцевим елементом схеми є зварний шов, геометричні розміри якого (глибина проплавлення  $h$ , ширина  $b$ , катет  $a$ ) поряд з хімічним складом і структурою визначають експлуатаційні властивості зварного з'єднання. У реальних умовах кожний з елементів, представлених в узагальненій схемі, функціонує в умовах збурень, що приводить до відхилень розмірів зварного шва від установлених значень і появи дефектів: непроварів, підрізів, напливів тощо [1].

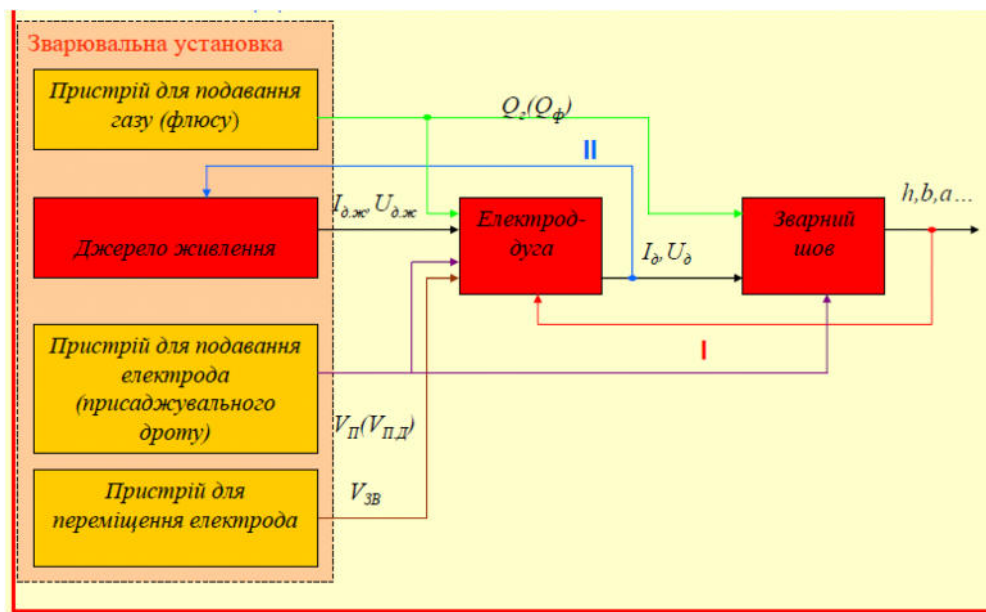


Рисунок 1. Узагальнена схема об'єкту керування при дуговому зварюванні

Збурювання по параметрах режиму зварювання безпосередньо впливають на процеси плавлення основного й електродного металів і їх співвідношення в металі шва. Так, глибина проплавлення зв'язана струмом залежністю:  $H = k_{np}I_d$ , де  $k_{np}$  - коефіцієнт пропорційності, обумовлений полярністю й щільністю струму, швидкістю зварювання, щільністю металу, составом захисного середовища і т.д. Зі збільшенням струму зростає не тільки глибина проплавлення, але й частка основного металу в металі шва.



Збурювання по напрузі дуги впливають на ширину й частку основного металу.

Зміна швидкості зварювання складним чином впливає на форму зварного шва. При малих швидкостях (10 м/год при зварюванні під флюсом) внаслідок зниження інтенсивності витиснення розплаву з-під стовпа дуги величина проплавлення мінімальна. Зі збільшенням швидкості зварювання до 25 м/год проплавлення збільшується, а потім через зниження погонної енергії - зменшується. Таким чином, залежно від установленної швидкості зварювання її зміни можуть бути пов'язані зі змінами глибини проплавлення, як в прямій, так і зворотній залежності. Ширина шва зв'язана зі швидкістю зварювання зворотною залежністю. Зміни вильоту електрода, особливо при зварюванні електродним дротом малого діаметра, суттєво впливають на форму шва. Це обумовлене тим, що зміни вильоту електрода суттєво впливають на продуктивність його розплавлення, у результаті чого змінюється струм, а отже, і глибина проплавлення  $h$  [2].

Схема процесу програмного керування зварювання неплавким електродом наведена на рис. 2.

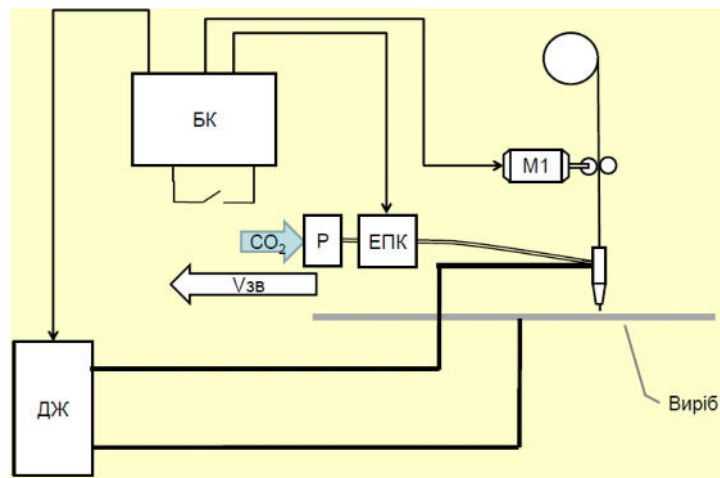


Рисунок 2. Схема процесу програмного керування зварювання неплавким електродом

Технологічні збурювання, обумовлені порушеннями технології підготовки й складання виробів під зварювання, у багатьох випадках є основною причиною відхилень від заданих розмірів зварних швів і появи в них небезпечних дефектів. Так, наявність іржі, вологи, масла, фарби й інших вологих речовин на поверхнях, що зварюються, а також підвищений вміст вологи у флюсі, захисному газі приводять до утворення пор у зварному шві. Підвищений зазор у стику приводить до утвору таких небезпечних дефектів, як провисання шва й прожог. Складання заготовок з перевищенням крайок приводить до утвору напливів і непроварів кореня шва. Не менш важлива умова одержання якісних зварених з'єднань - забезпечення точного розташування електрода стосовно крайок, що зварюються, або шару.

### **Література.**

1. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням. Вид. ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 178 с.
2. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ. 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.

**УДК 621.358.42**

**О.В. Рак, Ю.М. Ковцун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КОМБІНОВАНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

**O.V.Rak, Y.M. Kovzyn**

### **THE COMBINED AGGREGATES ARE FOR TILL OF SOIL**

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур потребують нової ґрунтообробної техніки, яка дає змогу закладати основу високих врожаїв. Оранку доцільно виконувати оборотними плугами або культиваторами з плоскорізними лапами і ярусним встановленням робочих органів. Застосування таких машин запобігає вітровій та водній ерозії ґрунту, яка виникає через несприятливі погодні умови.

Створення комбінованих ґрунтообробних машин – перспективний напрям розвитку засобів комплексної механізації сільськогосподарського виробництва.

Комбіновані машини, які поєднують одночасно в одному процесі виконання кількох технологічних операцій, а саме, обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив і пестицидів дозволяють суттєво заощадити час та зекономити енергоресурси під час підготовки ґрунту до сівби, особливо при недостатньому зволоженні ґрунту.

Фактори, завдяки яким можна сумістити технологічні операції для використання комбінованих машин [1]: збіг часу виконання робіт (передпосівна культивация, сівба, вирівнювання поверхні ґрунту, прикочування, внесення добрив та ін.); обмеженість у термінах виконання робіт (підготовка ґрунту для сівби озимих після непарових культур та ін.); складні погодні умови, за яких роздільне виконання необхідних операцій буде неефективним (випадання опадів одразу після передпосівної культивации викликає часто необхідність повторної культивации), тобто розтягування термінів комплексу робіт для підготовки ґрунту до сівби і посів; наявність енергоємних тракторів придатних для агрегування з комбінованими машинами і знаряддями.

Суміщення операцій у комбінованому агрегаті забезпечує якісну підготовку ґрунту за коротший термін порівняно із застосуванням одноопераційних машин. Результат – сівба у вологий свіжооброблений ґрунт, що сприяє дружній польовій схожості, кращим умовам росту та розвитку культурних рослин і відповідно отримання високого врожаю. Важливим є також і те, що поєднання технологічних операцій скорочує кількість проходів ґрунтообробних агрегатів по полю, чим знижує шкідливу дію ходових систем тракторів на ґрунт. Наприклад, при суміщенні передпосівної культивации з сівбою колії трактора будуть добре розпушеними і цим забезпечується якісніше загортання насіння, на відміну від окремого виконання операцій.

Комбіновані машини мають і недоліки. Порівняно з одноопераційними вони складніші у виготовленні та ремонті, дорожчі; технічна та технологічна надійність може бути нижчою, особливо на важких ґрунтах та в умовах перезволоженого ґрунту. Найкраще поєднувати знаряддя однотипні за характером виконання операції, наприклад для культивации та боронування.

Для виконання комплексу робіт передпосівного обробітку ґрунту можна переобладнати важкі парові культиватори, основними базовими робочими органами яких є важкі оборотні або стрілчасті лапи на жорстких стояках. Такі культиватори є у більшості господарств. Культиватор-розпушувач можна обладнати чизельними робочими органами на пружинних стояках. Кріплення нових робочих органів можна здійснювати безпосередньо до поперечних брусів рами болтовими з'єднаннями через спеціальні накладки. До такого культиватора можна додати котки або борони.

Для переобладнання у комбіновані ґрунтообробні машини можна використати парові культиватори типу КПУ-4 і КПК-4, укомплектувавши їх додатковими робочими органами. Для КПК-4 – це оборотні лапи і рубчасті котки. Для КПУ-4 – це стрілчасті лапи з хвостовиком і зубові борони. Застосування таких агрегатів дозволить виконати основний і передпосівний обробіток ґрунту під будь-яку сільськогосподарську культуру. Найоптимальнішим є їх застосування після збирання просапних чи низько стеблових культур на полях середньої засміченості бур'янами. Такі знаряддя забезпечують розпушення родючого шару, збільшення водопроникності, загальної і некапілярної пористості ґрунту, що створює оптимальні умови росту і розвитку культурних рослин, сприяє підвищенню віддачі від мінеральних добрив. Все це забезпечує отримання високих врожаїв.

Універсальними комбінованими агрегатами для передпосівного обробітку ґрунту можуть бути машини розроблені на базі плугів-ґрунторозпушувачів, які виконують пошаровий обробіток і ґрунту і забезпечують підготовку поля для сівби за один прохід. Це досягається завдяки особливостям роботи ярусно розміщених важких культиваторних лап і роботи додаткового обладнання, яке встановлено за лапами, наприклад голчасті котки, зубові гребінки і (або) пруткові шлейфи. Голчасті котки своїми голками додатково подрібнюють грудки, дещо ущільнюють і вирівнюють розпушений шар ґрунту. Зубові гребінки додатково подрібнюють грудки і також розрівнюють поверхневий шар ґрунту. Пруткові шлейфи виконують кінцеве вирівнювання поверхні поля.

Комбінований ґрунтообробний агрегат може бути і на базі плоскоріза-щілювача типу ПЩН-2,5, до складу якого входять плоскорізальні лапи і котки, які подрібнюють і вирівнюють поверхню ґрунту.

Можна використати конструкцію культиватора з плоскорізними лапами і двома рядами котків. Це дасть можливість об'єднати кілька технологічних операцій і виконувати їх за один прохід агрегату, а саме розпушити, подрібнити, ущільнити і вирівняти поверхню ґрунту. Таке вдосконалення культиватора не потребує значних економічних затрат і є доступним та ефективним для господарств, які мають одноопераційні ґрунтообробні знаряддя.

Такий комбінований агрегат має ряд переваг: культиватор, обладнаний лапами-плоскорізами, надійними у роботі, які дозволяють готувати ложе під посів насіння на всій ширині захвату. Під час роботи робочі органи культиватора не забиваються грудками ґрунту, бур'янами та поверхневими рештками. Машина подрібнює ґрунту до дрібногрудковатого стану за один прохід агрегату; вирівнює поверхню, що задовольняє агротехнічні вимоги під посів. Є два ряди пружних розпушуючих лап і два ряди котків – один спереду, а два ззаду лап. Задні котки об'єднанні у тандемну коткову секцію, на якій закріплюють вирівнюючий брус. Котки взаємозамінні і їх можна комбінувати в агрегаті як завгодно. Задній ряд котків – меншого діаметру, що сприяє кращому обробітку ґрунту і створенню сприятливого насінневого ложа. Діаметр заднього ряду котків залежить від переднього і глибини обробітку. Ширина захвату агрегату – 2,5 м, що дозволяє агрегатувати його з тракторами з тяговим зусиллям 30 кН. Наявність трьох типів робочих органів збільшує довжину агрегату і тяговий опір, однак дозволяє швидко і якісно виконати весь комплекс робіт з передпосівного обробітку ґрунту.

Залежно від потреби, агрегат можна доукомплектувати іншими робочими органами, або змінювати конструктивно-технологічну схему його роботи.

### **Література**

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 382 с.

УДК 621.326

**А.В. Редчук, П.А. Василюшин, В.А. Дідик, М.І. Яворська, канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИКА ТЕСТУВАННЯ ПОВЕРХНІ ПАРАБОЛІЧНИХ АНТЕН**

**A.V. Redchuk, P.A. Vasylyshyn, Didyk V.A., M.I. Yavorska, Ph D, Assoc. Prof.**  
**METHOD OF TESTING THE SURFACE OF PARABOLIC ANTENNAS**

Параболічні дзеркальні антени, з огляду на їх експлуатаційні характеристики за відносно простої конструкції, є найбільш розповсюдженим типом антен, що використовуються в дециметровому та сантиметровому діапазонах хвиль. Однак що коротшою є довжина хвилі, тим відчутнішим стає вплив погрешностей виготовлення антени на якість прийому сигналу. Прийнятним є варіант, коли середнє квадратичне відхилення (с.к.в.) в контрольних позиціях робочої поверхні дзеркала від ідеального параболоїда із заданою фокусною відстанню не перевищує половини довжини хвилі. Оцінку с.к.в можна здійснювати через віртуальне накладання на поверхню рефлектора теоретично розрахованої поверхні із заданою фокусною відстанню. Оскільки в умовах експлуатації вимірювання координат контрольних позицій на поверхні рефлектора відбувається в дистанційному режимі і в системі координат не прив'язаній до даної поверхні, умовою такого віртуального накладання є приведення порівнюваних даних до однієї системи координат. Запропонована методика оцінки якості поверхні параболічного дзеркала антени як при виготовленні, так і підчас профілактичних оглядів в процесі експлуатації, передбачає наступні етапи:

1. Вимірювання в автоматичному режимі просторових координат контрольних позицій на поверхні рефлектора у його робочому положенні.
2. Знаходження, як показано на рис.1, на основі вимірних даних оптимально наближеної апроксимаційної поверхні другого порядку, тобто обчислення за методом найменших квадратів коефіцієнтів  $a_{20}, a_{02}, a_{11}, a_{10}, a_{01}, a_{00}$ , оскільки в загальному випадку рівняння такої поверхні в декартовій системі координат

$$z = a_{20}x^2 + a_{02}y^2 + a_{11}xy + a_{10}x + a_{01}y + a_{00} \quad (1)$$
$$-0.0248 x^2 - 0.0256 y^2 - 0.0001 xy - 0.1320 x + \dots + 43.5397$$

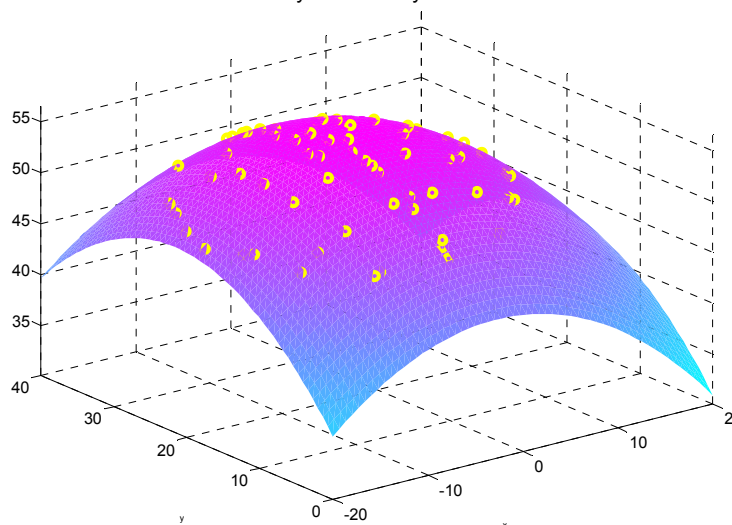


Рисунок 1. Контрольні позиції і апроксимована за ними поверхня параболоїда в системі координат вимірювального пристрою

3. Представлення (1) у канонічній формі:  $Z = aX^2 + bY^2 + q_0$ , (рис.2) через перетворення координат

$$x' = x - x_0, y' = y - y_0, \text{ де } x_0 = \frac{2a_{02}a_{10} - a_{11}a_{01}}{4a_{20}a_{02} - a_{11}^2}, y_0 = \frac{2a_{20}a_{01} - a_{11}a_{10}}{4a_{20}a_{02} - a_{11}^2},$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}, \text{ де } \varphi = 0.5 \tan^{-1} \frac{a_{11}}{a_{02} - a_{20}}.$$

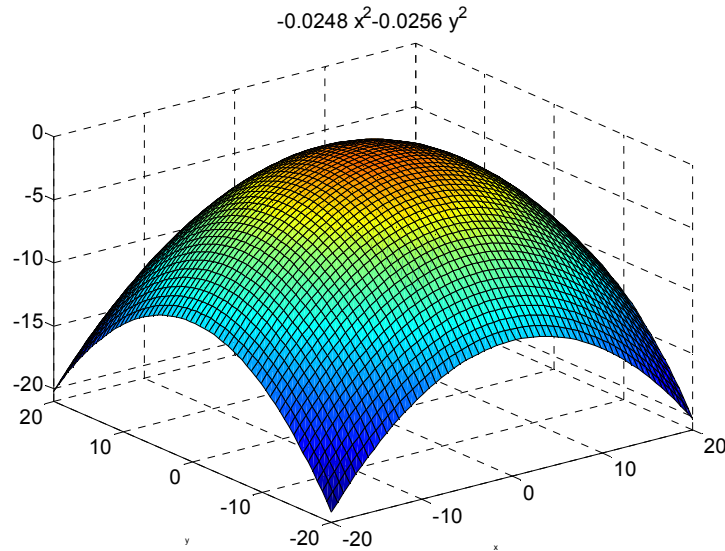


Рисунок 2. Апроксимована поверхня (1), після приведення до канонічної форми

4. Знаходження відхилень між апроксимованою і еталонною поверхнями у контрольних позиціях.

5. Обчислення с.к.в. і прийняття висновку про відповідність тестованої поверхні експлуатаційним вимогам.

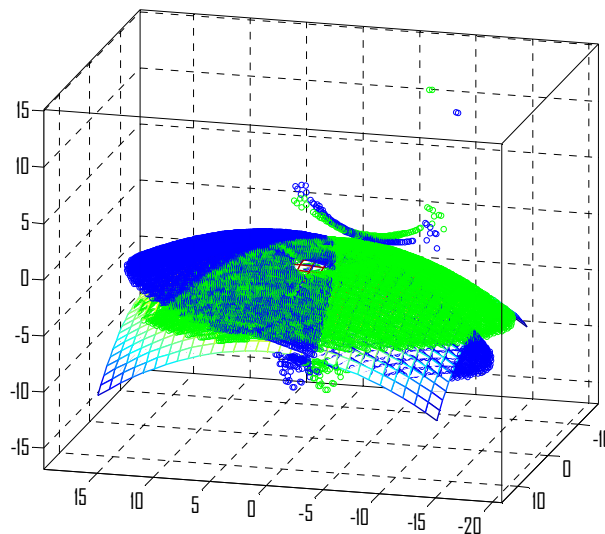


Рисунок 3. Поверхня рефлектора в робочому положенні (синім), переведена до канонічної форми (зеленим) і накладена теоретична поверхня параболоїда із фокусною відстанню  $F=0.35D$  (сітка).

**УДК 004.41**

**С.В. Романюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ**

**S.V. Romaniuk**

### **AUTOMATION OF DETERMINATION OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS**

Техніко-економічні показники є обґрунтуванням технічних, технологічних, планувальних і конструктивних рішень, становлять основу кожного проекту і служать підставою для вирішення питання про доцільність виготовлення виробу. Розробка техніко-економічного обґрунтування досить дорого коштує і потребує значних затрат часу. Знизити затрати на проведення техніко-економічного обґрунтування, підвищити його ефективність та скоротити терміни виконання можна шляхом застосування сучасних інформаційних технологій для вирішення поставлених задач.

Визначення техніко-економічних показників не є складним завданням, оскільки базується на добре відпрацьованих методиках і має належне нормативно-довідкове забезпечення. Автоматизація таких розрахунків доволі просто реалізується засобами практично будь-якої мови програмування, проте вимагає наявності спеціальних знань і навиків. На ринку сучасного програмного забезпечення є великий вибір готових рішень для вирішення задач техніко-економічного обґрунтування, які базуються на тісній інтеграції CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM и ERP-програм в єдине ціле, що дозволяє розробляти сучасні конкурентоспроможні вироби і процеси їх виготовлення. Проте вони відзначаються високою вартістю та складністю і орієнтовані, в переважній більшості, на застосування в великих підприємствах і організаціях. Техніко-економічні розрахунки також можна виконати з використання засобів, які надають сучасні офісні пакети, але це пов'язано з значними втратами часу на внесення нормативно-довідкових даних, розрахункових формул, вимагається наявність в користувача ряду специфічних знань і вмій. Тому розробка програмного забезпечення для розрахунку техніко-економічних показників є актуальним завданням.

В наш час розвиток технологій програмування привів до того, що програмне забезпечення можуть розробляти фахівці без спеціальної освіти, достатньо лише базових навиків роботи в певному середовищі програмування. В цьому є величезна перевага, адже розробкою програмного забезпечення можуть займатися фахівці, компетентні у своїй вузькій предметній галузі, які найкраще розуміють і суть проблеми, і шляхи для вирішення.

Незалежно від того, яким чином буде розроблено програмне забезпечення, воно повинно відповідати цілому ряду вимог, основними з яких є: невисокі вимоги до системних ресурсів і кваліфікації користувача; зручність в користуванні; можливість оперативної зміни деяких нормативно-довідкових даних, наприклад, вартості основних видів енергоносіїв, матеріалів, напіфабрикатів, тарифних ставок тощо; здатність враховувати особливості конкретного виробництва; можливість порівняння варіантів; можливість оформлення результатів у вигляді, придатному для подальшого використання, наприклад, для оформлення звітів. Дотримання усіх цих вимог дасть змогу використовувати розроблене програмне забезпечення в практичній діяльності багатьох підприємств та організацій, а також в навчальних та науково-дослідних цілях.

**УДК 669.539**

**Н.В. Рубан, Ю.П. Козак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОГЛЯД МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ ТРАВ**

**N.V. Ruban, Yu.P. Kozak**

### **INSPECTION OF MILLING AND SEPARATING DEVICES FOR COLLECTING SEED CROPS OF GRASSES**

Оскільки врожайність природних трав, як правило, є невисокою, важливість вирощування сіяних трав не викликає сумніву. Надійної технології виробництва насіння трав немає, оскільки у насінницьких господарствах відсутня необхідна спеціалізація. Насінники трав дозрівають переважно в серпні. У цей час вся увага сконцентрована на збиранні зернових. А збирання насінників трав вважається другорядним завданням. У кращому випадку на обмолот сім'яників виділять один із зернових комбайнів. Але у вітчизняних зернозбиральних комбайнів допустимі втрати зерна становлять 3-4% на гектарі. Біологічна ж врожайність насіння багаторічний трав буває до 5 центнерів. Однак, обмолотивши насінники зернозбиральним комбайном, господарство в кращому випадку отримує до одного центнера насіння з гектара. Отже, потрібні спеціальні комбайни. Інтенсифікувати насінництво не розширюючи посівних площ, можливо тільки по одному напрямку - розробці технології, яка забезпечить мінімум втрат насіння при їх збиранні і переробці. Конструкції сучасних комбайнів за технологічною схемою молотильно-сепаруючих пристроїв (МСП) можна розділити на три основних типи: класичну, роторну і комбіновану. У комбайнах класичної схеми обмолот і сепарація маси здійснюється бильним барабаном і клавійним соломотрясом.

У роторних комбайнах процес обмолоту та сепарації відбувається в одному органі, який одночасно обмолочує та сепарує, і вся маса, що надійшла на обмолот повністю обмолочуються, виділяючи практично все насіння. За рахунок інтенсивності процесу сепарації в роторних робочих органах забезпечуються мінімальні втрати насіння навіть при високій врожайності культур, підвищеної вологості і наявності бур'янів. Перевага роторних комбайнів - обмолот з меншою, в порівнянні з класичними комбайнами, лінійною швидкістю бил, яка зменшує дроблення і мікропошкодження насіння, а також дозволяє підвищити його посівні якості. Велика частина насіння в роторних МСП виділяється за рахунок витирання його з колосків, а не ударом бил, як у традиційних молотильних апаратах.

У комбінованих МСП для обмолоту та сепарації збираної маси використовуються класичні МСП, а сепарація грубого вороху здійснюється за рахунок роторних соломосепараторів з аксіальною подачею.

На підставі аналізу, нами були виявлені недоліки МСП сучасних комбайнів, зокрема при використанні їх при збиранні насінневих посівів трав:

- великий відсоток травмування насіння при використанні класичної схеми МСП;
- втрати насіння внаслідок недомолоту вороху через відмінності фізико-механічних властивостей насінневого вороху трав від зернових культур;
- велика енергоємність процесу обмолоту вороху трав.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки принципово нових молотильно-сепаруючих пристроїв для переробки насінневого вороху трав, а також при використанні для цих цілей зернозбиральних комбайнів.



УДК 69.07

Ю.І. Семків, В.П. Ясній докт. філос., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БЕТОННОЇ БАЛКИ ПІДСИЛЕНОЇ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

Y.I. Semkiv, V.P. Iasnii PhD, Assoc. Prof.

### MODELLING OF STRESS AND STRAIN STATE OF CONCRETE BEAM REINFORCED WITH GLASS FIBER

Композитна арматура – це інноваційний будівельний матеріал виготовлений із скловолокна на основі епоксидних зв'язуючих. Волокна та матриця відіграють вирішальну роль у композитних матеріалах. Скловолокна забезпечують міцність і жорсткість, а матриця (епоксидна смола) захищає та передає навантаження між волокнами. Оскільки такий тип арматури все частіше застосовується для підсилення конрукцій, тому доцільно порівняти її напружено-деформівний стан із класичним армуванням у навантаженому та розвантаженому станах.

Метою даної роботи є змодельовати та дослідити методом скінчених елементів напружено-деформівний стан бетонної балки підсиленої вставками із композитної арматури за монотонного навантаження і розвантаження.

Створення розрахункової схеми та моделювання виконано у ПК ANSYS 2019 R2. Геометричні параметри моделі балки підсиленої робочою арматурою 400С подано у праці [1].

На рисунку 1 подано розподіл полів напружень в робочій арматурі 400С (а) та композитної арматури (б) за максимального навантаження.

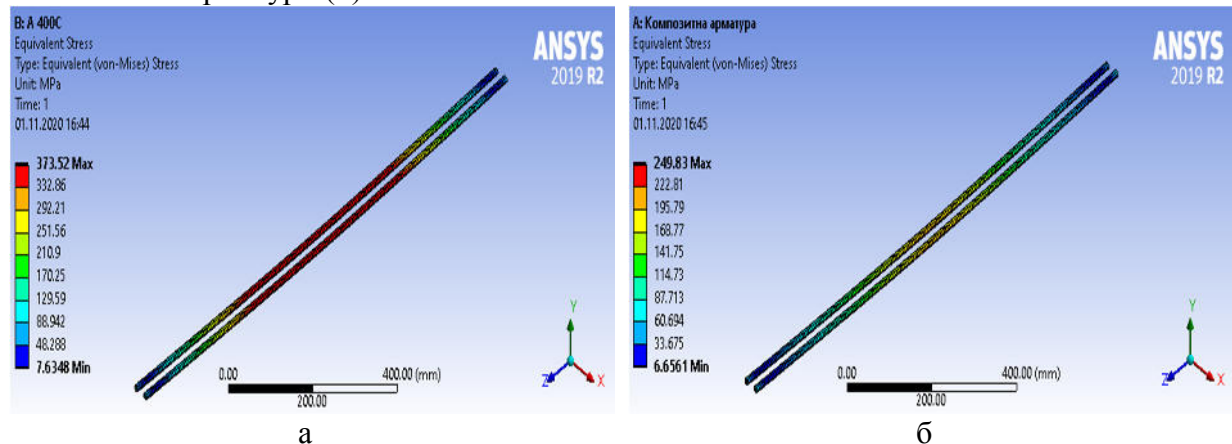
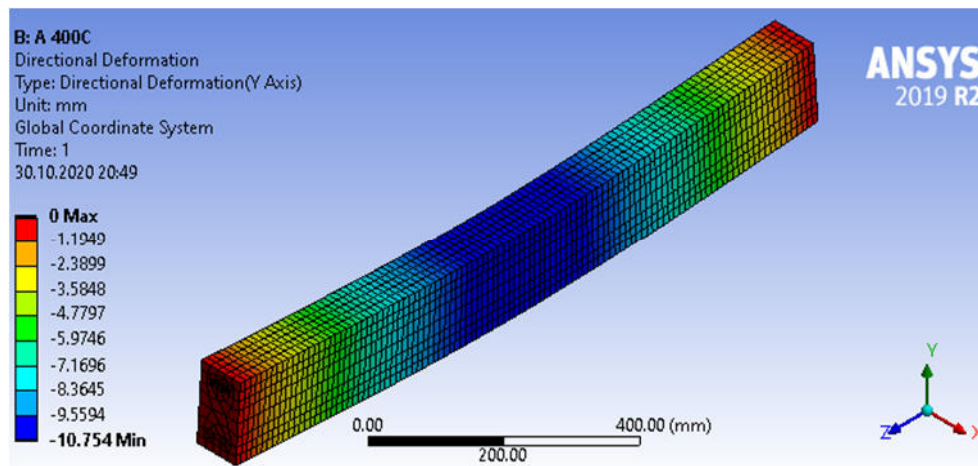


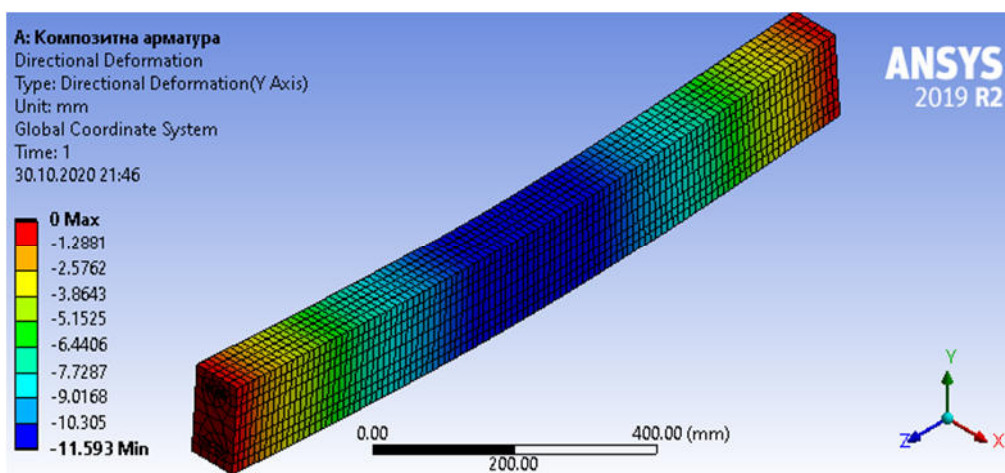
Рисунок 1 – Розподіл напруження за максимального навантаження: а) – в робочій арматурі 400С; б) – композитній арматурі

Із аналізу цих даних (рис. 1), помітно, що найбільші напруження у робочій арматурі 400С ( $\sigma = 373,53$  МПа) більші за межу текучості арматури 400С ( $\sigma_{0,2} = 365$  МПа), що є причиною появи пластичних (незворотних) деформацій. Найбільші напруження у композитній арматурі (рис. 1б) на 33% менші, у порівнянні з робочою арматурою 400С.

На рисунку 2 представлено поля переміщень (прогин) вздовж осі  $Y$  у балці з робочою арматурою 400С (а) та в балці з робочою композитною арматурою (б) за максимального навантаження. Вага балки врахована.



a)



б)

Рисунок 2. Максимальний прогин балки: а) – з робочою арматурою 400С; б) – з композитною арматурою.

Аналізуючи дані результати, можна зробити висновок, що балка із композитною арматурою прогнулася більше на 0,839 мм, ніж балка із робочою арматурою 400С.

Після розвантаження балок, отримано наступні результати: у балці із робочою арматурою 400С присутній залишковий прогин у значенні 0,69923 мм; у балці з композитною арматурою значення залишкового прогину – 0,2262 мм. Така різниця у значеннях вказує на залишкові пластичні деформації у балці із робочою арматурою 400С.

### **Перелік посилань**

1. Modeling of mechanical behavior of reinforced concrete beam reinforced by the shape memory alloy insertion using finite elements method. Modern technologies and methods of calculations in construction. - 2020. — Vol. 13, P. 24-34.

УДК 621.867.4/6

Л. С. Серілко, канд. техн. наук., доцент, З.К. Сасюк канд. техн. наук., доцент,  
Д. Л. Серілко канд. техн. наук., доцент., К.Р. Приндык, аспірант.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## ІНЕРЦІЙНИЙ КОНВЕЄР ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

L.S. Serilko, Ph.D., Assoc. Prof., Z.K. Sasiuk, Ph.D., Assoc. Prof., D.L.Serilko, Ph.D.,  
Assoc. Prof., K.R. Pryndiuk, post-graduate student.

### INERTIAL CONVEYOR FOR TRANSPORTATION OF CONCRETE MIXTURE

Одним із найбільш ресурсоемних процесів будівництва є транспортування бетонної суміші за допомогою різних пристроїв, в тому числі і вібротранспортерів. При цьому висока частота коливань негативно впливає на якість бетонної суміші, тому було запропоновано використовувати інерційні конвеєри, які дозволяють збільшити швидкість транспортування в 2-6 разів в порівнянні з вібраційними конвеєрами [1].

Авторами була розроблена інноваційна конструкція інерційного конвеєра [2], схема якого наведена на рис.1.

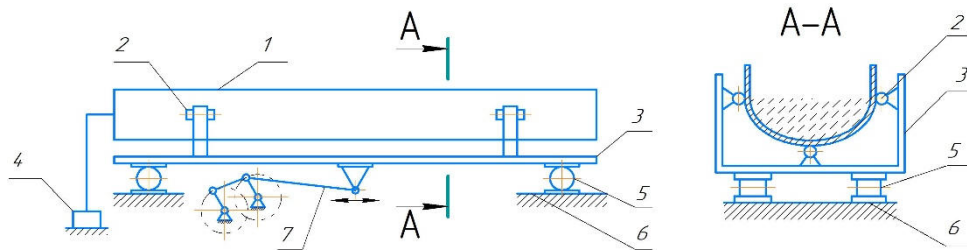


Рисунок 1. Інерційний конвеєр

Інерційний конвеєр складається із жолоба 1, який за допомогою роликів 2 встановлений на рамі 3 з можливістю здійснювати крутильні коливання відносно осі симетрії жолоба за допомогою вібратора 4. Рама 3 встановлена на котках 5 з можливістю рухатися вздовж осі жолоба конвеєра по нерухомій основі 6, за допомогою привода зворотньо-поступального руху 7. Інерційний конвеєр працює наступним чином: при русі рами 3 разом з жолобом 1 вправо за рахунок привода 7, вантаж який знаходиться в жолобі починає рухатися разом з ним. В момент часу, коли швидкість жолоба досягне максимального значення, вмикається вібратор 4 і жолоб 1 починає здійснювати крутильні коливання відносно рами 3. Оскільки частота цих коливань набагато більша від частоти поздовжніх коливань жолоба, то швидкість частинок матеріалу відносно жолоба буде набагато більша в дотичному напрямку ніж у повздовжньому. Отже, і сила тертя між матеріалом і жолобом в повздовжньому напрямку буде набагато менша, ніж в разі відсутності коливань. Завдяки цьому матеріал по інерції буде рухатися по поверхні жолоба навіть при його зворотньому русі. Коли жолоб досягне крайнього лівого положення, вібратор вимикається і цикл повторюється. Запропонована інноваційна конструкція інерційного конвеєра збільшує продуктивність і покращує енергетичні показники процесу транспортування бетонних сумішей цим пристроєм.

#### Література

1. Osmanov S.G. Effect of the chute oscillations frequency on the speed of inertial-conveyor transportation of concrete mix. doi.org/10.1051/mateconf/201819604042

2. Рогатинський, Р.М., Серілко Л.С., Серілко Д.Л. Інерційний конвеєр / Патент на корисну модель № 111201. Бюл. №21, 2016р.

**УДК 64.011**

**Ю.І. Сінкевич, В.Б.Каспрук канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ**

**Y.I. Sinkevich, V.B. Kaspruk**

### **SELECT THERMAL INSULATION MATERIAL**

Тенденція до зростання витрати енергоносіїв у промисловості та житлово-комунальному секторі останнім часом характерна для більшості промислово розвинутих країн. В багатьох країнах вже давно реалізуються численні програми ресурсозбереження, які дозволяють значно скоротити витрати енергоносіїв в житлово-комунальній сфері. У всіх будівлях, збудованих за старими будівельними нормами (введених в експлуатацію до 1993 року), а також у значній кількості будівель, введених в експлуатацію пізніше – для зниження вартості комунальних платежів необхідна термічна модернізація. Тепловий режим приміщення будівлі в залежності від його призначення може бути змінним або постійним. Постійний тепловий режим повинен підтримуватися цілодобово протягом всього опалювального періоду для житлових, виробничих, адміністративних установ з безперервним режимом роботи, в дитячих і лікувальних установах, готелях, санаторіях.

Питомі тепловитрати на опалення будинків повинні відповідати умові  $q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}$

де  $q_{\text{буд}}$  - розрахункові або фактичні питомі тепловитрати,  $E_{\text{max}}$  - максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, кВт · год/м<sup>2</sup> або кВт · год/м<sup>3</sup>, що встановлюється залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації будинку.

У якості теплоізоляційного матеріалу як правило, використовують мінеральну вату, пінополістирол, полістирен. Сировиною для виробництва кам'яної вати є природні розплави гірських порід: базальт, діабаз, вапняк, доломіт. Основним компонентом, що входить до складу кам'яної вати, є базальт з температурою плавлення 1500 °С і температурою спікання волокон більше 1000 °С. Завдяки цьому вироби з кам'яної вати застосовують там, де використання інших теплоізоляційних матеріалів неможливе. Здатність матеріалу витримувати вплив високих температур без займання, порушення структури, міцності та інших властивостей визначає його негорючість.

Кам'яна вата складається з дуже тонких однорідних волокон завтовшки 4 мкм, які, хаотично переплітаючись між собою, утворюють заповнені повітрям порожнини. Зменшення товщини волокна досягають за рахунок застосування надшвидкісного багато валкового відцентрового методу виробництва волокна. Статичне повітря є незначним провідником теплоти (за температури +10°С його коефіцієнт теплопровідності складає 0,026 Вт/(м·К)). Оскільки в матеріалі є значний обсяг повітря, то його коефіцієнт теплопровідності також незначний і складає 0,032 – 0,045 Вт/(м·К). Для порівняння піноскло щільністю 400 кг/м<sup>3</sup> має коефіцієнт теплопровідності за тих же умов 0,14 Вт/(м·К), при цьому його маса у декілька разів більша. Пінополістирол щільністю 25кг/м<sup>3</sup> має коефіцієнт теплопровідності 0,052 Вт/(м·К) в умовах експлуатації, а прошивні мати з кам'яної вати щільністю 75кг/м<sup>3</sup> мають коефіцієнт теплопровідності 0,064 Вт/(м·К). Плити з кам'яної вати завтовшки 50 мм за теплоізоляційними характеристиками еквівалентні зовнішній стіні завтовшки 1670мм з силікатної цеглини щільністю 1900 кг/м<sup>3</sup>. Найбільш ефективним теплоізоляційним матеріалом у сучасних умовах для усіх типів конструкцій фасадів будівель слід вважати кам'яну вату.

**УДК 621.365.9**

**Д.Я. Сокола, В.В. Черній, Г.П. Химич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ АНТИОБЛЕДЕНІННЯ ДЗЕРКАЛЬНОЇ ПАРАБОЛІЧНОЇ АНТЕНИ.**

**D.Y. Sokola, V.V. Cherniy, G.P. Khymych**

### **JUSTIFICATION OF THE METHOD OF USING DE-ICING SYSTEM MIRROR PARABOLIC ANTENNA.**

Анотація: розглянуто особливості передумов, на основі яких створюють автоматизовані системи проти обледеніння в дзеркальних параболічних антенах і системах. Описано один із методів, на основі якого створюється термостабільна антенна система для роботи у різних кліматичних зонах та районах. Приведено результати досліджень.

Ключові слова: система проти обледеніння, антена дзеркальна параболічна, інтелектуальні сенсори.

Кліматичні зміни у світовому мірілі призводять до перегляду концепцій, підходів до створення різних систем, особливо до тих, які є безпековими та життєво необхідними. До цієї категорії можна віднести телекомунікаційні мережі та системи зв'язку, передачі даних. Враховуючи те, що телекомунікаційні системи (наземні, супутникові, підводні) є основними первинними мережами інформаційного світового простору і від яких залежить життєдіяльність та безпека соціуму, то це накладає підвищений рівень відповідальності, стабільності роботи, передачі у повному обсязі та цілковитій достовірності інформації до всіх користувачів різних напрямів функціонування. Один із основних напрямів телекомунікаційних напрямів – супутниковий зв'язок та передача даних, який бере свій початок в кінці 50-их, на початку 60-их років ХХ століття. Враховуючи те, що кілька світових компаній (OneWeb (Велика Британія), SpaceX (США), [Google](#) (США), [Samsung](#) (Південна Корея), [Facebook](#) (США), Fidelity, Boeing, Apple та ін.) заявили про впровадження протягом (2019 – 2025) років глобального супутникового Інтернету на основі низьколітаючих ШСЗ, а компанія SpaceX Ілона Маска (Elon Musk) [1] вже частково виконала програму у проекті Starlink першої черги завдання з запуску понад 700 низьколітаючих штучних супутників Землі (ШСЗ), наземний та космічний сегменти систем зв'язку переходять на новий рівень створення систем з прийому, передачі даних, контролю, телеметрії як ШСЗ так і наземних комплексів.

Використання та надійне функціонування наземної інфраструктури систем прийому-передачі даних, які будуть розміщатись по всій земній кулі, в різних кліматичних зонах, повинно ґрунтуватись на таких принципах, як: надійність, інноваційність, термостабілізація систем, заводозахищеність, електромагнітна сумісність, технологічність, стабільність параметрів. На теперішній час багато супутникових комплексів наземного базування надійно функціонують, які обслуговують кілька тисяч ШСЗ на різних навколоземних орбітах, але впровадження нових високошвидкісних технологій передачі даних 4G, 5G і в подальшому 6G накладає на виробників та експлуатаційних операторів додаткові вимоги, особливо кліматичного та механічного (вітрові навантаження) аспектів.

Враховуючи збільшення різного роду кліматичних катаклізмів, необхідно максимально забезпечити термостабілізацію антенної системи. В основному в таких системах використовують дзеркальні параболічні антени або їх модифікації.



Є міжнародні компанії, які займаються системами антиобледеніння антен. Один із недоліків таких методів полягає в тому, що системи не є універсальними і не мають можливості термостабілізувати окремі вузли антенної системи (рефлектор, опромінювач, антенно-хвильовідна система, субрефлектор, підсилювач, конвертор, поворотальні привідні механізми за Az та El) як при мінусових - (0 – 45)°С так і при плюсових температурах + (25 – 55)°С, а також при добовому змінному циклі температур, особливо у пустині.

Запропонований метод полягає в тому, що відбувається циклічний обдув повітрям (тепле, холодне) окремих вузлів в залежності від температурного середовища, в якому на даний момент часу знаходиться антенна система. Механічний захист рефлектору відбувається на основі стандартних підходів, рис.1.

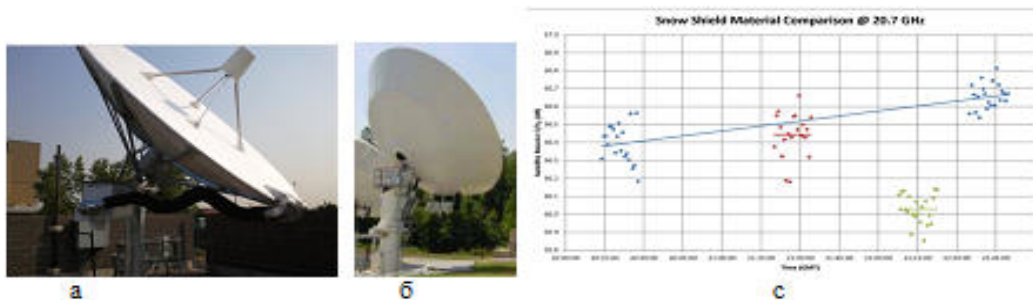


Рисунок 1. Варіант захисту рефлектору (а,б) антени (9м), с – графік залежності C/N від зміни часового циклу, фірма W. B. Walton Enterprises, Inc., США.

На рисунку 1, с показаний графік аналізу розбіжності характеристик антенної системи C/N на частотному діапазоні 20,7 GHz при зміні часового циклу.

Структурна схема запропонованого методу термостабілізації антенної системи показана на рис.2.

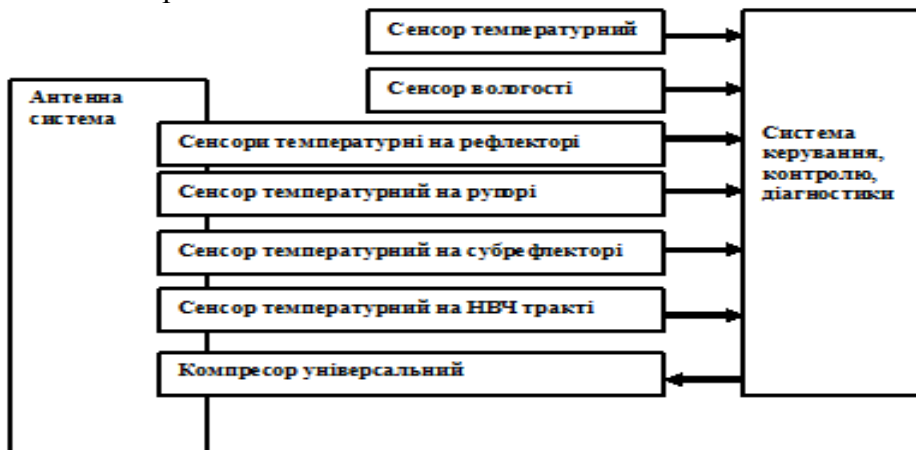


Рисунок 2. Структурна схема методу термостабілізації антенної системи.

### **Література.**

1. Г.Химич, В.Дунець. Супутникові системи телекомунікацій на основі технологій 4G - 5G. Збірник тез Міжнародної наукової конференції «Іван Пулюй: життя в ім'я науки та України» (до 175-ліття від дня народження), (28-30).09.2020, м. Тернопіль, (106-107) л.

2. ОБЛЕДЕНІННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВНАСЛІДОК АТМОСФЕРНОГО ВПЛИВУ (ISO 12494:2001, ІДТ), ДСТУ Б ISO 12494:201X.

УДК 62-111.3:631.3

**В.М. Ільків, В.Р. Філик, М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## МОДЕЛЮВАННЯ КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ

**V.M. Ilykiv, V.R. Filyk, M.Y. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.**

### CARDAN TRANSMISSION SIMULATION

Для передачі крутного моменту та потужності від валу відбору потужності (ВВП) двигуна до вала гідронасоса у сільськогосподарських машинах застосовують карданну передачу. Карданна передача використовується для силового зв'язку механізмів, вали яких не співвісні або розташовані під кутом, причому взаємне положення їх може мінятися в процесі руху в результаті пружної деформації рами або кузова. Основним елементом карданних передач є шарніри і вали. Карданна передача може мати один або кілька карданних шарнірів, з'єднаних карданими валами, та проміжні опори.

Окрім загальних вимог (мінімальні розміри та маса, простота конструкції і обслуговування, технологічність, ремонтпридатність тощо) до карданної передачі ставляться спеціальні вимоги: передача крутного моменту без утворення додаткових навантажень у трансмісії; можливість передачі крутного моменту із забезпеченням рівності кутових швидкостей ведучого та веденого валів незалежно від кута між валами; високий ККД; безшумність, низька вібрація, відсутність резонансних явищ в зоні експлуатаційних швидкостей; надійна робота при великому періоді між ТО.

Карданні шарніри бувають повними (мають фіксовані осі кочення і напівкарданими (не мають фіксованих осей кочення). За кінематичними властивостями розрізняють шарніри однакових і неоднакових кутових швидкостей (синхронні та асинхронні).

Найпростішою у виготовленні та застосуванні є карданна передача неоднакових кутових швидкостей з жорсткими шарнірами та шлицевим компенсатором осьового зміщення. Загальний вигляд такої 3D моделі карданної передачі показано на рис. 1, а, б.

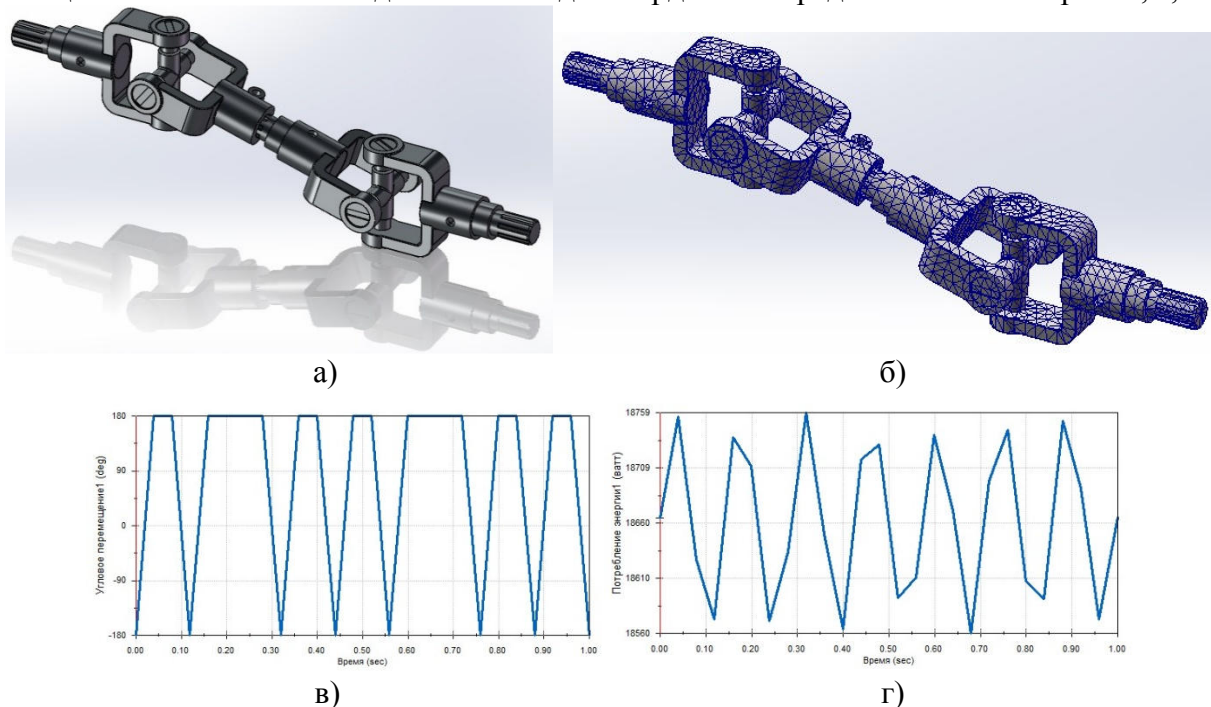


Рис. 1. Імітаційна модель карданної передачі



Імітаційне моделювання здійснювали у програмному комплексі SolidWorks. Кінематичний аналіз карданної передачі (частота обертання ВВП 540 об/хв., крутний момент – 330 Н·м) виконували із застосуванням модуля інженерного аналізу Motion. За результатами кінематичного аналізу отримано графіки кутових переміщень, крутного моменту та споживаної потужності (max 18,7 кВт) у часі (рис. 1, б, в).

Зусилля, отримані у модулі кінематичного аналізу Motion, передано у модуль Simulation для проведення аналізу напружено-деформованого стану карданної передачі.

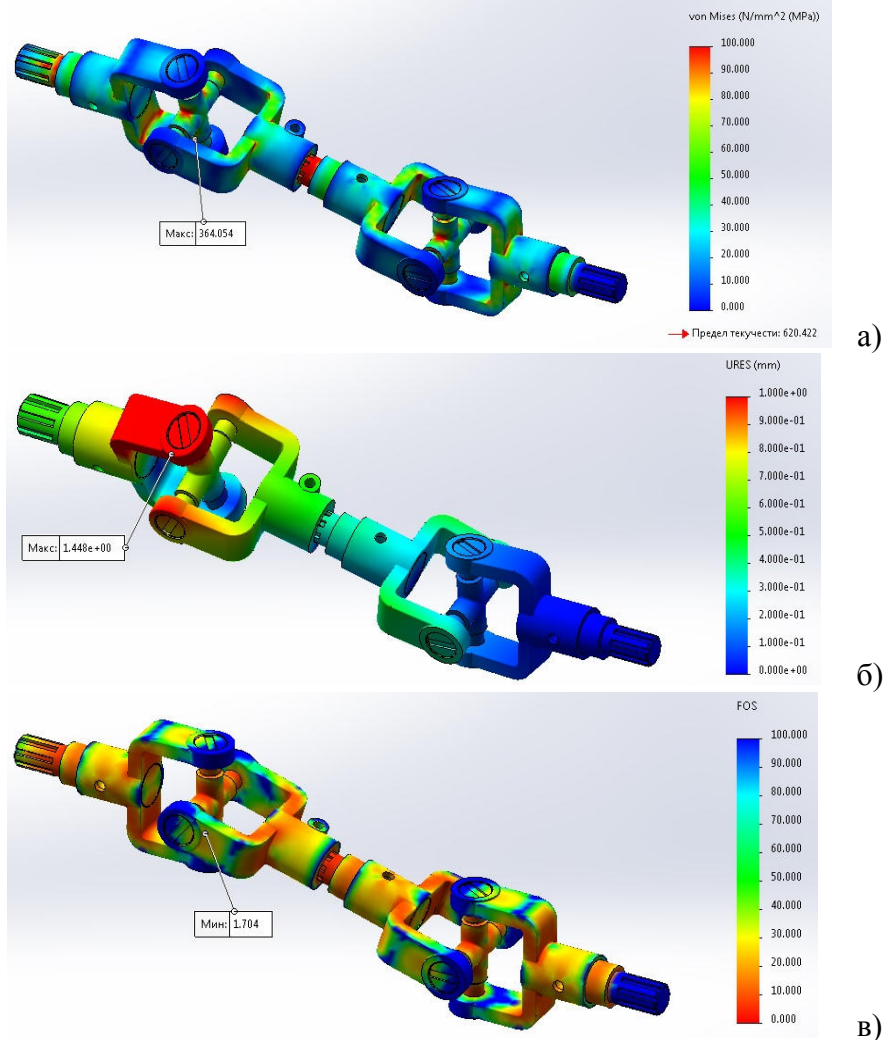


Рисунок 2. Результати аналізу напружено-деформованого стану карданної передачі

За результатами аналізу отримано максимальні напруження 364 МПа (рис. 2, а) та максимальні переміщення 1,5 мм (рис. 2, б) при коефіцієнті запасу 1,7 (рис. 2, в).

### Література

1. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.

2. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.

**УДК 624.048**

**П.І. Тесельський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТИПУ ФУНДАМЕНТУ ДЛЯ ШКОЛИ**

**P.I. Teselsky**

### **RESEARCH OF FOUNDATION TYPE FOR SCHOOL**

Фундаменти є найголовнішим елементом будинку від котрого залежить його несуча здатність. Наскільки вдало і технічно вірно запроєктовані фундаменти, настільки забезпечується надійність і довговічність експлуатації всієї будівлі або споруди. Найчастіше фундаменти проектують залізобетонними в монолітному чи збірному варіантах.

В залежності від несучих конструкцій будівлі чи споруди можна попередньо назвати декілька типів фундаментів, доцільність використання яких характеризується відповідністю конструктивного рішення, застосовуваних матеріалів, умовами навантажень, простотою влаштування. Для більш детальної характеристики з названих відбирають на основі загальної оцінки кілька варіантів та детальніше вивчають їх переваги та недоліки. Тільки після цього залишають для розрахунків та техніко-економічного порівняння щонайменше два варіанти фундаментів.

Для житлових та громадських будинків під несучі стіни фундаменти можуть бути стрічковими, із перехресних стрічок, плитні. Всі фундаменти можуть виконуватися як неглибокого закладання, так і пальовими. При цьому основа може бути природною або штучною. Матеріал фундаментів неглибокого закладання може бути – залізобетон, бетон, бутобетон, бут. Пальові фундаменти можуть бути із забивних, вдавлюваних, буронабивних, буроін'єкційних, буроопускних та інших паль. До того ж, по конструкції палі можуть бути різні, наприклад: призматичні, пірамідальні, трубчаті, з підширенням і т.п.

Задача удосконалення якості розрахунку та проектування фундаментів може бути успішно вирішена шляхом порівняння варіантів за допомогою сучасних обчислювальних машин.

Для визначення економічно вигіднішого типу фундаменту, обрано два варіанти для порівняння, а саме: збірний залізобетонний фундамент та пальовий фундамент із збірних залізобетонних забивних паль.

В результаті проведеного порівняльного аналізу збірного стрічкового і пальового фундаментів із врахуванням приведених витрат монтажу конструкцій збірного фундаменту, виявилось, що є економічнішим є саме він у порівнянні із пальовим фундаментом.

#### **Література**

1. Основи і фундаменти: методичні вказівки для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» заочної форми навчання / уклад.: І.П. Бойко, В.С. Носенко, В.Л. Підлущий – К.: КНУБА, 2015. – 44 с.

2. Корнієнко М.В. Основи і фундаменти. Навчальний посібник. - К.: КНУБА. 2009. - 162с.

3. О.М.Шаповалов. Залізобетонні конструкції: Навч.-метод. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 147 с.

4. Вахненко П.Ф., А.М. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції. Підручник. - К.: Вища школа, 1999. - 508 с.

**УДК 693.224**

**М.В. Теслюк, Т.К. Гунда, А.П. Сорочак, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИПУ ПЕРЕВ'ЯЗКИ НА НДС ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ В МІСЦІ СТИКУ СТІН**

**M. Tesliuk, T. Gunda, A. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE BANDING TYPE ON STRESS-STRAIN STATE OF BRICKWORK AT THE PLACE OF THE WALL JOINT**

У практиці будівництва дуже широко розповсюджені конструкції із цегли та їхні елементи. Їх руйнування найчастіше виникає від зрізу кладки, її розколювання чи зминання. Основними причинами таких видів руйнування є значні місцеві навантаження внаслідок перевантаження окремих ділянок стін та нерівномірне осідання фундаментів, що може бути викликане зволоженістю підземної частини будівлі чи помилками в розрахунку фундаментів.

Виникнення значних нерівномірних деформацій основи є чинником утворення складного напружено-деформованого стану конструктивних систем будівель і споруд, тріщин, місцевих та загальних руйнувань конструкцій. Особливо це стосується залізобетонних і кам'яних будівель з жорсткими конструктивними системами, при цьому більш уразливими є конструкції з кам'яної кладки [1]. Очевидно, що перебування у такому стані, а також розвиток дефектів і пошкоджень веде до зниження міцності конструкцій.

Неоднорідність кладки викликає складність при визначенні її напружено-деформованого стану. Отже, моделювання роботи цегляної кладки з метою дослідження її НДС та подальшого порівняння з експериментальними даними є актуальним.

Оскільки несучі стіни мають бути з'єднані між собою у місцях перетину таким чином, щоб між ними була забезпечена передача необхідних вертикальних і горизонтальних навантажень, при їх сполученні обов'язково використовується перев'язка [2].

Недоліком розрахунку кам'яної кладки на зріз за перев'язаними перерізами згідно чинних норм є неврахування системи перев'язки, якою виконана кладка. При цьому, площа зрізу визначається досить приблизно. [3]

Теоретичну міцність цегляної кладки можна визначити за формулою Л.І. Оніщика. Теоретичну несучу здатність кладки на зріз визначають за формулою чинних норм [2]

$$Q = R_{sq} A_{HT},$$

де  $R_{sq}$  — розрахунковий опір зрізу, коли руйнування відбувається по цеглі;

$A_{HT}$  — розрахункова площа перерізу, яка визначається за виключенням площі швів та приймається наближено  $A_{HT} \approx 0,5A$ .

Для дослідження міцності цегляних стін на зріз не доцільно було використовувати послаблені види перев'язки (трирядну, багаторядну), оскільки чинні норми дозволяють виконувати стики стін лише з ланцюжковою перев'язкою. Тому в роботі прийняті для аналізу три варіанти перев'язки стику стін: однорядна (ланцюжкова) – утворюється чергуванням ложкових та тичкових рядів (при перетині стін тичковий ряд пропускають через іншу суміжну стіну); трирядна посилена перев'язка – утворюється чергуванням трьох тичкових рядів та одного ложкового; п'ятирядна посилена – матиме ложковий

ряд через п'ять тичкових рядів. Останні два варіанти були запропоновані та апробовані авторами у роботі [3].

Дослідження НДС цегляної кладки виконані методом скінченних елементів (МСЕ) за допомогою ПК ЛІРА-САПР 2015, що дало можливість визначити поля розподілу напружень і порівняти їх з відомими літературними джерелами.

Цегляна кладка – монолітне неоднорідне пружно-пластичне тіло, яке складається із цегли та розчину. Особливістю роботи кладки є наявність складного напруженого стану цегли та розчину, що викликане неоднорідністю укладання розчину, відмінністю деформаційних властивостей цегли та розчину, наявністю вертикальних швів у кладці, неоднорідністю та дефектами самої цегли [3].

В роботі моделювали Т-подібний стик двох стін товщиною 380 мм. Довжина фрагментів стін, що включені в розрахунок, складала 2,5 м в кожен бік від місця стику, висота фрагменту – 3 м. При моделюванні цегляної кладки використовували об'ємні призматичні нелінійні скінченні елементи типу 236.

Використано регулярну сітку скінченних елементів. Розмір скінченних елементів вздовж осі Z задавався кратним висоті цегли з розчином для коректного моделювання стику. Стінки закріплювали по нижній грані вздовж осі Z.

Під час розрахунку враховували власну вагу кладки ( $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ ). Можливу нерівномірність деформацій основи моделювали шляхом прикладання еквівалентного навантаження на поперечну стіну. Навантаження прикладали як рівномірно розподілене на вузли та елементи по верхній грані. Для нелінійного моделювання використано кусково-лінійне представлення закону деформування матеріалу з [3].

Для врахування різних варіантів перев'язки в місці стику стін було видалено зв'язок між суміжними скінченними елементами в неперев'язних рядах кладки шляхом введення подвійної нумерації вузлів, що відповідає виключенню з роботи вертикальних швів розчину та повністю відповідає вимогам чинних норм [2] щодо розрахунку.

В результаті виконання розрахунку моделей отримували деформації кладки та розподіл головних напружень в матеріалі стін. Розрахунок виконували кроково-ітераційним методом, прикладаючи кожне завантаження за 20 рівномірних кроків.

Встановлено, що однорядний (ланцюжковий) тип перев'язки характеризується найменшою несучою здатністю кладки. Для трирядного посиленого типу перев'язки отримана несуча здатність, що на 32% вища за однорядний. Для п'ятирядного посиленого типу перев'язки несуча здатність стику стін виявилася на 26% вищою за однорядний. Деяке зниження несучої здатності п'ятирядного типу перев'язки порівняно з трирядним можна пояснити більшим значенням згинаючого моменту в тичкових рядах, що викликає більші напруження.

Враховуючи отримані результати, можемо рекомендувати для забезпечення міцності перерізів на зріз використання трирядної посиленої перев'язки стику стін (утвореної чергуванням трьох тичкових рядів та одного ложкового), оскільки несуча здатність на зріз за результатами моделювання для цього типу найвища.

### **Література**

1. Хохлін, Д.О. Випробування цегляних балок-стінок послідовною дією вертикальних та горизонтальних сил / Д.О. Хохлін, К.В. Попок // Наука та будівництво. – №2 (12). – 2017. – С. 40-45.
2. Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд: ДСТУ Б В.2.6-207:2015. – [Чинний від 2016-04-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 356 с.
3. Клименко, Є.В. Зріз кам'яних конструкцій: монографія / Є.В. Клименко, О.С. Чернева. – Одеса: Видавництво «Чорномор'я», 2010. – 173 с.

**УДК 621.7.043**

**С.М. Ткач, Д.Л. Радик канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**S.M Tkach, D.L. Radyk Ph.D., Assoc. Prof**

### **RESEARCH EFFICIENCY THE MANUFACTURING SCREW BLANKS OF MACHINE PARTS**

В сучасних умовах, для підвищення конкурентноздатності машинобудівної продукції велике значення має питання підвищення ефективності виробництва, важливими чинниками якого є зниження матеріаломісткості виробів і собівартості продукції, економія сировини, матеріалів, зростання продуктивності праці тощо.

Механізми з гвинтовими елементами завдяки високій продуктивності роботи, відносній простоті конструкції, зручності в експлуатації широко застосовують у різних галузях народного господарства, тому технологія виготовлення гвинтових заготовок (ГЗ) потребує подальшого вивчення і вдосконалення з метою підвищення їх ефективності.

Економічна ефективність застосування того чи іншого варіанта конструкції заготовок і технологій їх формоутворення у кожному конкретному випадку повинні визначатися техніко-економічними розрахунками.

На основі опрацювання вітчизняних і закордонних літературно-патентних джерел встановлено, що для оцінювання особливостей технологій виготовлення ГЗ важливим є використання ряду показників. Так у працях проф. Васильківа В.В. розроблено багатоваріантну структуру технологічних схем формоутворення ГЗ та запропоновані основні показники технологічності та конструктивної складності їх виконання.

Критерій техніко-економічної ефективності технологічної операції виготовлення ГЗ для даної програми випуску можна визначити за формулою

$$F = \alpha_1 m + \alpha_2 \tilde{Z} + \frac{\alpha_3 T_0}{V_{ГЗ}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $m$  – приведена матеріаломісткість заготовки одиничної довжини ГЗ;

$\tilde{Z}$  – приведені затрати на виготовлення ГЗ одиничної довжини;

$T_0$  – основний час виготовлення ГЗ одиничної довжини;

$V_{ГЗ}$  – об'єм тіла витків ГЗ;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коефіцієнт вагомості кожної зі складових (приймають за вартістю матеріалу, загальних витрат енергії, машино- та людино-годин праці чи при врахуванні особливостей ТП, згідно з методом експертних оцінок).

Приведена матеріаломісткість заготовки визначається за залежністю:

$$m = \pi \rho \frac{D^2 - d^2}{4} \frac{V_{заг}}{V_{ГЗ}}, \quad (2)$$

де  $V_{заг}$  - об'єм початкової заготовки, яку використовують для виготовлення ГЗ;

$V_{ГЗ}$  - об'єм тіла витків ГЗ;

$\rho$  - густина матеріалу заготовки.

У випадку, якщо виготовлення ГЗ здійснюють із прямолінійних смугових заготовок, то в наведених формулах (1) і (2) параметр об'єму тіла витків можна замінити на параметр  $L_{ГЗ}$  - довжина заготовки.

Основний час, який необхідно затратити на виготовлення ГЗ одиничного об'єму визначають за показником часу деформації

$$\frac{T_o}{V_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} = \frac{(V_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} - \Delta V)}{V_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} V_{\dot{A}\dot{C}}}, \quad (3)$$

де  $\Delta V$  - об'єм технологічних відходів (прикладом є кінцеві відходи стрічкової заготовки, тобто об'єм заготовки, який витрачається на защемлення кінця недовигин заготовки для операції навивання);

$V_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$  - швидкість проходження заготовки крізь зону деформації.

Розглянемо показник часу деформації для двох варіантів виготовлення ГЗ.

При виготовленні вальцьованих ГЗ зі стрічкових заготовок

$$\frac{T_o}{L_{ГЗ}} = \frac{(L_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} - \Delta L)}{V_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} L_{ГЗ} (1 + S_h)}, \quad (4)$$

де  $\Delta L = 2\delta k + Lk$ ;

$L$  - розрахункова довжина заготовки;

$\delta$  - кінцеві відходи на обрізання кінців стрічки:  $\delta = 20 \dots 30$  мм. На двох кінцях відхід складає  $2\delta = 40-60$  мм;

$k$  - коефіцієнт, який враховує угар матеріалу. Для смугової сталі він складає 5-6%, тобто  $k = 0,05 - 0,06$ ;

$S_h$  - випередження в особливому шарі,

$V_i$  - колова швидкість циліндричного робочого валка, який вальцює згаданий шар.

При виготовленні навивних ГЗ

$$\frac{T_o}{L_{ГЗ}} = \frac{(L_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} - \Delta L)}{w L_{ГЗ} \sqrt{(r + B)r}}, \quad (5)$$

де  $w$  - кутова швидкість обертання оправи;

$$\Delta L = \delta_1 + \delta_2 ;$$

$\delta_1$  і  $\delta_2$  - відходи відповідно на защемлення кінця і недовигин смугової заготовки.

Приведені затрати  $\tilde{Z}$  для даної програми випуску ГЗ враховують капітальні вкладення за різними варіантами обладнання технологічних операції, собівартість ГЗ, отриманої із використанням порівнювальних варіантів обладнання, нормативний коефіцієнт ефективності:

$$\tilde{Z} = Z_n + E_n K, \quad (6)$$

де  $Z_n$  - поточні витрати за кожним варіантом;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K$  - капітальні вкладення за кожним варіантом.

### **Література**

1. Технологічні основи формотворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин [Текст] [монографія] / Гевко Б. М. Пилипець М. І., Васильків В. В., Радик Д. Л. - Тернопіль: ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2009. - 456 с. - ISBN 966-305-014 .

УДК 621.326

О.О. Фединець, Я.Ю. Гарник, Т.І. Радь, Т.С. Дубиняк канд. техн. наук, доц.  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ ЦИЛІНДРИЧНОГО ТІЛА ЗІ ЗМІЩЕНИМ  
ЦЕНТРОМ МАСИ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ**

**О.О.Fedunec, Y.U. Garnyk, I.T.Rad, T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.  
INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF MOTION OF A CYLINDRICAL BODY  
WITH A SHIFTED CENTER OF MASS ON AN INCLINED PLANE**

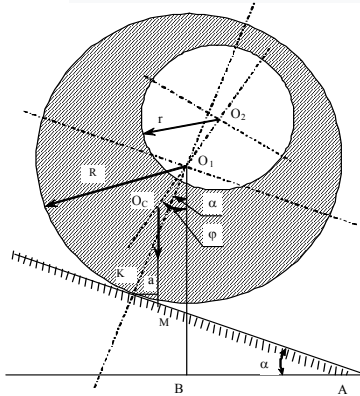


Рис. 1 – Розрахункова схема 1

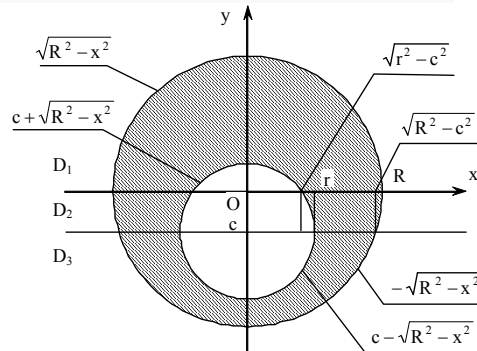


Рис. 2 – Розрахункова схема 2

**Згідно з другим законом Ньютона для обертового руху:**

$$M(\varphi) = I \varphi'' \tag{1}$$

де  $M$  – момент сили, Н;  $\varphi$  - кут повороту;  $I$  – момент інерції,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$  рис. 1.  
Миттєвим центром обертання є точка К.

$$M(\varphi) = P a, \tag{2}$$

де  $P$  – вага циліндра;  $a$  – перпендикуляр, опущений з точки К на лінію дії сили  $P$ , м.

$$a = R \sin \alpha - e \sin \varphi, \tag{3}$$

де  $R$  – радіус циліндра, м;  $\alpha$  - кут нахилу площини;  $e$  – ексцентриситет центра маси, м;  
 $\varphi$  - кут закручування циліндра.

$$M(\varphi) = PR \sin \alpha - Pe \sin \varphi \tag{4}$$

$$P = m g = (m_1 + m_2)g = \rho_1 \pi (R^2 - r^2)g. \tag{5}$$

$$\varphi'' (\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2) = (R^2 - r^2)g R (\sin \alpha - e \sin \varphi). \tag{6}$$

$$\varphi'' + \frac{(R^2 - r^2) \cdot g \cdot e \cdot \sin \varphi}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} - \frac{(R^2 - r^2) \cdot g \cdot e \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} = 0. \tag{7}$$

$$\varphi'' - \frac{c \cdot r^2 \cdot g \cdot \sin \varphi}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} - \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} = 0. \tag{8}$$

Для спрощення розв'язку зробимо заміну: Згідно рис.2.

$$a = \frac{c \cdot r^2 \cdot g}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}; \quad b = \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}.$$

Отримаємо наступне диференційне рівняння:

$$\varphi'' = a \sin \varphi + b. \tag{9}$$



Початкові умови  $\varphi(0) = 0$ ,  $\varphi'(0) = 0$ . Робимо заміну  $\varphi' = \psi$ .

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\phi(n \cdot \Delta t) - \phi((n-1) \cdot \Delta t)}{\Delta t} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \phi(n \cdot \Delta t) - \phi((n-1) \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) - \psi((n-1) \cdot \Delta t) = a \sin \phi((n-1) \Delta t) + b. \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} \phi(n \cdot \Delta t) = \phi((n-1) \cdot \Delta t) + \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) + a \sin \phi((n-1) \Delta t) + b. \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} \phi(n \cdot \Delta t) = \phi((n-1) \cdot \Delta t) + \psi((n-1) \cdot \Delta t) \Delta t; \\ \psi(n \cdot \Delta t) = \psi((n-1) \cdot \Delta t) + \frac{c \cdot r^2 \cdot g}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2} \sin \phi((n-1) \Delta t) + \frac{R^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{\frac{1}{2}(R^4 - r^4) - r^2 c^2}. \end{cases} \quad (13)$$

Система (14) є розв'язком диференційного рівняння (8).

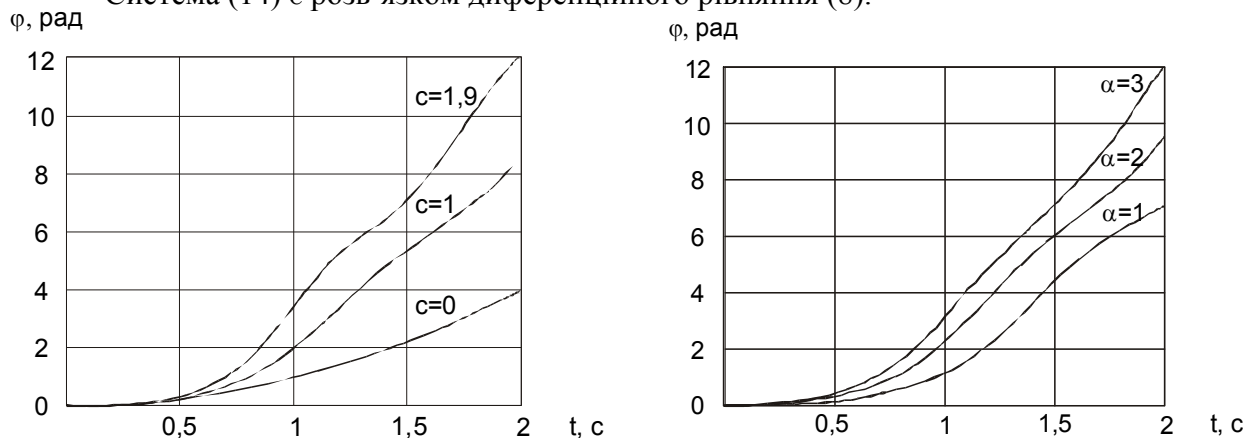


Рисунок 3. Графіки залежності  $\varphi(t)$

Швидкість скочування циліндричного тіла зі зміщеним центром маси по похилій площині зростає при збільшенні зміщення центра маси, але тільки до критичного, при якому тіло ще котиться, і при збільшенні кути нахилу площини

### Література

1. Машины и станды для испытания деталей / Под ред. Д.Н. Решетова. -М.: Машиностроение, 1979.- 343 с
2. Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах : Учеб. пособие для ст. радиотех. спец. вузов. Под ред. Г.В. Дружинина. -М.: Энергия, 1975.

**УДК 621.9.015**

**Ю.М. Фик; Д.Л. Радик канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ КІЛЬЦЕВИХ КАНАВОК НА ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХНЯХ МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ**

**Yu.M. Fyk; D.L. Radyk Ph.D., Assoc. Prof**

### **IMPROVEMENT OF PERFORMANCE ANNULAR GROOVES ON CYLINDRICAL SURFACES BY FORM-GENERATING METHOD**

Оброблення деталей машин пластичним деформуванням, завдяки простоти технологічної операції та високої продуктивності виконання, широко застосовують у різних галузях машинобудування. Найпоширеніший з цих методів – це обкатування роликками як дискового так і циліндричного типів.

Технологія виготовлення кільцевих канавок на циліндричних поверхнях методом обкатування роликками має ряд переваг, зокрема одночасно із формоутворення профілю канавки заданого поперечного січення відбувається її поверхневе зміцнення, що підвищує ефективність даного процесу за рахунок концентрації операцій.

Процес деформування металу при виготовленні кільцевих канавок методом обкатування відбувається завдяки радіальній подачі ролика. Пластична деформація металу починається із вдавлювання ролика в поверхню циліндричної деталі в момент їх статичного контактування.

Під час обкатування відбиток ролика перетворюється у кільцевий слід на циліндричній поверхні деталі, який має форму контактної канавки, що відповідає кривизні ролика в осьовому перетині. Після одного оберту деталі ролик виходить на вже zdeформовану поверхню і, вдавлюючись у неї, розширює та поглиблює контактну канавку. При наступних проходах процес розширення сліду відбувається менш інтенсивно, так як матеріал по мірі збільшення кількості проходів зміцнюється, а ширина зони контакту ролика з деталлю збільшується. Процес розширення контактної канавки продовжується, залежно від механічних властивостей матеріалу деталі, до деякого *i*-го проходу, після чого процес стабілізується і наступні проходи не забезпечують розширення ширини сліду, незалежно від величини робочого зусилля притискання ролика. У зв'язку з цим даний спосіб забезпечує отримання кільцевих канавок незначної глибини. Для усунення цього недоліку та з метою вдосконалення процесу накатування кільцевих канавок на циліндричних поверхнях запропоновано спосіб обкатування роликом, вісь обертання якого нахилена під незначним кутом до осі обертання вала, на якому виконується кільцева канавка. Особливість формоутворення канавки при цьому способі полягає в тому, що обкатний ролик в процесі пластичного деформування розганяє метал в контактній зоні формуючої канавки, що забезпечує його глибше проникнення в деталь і за рахунок цього забезпечується розширення геометричних параметрів отримуваних кільцевих канавок різного поперечного січення. В результаті застосування такої схеми обкатування робочий профіль контактної канавки буде значно ширшим порівняно із обкатуванням звичайним роликом, оскільки за рахунок нахилу осі обертання обкатного ролика, при взаємному обкочуванні ролика і деталі, площадка контакту стає ширшою за робочий профіль ролика, завдяки тому, що зберігається умова збільшення деформації за рахунок точкового вихідного контакту. Незалежно від діаметрів деталі і ролика при повторних проходах ролик буде повторювати попередні сліди, а глибина канавки в січенні деталі буде поступово збільшуватися до необхідних розмірів.

**УДК 621.9**

**М.В. Хоменчук, В.В. Крупа, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАГАЗИНУ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК**

**M.V. Khomenchuk, V.V.Krupa, Ph.D**

### **IMPROVEMENT OF TOOL MAGAZINE DESIGN OF A CNC VERTICAL MILLING MACHINE TOOL**

Одним із напрямів удосконалення конструкцій металообробного обладнання є встановлення нових або модернізація існуючих інструментальних магазинів.

Проаналізовано існуючі конструкції інструментальних магазинів вертикально-фрезерних обробних центрів [1]. Виявлено, що в даному типі обладнання використовують як правило інструментальні магазини: барабанного типу з горизонтальною віссю; барабанного типу з вертикальною віссю (парасолькового типу), ланцюгового типу, а також барабанного типу без механізму переважання, при обертанні якого інструмент потрапляє безпосередньо у шпиндель (свердлильно-фрезерні верстати). Інструментальні магазини ланцюгового типу застосовують у випадку необхідності зберігання великої кількості інструментів, вимагають багато місця і застосовують, як правило у верстатах великих типорозмірів (наприклад у портално-фрезерних обробних центрах).

Проведено аналіз робочого циклу інструментальних магазинів, що включає: отримання управляючої команди, переміщення тримачів з інструментами, зміна інструменту, повернення у початкове положення. Всіма рухами накопичувачів управляє система ЧПК. Як двигуни використовуються гідромотори, більш точні і малоінерційні. До інструментальних магазинів для верстатів з ЧПК пред'являються наступні основні вимоги: місткість магазину достатня для виготовлення на верстаті заданої номенклатури деталей; простота і компактність; розташування поза робочою зоною верстата; захищеність від попадання стружки і бруду; зручний і безпечний доступ до магазину оператора і наладчика для завантаження і заміни інструментів; поворот магазину в потрібну позицію повинен проводитися з максимально можливою швидкістю і поєднуватися з виконанням попереднього переходу обробки; конструкція і робота інструментального магазину не повинні робити негативного впливу на його параметри, такі як жорсткість, вібростійкість, точність та ін.; підвищена точність позиціонування. В сучасних верстатах з ЧПК зміна інструменту здійснюється з допомогою високоточного кулачкового механізму, та використанням у приводі черв'ячної передачі, чим забезпечується плавне переміщення та точне позиціонування.

При удосконаленні конструкції замінено головний привід на привід з черв'ячною передачею, що підвищило швидкість та плавність обертання магазину; замінено тип фіксації інструментальної оправки у самому магазині, що покращило надійність їх кріплення. Проведено конструювання основних елементів інструментального магазину з використанням САД системи, проведено його силовий розрахунок та досліджено динамічні параметри. Дані удосконалення дадуть змогу покращити надійність його роботи та можуть бути використані у аналогічних рішеннях для інших верстатів.

#### **Література**

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, и др. – 2-е изд., стер. – М. : ФЛИНТА, 2014. – 355 с.

УДК 681.5

Н.М. Чайківський, В.Р. Медвідь, канд. тех. наук, доц., І.Р. Козбур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ УПАКОВКИ ТА РОЗФАСОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ  
ПРОДУКТІВ У ПЛАСТИКОВУ ТАРУ

N. Chaikivskiy, V. Medvid, Ph.D., Assoc. Prof., I. Kozbur

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM  
OF THE LINE OF PACKAGING OF LIQUID FOOD IN PLASTIC CONTAINERS

При дозуванні та фасуванні харчових продуктів необхідно передбачити проведення оперативного контролю якості продукту. Традиційно контроль проводиться для партії продукту за допомогою лабораторних досліджень, тому, за певних умов, в позиції дозування і фасування він буде мати деякі відхилення параметрів від нормативних значень. Особливо це стосується реологічних характеристик продукту, які також впливатимуть на процес об'ємно-вагового дозування. Оперативний контроль в'язкості продукту в позиції дозування та фасування дозволить запобігти пакуванню продукту який не відповідає технічним умовам, крім цього забезпечить більш точну роботу об'ємно-вагових дозаторів.

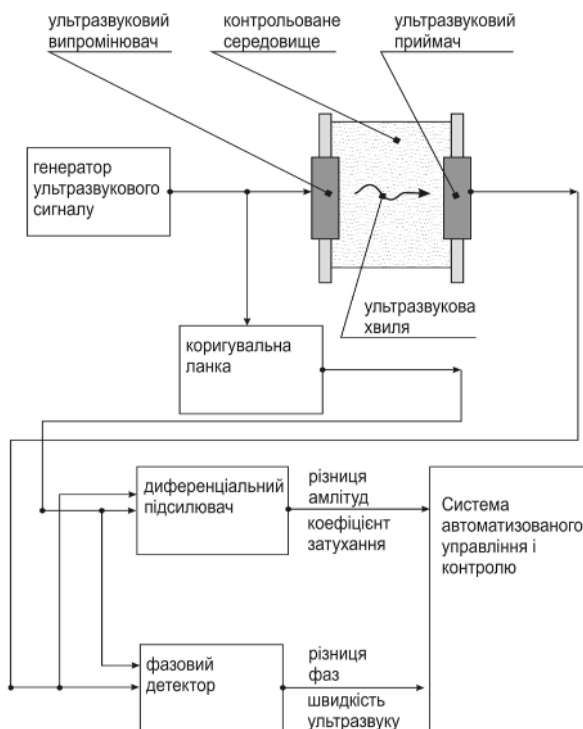


Рис. 1. Функціональна схема установки

На в'язкість харчових продуктів впливає багато факторів на попередніх стадіях технологічного процесу. Для молочних та кисломолочних продуктів, відповідно, це жирність та вміст білкової маси у продукті. Дані чинники суттєво впливають на реологічні властивості продуктів та відповідно на їх в'язкість. Для контролю в'язкості традиційно використовують методи ротаційної та вібраційної віскозиметрії. Але дані методи для оперативного контролю в позиції дозування та фасування використати не можливо.

Запропоновано проводити контроль в'язкості продуктів за допомогою ультразвукових методів вимірювання. Методика контролю ґрунтується на визначенні параметрів проходження ультразвукових хвиль через контрольований продукт, за рахунок вимірювання швидкості та коефіцієнту затухання коливань. В'язкість розраховують за формулою Муні,—

$$M_h = Z_1 \cdot \left( \rho \cdot \alpha \cdot c^3 / \omega^2 \cdot \left[ 1 + \left( \alpha \cdot c / \omega \right)^2 \right]^2 \right)^{Z_2}, \text{ де } M_h \text{ – в'язкість по Муні; } Z_1, Z_2 \text{ – const; } \rho \text{ –}$$

густина контрольованого середовища;  $\alpha$  – коефіцієнт затухання;  $c$  – швидкість поширення;  $\omega$  – частота коливань.

Функціональну схему установки для визначення коефіцієнта затухання та швидкості ультразвуку зображено на рисунку 1.

УДК 621.8:9

**І.В. Чернявський, Р.М. Оришук, В.В. Шанайда, канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ПРУЖНО-КОМПЕНСАЦІЙНОЇ МУФТИ МЕТОДАМИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ**

**I.V. Cherniavskij, R.M. Oryshchuk, V.V. Shanaida, Ph.D, Assoc. Prof.**  
**INVESTIGATION OF STRAIN-STRESS STATE OF ELEMENTS OF EXPANSION  
CLUTCH BY 3D MODELLING METHODS**

Розвиток виробництва у напрямі створення нових механізмів та конструкцій машин нерозривно пов'язаний з широким використанням сучасних методів проектування та технічного аналізу. На ринку праці висувають все зростаючі конкурентні вимоги щодо кваліфікації як випускників університетів, так і інженерно-технічних працівників з виробничим досвідом [1]. Не завжди в рамках освітнього процесу можна надати широкий спектр послуг, щодо забезпечення практичних навиків у використанні сучасних засобів проектування та виробництва. З цим завданням успішно справляються освітньо-практичні центри, такі як ФабЛаб лабораторія при ТНТУ [2, 3]. У цій лабораторії для виконання практичних розробок та проектних робіт можна використовувати достатній спектр спеціалізованого програмного забезпечення, засоби лазерної обробки та різки, механічної обробки з використанням фрезерного верстата з ЧПК, 3D друку та 3D сканування, засобів електронного моделювання механізмів машин.

При аналізі компоновальних структур [4] наявного у ФабЛаб лабораторії верстатного обладнання нами встановлено, що практично у всіх механізмах застосовано з'єднувальні і компенсаційні муфти з різноманітними конструктивними рішеннями. Така ж ситуація має місце і в конструкціях промислового обладнання. Для отримання навиків з 3D моделювання і аналізу отриманої конструкції доступними програмними засобами, нами було визначено мету – сформувати 3D модель конструкції пружно-компенсаційної муфти та всебічно дослідити її елементи.

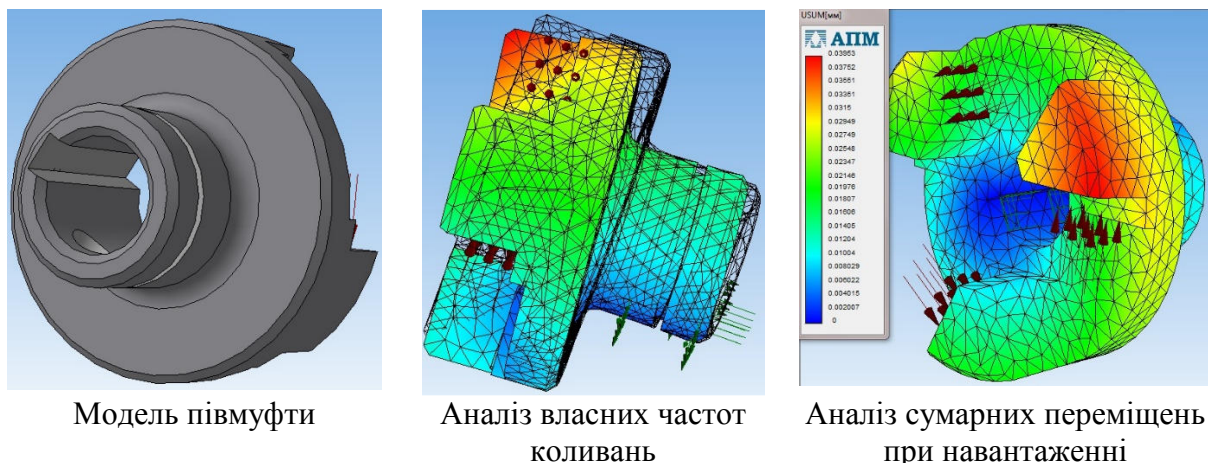


Рисунок 1. Дослідження елементів конструкції пружно-компенсаційної муфти  
Серед завдань для досягнення поставленої мети визначено окремий комплекс, який пов'язаний з використанням спеціального програмного середовища для 3D моделювання: отримати навиків роботи у програмному середовищі; опанувати прийоми

3D моделювання; освоїти принципи формування складальних одиниць; вивчити принципи силового аналізу окремих елементів 3D моделі та збірки в цілому [5]. Поставлені завдання були реалізовані на робочих станціях для 3D моделювання. Належне матеріальне забезпечення ФабЛаб лабораторії підкріплене наявністю дистанційних освітніх курсів в мережі A-tutor ТНТУ (ID 4806).

Проведені дослідження комп'ютерної твердотілої моделі [6, 7] (рис. 1) показали, що маса пружно-компенсаційної муфти із пружною вставкою сягає 0,5 кг; значення сумарних напружень для найбільш навантажених елементів конструкції складають 11-13 МПа; сумарні контактні і згинні напруження свідчать про суттєве недовантаження елементів конструкції півмуфти та муфти в цілому; величина вектора сумарних переміщень у зоні найбільших навантажень не перевищує 0.0037 – 0.0039 мм. Отримані результати вказують, що досліджувана конструкція пружно-компенсаційної муфти є занадто матеріалоємною і її конструкція може бути переглянута у напрямі як зменшення маси, так і зміни геометрії ведучих та ведених елементів півмуфт.

### **Література**

1. The role of education and research in the learning process of university students/ V. Shanaida, T. Vitenko, P. Drożdziel, R. Madlenak. 13th International Technology, Education and Development Conference, 11-13 March, 2019. Valencia, Spain p. 535-542. - Режим доступу: <https://library.iated.org/view/SHANAIDA2019ROL>
2. Лазарюк В. Розвиток творчих лабораторій фаблаб як учасників інноваційної екосистеми / В. Лазарюк, В. Шанайда, Т. Вітенько // Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 22–23. - Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28107>
3. Вітенько Т. Роль іноваційної лабораторії FabLab в освітньому процесі за напрямками "Галузеве машинобудування" та "Прикладна механіка" / Т. Вітенько, В. Шанайда, В. Лазарюк // Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 11–12. - Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28168>
4. Склярів Р. А. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компоновок верстатів з паралельною кінематикою / Р. А. Склярів, В. В. Шанайда // Матеріали ІХ наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — С. 74. - Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/17396>
5. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD-systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. - Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>
6. Редько Р. Г. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько, О. І. Редько, В. В. Шанайда, Р. А. Склярів // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 44. - С. 249-253. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn\\_2014\\_44\\_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_44_41).
7. Склярів Р. А. Динамічна модель приводу автоматичної заміни інструментів багатоцільових верстатів / Р. А. Склярів, Шанайда В. В. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції „Обладнання і технології сучасного машинобудування“, 11-12 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 155–156. - Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/22711>

УДК 621.326

**Б.А. Чуй, Д.П. Білостоцький, Я.В. Зерук, Т.С. Дубиняк канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ Й ІМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЕКТОВАНОГО ВИРОБУ**

**B.A. Chyu, D.P. Bilostockuy, Y.V. Zeryk, T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.**

### **CALCULATION OF RELIABILITY AND PROBABILITY OF TROUBLE-FREE OPERATION OF ELEMENTS OF THE DESIGNED PRODUCT**

Надійність – це здатність пристрою (елементу або системи) виконувати задані функції. Надійність визначається безвідмовністю в роботі та ремонтпридатністю. Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями в тому плані, що місце та час їх виникнення неможливо прогнозувати точно, надійність кількісно оцінюється імовірнісними характеристиками.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента  $p(t)$  або системи  $p_c(t)$  – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання  $t$  при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови. Інтенсивність відмов  $\lambda(t)$  – умовна щільність імовірності виникнення відмов пристрою, що визначається для певного моменту часу при умові, що до цього моменту відмови не виникали.

Залежність між інтенсивністю відмов та імовірністю безвідмовної роботи може бути отримана як:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \quad (1)$$

Надійність по раптовим експлуатаційним відмовам ( $\lambda_0 = \text{const}$ ) розраховують для періоду нормальної експлуатації, коли первинний термін експлуатації (входження в режим) вже закінчився, а відмови по зношуванню та старінню ще не наступили. Для складної різнотипної апаратури інтенсивність відмов системи можна вважати постійною також і на ділянці зношування.

В основу розрахунку покладений принцип визначення показників надійності системи по характеристикам надійності комплектуючих елементів, що дає можливість здійснювати розрахунок в процесі проектування апаратури, яка складається з відомих елементів та вузлів. Для цього необхідно уточнити отримані вище вирази для показників надійності елементів  $p(t)$ ,  $T_{CP}$ , з урахуванням постійності інтенсивності відмов.

Формула для імовірності безвідмовної роботи набуває вигляду:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (2)$$

Середнє напрацювання до відмови тоді можна знайти:

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda_0 t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \quad (3)$$

Згрупувавши рівнонадійні елементи, отримаємо:

$$p_c(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right) \quad (4)$$

де  $\lambda_{0j}$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої групи;  $N_j$  – кількість елементів  $j$ -ої групи;  
 $m$  – кількість груп рівнонадійних елементів.



Інтенсивність відмов пристрою в цілому:

$$\lambda_C = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \quad (5)$$

Наближений розрахунок надійності виконується на етапі технічного проектування за вищенаведеними формулами. Значення  $\lambda$ -характеристик (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються з довідникових даних. При уточненому розрахунку надійності враховують вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму із застосуванням наступних співвідношень:

$$p_c(t) = \exp\left(-k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right) \quad (6)$$

$$\lambda_C = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j \quad (7)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j \quad (8)$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3} \quad (9)$$

де  $\lambda_j$  – інтенсивність відмов  $j$ -ої рівнонадійної групи елементів при експлуатації в заданих умовах;  $\lambda_{0j}$  – те ж саме, але при експлуатації в номінальному режимі;  $\alpha_j$  – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов  $j$ -ої групи, який враховує вплив температури оточуючого середовища та електричне навантаження елемента.

Поправочний коефіцієнт  $k_\lambda$  враховує умови експлуатації радіо електронної апаратури (РЕА);  $k_{\lambda 1}$  – вплив механічних факторів (вібрації, ударні навантаження),  $k_{\lambda 2}$  – вплив кліматичних факторів (температура, вологість),  $k_{\lambda 3}$  – умови роботи при пониженому атмосферному тиску.

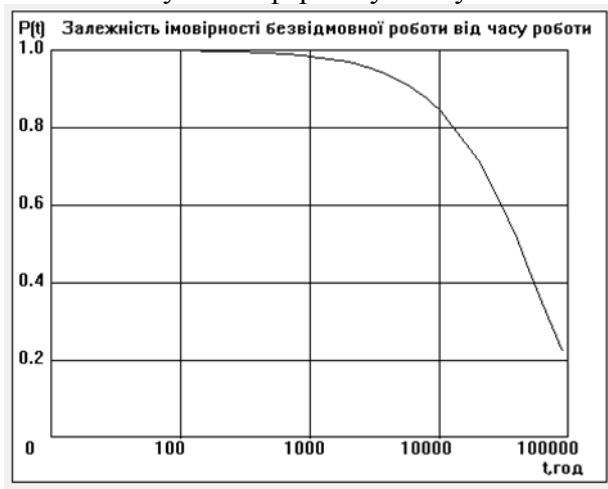


Рисунок 1. Графік залежності  $P = f(t)$

Розрахунок надійності РЕА суттєво скорочується при використанні комп'ютерної програми NAD\_Release. Для того, щоб розрахунок був ефективним, до програми висуваються наступні вимоги: Збереження результатів розрахунку у вигляді файлу з можливістю виведення на друк, а також із можливістю подальшої обробки результатів іншими програмами (наприклад в програмі MatchCAD). Результати які виводяться у файл, що дає можливість опрацювати вибрані коефіцієнти і побудувати криву розподілу.

При розрахунку надійності пристрою, було розраховано всі елементи враховуючи коефіцієнти механічних впливів, вологості і температури і було розраховано середнє напрацювання до відмови 17229.4 год.

### Література

1. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. –М.: Сов. Радио, 1985.

УДК 621.791.763

А.А. Шайда

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ШОВНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПАЛИВНОГО БАКА АВТОМОБІЛЯ

A.A. Shaida

### AUTOMATIC CONTROL OF THE PROCESS OF SEAM CONTACT WELDING OF THE CAR FUEL TANK

На відміну від інших металообробних виробництв, зварювальне охоплює великий комплекс різних за своїм характером технологічних операцій, що забезпечують виготовлення заготовок і деталей, їх зварювання, термічну обробку, контроль якості зварних з'єднань і обробку готових зварених виробів.

Ціль автоматизації зварювальних процесів – одержання зварних з'єднань із необхідними властивостями при найвищих техніко-економічних показниках без особистої участі людини. Соціальний аспект автоматизації, що припускає звільнення людини від безпосереднього виконання функцій керування зварювальними процесами й передачу цих функцій автоматичним пристроям, в останні роки здобуває все більшу значимість. Як відзначив академік Б. Е. Патон, «...гуманне бажання звільнити людину від важкої й стомлюючої праці у зварювальному виробництві шляхом його механізації й автоматизації стає усе більш важливим, а іноді й вирішальним фактором при визначенні доцільного рівня, методів і технічних засобів механізації й автоматизації зварювального виробництва в цілому й процесів зварювання – зокрема».

Кожний зварювальний процес можна охарактеризувати деяким числом узагальнених координат (параметрів зварювального процесу), між якими існують певні зв'язки. Наприклад, між струмом і напругою на дузі існує зв'язок, обумовлена властивостями джерела живлення [1]. Частота коротких замикань дугового проміжку краплями розплавленого металу залежить від струму й напруги на дузі, але ця залежність не однозначна, вона має імовірнісний характер і може бути представлена у вигляді відповідної кореляційної функції. Схема регулятора контактної шовної зварювання наведена на рис. 1

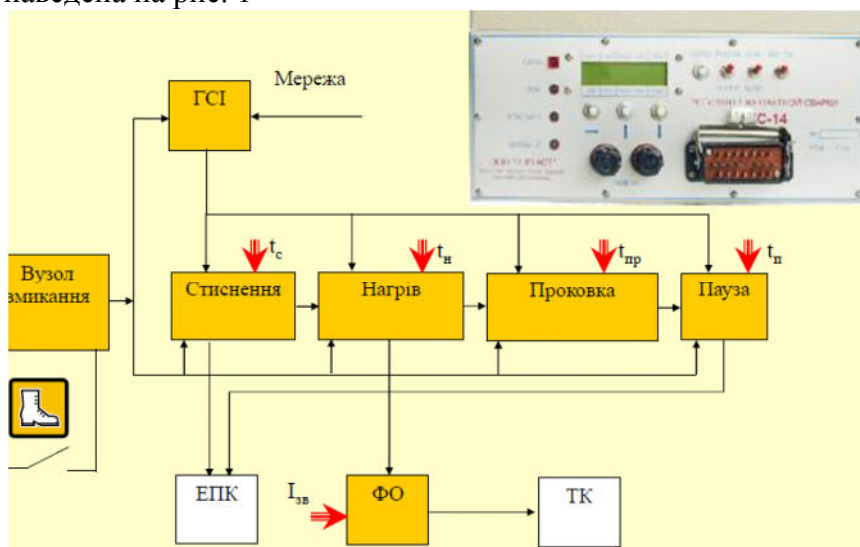


Рисунок 1. Схема регулятора контактної шовної зварювання

Джерелами енергетичних і кінематичних збурень є промислова мережа й в основному властиво зварювальному устаткуванню: джерела живлення, апаратура керування, приводи подачі електрода, переміщень і т.д. Джерело технологічних збурень – недосконалість технології підготовки заготовок і їх складання [2].

Схема періодів процесу регулювання контактного шовного зварювання наведена на рис. 2.

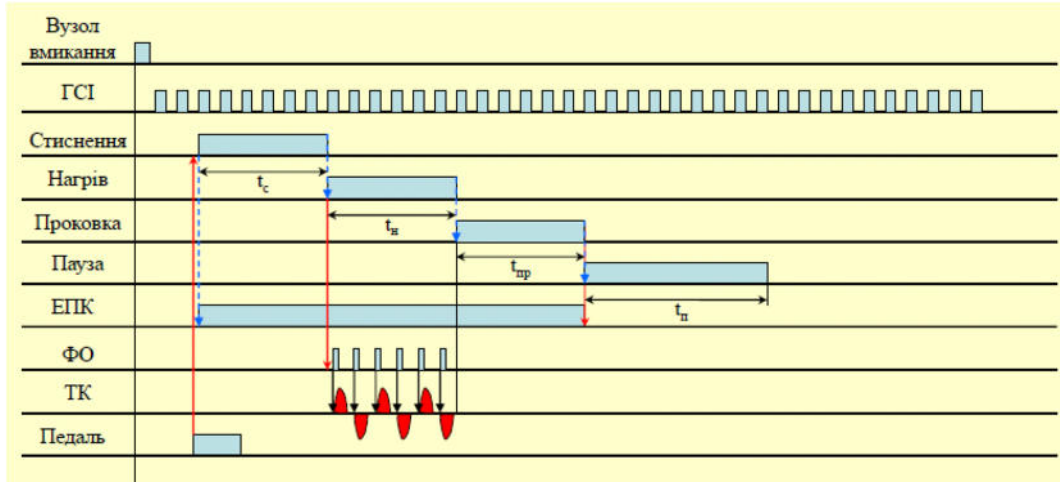


Рисунок 2. Схема процесу регулювання контактного шовного зварювання

Зварювальний струм  $I_{св}$  – один з основних параметрів, що визначають режим зварювання і якість звареного шва. Спосіб амплітудного завдання й регулювання  $I_{св}$  полягає в зміні його діючого значення при перемиканні щаблів зварювального трансформатора або зміні напруги зарядки  $U_{зар}$  батареї конденсаторів – при конденсаторному зварюванні. Найбільше поширення одержав спосіб фазового регулювання діючого значення струму при зміні фази включення вентильного (тиристорного) контактора.

Час зварювання  $t_{св}$  у зварювальних машинах змінного струму задають при включенні вентильного (тиристорного або ігнітронного) контактора на необхідний час, кратне числу періодів живильної мережі, рис. 2. При однопівперіодному зварюванні тривалість імпульсу  $I_{св}$  можна регулювати зміною фази напруги, що управляє включенням вентилів. При конденсаторному зварюванні тривалість імпульсу струму залежить від ємності  $C_{зар}$  і коефіцієнта трансформації зварювального трансформатора.

Зусилля стиску  $F_{сж}$  електродів при механічному приводі задається вантажами або пружинами й системами важелів, а при пневматичному й пневмогідролічному приводах регулюється редукторами тиску. Якщо зварювальна машина має електромагнітний привод стиску, то  $F_{сж}$  визначається струмом в обмотці електромагніта. З позицій автоматизації найбільш зручним є електромагнітний привод, застосовуваний тільки для машин малої потужності.

### Література.

1. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням». Вид. ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 178 с.
2. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактної точкової зварювання деталей сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ. 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.

УДК 621.791.763

Т.Г. Шевченко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ РАМИ БУНКЕРА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

T.G. Shevchenko

### AUTOMATIC CONTROL OF THE PROCESS OF ELECTRIC ARC WELDING OF THE FRAME OF THE ROOT HARVESTER

Зварювальні процеси як об'єкти регулювання при правильному доборі їх статичних і динамічних характеристик є енергетично стійкими, тобто мають позитивне самовирівнювання. Однак перехід їх під дією збурень із одного енергетичного стану в інше супроводжується змінами параметрів режиму зварювання (струму, напруги, швидкості плавлення і т.д.), тобто появою статичних помилок, рис. 1

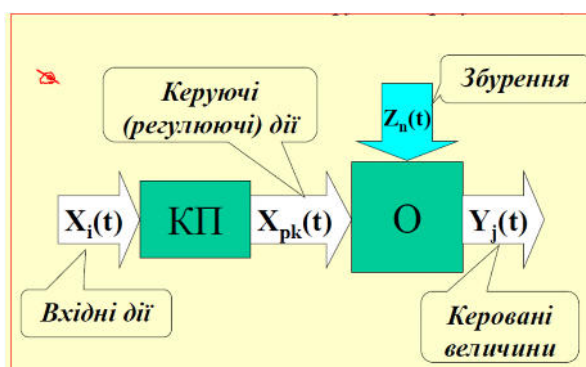


Рисунок 1. Загальна схема системи автоматичного регулювання зварюванням

Якщо ці помилки невеликі і їх впливом на якість зварювання можна знехтувати, то найбільш зручним способом керування виявляється програмне по розімкнутому циклу. Керуючий пристрій (КП) змінює керуючий вплив ХУ по заздалегідь відомому закону, відповідно до якого необхідно змінювати керовану величину хвиль в об'єкті керування (О). Розімкнуті системи програмного керування (РСПУ) набули широкого застосування насамперед через саму специфіку зварювального виробництва, що впливає з необхідності використання універсального устаткування для виготовлення різноманітної номенклатури виробів. РСПУ, забезпечуючи можливість швидкої перебудови зварювального процесу при переході від одного типорозміру до іншого простою зміною програми, найбільше повно відповідають вимогам індивідуального й дрібносерійного виробництва [1].

Тимчасове програмування послідовності основних операцій зварювального циклу широко застосовується при автоматизації різних способів зварювання. Об'єктами програмного керування можуть бути переміщення джерела нагрівання, подача присадочного матеріалу при зварюванні плавленням, зміни зварювального струму при контактному зварюванні, переміщення деталей, що зварюються.

Операції порушення дуги й заварки кратера програмуються при погодженій зміні швидкості подачі електрода й моментів включення й вимикання джерела живлення. У деяких випадках програмування зварювального режиму викликається нестационарністю температурного поля у виробі й розгалуженням теплового потоку дуги [2]. Схема процесу програмного керування циклом зварювання наведена на рис. 2.

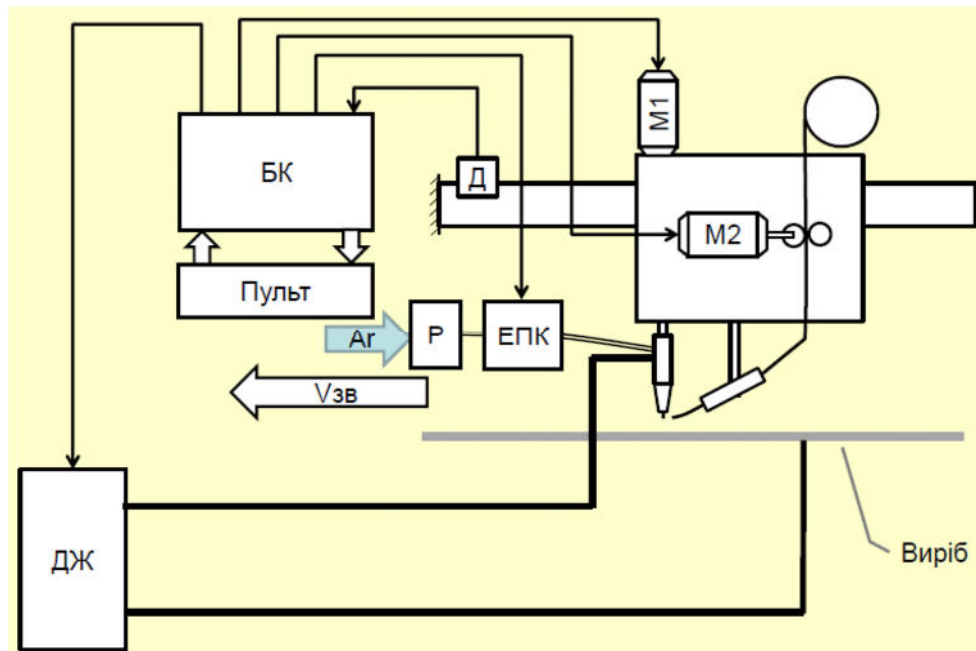


Рисунок 2. Схема процесу програмного керування циклом зварювання

Розімкнуті системи керування мають істотний недолік принципового характеру - закон зміни керуючого впливу не враховує дійсної (фактичної) зміни регульованої величини під дією неврахованих збурень, зміни характеристики об'єкта регулювання тощо. У тих випадках, коли використання розімкнутих систем малоефективне, застосовують замкнуті системи автоматичного керування (САК). У таких системах зміна регулюючого впливу  $XU$ , що визначає зміну величини хвиль на виході об'єкта відбувається доти, поки хвиля не досягне необхідного значення.

Інтенсивно розробляються системи автоматичної стабілізації проплавленням при дуговому, плазмовому й електронно-променевому зварюванні при дії збурень технологічного характеру. Замкненими системами є системи програмного регулювання (СПР), у яких закон зміни, що задає впливу  $Z_n(t)$  - заздалегідь відома функція часу. Такі системи в порівнянні з розімкнутими СПУ перебувають на якісно більш високому рівні, тому що завдяки наявності зворотних зв'язків вони мають значно більш високу точність, особливо в умовах дії випадкових технологічних збурень.

Наприклад, при електронному променевому зварюванні деталей теплообмінників (труб із трубними дошками) переміщення електронно-променевої гармати є малоефективними внаслідок існуючого допуску на розміри міжцентрових відстаней отворів у трубній дошці й погрішностей орієнтації теплообмінника в координатній площині. Тому для корекції програми переміщення електронного променя застосовують зворотний зв'язок по взаємному положенню променя крайок, що й зварюються. У цьому випадку сигнал зворотному зв'язку від датчика положення стику використовується для корекції основної твердої програми переміщення зварювального інструмента.

#### **Література.**

1. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням». Вид. ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 178 с.
2. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ. 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.

**УДК 699.86**

**В.В. Щерба, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ**

**V.V. Shcherba, H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **TECHNOLOGICAL ASPECTS OF USING MODERN THERMAL INSULATION MATERIALS IN CONSTRUCTION**

Підвищення теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій будівель є одним із основних напрямків енергозбереження. Ця проблема повинна вирішуватись комплексно - шляхом впровадження сучасних технічних та конструктивних рішень теплозахисту будівель під час будівництва чи ремонту, впровадженням енергозберігаючого децентралізованого теплопостачання та локального комбінованого виробництва теплової і електричної енергії.

Правильно підібрана та розрахована теплоізоляція зовнішніх стін виключає конденсацію водяної пари як на внутрішній поверхні стін, так і по всьому перерізу.

При проектуванні багатшарової огорожувальної конструкції треба розташовувати з внутрішньої сторони конструкції шари матеріалів, що мають більш високу теплопровідність, теплоємність та опір паропроникненню, а з зовнішньої - шари з теплоізоляційних матеріалів.

Не рекомендується застосовувати конструктивні рішення з шарами із теплоізоляційних матеріалів з внутрішнього боку конструкції через можливе надмірне накопичування вологи в теплоізоляційному шарі, що призводить до незадовільного тепловологісного стану конструкції й приміщення в цілому, а також до зниження надійності теплової оболонки будинку.

Під час проектування будинків треба передбачити захист внутрішніх поверхонь стін від впливу вологи, зовнішніх - від атмосферних опадів з використанням опоряджувально - захисних шарів покриття (облицювання, штукатурка, фарбування).

Зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом, у будинках без підвалу необхідно утеплювати на глибину 0,5 м нижче поверхні ґрунту, у будинках з підвалом - на глибину 1,0 м нижче поверхні ґрунту.

Покращення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівель досягається використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів, до властивостей яких висувають такі вимоги:

- низька теплопровідність;
- ізотропність властивостей у всіх напрямках;
- стійкість до коливань температур навколишнього середовища при експлуатації;
- високий рівень показників пожежної безпеки;
- достатня конструктивна міцність;
- волого - та паростійкість до атмосферних впливів.

Для забезпечення найкращих експлуатаційних характеристик багатшарових зовнішніх стін шари з різних будівельних матеріалів повинні розміщуватись в них так, щоб теплопровідність зменшувалась в напрямку від теплової поверхні огорожувальної конструкції до її холодної сторони, а паропроникність - збільшувалась.

УДК 699.86

Ю.О. Якушев

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ СЕНДВІЧ -ПАНЕЛЕЙ У БУДІВНИЦТВІ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

Yu.O. Yakushev

### **USE OF SANDWICH PANELS IN THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS**

Регулярне дорожчання енергоносіїв спричинило питання до енергоефективності промислових об'єктів. Поряд із цим спорудження будівель промислового призначення вимагає застосування ефективних стінових заповнювачів, що пришвидшували б терміни будівництва та забезпечували надійну теплоізоляцію. Саме тому протягом останнього часу все більшої популярності набувають сендвіч-панелі (Рис.1).

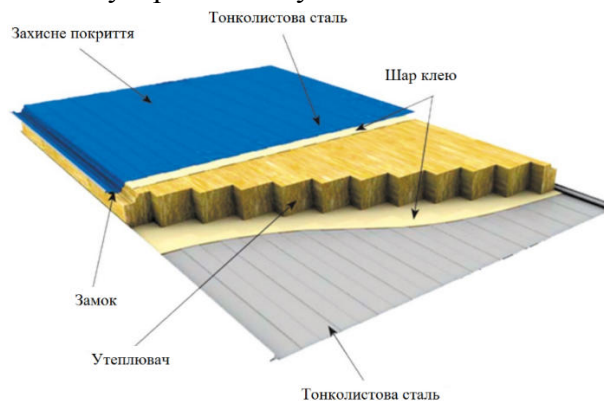


Рисунок 1. Структура сендвіч-панелей

Виготовлені в заводських умовах сендвіч-панелі сприяють зменшенню тривалості будівельно-монтажних робіт та зниженню кількості «мокрих процесів» на будівельному майданчику. Найбільш поширеними утеплювачами є:

- мінеральна вата (базальтове волокно);
- пінополіуретан ППУ;
- пінополістирол;
- поліізоціанурат;
- скловолокно.

При виборі теплоізоляційного матеріалу необхідно враховувати не лише вологість навколишнього середовища, а й ступінь вогнестійкості. Так, вироби на основі мінеральної вати втрачають свої теплозахисні властивості при незначному зволоженні, однак мають відносно високі показники вогнестійкості. Вироби на основі пінополістиролу, навпаки, характеризуються низьким рівнем вогнестійкості але при цьому краще зберігають теплозахисні властивості при потраплянні вологи.

Профілі бувають двох типів: стінові та покрівельні. Стінові сендвіч-панелі за типом зовнішнього профілю поділяються на гладкі, прості профільовані й декоративні профільовані (сайдингові). Покрівельні сендвіч-панелі можуть бути профільованими з обох боків або тільки із зовнішньої сторони.

Таким чином, використання таких панелей забезпечує підвищення енергоефективності промислових будівель поряд із скороченням термінів будівництва, що позитивно впливає на терміни окупності.



УДК 699.841

Н.Б. Яськевич, М.І. Гудь, Г.М. Крамар, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ АРМУВАННЯ СТИКУ КОЛОНИ З БАЛКОЮ ПРИ ДІЇ СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

N.B. Yaskevych, M.I. Hud, senior lec., H.M. Kramar, Ph.D., Assoc. Prof.

### FEATURES OF REINFORCEMENT OF JOINT OF A COLUMN WITH A BEAM UNDER THE ACTION OF SEISMIC LOADS

Стик балки з колоною є однією з найбільш критичних частин конструкції в залізобетонному каркасі, яка відіграє важливу роль у сейсмічній стійкості монолітно-каркасних будівель. Коли стик балки з колоною, що протистоїть згинальному моменту, піддається боковим зусиллям, то зростає імовірність його руйнування шляхом зрізу через значні дотичні напруження, які з'являються внаслідок протилежних за знаком моментів. Цей тип руйнування є несприятливим, оскільки він має небажані наслідки для сейсмічних характеристик монолітно-каркасних будівель, особливо при наявності значних опорних моментів.

Залізобетонні стики балки з колоною, особливо без поперечного армування з'єднання, руйнуються за крихким механізмом руйнування, коли інтенсивні напруження зосереджені в області з'єднання при дії землетрусу. Приклад виконання сейсмостійкого вузла без додаткового армування і з ним подано на рисунку.

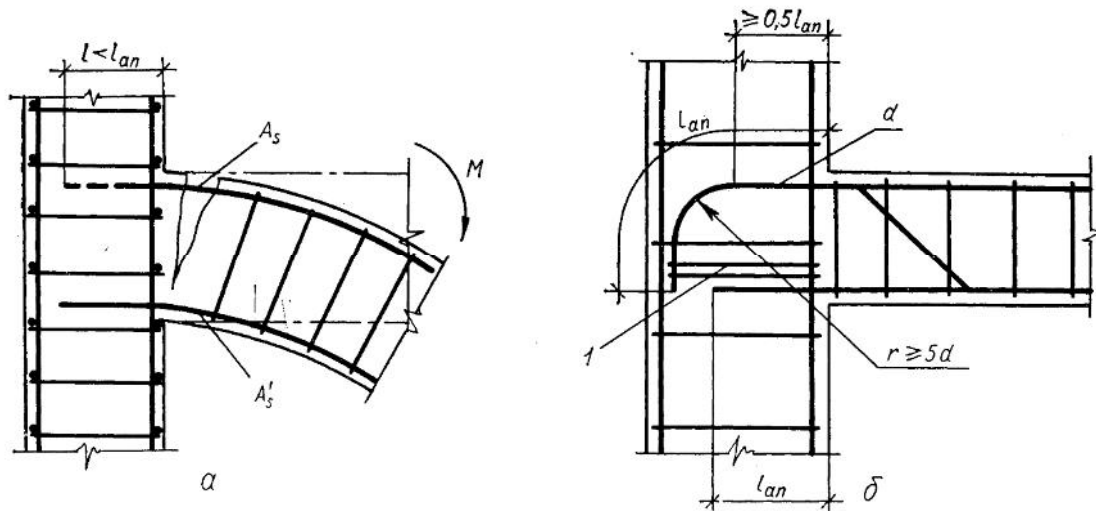


Рисунок. Стик монолітної колони з балкою:  
а) без додаткового армування, б)- з додатковим армуванням.

Анкерування арматури запобігає її проковзуванню в бетоні під час навантаження конструкції і гарантує спільну роботу бетону та сталі.

Якщо на прямій ділянці конструктивно не можна забезпечити довжину зони анкерування  $l_{an}$ , то стержень відгинають на  $90^\circ$  по дузі кола радіусом не менше як  $5d$ . Довжина прямої ділянки має бути не менше як  $0,5l_{an}$ , а на відігнутій ділянці встановлюють додаткову поперечну арматуру, яка перешкоджає розгинанню стержня.

## **СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**УДК 656.025.4**

**М.В. Бабій, канд. техн. наук; Н.М. Бісовський; С.С. Балацький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ**

**M. Babii, Ph.D.; N. Bisovskyi; S. Balatskyi**

#### **ANALYSIS OF PROBLEMS IN THE INTERACTION OF TYPES OF TRANSPORT**

Транспортна система країни відіграє надзвичайно важливу роль в економічному зростанні будь-якої держави. Транспортування товару із сфери виробництва до конкретного споживача можна вважати продовженням технологічного процесу. Питома частка транспорту складає до 20 % всіх виробничих фондів та в межах 10% від капітальних вкладень.

Для ефективного функціонування єдиної транспортної системи нашої держави необхідною умовою є забезпечення раціональної взаємодії різних видів транспорту. За статистичними даними Держстату в період 2014-2018 років можемо бачити обсяги вантажних перевезень, рис. 1.

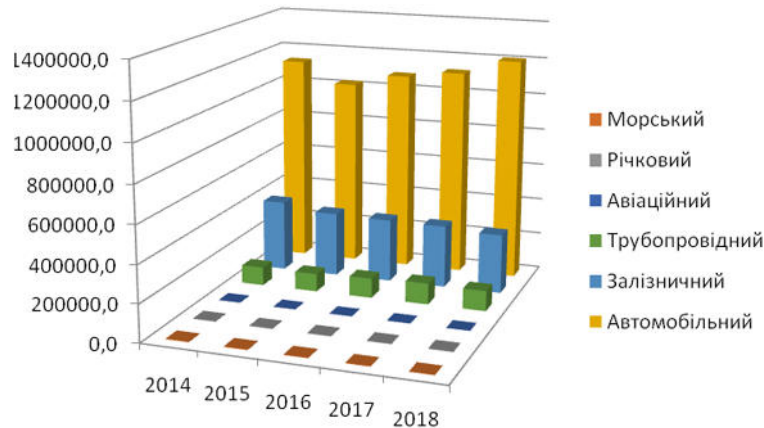


Рисунок 1 – Обсяги вантажних перевезень у 2014-2018 роках за видами транспорту

За представленою гістограмою чітко видно, що найбільша питома частка всіх перевезень припадає на автомобільний транспорт, який є найбільш гнучким, але одним з найдорожчих видів транспорту. Друге місце за обсягами перевезень займає залізничний транспорт, далі йде трубопровідний і т.д.

Україна, що має значний транспортний потенціал за всіма видами

транспорту, з надто великою питомою вагою використовує автомобільні перевезення, тому товари для споживача додають у своїй вартості. Для здешевлення вартості доставки товару потрібно раціонально поєднувати різні види транспорту. Проблема якісної взаємодії видів транспорту для України є ще досить гострою. Відповідно до Державної програми розвитку транспортної системи України відносяться питання розвитку та можливості завантаження таких видів транспорту як морського, річкового тощо. Для використання повного потенціалу вказаних видів транспорту потрібно, перш за все, технічне переоснащення відповідних галузей, застосування новітніх технологій в логістиці транспортних процесів та використання кваліфікованого трудового потенціалу для обслуговування цих процесів.

#### **Література.**

1. Бабій М.В. Проблеми транспортної логістики в аграрному секторі України / Бабій М.В. // Вісник ХНТУСГ. Випуск 184 “Технічний сервіс машин для рослинництва”, Харків, 2017. С.130–135.

**УДК663.17**

**М.Г. Левкович, канд. техн. наук, доц., Р.В.Бомашчук, Я.Д. Дутка**

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

## **ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ**

**M.G. Levkovych, Ph.D., Assoc., R.V. Bomashchuk, Y.D. Dutka**

### **REASONS FOR DECREASING THE EFFICIENCY OF BRAKE SYSTEMS**

Гальмівні властивості є одними з найважливіших експлуатаційних властивостей, які визначають активну безпеку автомобілів, що в сучасних умовах збільшення швидкості і інтенсивності руху має першорядне значення.

Як відомо, поєднання властивостей гальмування, які забезпечують необхідні параметри процесу гальмування автомобіля, називається ефективністю гальмівних системи. Ця концепція включає в себе дві найважливіші властивості: ефективність гальмування і стійкість автомобіля при гальмуванні.

Ефективність гальмівних робіт також впливає на основні технічні та експлуатаційні характеристики автомобіля - продуктивність, оскільки значною мірою визначається його швидкістю. Висока швидкість може бути досягнута тільки з високою продуктивністю і надійні гальма.

В ході експлуатації автомобіля під впливом великої кількості фактори змінюють технічний стан гальмівної системи.

Фактори, що впливають на зміну технічного стану, можна розділити на дві групи: конструктивні і виробничі фактори, що визначають початкову якість гальмівних систем, і експлуатаційні фактори, що визначають зміну технічного стану при експлуатації.

До першої групи входять: вибір схематичні та дизайнерські рішення, вибір матеріалів, технологія виготовлення, якість виробництва, збірка тощо.

Друга група включає операційні фактори, які можуть бути як суб'єктивними, так і об'єктивними. Суб'єктивні фактори пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу. До них відносяться: вибір правильних гальмівних режимів роботи, їх підтримання і ремонт; кваліфікації супроводжуючих та якості його роботи.

Об'єктивні фактори включають: гальмівні умови, включаючи розмір і частоту повторення робочих навантажень, температурних режимів, впливу на навколишнє середовище тощо.

Зміни технічного стану гальмівних систем призводять до погіршення ефективності гальмування автомобіля, кількості встановленого уповільнення, часу гальмівних систем і коридору руху.

Проводячи дослідження впливу експлуатаційних факторів на зниження ефективності гальм, виявлено, що збільшення зазору між колодками і гальмівним барабаном під час роботи автомобіля призводить до збільшення гальмівного шляху і сприяє зниженню максимального уповільнення автомобіля.

Так, зміна зазорів між накладками і барабаном від 0,1 до 1,0 мм призводить до зниження гальмівної сили в 1,5 рази, а уповільнення - в 2 рази. При цьому час гальм збільшується на два, а гальмівний шлях - в 1,5 рази.

Також відомо, що час відставання гальмівної системи залежить від розмірів зазорів і швидкості руху педалі, а час збільшення гальмівної сили на колесі значною мірою - від радіальної деформації гальмівного барабана.

Крім того, час гальмівного гідравлічного приводу збільшується за допомогою розгерметизації приводу, засмічення клапанів і гальмівних труб, набряку гумових манжет тощо.

В ході експлуатації автомобіля зі збільшенням його пробігу спостерігається зниження коефіцієнта тертя гальмівних колодок за рахунок проковтування рідин, масла, води і введення зносу продукції.

Змащення гальмівних колодок тягне за собою зниження сили гальмування і уповільнення, а значить, збільшення гальмівного шляху в 4...5 рази.

Масло на поверхні підкладок є наслідком зносу поршневих манжет колісних циліндрів, надмірного тиску мастила в задньому мосту і невідповідності в'язкості, фактично нанесеної на той, що вказаний в інструкції по експлуатації автомобілів.

Аналіз типових несправностей гальмівних систем автомобілів показує, що більшість з них через несправні гальмівні механізми. При цьому їх поява в основному обумовлена наступними причинами:

- великі зазори в гальмівних механізмах;
- зношення гальмівних колодок;
- зміни технічного стану деталей (змащення і коксування гальмівних колодок, знос манжети, старіння гальмівних шлангів тощо).

Слід зазначити, що нерівномірність гальмівних зусиль на колесах однієї осі в автомобілів є різні, як зі значним пробігом з початку експлуатації, так і в нових автомобілях (рис. 1).

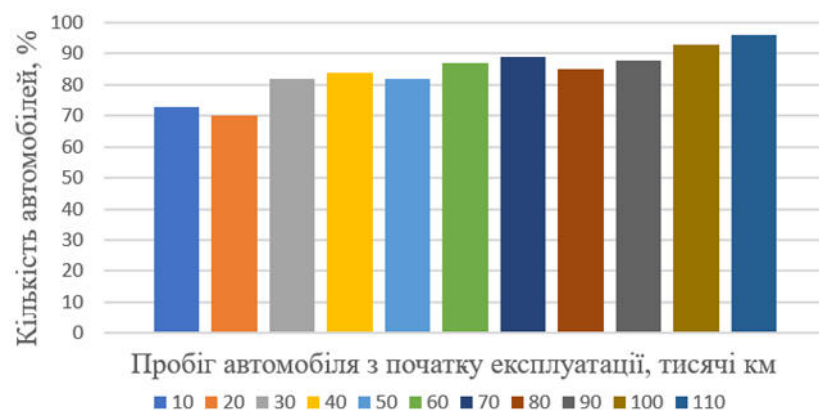


Рисунок 1. Кількість несправних автомобілів через нерівномірне гальмівне зусилля (у відсотках від кількості протестованих)

У деяких випадках регулювання вузла може відновити необхідну ефективність гальмування. В інших випадках коригування не мають належного ефекту. Аналіз показує, що основні причини зниження ефективності гальмівних систем автомобілів є нерівномірний розподіл гальмівних моментів на колесах однієї осі пов'язані з роботою гальм.

Ці причини можуть бути вирішені шляхом своєчасного виявлення та усунення несправностей, що в свою чергу вимагає вичерпної інформації про технічний стан гальмівної системи. Цю інформацію можна отримати під час діагностики гальмівних систем автомобіля.

### Література

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник .-К. : Знання – Прес, 2003-511 с.
2. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для ВУЗов / Под. ред. Г.В. Крамаренко. - М.: Транспорт, 1983. - 488 с.
3. Генбом Б.Б., Гудз Г.С., Демьянюк В.А., Кизман А.М., Кобылинский В.Н. Вопросы динамики торможения и рабочих процессов тормозных систем автомобилей/ Под ред. Б.Б. Генбома- Львов: Вища школа, 1974.-234 с.

**УДК 621. 891**

**А.Б. Гупка, канд. техн. наук, Д.В. Козак, О.М.Копча**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ**

**A.B. Gupka, Ph.D., D.V. Kozak, O.M. Kopcha.**

### **SELECTION CRITERIA FOR TECHNOLOGICAL METHODS FOR RISE WEAR RESISTANCE OF THE CARS PARTS**

В сучасних машинах і механізмах використовуються різні по конструкції технології виготовлення і призначенню елементи, зносостійкість яких визначає трибологічну надійність важконавантажених пар тертя (ВПТ) в т.ч. і паливних систем. Не дивлячись на різноманітність конструктивних форм і функціональних особливостей ВПТ, спільними являються вимоги стабільності сил тертя, збереження розмірних параметрів (мінімальне зношування), оптимальні характеристики поверхневих шарів. Деталі вузлів ВПТ працюють в умовах дії високих динамічних навантажень, реверсивного характеру руху, високих температур, абразивного середовища. Дані умови роботи ставлять особливі вимоги до технологічних процесів виготовлення деталей, матеріалів і технічних вимог по параметрах точності і якості. Аналіз робочих поверхонь пар тертя виявив наступні види зносу: абразивний, механохімічний, корозійний, що дозволило нам запропонувати відповідні високопродуктивні технологічні методи підвищення надійності і довговічності деталей ВПТ.

Технологічні методи включають: методи зміцнюючої технології (збільшення твердості, зміна хімічного і фазового складу поверхневих шарів), примінення сучасних технологічних процесів для забезпечення вимог по точності виготовлення з відповідною шорсткістю робочих поверхонь. Технологічні методи забезпечують регулювання процесів активації і пасивації з одержанням вторинних структур (ВС) із заданими характеристиками поверхневої міцності. Обґрунтоване примінення технологічних методів дозволяє підвищити антифрикційність і зносостійкість, попередити схоплювання, абразивне зношування, підвищити зносостійкість при нормальному терті, а також керувати процесами припрацювання деталей вузлів тертя ВПТ. Для вибору оптимальних технологічних методів для конкретних пар тертя проведено комплекс досліджень механохімічних процесів в зоні фрикційного контакту, в т.ч. специфіки утворення, трансформації та руйнування ВС. Дослідні взірці виготовлялись із сталі ШХ15 з наступними методами зміцнюючої технології: обробка глибоким холодом, хімічне травлення, хромування, комплексна хіміко-термічна обробка, конденсація з іонним бомбардуванням, лазерне зміцнювання. Шорсткість робочих поверхонь доводилася до  $Ra = 0,32\mu\text{m}$ . З позицій структурно-енергетичної теорії тертя та зношування проведено комплекс досліджень поверхневої міцності, структурної пристосовуваності матеріалів, механізмів руйнування ВС. В якості критеріїв вибору оптимальних технологічних методів в даній роботі використовувались: контролюючі параметри - момент тертя, температура, величина зносу, контактний електроопір поверхневих шарів; розрахункові параметри - коефіцієнт тертя, питома робота руйнування, енергоємність системи тертя. Для ідентифікації даних показників проведено дослідження структури поверхонь тертя, які працювали в режимі нормального тертя та зношування.

На основі одержаних даних розроблені схема управління поверхневою міцністю та практичні рекомендації по підвищенню трибологічної надійності ВПТ.

**УДК 621. 891**

**А.Б. Гупка, канд. техн. наук, І.Р. Підкамінний, А.В. Примасюк.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ЕЛЕКТРИЧНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ  
ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ПАР ТЕРТЯ АВТОМОБІЛІВ**

**A.V. Gupka, Ph.D., I.R. Pidkaminnyu, A.V. Prumasyuk.**

**ELECTRIC OF RELIABILITY EVALUATION CRITERIA OF TRIBOLOGICAL HEAVY  
DUTY PAIR FRICTION CAR**

З позицій структурно-енергетичної теорії тертя та зношування запропоновані комплексні електричні критерії оцінки поверхневої міцності матеріалів при терті та зношуванні важко навантажених пар тертя автомобілів. Приведена методика ідентифікації триботехнічних, структурно-енергетичних та електричних параметрів пар тертя для одержання об'єктивної інформації про процеси в зоні фрикційного контакту. Стало можливим, завдяки залученню до вирішення даних проблем останніх досягнень фізики твердого тіла, механіки, фізичної хімії, матеріалознавства, термодинаміки відкритих систем, триботехніки та інших. Враховуючи, що більше 80% відмов в роботі машин відбувається через інтенсивне зношування робочих поверхонь деталей у вузлах тертя, особлива увага приділяється комплексному вивченню процесів тертя та зношування, які відіграють основну роль в забезпеченні нормальної експлуатації пар тертя із заданими параметрами надійності та довговічності в т.ч. автомобілів.

На сучасному етапі розвитку науки триботехніки потрібний якісно новий рівень знань про процеси, які протікають в зоні фрикційного контакту, з'явилась необхідність в розробці нових матеріалів і конструкцій, ефективних засобів відновлення зношених поверхонь деталей, здатних задовольняти широкий діапазон вимог до вузлів тертя машин та механізмів. Стало очевидним, що тільки з розвитком фундаментальних і прикладних досліджень в галузі тертя, мащення та зношування можливе вирішення проблеми підвищення надійності і довговічності машин, економії матеріальних ресурсів. Стало необхідним одержання об'єктивної інформації про процеси в зоні пар тертя автомобілів.

При використанні більшості існуючих машин тертя, методів вимірювання і контролю триботехнічних, структурно-енергетичних параметрів фіксується кінцевий результат і не розкриваються причинні зв'язки, які зумовили конкретні значення даних параметрів, відсутній зв'язок із фізикою процесу тертя та зношування. Одним із основних недоліків традиційних методик являється значна тривалість процесу яка пов'язана із специфікою роботи пар тертя автомобіля в режимі нормального механохімічного зношування.

На даний час високого рівня розвитку і широкого застосування одержали електричні методи (відповідні параметри) при оцінці показників процесу тертя та зношування. Приведена узагальнена інформація про можливість використання і трибологічну інформативність методу контактного електроопору (КЕО) пари тертя (R) як кінетичного методу неперервного контролю процесів тертя та зношування в режимах припрацювання, нормального механохімічного зношування та перехідних процесів. Згідно запропонованої методики вимірюються наступні параметри КЕО (R) вихідне (стабільне) значення КЕО при заданих силових параметрах навантаження,  $\Delta R$  - величина падіння КЕО після чергового збільшення силових параметрів навантаження,  $t$  - час виходу пари тертя на нове стабільне значення КЕО,  $\Delta R/R_{\text{вих}}$ . В діапазоні структурної пристосовуваності (СП), який характеризується наявністю вторинних

структур (ВС) з оптимальними властивостями, дані параметри стабільні і оптимальні, за межами даного діапазону (процеси припрацювання, об'ємної деструкції) дані параметри мають максимальне значення і нестабільні в часі. Значення параметрів  $\Delta R/R_{вих}$  і  $\Delta R$  залежать від термодинамічних, геометричних та фізико-механічних властивостей ВС. Як показали проведені дослідження і одержані дані запропоновані електричні критерії є високоінформативними просторово-часовими показниками процесу тертя та зношування і кінетики структурного стану поверхонь тертя.

Для одержання об'єктивної інформації про ефективність чи неефективність запропонованих технічних рішень по відновленню зношених поверхонь тертя деталей вузлів тертя автомобіля дослідження необхідно проводити в широкому діапазоні зміни силових параметрів навантаження (питоме навантаження  $P$ , швидкість ковзання  $V$ , температура  $t$ ), при їх плавній зміні з можливістю реверсивного характеру руху, можливості імітації руху досліджуваного зразка по новому сліду. На існуючих машинах тертя реалізувати дані вимоги практично неможливо.

Дослідження проводились на спеціально сконструйованій машині тертя, яка дозволяє моделювати основні пари тертя автомобіля, плавно змінювати силові параметри навантаження в широких діапазонах, відрізняється простотою конструкції, невеликими габаритами, зручністю в експлуатації і в сукупності з металографічним аналізом структури поверхонь тертя складає комплекс, що володіє певним ступенем досконалості. Технічні можливості і надійність робочих вузлів машини тертя підтверджена досвідом її експлуатації (табл. 1).

Табл. 1 - Технічна характеристика машини тертя

Силові параметри навантаження		Характер зміни	Напрямок руху	Розміри пари тертя, мм		Експлуатаційні особливості
$P$ , МПа	$V$ , м/с			Зразок	$a$	
0,1-25	0,05-12	Плавний	Однонаправлений Реверсивний	Зразок	3-15	Суміщення процесів: провороту зразка, динамічного навантаження зразка, реверса контртіла
		Ступінчастий			Контртіло	
				D	100-225	

Призначення машини тертя - підвищення точності визначення триботехнічних параметрів процесу припрацювання відновлених пар тертя, скорочення циклу дослідження, забезпечення циклічно змінних значень швидкостей ковзання і напрямків відносного руху.

Розроблені комплексні електричні критерії можуть бути використані в якості критеріїв оцінки СП матеріалів при терті та зношуванні. Це обумовлено тим, що вони дозволяють оцінити динамічний стан всієї трибосистеми, масштабних, геометричних, динамічних і теплофізичних характеристик вузла тертя. Запропоновані критерії дозволяють вести безперервний контроль за процесами тертя та зношування з дослідженням кінетики утворення, трансформації і руйнування ВС безпосередньо в процесі випробування. У сукупності з металографічним аналізом поверхонь тертя запропоновані критерії дозволяють більш об'єктивно керувати процесами тертя і зношування, розкривати фізичну природу триботехнічних взаємодій.



**УДК 621.85; 62-822**

**Г.М. Данилишин, канд. техн. наук, доц., П.Р. Михайлиця**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

**G.M. Danylyshyn, Ph.D., Assoc. Prof., P.R. Mykhailytsia**

## **PECULIARITIES OF STRUCTURE AND RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF HYDROMECHANICAL TRANSMISSIONS OF CARS**

В процесі передачі крутного моменту приводного двигуна автомобіля та зміни його відповідно до навантаження і умов експлуатації важливу функцію виконує трансмісія, зокрема, гідромеханічна передача, яку традиційно називають автоматичною коробкою передач чи коробкою - автоматом.

При достатньо великій кількості кінематичних схем структура гідромеханічної передачі практично незмінна, вона включає гідродинамічний трансформатор, механічну коробку передач та систему управління. В даний час здебільшого застосовуються найбільш прості гідротрансформатори, які включають три основні елементи: вхідне насосне колесо, вихідне турбінне колесо та реактор. Гідравлічний зв'язок приводного двигуна з ведучими колесами дає можливість двигуну працювати при гальмуванні та зупинці автомобіля, автоматично змінювати крутний момент залежно від умов руху в режимі гідромумфи або трансформації моменту, згладжувати крутильні коливання. Впровадження блокувальної муфти усуває проковзування в гідротрансформаторі, що підвищує паливну економічність, проте незначний коефіцієнт трансформації (до 2,0 - 2,5) зумовлює впровадження коробки передач (або варіатора). Перші механічні коробки передач (планетарні або вальні) гідромеханічної трансмісії були, здебільшого, трьохшвидкісними. Планетарні коробки побудовані за схемою Сімпсона з двома послідовно розміщеними планетарними рядами або за схемою зі зчепленими сателітами. Сучасні автомобілі комплектують чотирьох - або п'ятишвидкісними (іноді шести - дев'ятишвидкісними) коробками передач, що зменшує розхід палива та збільшує динамічні показники при розгоні.

Системи управління автоматичних трансмісій бувають гідравлічними або електронними. Гідравлічні системи використовуються на застарілих або бюджетних моделях, сучасні коробки - автомати управляються електронікою. Система управління використовує для роботи два основних параметри: швидкість руху транспортного засобу і навантаження на його двигун. Для визначення цих параметрів гідравлічна система управління використовує здебільшого механічні датчі, електронна система - електричні. Основними з них є датчі частоти обертання вхідного та вихідного валів коробки передач, положення педалі акселератора та важеля селектора, температури масла. Блок управління коробки - автомата може отримувати додаткову інформацію від системи управління двигуном, від інших електронних систем автомобіля, зокрема, від антиблокувальної системи. Електронна система перемикання передач за характером зміни швидкості при певному навантаженні здатна легко і миттєво визначити силу опору руху автомобіля, за необхідності ввести певні поправки в алгоритм перемикання, зокрема, пізніше включати підвищені передачі на завантаженому автомобілі. Для включення муфт і гальмівних стрічок гідромеханічні коробки використовують гідравлічний контур, який управляється гідравлічним або електромагнітним клапаном. Впровадження допоміжних режимів управління дає можливість оптимізувати процес керування трансмісією з врахуванням сукупності багатьох факторів, а також побажань водія.

УДК 656.02

О.М. Яцишин, А.А. Кромець, В.О. Дзюра, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВИЙ МЕХАНІЗМ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

О.М. Yatsushun, A.A. Kromets, V.O. Dzyura, Ph.D., Assoc. Prof.

### CYLINDER-PISTON MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Циліндро-поршневий механізм двигуна внутрішнього згорання виконаний у вигляді гільзи циліндра 1 двигуна внутрішнього згорання з внутрішньою циліндричною поверхнею 2. В внутрішній порожнині циліндра 1 співвісно розміщений поршень 3 з можливістю осевого переміщення.

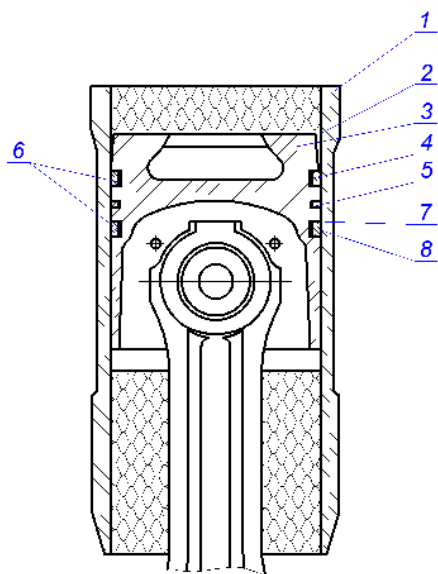


Рисунок 1. Циліндро-поршневий механізм двигуна внутрішнього згорання

Причому зовнішній діаметр поршня 3 є меншим внутрішнього діаметра циліндра 1. На поршні 3 перпендикулярно його повздовжній осі виконані кільцеві канавки 4 в які встановлені маслоз'ємне поршневе кільце 5 та компресійні поршневі кільця 6. Компресійні поршневі кільця 6 виконані у вигляді циліндричного пружинного кільця з розрізом. Торцевими поверхнями 7 компресійні поршневі кільця 6 є у взаємодії з кільцевими канавками 4. Зовнішня циліндрична поверхня 8 компресійного поршневого кільця 6 є у взаємодії з внутрішньою циліндричною поверхнею 2 гільзи циліндра 1 двигуна внутрішнього згорання. На внутрішній циліндричній поверхні 2 гільзи циліндра 1 двигуна внутрішнього згорання та на зовнішній циліндричній поверхні 8 компресійних поршневих кілець 6 нанесено відомим способом регулярний мікрорельєф І виду з площею канавок 25-45% незалежно від схеми і режимів нанесення рисунку.

Причому амплітуда регулярного мікрорельєфу не повинна перевищувати товщини компресійних поршневих кілець 6.

Оскільки на внутрішній циліндричній поверхні 2 гільзи 1 та на зовнішній циліндричній поверхні 8 компресійних поршневих кілець сформовані регулярні мікрорельєфи, то при їх взаємодії забезпечується зменшення коефіцієнта тертя, підвищення герметичності та збільшення ресурсу роботи циліндро-поршневого механізму двигуна внутрішнього згорання.

Таким чином запропонована конструкція циліндро-поршневого механізму двигуна внутрішнього згорання забезпечить зменшення тертя елементів механізму, збільшить герметичність камери згорання, усуне можливість схоплювання поверхні компресійного кільця з поверхнею циліндра та збільшить ресурс роботи двигуна внутрішнього згорання

#### Література

Патент на корисну модель № 138496. Циліндро-поршневий механізм двигуна внутрішнього згорання. Україна МПК F02В 77/00 (2006.01), Дзюра В.О., Ляшук О.Л. заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201905987. Заявл. 30.05.2019., Опубл. 25.11.2019 бюл. №22.

УДК 656.02

Дзюра В.О., канд. техн. наук, В.Г. Назарук, С. Ю. Папа, Н.Б. Старик

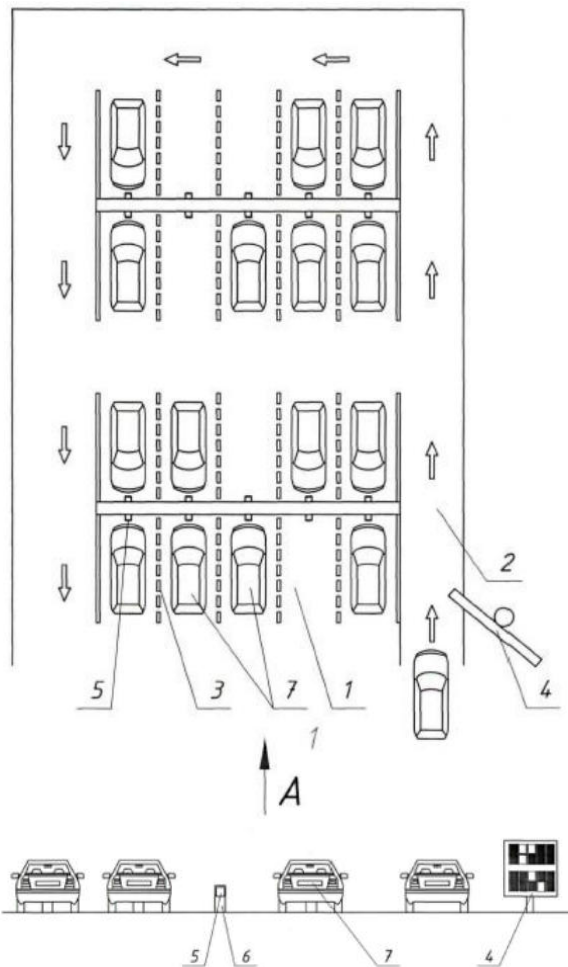
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПАРКОВКА З СИСТЕМОЮ МОНІТОРИНГУ ВІЛЬНИХ МІСЦЬ

V.O. Dzyura, Ph.D., Assoc. Prof., V.G. Nazaruk, S.Y.Papa, N.B. Staryk

### PARKING WITH VACANCY MONITORING SYSTEM

Парковка з системою моніторингу вільних місць складається щонайменше з одного ряду паркувальних місць 1, кожне з яких обмежене границею паркування, з протилежної сторони межує з проїжджою частиною дороги 2 і з боків обмежене елементами розмітки 3. При в'їзді на паркову розміщено електронне інформаційне табло 4 для інформування водіїв про наявність вільних паркувальних місць. На електронному інформаційному табло 4 відображено схему парковки. Крім цього електронне інформаційне табло 4 за допомогою дротового зв'язку з'єднано з сонячними панелями 5, встановленими на стовпцях 6 навпроти кожного паркувального місця 1.



Кожній сонячній панелі 5 відповідає відповідне місце на схемі парковки, що відображається на електронному інформаційному табло. На паркувальних місцях 1 розміщені автомобілі 7.

Автомобілі 7, які заповнюють паркову, під'їжджаючи до стовпців 6 впритул, створюють тінь, що падає на сонячні панелі 5. Таким чином сила струму, яку виробляють сонячні панелі 5 зайнятих паркувальних місць, падає до критичного значення і світлодіоди (на зображенні не показані), що відображають відповідне паркувальне місце на схемі парковки електронного інформаційного табло, гаснуть.

Отже водій автомобіля 7, що в'їжджає на паркову, на схемі парковки електронного інформаційного табло 4 буде бачити лише ті світлодіоди, що відображають вільні паркувальні місця.

Таким чином запропонована конструкція дозволить інформувати водіїв про наявність вільних місць на парковці при в'їзді на неї.

### Література

Патент на корисну модель №139863. Парковка з системою моніторингу вільних місць. Україна МПК E04H 6/00 (2006.01), Дзюра В.О., заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201907057. Заявл. 24.06.2019., Опубл. 27.01.2020, бюл. №2.

УДК 656.02

**Н.А. Чорний, Н.Р. Константи́нів, І.В. Петушенко, В.О. Дзюра, канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СИСТЕМА НІЧНОГО ВОДІННЯ АВТОМОБІЛЯ

**N.A. Chornuy, N.R. Konstantuniv, I.V. Petushenko, V.O. Dzyura, Ph.D., Assoc. Prof.**  
**NIGHT DRIVING SYSTEM**

Система нічного водіння автомобіля складається з екрану 1 розміщеного в передній приладовій панелі 2 автомобіля, який з'єднаний з інформаційно-обчислювальним модулем 3. Інформаційно-обчислювальний модуль 3 призначений для обробки зображення з відеокамери 4, яка розташована з передньої частини автомобіля. Система нічного водіння вмикається за допомогою вимикача 5. Екран 1 виконаний висувним у вигляді напівпрозорого проєкційного екрану, з можливістю розміщення в ніші 6 приладової панелі 2 автомобіля таким чином, що розміщується між водієм (на кресленні не показано) і переднім склом 7 автомобіля на рівні очей водія. Відеокамера 4 розміщена у передній частині автомобіля на рівні дзеркала заднього вигляду 8 в салоні автомобіля. Система оснащена регулятором яскравості зображення 9, який дозволяє налаштувати оброблене обчислюваним модулем 3 зображення під індивідуальні потреби водія. Регулятор яскравості зображення 9 розташований в межах досяжності водія, наприклад на приладовій панелі 2 автомобіля.

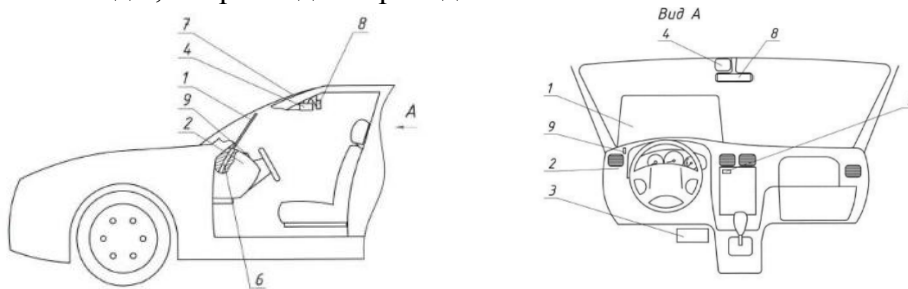


Рисунок 1. Система нічного водіння автомобіля

Система нічного водіння автомобіля працює наступним чином. В темну пору доби, або в умовах недостатньої видимості водій автомобіля за допомогою вимикача 5 вмикає систему нічного водіння автомобіля, після чого з ніші 6 в передній панелі 2 автомобіля висувається екран 1, на який подається зображення дороги попереду автомобіля опрацьоване за допомогою інформаційно-обчислюваного модуля 3. Відеокамера 4, яка знімає дорожню обстановку в режимі реального часу передає сигнал на інформаційно-обчислювальний модуль 3, який в свою чергу опрацьовує зображення, висвітлюючи його до рівня яскравості достатнього для адекватної оцінки дорожньої обстановки водієм. У випадку, коли виведене на екран 1 зображення занадто яскраве або занадто темне водій за допомогою регулятора яскравості зображення 9, який розміщений на приладовій панелі 2 автомобіля налаштовує яскравість зображення під свої індивідуальні потреби. Таким чином система нічного водіння автомобіля підвищує безпеку водіїв під час керуванням автомобілем в умовах недостатньої видимості шляхом розміщення екрану системи нічного водіння автомобіля на рівні очей водія, що не потребує відвертання погляду від дорожнього полотна, а також відсутністю регулятора рівня яскравості зображення, який дозволяє налаштувати оброблене обчислюваним модем зображення під індивідуальні потреби водія.

### Література

1. Патент на корисну модель № 142224. Система нічного водіння автомобіля. Україна МПК В23В 29/03 (2006.01), Дзюра В.О., Кучвара І.М. заявник і власник патенту Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201910952. Заявл. 06.11.2019., Опубл. 25.05.2020 бюл. №10.

**УДК 628.483**

**П.С. Жила**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **НОВІ СПОСОБИ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ**

**P.S. Zhyla**

### **NEW WAYS OF PROTECTION AGAINST CORROSION**

У сучасному автомобілебудуванні захист металів від корозії є однією з найважливіших науково-технічних і економічних завдань, вирішення якої може зберегти величезні матеріальні та фінансові ресурси. Проблема збереження металофонду, в першу чергу сталених об'єктів, загострюється в зв'язку з дедалі ширшим використанням в промисловості агресивних середовищ, високих температур і тисків. При цьому, незважаючи на всі вжиті в цьому напрямку зусилля, втрати від корозії тільки сталі складають в промислово розвинених країнах від 10 до 20% річного виробництва.

На сьогоднішній день, найбільш економічним і одночасно ефективним методом запобігання корозійного ураження металів є фарбування сталених конструкцій, що включає нанесення ґрунтовок інгібітуючого типу. Механізм захисної дії таких покриттів різноманітний, і визначається, переважно, природою, що входять до їх складу пігментів протикорозійного призначення. Слід зазначити, що найбільш ефективні антикорозійні пігменти (хроматні, свинцевмісні) відрізняються токсичністю, що призвело до заборони їх використання в деяких країнах. Тому одним із актуальних завдань дослідників, які розробляють сучасні лакофарбові матеріали протикорозійного призначення, є створення пігментів інгібітуючого типу, що характеризуються низькою токсичністю.

До найбільш перспективних напрямків досліджень, спрямованих на вирішення цього завдання, відноситься синтез і застосування в якості протикорозійних компонентів покриттів електропровідних полімерів, зокрема поліаніліну (ПАНІ). Протикорозійну дію останнього обумовлено наявністю високого позитивного електродного потенціалу, що, в комплексі з його каталітичною редоксактивністю, визначає можливість анодної пасивації сталі в присутності такого активного депасиватора, як хлорид-аніон. До переваг ПАНІ відноситься доступність вихідних речовин для синтезу і широка можливість варіювання властивостей за рахунок використання різних модифікаторів (допанту).

Однією з важливих характеристик, що визначають ефективність інгібуючої дії пігментів, є розвиненість поверхні, так як саме від цієї характеристики при інших рівних умовах залежить рівень генерації пасивуючих компонентів при впливі корозійно-активних середовищ на пофарбований метал. Одним із шляхів збільшення питомої поверхні інгібіторів є їх іммобілізація у вигляді тонкого шару на поверхні дисперсних наповнювачів, тобто отримання так званих ядерних пігментів.

#### **Література**

1. Павлович А.В., Владенков В.В., Изюмский В.Н., Ярославский В.И., Наке К. Лакокрасочные материалы на основе алкидно - уретановых смол //Лакокрасочная промышленность. – 2011. – №8. – С. 36-38
2. Li X., Wang D., Luo Q., An J., Wang Y., Cheng G. Surface modification of titanium dioxide nanoparticles by polyaniline via an in situ method // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2008. – V. 83. – P. 1558–1564

УДК 631.371

К.К. Камаш, М.О. Кінзерський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛЯ

К.К. Kamash, M.O. Kinzerskyi

### INVESTIGATION OF INFLUENCE OF MECHANICAL LOADS ON CAR PARTS

Під час експлуатації на деталі автомобіля діють пульсуючі або циклічні навантаження, напруга від яких викликає втомне руйнування. Деталі, які тривалий час, зазнавали дії змінних навантажень, руйнуються при навантаженнях, значно менших.

Руйнування при циклічному вантаженні відбувається внаслідок виникнення мікротріщин у зоні концентрації напруг. Тріщини поступово збільшуються, проникаючи вглиб, поперечний переріз деталей послабляється й у певний момент відбувається миттєве руйнування.

Втома – це процес поступового нагромадження ушкоджень матеріалу під дією змінних напруг, що приводять до зміни властивостей, утворенню тріщин, їх розвитку й руйнуванню. Властивість матеріалу протистояти втомі називається витривалістю.

Таким чином, втома є одним з видів руйнування зі змінними амплітудами напружень при експлуатації машин з випадковим спектром навантаження. Криві втоми будуються при постійній амплітуді напруги для кожної точки, тому при конструюванні необхідно мати теорію або гіпотезу, підтверджену експериментально.



Рисунок 1. Залежність пошкоджень при втомі від відносного числа циклів

Необхідно відзначити, що втома металу відрізняється від біологічної втоми, якщо в живого організму під час відпочинку втома відновлюється, то в деталі ушкодження в процесі втоми накопичуються і є необоротним процесом. Процес носить складний характер. Проблему втоми й міцності сформулював американський проф. Джон Коллінз.

Задаючи зразкам різні значення напруг  $\sigma_{\max}$ , визначають число циклів  $N$ , при якому відбулося їхнє руйнування. За отриманим даними будують криву  $\sigma_{\max} - N$ , названу кривою втоми. Якщо дану криву побудувати в логарифмічних координатах, то вона здобуває вид прямиї (рис.1). Як видно з рис.1, що при малих напруженнях, не руйнуючись, може витримати значну кількість циклів нагруження.



**УДК 656.073.51:004.031.43**

**Б.О. Кушим; Ю.О. Сілантьєва, канд. техн. наук, доц.; Н.А. Катрушенко**

Національний транспортний університет, Україна

## **ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ**

**Bohdana Kushym; Iuliia Silantieva, Ph.D., Assoc. Prof.; Nataliia Katrushenko**  
**INFORMATION SYSTEMS FOR CUSTOMS TRANSIT PROCEDURES**

Порядок переміщення й оформлення товарів у митному режимі транзиту в Україні чітко визначений національним законодавством [1, 2] і має декілька реалізацій залежно від способу забезпечення сплати митних платежів, однак, останнім часом зазнає поступових змін у зв'язку із імплементацією міжнародних угод на виконання торгових й митних зобов'язань [3-5]. В першу чергу, це пов'язано з інтеграцією інформаційних систем митних органів Європейського союзу і України для забезпечення безпеки транскордонних переміщень осіб, товарів і транспортних засобів; іншою метою є розвиток міжнародних торговельних відносин. Однак, які б не були тригери цих змін, обмін достовірними даними стає постійним супутником бізнесу.

В рамках оновленої транзитної системи України, окрім митної декларації, товаротранспортних документів, книжки МДП і А.Т.А. (або CPD), для декларування у митний режим транзиту товарів, транспортних засобів комерційного призначення можуть використовуватися митні декларації окремих типів, що відповідають типам митних декларацій, запроваджених Конвенцією про процедуру спільного транзиту. Згідно із процедурою спільного транзиту (T1, T2) суб'єкт процедури подає транзитну декларацію митниці відправлення засобами комп'ютеризованої транзитної системи NCTS, а митниця відправлення видає декларанту транзитний супровідний документ (TAD), доповнений списком товарних позицій (TLOI) і номером MRN. При цьому підкреслюється, що товари повинні бути переміщені в митницю призначення економічно обґрунтованим маршрутом, який визначають в електронній транзитній системі принаймні назвами країн, у строки, встановлені із урахуванням цього маршруту, транспортного засобу, окремих норм й положень, а також додаткової інформації від суб'єкта процедури [6]. В системі NCTS обмін електронними повідомленнями відбувається на трьох рівнях: між економічними операторами й митницями; між митницями однієї країни; між національними митними адміністраціями чи з Європейською комісією. Окрім внесення даних по транзитній декларації, MRN та TLOI, в системі відбувається послідовний обмін повідомленнями між митницями відправлення, транзиту й призначення. Наприклад, митниця призначення надсилає повідомлення «Arrival advice - AA» (IE006) до відповідної митниці відправлення після прибуття до неї певної партії товарів. Доступ економічних операторів до системи здійснюється через інтернет сайт митниці чи комп'ютерну програму із передачею даних за допомогою EDI.

З листопада 2020 року перевізники зобов'язані подавати до митного органу України загальну декларацію прибуття, що фактично є оперативною передачею даних узгодженого формату щодо особливостей постачання товару до електронної транзитної системи [4]. На початковому етапі розгортання нової системи зазвичай виникають потреби приведення у відповідність всіх пов'язаних нормативних актів (наприклад, [7]), корегування відповідальності за порушення, підтримки зворотного зв'язку із суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності.

Для попереднього інформування щодо ввезення товарів на територію ЄС, у тому числі з метою транзиту, в ЄС впроваджується інша оновлена електронна система – ICS2 (Import Control System), яка буде функціонувати до 2024 року паралельно із своєю



попередницею ICS1. В систему декларанти розміщують попередню декларацію ENS, а митні органи здійснюють аналіз ризиків постачання, відмічають прибуття транспортного засобу на митницю для пред'явлення і контролю товарів у разі необхідності. До вищезазначених інформаційних систем передають дані з Системи прийняття рішень митними органами ЄС (CDS), введеної в 2017 році для забезпечення економічних операторів порталом, в якому можна отримати близько 20 видів дозволів (рис.1).

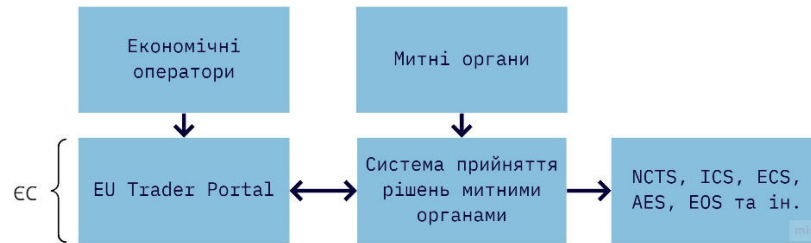


Рисунок1. Порядок звернення до CDS

Поступова інтеграція інформаційних систем ЄС і України створить безпечне середовище для оперативного завершення зовнішньоторговельних операцій, у т.ч. через спрощення процедур транзиту. Актуальним питанням залишається аналіз цих систем з точки зору даних, що дублюються й, тим самим, додатково навантажують всіх учасників цих операцій.

#### **Література**

1. Митний кодекс України: Закон України від 13.03.2012 № [4495-VI](#) // Офіційний вісник України від 04.05.2012 - 2012 р., № 32, стор. 9, ст. 1175.
2. Про затвердження Порядку виконання митних формальностей при здійсненні транзитних переміщень: Наказ МФУ від 09.10.2012 №1066 // Офіційний вісник України від 04.01.2013 - 2012 р., № 99, стор. 232, ст. 4027.
3. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони // Офіційний вісник України — 2014 р., № 75, том 1, стор. 83, ст. 2125.
4. Про режим спільного транзиту та запровадження національної електронної транзитної системи: Закон України від 12.09.2019 № 78-IX // Урядовий кур'єр від 02.10.2019. – 2019 р., №188.
5. Про внесення змін до Закону України "Про приєднання України до Протоколу про внесення змін до Міжнародної конвенції про спрощення та гармонізацію митних процедур": Закон України від 15.02.2011 № 3018-VI // Офіційний вісник України від 18.03.2011 - 2011 р., № 18, стор. 18, ст. 727.
6. Конвенція про процедуру спільного транзиту від 20.05.1987. [<https://zakon.rada.gov.ua/>].
7. Питання пропуску через державний кордон осіб, автомобільних, водних, залізничних та повітряних транспортних засобів перевізників і товарів, що переміщуються ними: Постанова Кабінету міністрів України від 21.05.2012 № 451 // Офіційний вісник України від 05.06.2012 - 2012 р., № 40, стор. 207, ст. 1546.

УДК663.17

М.Г. Левкович<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., І.Б.Бабій<sup>1</sup>, А.А. Ваврик<sup>1</sup>.

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

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТО ТА ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ**

M.G. Levkovych, Ph.D., Assoc., I.B. Babii, A.A. Vavryk

### **INCREASING THE EFFICIENCY AND REDUCING FUEL CONSUMPTIONS OF CARS**

Проблему підвищення ефективності використання рухомого складу автомобільного транспорту з економією робочої сили та матеріальних ресурсів можна успішно вирішити за рахунок покращення управління технічним станом автомобілів та пошуку резервів для кращого використання його індивідуальних можливостей під час експлуатації.

Суть проблеми полягає в тому, що через високу варіацію ресурсів агрегатів і механізмів автомобілів (для дизельної енергосистеми, наприклад, коефіцієнт варіації ресурсу становить 0,25...0,76) їх індивідуальні властивості в планово-профілактичній системі обслуговування і ремонту не до кінця реалізовані. Так, на обсяги поточного ремонту автомобілів, який зазвичай знаходиться в усуненні збоїв через несвоєчасне виявлення несправностей, припадає понад 50% загальних трудових витрат на утримання автомобілів [1].

Роль діагностики в системі розробки технічної експлуатації простежується з аналізу розвитку системи ТО і ремонту. Розвиток системи означає випадкову зміну стратегій ТО і ремонт в порядку їх прогресивності. Розробка системи ТО та ремонт охоплює наступні основні стратегії [2] утримання автомобілів у задовільному стані: ремонт за потребою, нормативний ремонт або профілактика, технічне обслуговування та ремонт та профілактика за потребою (рис.1). При аналізі цих стратегій в якості критерію ефективності системи ТО і ремонту прийнятий комплексний показник - сумарні питомі витрати на діагностику, технічне обслуговування та ремонт автомобіля. Абсолютна ефективність системи, змінюючись від однієї стратегії до іншої, зростає приблизно в чотири рази. це свідчить про велике значення діагностування, як фактора розвитку системи.

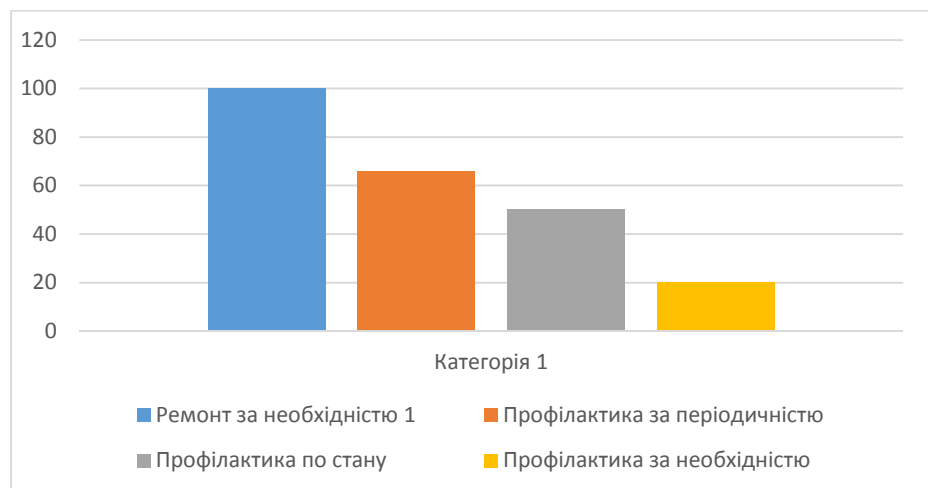


Рисунок 1. Динаміка ефективності стратегії ТО та ремонту

Індивідуальна інформація про технічний стан автомобілів дозволяє поступово перейти від єдиних статистичних методів управління режимами обслуговування автомобілів до індивідуальних, тим самим значно знизити кількість заявочних ремонтів і втрати ресурсу від передчасного обслуговування. На рис. 2 показані основні етапи розвитку діагностики на автомобільному транспорті.

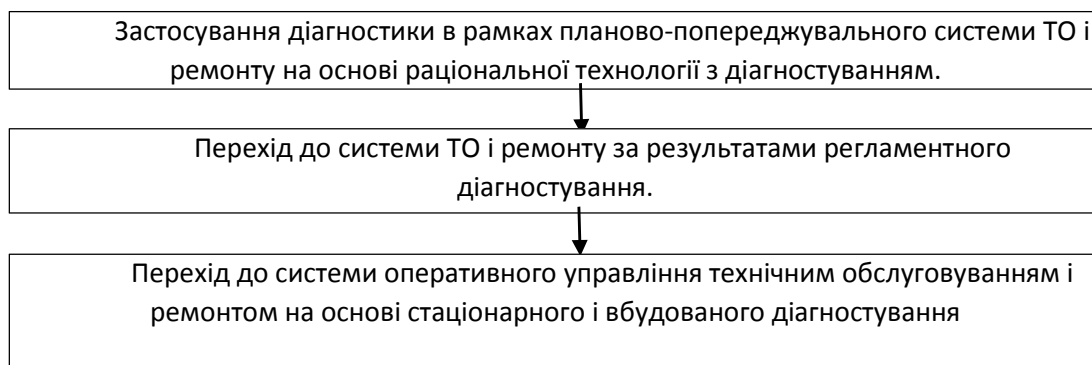


Рисунок 2. Основні етапи розвитку діагностики на автомобільному транспорті

Частка контрольно-діагностичних робіт з ремонту та ремонту сучасних автомобілів перевищила 60% і продовжує зростати. У зв'язку з цим важлива також проблема скорочення витрат на оплату праці при виконанні контрольно-діагностичної роботи.

Вирішення цієї проблеми реалізується двома способами:

- підвищення ефективності зовнішньої стаціонарної діагностики шляхом подальшого вдосконалення її методів та інструментів при поєднанні діагностичних систем зі створенням автоматизованих систем;
- за рахунок підвищення придатності транспортних засобів і розробки вбудованих діагностичних інструментів для постійного моніторингу технічного стану транспортних засобів з мінімальною вартістю.

Вплив діагностичних процесів на покращення технічного стану окремих систем, а також автомобільних вимог, що впливають на витрату палива і токсичність вихлопних газів, яскраво ілюструє динаміку скорочення кількості транспортних засобів, що надходять на технічне обслуговування з несправностями.

З введенням діагностування, об'єднаного технологічно з ТО-1, після 2...3 циклів технічного обслуговування кількість транспортних засобів з підвищеним вмістом СО у відпрацьованих газах зменшується з 85% автомобілів, що надходять на експлуатацію до введення діагностики до 35...40% після впровадження. Кількість автомобілів, що надходять на технічне обслуговування з низьким тиском повітря в шинах, зменшується майже в 7 разів [2].

Аналогічний позитивний ефект спостерігається і при введенні поглибленої діагностики. Кількість автомобілів, що поступають на ТО-2 з несправними енергосистемами, скоротилася на 25%.

### **Література**

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник .-К. : Знання – Прес, 2003-511 с.
2. Мирошников Л.В. Роль діагностики в підвищенні ефективності системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Труды ИАДИ, – Техническая эксплуатация автомобилей, 1979 - 310 с.
3. Колесник П.А., Шейнин В.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Учебник для вузов – М.:Иранспорт, 1985-325с.

**УДК 629.3.018**

**Р.М. Лисак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ**

**R.M. Lysak**

### **STAND FOR DETERMINATION OF EFFICIENCY OF CAR BRAKING SYSTEMS**

На даний час актуальним є питання забезпечення безперебійності роботи транспортних засобів. Задля цього розробляються різні стенди, зокрема контроль загальної питомої гальмівної сили і осьової нерівномірності гальмівних сил. Стенд забезпечує діагностування в автоматичному і неавтоматичному режимах вимірювання.

Щоб досліджувати параметри автомобілів розроблено методики: експериментальних досліджень характеристик зчеплення еластичної шини з циліндричною опорною поверхнею; тарування систем вимірювання; дослідження радіуса кочення колеса в підпорядкованому режимі.

Для реалізації наведених вище методик був спроектований і виготовлений унікальний стенд, що дозволяє досліджувати процеси, що протікають в зоні контакту еластичної шини з бігових барабаном. Зовнішній вигляд стенду і його структурна схема представлені на рисунку 1.

З використанням розробленої математичної моделі було проведено аналітичне дослідження закономірностей процесу взаємодії шини гальмуючого колеса АТС з циліндричною опорною поверхнею стенду.

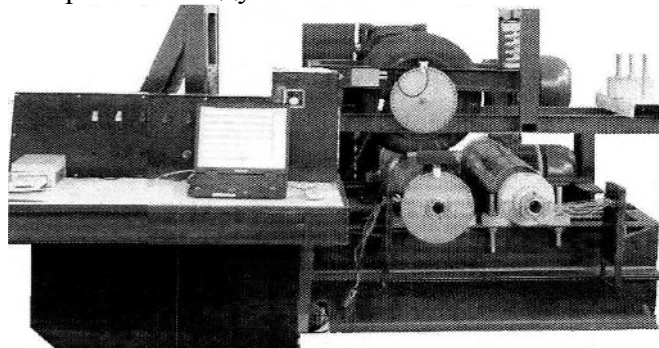


Рисунок 1. Зовнішній вигляд стенда для дослідження процесів взаємодії шини з бігових барабаном

Конструкція стенду включає силову систему, що забезпечує завдання тестових режимів, і систему вимірювання параметрів процесу взаємодії шини з циліндричною поверхнею барабана.

Розроблена вимірювальна система дозволяє одночасно вимірювати елементарні нормальні і елементарні дотичні реакції, розподілені по довжині плями контакту шини з циліндричною поверхнею барабана, забезпечуючи мінімальні похибки.

За результатами експериментальних досліджень вперше були отримані експериментальні та аналітичні епюри розподілу нормальної і дотичної реакцій по довжині плями контакту шини з циліндричною поверхнею одиночного барабана стенду (рис. 2).

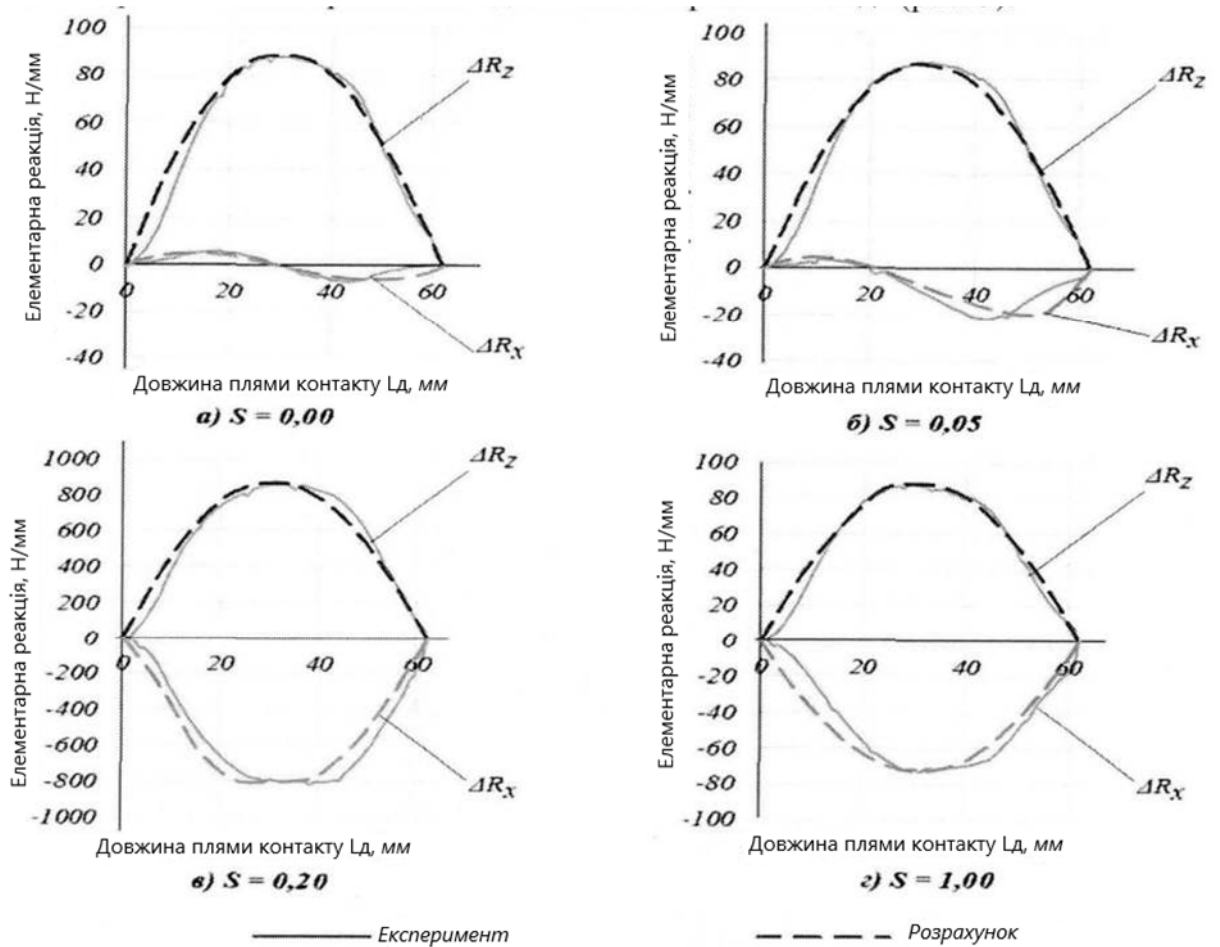


Рисунок 2. Графіки епюр розподілу нормальних  $\Delta R_z$  і дотичних  $\Delta R_x$  реакцій по довжині плями контакту шини, Amtel 175/65-R14-82H з циліндричної опорної поверхню барабана діаметром 0,24 м, при навантаженні на колесо кН і тиску повітря в шині 0,21 МПа

### Література

1. Мартыненко, Ю. Р. Практическое руководство по применению параметрической оптимизации в интегрированной среде Solid Works & Cosmos Works. М.: Высшая школа, 2006 – 26 с.
2. 1. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава, Мн.:Транстехника, 1998 – 214 с.

УДК 656.072

**В.В. Луців, Б.П. Гладюк, А.В. Сухенко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МАРШРУТИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ**

**V.V. Lutsiv, B.P. Hladiuk, A.V. Sukhenko**

### **ROUTES OF THE CITY PASSENGER COMMUNICATION**

Автомобільний транспорт, що призначений для перевезення пасажирів являється важливою складовою транспортної системи України. Він може розглядатися як окрема велика галузева система, маючи всі необхідні ознаки такої системи.

Метою функціонування транспорту та систем для перевезення пасажирів є задоволення потреб населення і господарства у перевезеннях з трудовою, культурною, побутовою та іншою метою з використанням маршрутної мережі (рис. 1).

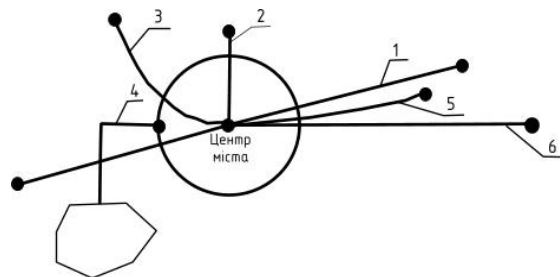


Рисунок 1. Види міських маршрутів:

1 - діаметральний; 2 - радіальний; 3 - напівдіаметральний; 4 - кільцевий; 5 - тангенціальний; 6 - виходить за межі міста.

Методи транспортного обслуговування поділяють на групові та індивідуальні. Індивідуальне обслуговування дозволяє здійснювати доставку пасажирів буквально «від дверей до дверей» і реалізується з використанням легкових автомобілів-таксі. Групові методи враховують схожість інтересів різних пасажирів за напрямками і часом пересувань і застосовують у формі разової або маршрутної технології обслуговування.

За просторовим розміщенням розрізняють чотири типових схеми міської пасажирської мережі (рис.2.).

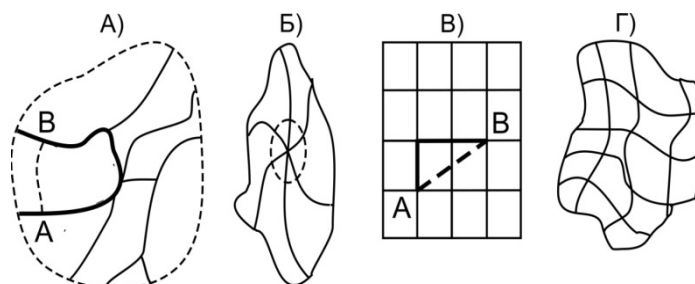


Рисунок 2. Типові схеми міської пасажирської мережі.

(А – радіальна, Б – радіально – кільцева, в – прямокутна, Г - вільна)

Вдосконалення перевезень пасажирів у містах є актуальним питанням, яке потребує наукового обґрунтування з точки зору раціонального використання транспортних засобів при пасажирських перевезеннях а також розробки оптимальних графіків руху ТЗ на пасажирських маршрутах руху.

УДК 656.089

**Н.Ю. Маковинський, В.Я. Стахів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ НА МАРШРУТАХ**

**N.Yu. Makovynskiy, V.Ya. Stakhiv**

## **TRAFFIC ORGANIZATION METHODS ON ROUTES**

Перевезення між містами, промисловими центрами регіону, між регіонами країни або міжнародні відносять до магістральних. Основною їх особливістю є велика протяжність маршрутів.

Перевезення на великі відстані можуть виконуватися по одній з двох схем: наскрізній або дільничній.

При наскрізній схемою (рис. 1) автомобілі з вантажем рухаються від початкового до кінцевого пункту без перевантаження.



Рисунок 1. Наскрізна схема перевезення

Робота водіїв може бути організована по системі одиночній, парної їзди або позмінно.

Так як час щоденної і щотижневої роботи водія обмежена режимом його праці і відпочинку, то одиночна їзда не може забезпечити високі швидкості доставки вантажів і продуктивність праці водія. Крім того, одиночна їзда пов'язана з довготривалим відривом водія від місця постійної дислокації, несприятливими умовами його відпочинку та обслуговування рухомого складу.

Парна робота (два водія на автомобіль) дозволяє скоротити простої автомобіля, зростають швидкості доставки, але робочий час водіїв використовується нерационально.

Послідовна зміна водіїв в ході перевезення на далекі відстані дозволяє зняти проблему організації відпочинку водіїв в дорозі, але складна по організації: з'являється необхідність суворого узгодження наскрізного руху автомобілів і дільничної зміни водіїв, які проживають в різних пунктах по маршруту перевезень.

При дільничній схемою маршрут розбивається на ділянки, рух одного автомобіля здійснюється тільки на одній ділянці, на кордонах ділянок організована передача вантажів (рис. 2).

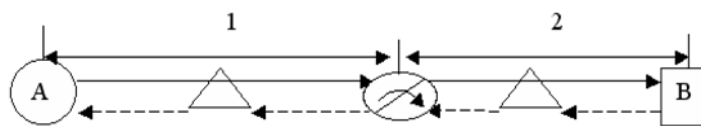


Рисунок 2. Дільнична схема перевезення

На маршруті працює тільки один водій, який працює на підставі положення про роботу та відпочинок водія.

### **Література**

1. Эльвик Р. Справочник по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик, А.Б. Мюсен, Т. Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения / Пер. с норв. Под редакцией проф. В.В.Сильянова. М.: МАДИ, 2001. 754с.



**УДК 624.21**

**М.М. Масюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ**

**М.М. Masyuk**

### **APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD FOR CALCULATIONS**

В даний час при проектуванні і підготовці конструкторської документації широко використовуються можливості обчислювальної техніки і прикладні програми САПР. Однією з найбільш поширених програм такого роду є пакет SolidWorks [1]. Основне його призначення - побудова 3D моделей проєктованих об'єктів з наступним отриманням робочої конструкторської документації (2D креслень, специфікацій і т.п.).

Після створення проєкту в SolidWorks, можливо, буде потрібно відповісти на деякі питання, наприклад: чи може деталь зламатися? яким чином вона буде деформована? чи можна використовувати менший обсяг матеріалу без шкоди експлуатаційними характеристиками? За відсутності інструментів аналізу на ці питання можна відповісти, тільки пройшовши всі шляхи і це займе багато часу циклу розробки виробу. Цикл розробки виробу зазвичай включає наступні етапи: побудова моделі в системі автоматизованого проєктування SolidWorks; створення дослідного зразка проєкту; виробничі випробування дослідного зразка; оцінка результатів виробничих випробувань; зміна проєкту на основі результатів виробничих випробувань. Цей процес триває до отримання задовільного рішення. За допомогою аналізу можна виконати наступні завдання: знизити витрати, виконавши тестування моделі на комп'ютері, а не в процесі дорогих виробничих випробувань; скоротити час, необхідний для подання продуктів на ринок, шляхом зменшення кількості циклів розробки виробу; оптимізувати проєкт, швидко змодельовавши декількох концепцій і сценаріїв перед прийняттям остаточного рішення і вивільнити більше часу на обдумування нових проєктів. У процесі аналізу напружень або статичного аналізу на основі матеріалу, обмежень і навантажень розраховуються переміщення, навантаження і напруження в деталі. Матеріал руйнується, коли напруження досягне певного рівня. Різні матеріали руйнуються при різних рівнях напруження. Для розрахунку напруження прикладні програми пакета SolidWorks ("CosmosWorks" і "CosmosExpress") використовують лінійний статичний аналіз на основі методу скінченних елементів. Метод кінцевих елементів (FEM) - це надійний чисельний метод для аналізу завдань з проєктування. FEM розбиває складну задачу на кілька простих. У ньому модель ділиться на кілька простих форм, які називаються елементами. Установчі геометричні розміри і положення моделей щодо глобальної системи координат визначаються при проєктуванні на етапі кінематичного синтезу механізму з урахуванням габаритів і робочої зони. Інші геометричні розміри вузлів визначені на етапі ескізного компоновання. Статичні навантаження на вузли (точки прикладання, напрямки та абсолютні величини) визначаються на етапі силового розрахунку за допомогою побудови планів сил. Як основна мета розрахунку методом кінцевих елементів стосовно проєктованої конструкції є визначення товщини базових деталей (бічних стінок, підстав, вушок і т.п.) в залежності від обраного матеріалу для найбільш несприятливих умов навантаження.

#### **Література**

1. Мартыненко, Ю. Р. Практическое руководство по применению параметрической оптимизации в интегрированной среде Solid Works & Cosmos Works. М.: Высшая школа, 2006 – 26 с.
2. Пинтелин, Н. Е., Гуленин, С. О., Анализ линейной статики, собственных форм и устойчивости с использованием FEA технологий. М.: Изд-во CAD – House, 2006 – 32 с.

**УДК 629.3.01**

**М.П. Миськів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯМ ЗМІНИ ЖОРСТКОСТІ ТОРСІОННОЇ ПІДВІСКИ З ПОЗДОВЖНИМИ ВАЖЕЛЯМИ**

**М.Р. Mys'kiv**

### **INVESTIGATION OF CHANGE OF RIGIDITY OF TORSION SUSPENSION WITH LONGITUDINAL LEVERS**

З багатьох досліджень встановлено, що складальні торсіони, зібрані з декількох стрижнів, відрізняється від суцільних високою надійністю, меншою жорсткістю і довгою своєю роботою. Тому виникає пропозиція пружинний пружний елемент підвіски причепів легкових автомобілів замінити торсіоном, і тоді усі вище перераховані переваги набірною торсіона в даному випадку як не можна до речі.

В якості окремого елемента набірною торсіона приймають пластинчастий елемент прямокутного профілю. Для набірною торсіона, основним видом навантаження якого є кручення, найбільш доцільно січення квадратної форми, що складається з пластин однакової товщини. Пластини набірною торсіона повинні виготовлятися з високовуглецевої легваної сталі 50ХГА або 60С2Х по ГОСТ14959-79. Для підвищення втомної міцності пластини торсіона гартують, обробляють дробом, і торсіон в зібраному стані піддають закручування в сторону протилежну робочому ходу. Від кількості і якості виконання попередніх заходів, що підвищують міцність від втоми торсіона, залежить величина розрахункових допустимих напружень. Самим кращим як на мене в якості матеріалу для виготовлення окремих пластин торсіона є сталь 60С2Х по ГОСТ14959-79, попередньо загартована без дрібоструминної обробки. Жорсткість торсіонної підвіски з

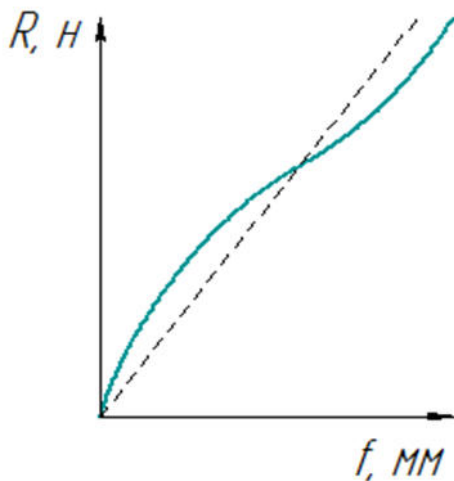


Рисунок 1. Ілюстрація зміни жорсткості торсіонної підвіски з поздовжніми важелями

поздовжніми важелями змінна, в зв'язку з тим, що при роботі підвіски змінюється відстань від осі гойдання поздовжнього важеля до лінії дії навантаження. При чому найбільша жорсткість підвіски відзначається в положенні мінімальних її деформацій і в міру збільшення кута закручування торсіона жорсткість зменшується. Мінімального значення жорсткість торсіонної підвіски досягає, коли поздовжній важіль колеса розташовується горизонтально. При переході важелем горизонтального положення жорсткість підвіски знову починає зростати. Це наочно проілюстровано на рисунку 1.

У зв'язку з викладеним, найбільш доцільним є вибір довжини поздовжнього важеля підвіски таким, щоб забезпечувалося з одного боку горизонтальне положення важеля при завантаженому причепі і похиле на спорядженому причепі. При упорі підвіски в буфер обмеження динамічного ходу важіль також візьме похиле положення, але з іншого боку від свого горизонтального положення. Це дозволить знизити коливання жорсткості підвіски, і вважати її приблизно постійною.

#### **Література**

1. Кузнецов В.А., Дьяков И.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 64 с.

УДК 656.025

**О.Б. Онищук, А.Й. Матвішин, канд. техн. наук., доц., О.П. Цьонь, канд. техн. наук., доц.**

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА МАЯТНИКОВИХ МАРШРУТАХ**

**О.В. Onyshchuk, A.Y. Matviishyn, Ph.D., O.P. Tson, Ph.D.**

### **CARGO DELIVERY SCHEMES**

Автомобільний транспорт займає одне із провідних місць як у економічній сфері держави так і у соціальній. [1]. У результаті проведених теоретичних досліджень, встановлено що в даний час не існує єдиного методологічного підходу до оцінки ефективності функціонування логістичних систем підприємств. Так, широко поширене поняття функціональна ефективність, що кількісно визначається як корисний ефект, отриманий у результаті функціонування логістичної системи за визначений період часу. Корисний ефект вимірюється кількістю обсягом виконаних логістичних послуг, величиною отриманого прибутку тощо [2].

Відомі методики формування структури автомобільного парку за постійних замовлень базуються на тому принципі, що ефект від застосування автомобілів є прямо пропорційний їх кількості. Якщо ТТС є складною, тобто включає взаємопов'язані логістичні операції, то такий принцип не виконується, оскільки змінні розв'язку є взаємозалежними.

Використання запропонованого методу подано на найпростішій логістичній схемі – маятникових маршрутах при обслуговуванні власним автотранспортом збуту готової продукції. Структурна модель схеми подана на рисунку 1.

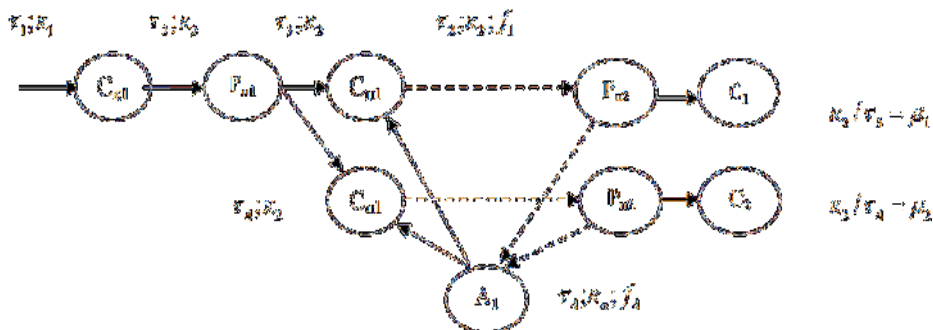


Рисунок 1. Структурна модель ТТС

### **Література**

1. Гуменюк І.Д. Характеристика автомобільної галузі України / І.Д. Гуменюк, О.П. Цьонь // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – с. 345.

2. М. Баран, О. Цьонь / Огляд систем перевезення вантажів // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 161.

УДК 621.82

Ю.І. Пиндус, канд. техн. наук, доц., Р.Р. Заверуха, К.В. Захаров, Ю.В. Карашевський, Д.І. Качмарський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ $\lambda$ -ДАВАЧІВ ТА ВПЛИВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕНЗИНОВИМ ДВИГУНОМ

Y.I. Pyndus, PhD., R.R. Zaverukha, K.V. Zakharov, Y.V. Karashevsky, D.I. Kachmarsky

#### STUDY OF $\lambda$ -SENSOR IMPACT ON GAS ENGINES CONTROL SYSTEM FUNCTIONING

Досліджено жорсткі екологічні норми, що дали поштовх на застосування каталітичних нейтралізаторів – пристроїв, що сприяють зниженню змісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Але каталізатор ефективно працює лише за певних умов. Без постійного контролю складу паливно-повітряної суміші забезпечити каталізаторам тривалу роботу неможливо – через бідну суміш каталізатори перегріваються, а через багату забиваються сажею. Для контролю за складом суміші на автомобілях встановлюють датчики вмісту кисню у відпрацьованих газах. При оптимальному составі цієї суміші, коли на 14,7 частин повітря доводиться 1 частина палива,  $\lambda$  дорівнює 1. «Вікно» ефективної роботи каталізатора дуже вузьке:  $\lambda = 1 \pm 0,01$ . Забезпечити таку точність можливо тільки за допомогою систем живлення з електронним (дискретним) упорскуванням палива й при використанні в ланцюзі зворотного зв'язку лямбда-зонда.

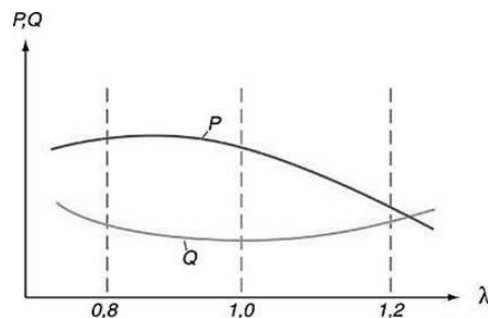


Рисунок 1. Зовнішній вигляд лямбда-зонда та залежність потужності двигуна (P) і витрати палива (Q) від коефіцієнта надлишку повітря ( $\lambda$ )

Надлишок повітря в суміші вимірюється досить оригінальним способом – шляхом визначення у вихлопних газах змісту залишкового кисню ( $O_2$ ). Тому лямбда-зонд і знаходиться у випускному колекторі перед каталізатором

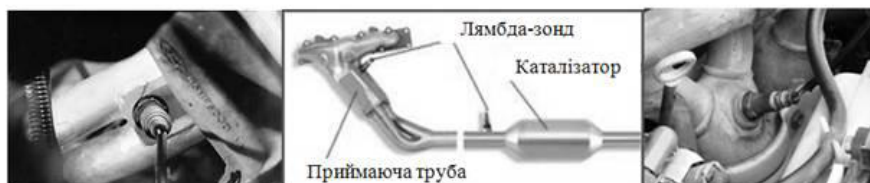


Рисунок 2. Розташування лямбда-зонда

Електричний сигнал датчика зчитується електронним блоком керування системою упорскування палива (ЕБУ), а той у свою чергу оптимізує склад суміші шляхом зміни кількості палива, яке подається у циліндри. На деяких сучасних моделях автомобілів є

ще один лямбда-зонд. Розташований він на виході каталізатора. Цим досягається більша точність приготування суміші і контролюється ефективність роботи каталізатора.

Встановлено що лямбда-зонд діє за принципом гальванічного елемента із твердим електролітом у вигляді кераміки з діоксиду цирконію ( $ZrO_2$ ). Кераміка легована оксидом ітрію, а поверх її напілюються струмопровідні пористі електроди із платини. Один з електродів обмивається вихлопними газами, а другий – повітрям з атмосфери.

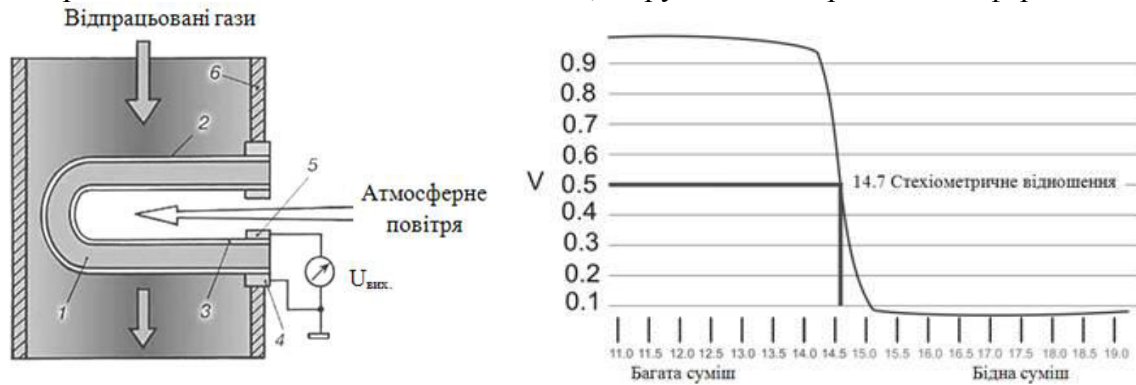


Рисунок 3. Схема датчика та залежність напруг лямбда-зонда від коефіцієнта надлишку повітря ( $l$ ) при температурі датчика 500-800°C

Ефективне вимірювання залишкового кисню в газах лямбда-зонд забезпечує після розігріву до температури 300 – 400°C. Тільки в таких умовах цирконієвий електроліт набуває провідності, а різниця в кількості атмосферного кисню й кисню у вихлопній трубі веде до появи на електродах лямбда-зонда вихідної напруги.

При пуску й прогріві холодного двигуна керування упорскуванням палива здійснюється без участі цього датчика, а корекція состава паливно-повітряної суміші здійснюється по сигналах інших датчиків (положення дросельної заслінки, температури охолодної рідини, числа обертів колінчастого валу й ін.). Особливістю цирконієвого лямбда-зонда є те, що при малих відхиленнях состава суміші від ідеального (0,97...1,03) напруга на його виході змінюється стрибком в інтервалі 0,1 – 0,9В. Крім цирконієвих, існують кисневі датчики на основі двоокису титана ( $Ti_2O_3$ ). При зміні змісту кисню ( $O_2$ ) у відпрацьованих газах, вони змінюють свій об'ємний опір

Виявлено що дані роботи датчика самодіагностикою автомобіля не фіксуються. Тому остаточне рішення про заміну датчика можна прийняти тільки після його ретельної перевірки.

Також встановлено, що при згорілому або відключеному лямбда-зонді зміст  $CO$  зростає на порядок: від 0,1 – 0,3% до 3 – 7% і зменшити його значення не завжди вдається, тому що запасу ходу гвинта якості суміші може не вистачити. Лямбда-зонд – найбільш уразливий датчик автомобіля із системою упорскування. Його ресурс становить 40 – 80 тис. км залежно від умов експлуатації й справності двигуна. Поганий стан маслоснімальних кілець, потрапляння антифризу в циліндри й випускні трубопроводи, збагачена паливно-повітряна суміш, збої в системі запалювання сильно скорочують строк його служби.

### Література

1. Посібник з ремонту, діагностики, експлуатації і технічному обслуговуванню систем упорскування закордонних автомобілів. - М.: Техно-воок, 2001.-272с.

УДК 621.82

**Ю.І. Пиндус, канд. техн. наук, доц., Р.Р. Заверуха, О.В.Худобей, В.А.Качан**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

**Y.I. Pyndus, PhD., R.R. Zaveruha, O.V. Khudobey, V.A. Kachan**

### **STUDY OF ELECTRICAL COMPONENTS QUALITY AND RELIABILITY OF PASSENGER VEHICLES**

Досліджено та отримано за допомогою виразу поверхню якості (P) виготовлення одиничного розмірного параметра активної зони стартера при зміні від 0 до 1 коефіцієнтах точності (к<sub>т</sub>), налаштованості (к<sub>н</sub>) і постійному значенні коефіцієнта стабільності технологічного процесу (к<sub>с</sub> = 1) виробництва. Форма поверхні якості підтверджує умови протікання високотехнологічного процесу виробництва: P<sub>i</sub> → 1 при к<sub>т</sub> → 1, к<sub>н</sub> → 0, к<sub>с</sub> → 1.

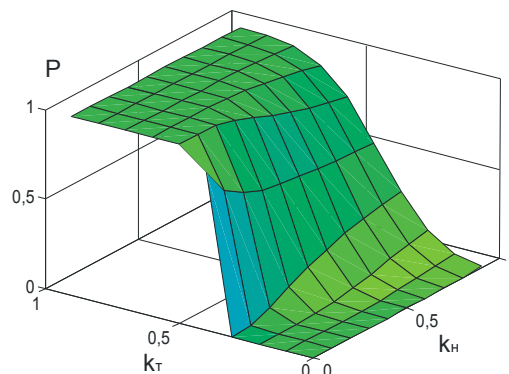


Рисунок 1. Залежність P<sub>t</sub> (к<sub>т</sub>, к<sub>н</sub>) при к<sub>с</sub>=1

Критерій якості електрообладнання також пов'язаний з характеристиками системи статистичного приймального контролю якості продукції. Для побудови плану приймального контролю використовується розподіл Пуассона, його вибір продиктований, оптимальним значенням обсягу вибірки меншим 10%, часткою дефектних виробів в партії меншою 10%. Після визначення параметрів плану статистичного приймального контролю якості будується оперативна характеристика та характеристика якості проконтрольованої партії. Завдяки введенню в систему управління якістю виробництва узагальненого критерію, забезпечується взаємозв'язок параметрів технологічного процесу з планами приймального контролю якості.

Виконано модель, яка складається з модулів стартерів, завантаження порталу, оптимізації, фільтрації і аналізу. Далі система збирає віртуальні складальні одиниці в портал по 200 пар. У модулі фільтрації проводиться відбір деталей, які відповідають встановленим вимогам. Після визначення взаємозв'язку між надійністю і накопиченими витратами на усунення відмов елементів, систем і автомобілів в цілому, з'являється можливість для побудови моделей ремонтпридатності, що відображають залежність витрат на забезпечення надійності від фактичної надійності і експлуатаційного пробігу. Побудова таких моделей проведено на основі отриманих в третьому розділі рівнянь, що відображають залежність надійності від пробігу та отриманих в шостому розділі рівнянь залежності витрат від надійності. При цьому, утворюється система з двох нелінійних рівнянь.



Графічне зображення моделі надійності автомобіля і системи електрообладнання представлено на рис. 2.

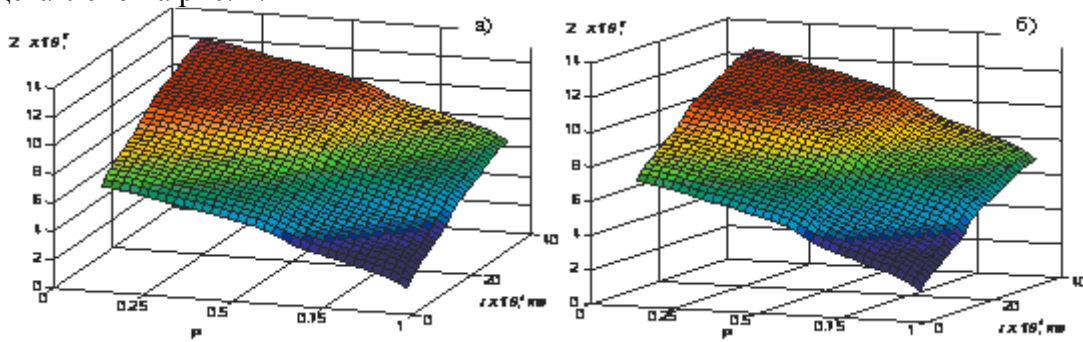


Рисунок 2 - Модель надійності легкового автомобіля (а) і його системи електрообладнання (б)

Встановлено що модель дозволяє проводити прогнозування зміни витрат в експлуатації при впровадженні заходів спрямованих на поліпшення якості та надійності електрообладнання автомобілів. На рис. 3 представлені криві зміни ймовірності безвідмовної роботи основних елементів електрообладнання і автомобіля у цілому, при впровадженні концепції в виробничу діяльність.

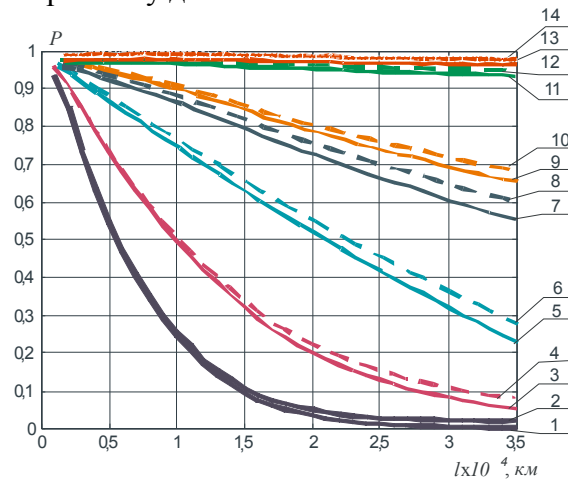


Рисунок 3. Розподіл надійності до і після впровадження заходів для автомобілів

Результати прогнозування для автомобілів також показують істотне поліпшення показників безвідмовності і ремонтпридатності. Отримані результати підтверджуються досвідченим аналізом електрообладнання за допомогою системи діагностики фірми «GenRad», що діє в виробничому процесі і даними експертної комісії. Дійсно, підвищення якості та стабільності виробництва по ключовим розмірними параметрами активної зони ЕП електрообладнання суттєво підвищує надійність цих компонентів, системи електрообладнання і автомобілів в цілому, а також забезпечує скорочення витрат на утилізацію невідповідної продукції.

#### **Література**

1. Козловский, В.Н. Управление качеством и надежностью автомобильного электростартера: учебно-методическое пособие / В.Н.Козловский, А.Д.Немцев. – Тольятти: ГОУ ВПО «ТГУ», 2007. – 100 с.
2. Технічна експлуатація автомобіля / Козак В.І. 2004.- 56с.



**УДК 665.6**

**В.В. Рижак, Н.М. Сигіль**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СПОСОБИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ**

**V.V. Ryzhak, N.M. Syhil**

### **METHODS OF REUSING WASTE OILS**

Прогрес розвитку сучасної техніки пов'язаний з підвищенням експлуатаційних характеристик і збільшенням робочого ресурсу мастильних матеріалів, переважно за рахунок підвищення легування. Утворені відпрацьовані мастила (ВМ), як відходи, викликають гостру екологічну проблему, пов'язану з утилізацією складної суміші, що складається з: продуктів хімічної деградації вуглеводневої основи (в тому числі поліароматичних сполук); продуктів деструкції функціональних присадок (елементо-органічних сполук: S, P, Zn, Ca, Ba і ін.), дисперсних продуктів зносу. Тому актуальним є питання розробки і використання технологій утилізації та регенерації відпрацьованих масел різного призначення. Рішенням Ради Євразійської економічної комісії від 20.07.2012 р № 59 прийнятий Технічний регламент Митного Союзу «Про вимоги до мастильних матеріалів, олив і спеціальних рідин», в якому сформульовані правила зі збору та утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів, що забороняють використання ВМ як паливо або компонента нафтової сировини. В процесі експлуатації деградація масел має незворотний характер, як наслідок, відновлення властивостей ВМ до вихідного стану в повній мірі не представляється можливим. У той же час ВМ не можуть використовуватися в якості компонентів нафтової сировини процесів деструктивної переробки внаслідок понад нормативного забруднення регресуючими хімічними елементами. Тому актуальною науково-технічною задачею є розробка методів попереднього рафінування, що дозволяють залучити ВМ в процеси деструктивної переробки нафтових фракцій з використанням процесів каталітичного крекінгу і сповільненого коксування. За результатами ряду експериментів отримано дані про глибину деградації високолегованих масел в процесі експлуатації автомобільної техніки. Визначено вплив параметрів експлуатації на зміну стану дисперсної фази і входять до неї присадок, якість і залишковий ресурс масел в період регламентних пробігів. Розроблено технологію використання прямого термічного окислення для попереднього зневоднення, видалення низькокиплячих компонентів і окисної конверсії відпрацьованих масел. Запропоновано новий універсальний безвідходний спосіб утилізації широкого спектру відпрацьованих масел, що полягає в їх термічному окисленні з подальшим сольвентним поділом низькомолекулярним розчинником. Визначено оптимальні технологічні умови та апаратурне оформлення процесу для подальшої деструктивної переробки регенованих відпрацьованих масел. Даний спосіб дозволяє кваліфіковано утилізувати відпрацьовані масла з одночасним вирішенням екологічних завдань, збільшенням ресурсної бази процесів вторинної переробки важких фракцій дистилатів і нафтових залишків - каталітичного крекінгу і сповільненого коксування, виробництва бітумів. Отримані результати можуть бути використані у вигляді вихідних даних для проектування і з метою впровадження технологічного процесу утилізації відпрацьованих масел в промисловість.

#### **Література**

1. Гун, Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун. – М. : Химия, 1973. – 432 с.
2. Гриценко, В.О. Разработка технологии регенерации моторных масел на основе микро- и ультрафильтрации : дис. ...канд. технич. Наук : 05.17.18 / Гриценко Владимир Олегович. – М., 2003. – 176 с.

УДК 631.371

А.В. Савчук, В.М. Погорілець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛІВ

A.V. Savchuk, V.M. Pohorilets

### RESEARCH EXTERNAL SPEED CHARACTERISTICS OF CARS

При дослідженні зовнішніх швидкісних характеристик автомобілів оцінка динамічних та економічних властивостей їх двигунів представляє інтерес ефективна потужність і відповідні їй параметри при різних навантаженнях і частотах обертання колінчастого вала.

Залежність ефективної потужності  $N_e$  (кВт), крутного моменту  $M_e$  (кН·м), часового  $G_T$  (кг/ч) та питомого ефективного  $g_e$  (г/кВт·ч) витрат палива від частоти обертання колінчастого вала  $n$  (об/хв) називається швидкісною характеристикою двигуна. На рисунку 1 приведена швидкісна характеристика двигуна, виконана відповідно до вимог ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

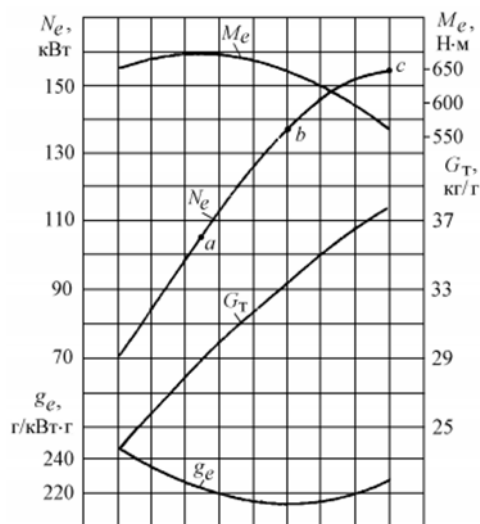


Рисунок 1. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна

Швидкісна характеристика, отримана при повному навантаженні, тобто при положенні рейки паливного насоса високого тиску, що відповідає номінальній потужності двигуна, називається зовнішньої. Вона показує, які найбільш ефективні потужності і крутний момент можна отримати від даного двигуна при різних частотах обертання колінчастого вала і мінімальних питомих витратах палива. Швидкісні характеристики, отримані при положенні рейки паливного насоса, що відповідають частковій потужності (80, 60, 50% і т.д.), називаються частковими. Ці характеристики використовуються для встановлення впливу на роботу двигуна таких факторів, як склад суміші, частота обертання колінчастого вала і ін., цк дозволяє знаходити шляхи поліпшення його технічних і економічних показників.

#### Література

1. ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2003. – 42 с.

**УДК 656.089**

**А.В. Серединський, А.І. Добко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПРИНЦИПИ ВІДБОРУ АСОРТИМЕНТУ ТОВАРУ ЗІ СКЛАДУ ЗА  
ЗАМОВЛЕННЯМИ СПОЖИВАЧІВ**

**A.V. Seredynskyi, A.I. Dobko**

**PRINCIPLES OF SELECTION THE RANGE OF GOODS FROM THE  
WAREHOUSE ORDERED BY CUSTOMERS**

Операції ручного відбору і підготовки товарів до відвантаження на склад є найбільш складним процесом і вимагає від завідувача складу та комірника чіткого та своєчасного їх виконання. Ці операції включають в себе відбір товару з місць зберігання, комплектування і упакування, оформлення супровідних документів, передачу тарних місць в експедицію для централізованої доставки споживачам.

Відбір товару проводять двома способами: індивідуальним і комплексним.

Індивідуальний відбір - це послідовне комплектування окремого замовлення. При цьому працівник складу обходить стелажі, виймаючи із місць зберігання необхідну кількість товару даного замовлення. Товар розміщують на піддон чи контейнер і переміщують на дільницю комплектування.

Комплексний відбір використовують при виконанні невеликих замовлень. Працівник складу послідовно виймає із місць зберігання товари для всієї партії замовлень згідно із зведеним листом відбору.

В подальшому проводять додаткову операцію - сортування відібраних товарів по окремих замовленнях. Даний метод відбору дозволяє широко використовувати механізми, оскільки загальна кількість товарів відбирається великими партіями.

Вибір технологічної схеми робіт з комплектування відбувається за критерієм мінімізації витрат трудових і технічних ресурсів. В якості критерію мінімізації витрат можна використати коефіцієнт числа найменувань, який характеризує, як часто позиція даного товару зустрічається в замовленнях, і визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{L}{\sum_{i=1}^n M_i},$$

де  $n$  – число замовлень в період часу  $г$ , шт.;

$l$  – число найменувань товарів, замовлених за період часу

$M_i$  – кількість позицій в /-тому замовленні.

Значення  $K_3 = 1$  показує, що позиція товару  $A$  зустрічається в замовленнях один раз. Ефект від об'єднання замовлень стає відчутним при  $K_3 < 0,7$ .

**Література**

1. Вільковський Є.К., Бакуліч О.О. Вантажознавство: підручник / Є.К. Вільковський, О.О. Бакуліч. – Львів: Інтелект-Захід, 2005. – 224 с.

УДК 656.072

Ю.А. Пархомчук, Р.О. Тануляк, Ю.І. Козевич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ТРАНСПОРТНА МОБІЛЬНІСТЬ МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ

Y.A. Parkhomchuk, R.O. Tanuliak, Y.I. Kozevych

## TRANSPORT MOBILITY OF THE URBAN POPULATION

В ринкових умовах господарювання важливим є раціональне використання рухомого складу автотранспортними підприємствами, що задіяний у перевезеннях [1].

Проблема надійного і комфортного пересування з використанням міського пасажирського транспорту є надзвичайно актуальною для сучасного міського населення. Адже, зараз спостерігається незадовільний технічний стан багатьох видів транспортних засобів, недостатня його пасажиромісткість, відсутність обладнання для здійснення перевезення пасажирів, що мають обмежені фізичні можливості, невідповідна кваліфікація водіїв, що спричиняє підвищення кількості ДТП, незадовільний стан дорожнього покриття.

В житті кожної людини важливе значення мають житло, місце роботи, освіта, культурні та побутові потреби, відпочинок. Реалізувати всі ці функції в одному місці в теперішній час не уявляється можливим. З'являється потреба в пересуванні.

Простими називають переміщення населення від пункту відправлення до пункту призначення, яке здійснюється пішим ходом або в вигляді безпересадочної транспортної поїздки. Складні – це ті, які складаються з пішохідних і транспортних пересувань або тільки транспортних, але з пересадкою рисунок 1.

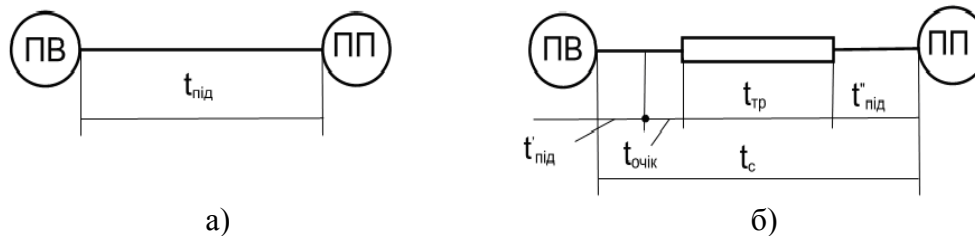


Рисунок 1. Схема переміщень населення:  
а) просте переміщення; б) складне переміщення

Пішохідними і транспортними називають відповідно пересування пішим ходом і з використанням різних транспортних засобів.

Переміщення від моменту входу пасажирів в транспортний засіб до моменту виходу з нього носять назву поїздки.

Інтенсивність переміщень виражається показником, який називають рухливістю населення. Розроблення теоретичних, методичних та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності використання пасажирського транспорту у містах є актуальним питанням сьогодення.

### Література

1. Цьонь О.П. Шляхи визначення оптимальних відстаней між пунктами транспортної мережі / Цьонь О.П. // Міжвузівський збірник “Наукові нотатки”. Випуск №55. – Луцьк.: ЛНТУ, 2016. – с. 418-421.

УДК 621.82

Н.О. Таньовський, В.Л. Туз

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПЕРЕСУВНИЙ ВІЗОК ДЛЯ ЗНЯТТЯ І ВСТАНОВЛЕННЯ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

N.O. Tanovskii, V.L. Tuz

### MOBILE TROLLEY FOR REMOVAL AND INSTALLATION BOXES

Пересувний візок для зняття і встановлення коробки передач (рис. 1) містить майданчик зі встановленим в центрі її захоплювачем для коробки передач в якому вкручений робочий гвинт для вертикального переміщення (вгору і вниз) за допомогою важеля. Захоплювач може пересуватися перпендикулярно ходу візка для полегшення заїзду автомобіля і інших чинників несумісних для захоплення з коробкою передач. Майданчик забезпечений стійками у верхній частині, яких розташовані ролики для переміщення візка. Стовп закріплені на майданчику жорстко.

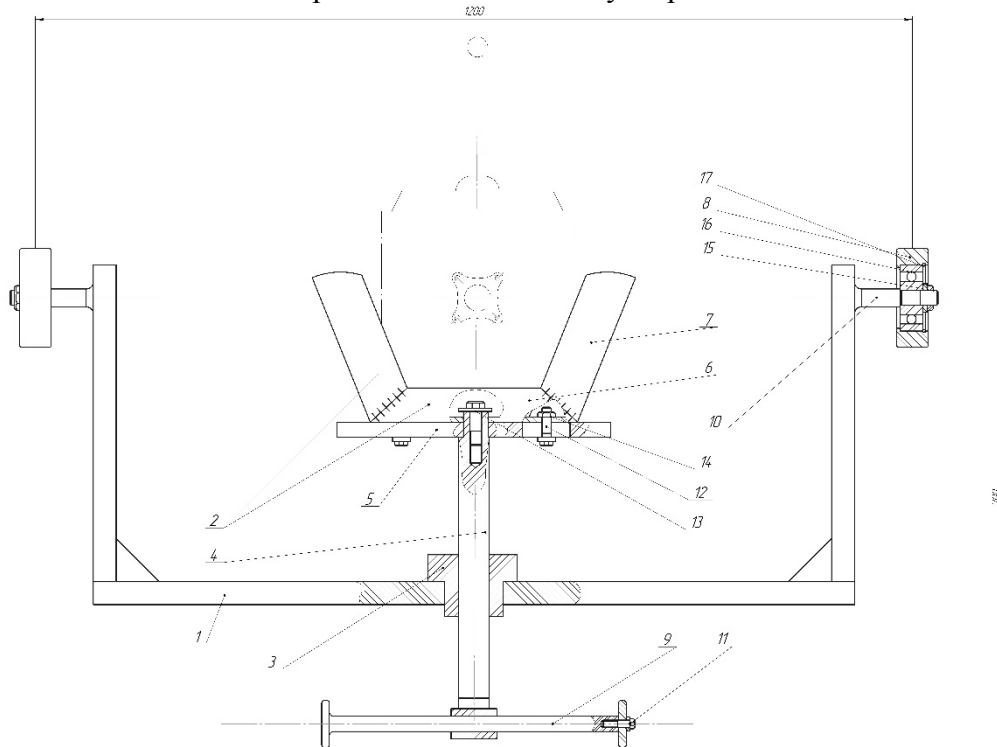


Рис. 1 Пересувний візок для зняття і встановлення коробки передач

Пристрій працює таким чином.

Автомобіль встановлюється на оглядову яму для виконання ремонтних робіт. Під час ремонту муфти зчеплення, заміні вижимного підшипника, сальника первинного валу коробки передач необхідно від'єднати від картера зчеплення і зняти її.

Візок одним працівником підноситься до автомобіля і встановлюється на оглядову яму. Візок пересувається на роликах по оглядовій ямі в необхідне положення і за допомогою гвинта і важеля захоплювач підводиться під коробку передач. Після від'єднання від картера зчеплення коробки передач встановлюється в захоплювач, опускається гвинтом на необхідний рівень і візок відводиться. Після закінчення ремонту відповідного вузла коробки передач в зворотній послідовності встановлюється на місце, після чого візок забирається з оглядової ями.

Розрахунок конструкції проводиться наступним чином.

Так як гвинт навантажений осьовою силою

$$F=M \cdot g, \quad (1)$$

де  $M$  – маса коробки;  $g=9,8\text{м/с}$  прискорення вільного падіння.

То для загвинчування необхідно прикласти момент

$$T_{заг} = T_m + T_p \quad (2)$$

де  $T_m$  – момент сил тертя на опорному торці гайки;

$T_p$  – момент сил тертя в різьбі.

$$T_m = F \cdot f \cdot (D_{cp}/2) \quad (3)$$

де

$$D_{cp} = (D_1 + d_1)/2; \quad (4)$$

$D_1$  – зовнішній діаметр гвинта;

$d_1$  – зовнішній діаметр гвинта;

$F$  – коефіцієнт тертя на торці гайки.

$f = 0,15$  – для трапецеїдальної симетричної різьби.

Визначуваний момент сил тертя в різьбі

$$T_p = 0,5 \cdot F \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \quad (5)$$

де  $\psi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} p/\pi d_2$  – кут підйому різьби

$p$  – крок

$d_2$  – середній діаметр гвинта

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f_{np} \text{ – кут тертя в різьбі} \quad (7)$$

де  $f_{np} = 0,65 f$  – приведений коефіцієнт тертя для трапецеїдальної різьби.

Проводимо розрахунок на міцність

Розглядаємо 2 види напруження

– стиск

– кручення

Напруження стиску від сили  $F$

$$\sigma = F/A_{cm} \quad (8)$$

де  $A_{cm}$  – діаметр січення гвинта

$$A_{cm} = \pi d_2^2/4 \quad (9)$$

Напруження кручення

$$Z = T_p/Wg \quad (10)$$

де  $T_p$  – момент сил тертя в різьбі

$Wg$  – полярний момент опору.

Міцність болта визначають по еквіваленту напруження

$$\sigma_{эк} = \sqrt{\sigma^2 + 3Z^2}$$

### **Література.**

1. Автомобили семейства «Газель». Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. С рекомендациями журнала «За рулем»/ Г.Ф. Анисимов, А.М. Баклушин, Н.К. Горбунова и др., Под ред. Ю.В. Кудрявцева – М.: «За рулем», 1999 – 232 с.

2. Справочник по ремонтно-обслуживающему производству агропромышленного комплекса / Корж А.П., Чумак В.К., Ошкало А.Г., Гуторович М.С. – К.: Урожай. 1988- 240 с.

УДК 621.82

В.А. Тхорик, Ю.М. Уніят

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ПОЯСКІВ У БЛОКАХ ЦИЛІНДРІВ

V.A. Thorik, Yu.M. Uniat

### DEVICE FOR DRILLING BELTS IN CYLINDER BLOCKS

Пристрій для розточування ущільнюючих циліндричних поясків під гільзи блоків циліндрів (рис.1) виконано у вигляді шліцевого штока, який по посадці ковзання встановлений в центральний шліцевий отвір циліндричного корпусу з можливістю осьового і кругового переміщення, нижній кінець якого виконано конусної форми. По зовнішньому діаметру руховий корпус є у взаємодії з підтискною втулкою, яка знизу жорстко закріплена до конічної центральної втулки, яка зовнішньою нижньою конусною поверхнею є у взаємодії з конічною поверхнею конічної центральної втулки, знизу на циліндричному пояску якої жорстко встановлено підшипник кочення внутрішнім діаметром. Зовнішнім діаметром підшипник кочення встановлено у внутрішній діаметр циліндричного корпусу, нижній циліндричний бурт якого зовнішнім діаметром є у взаємодії з внутрішнім отвором блока циліндрів в якому необхідно розточувати ущільнюючі пояски. З нижнього торця конічної центральної втулки рівномірно по колу виконано три радіальні пази, які є у взаємодії з розточними різцями, які відтиснуті до осі корпусу за допомогою відтискних пружин.

Крім цього розточні різці конусними торцевими поверхнями є у взаємодії з конусною поверхнею 3 шліцевого штока. Знизу конічна центральної втулки закрита кришкою, яка внутрішнім діаметром є у взаємодії з нижнім різьбовим кінцем рухомого шліцевого штока, на зовнішньому діаметрі якого нагвинчена гайка. Остання верхнім торцем є у взаємодії з нижнім торцем кришки.

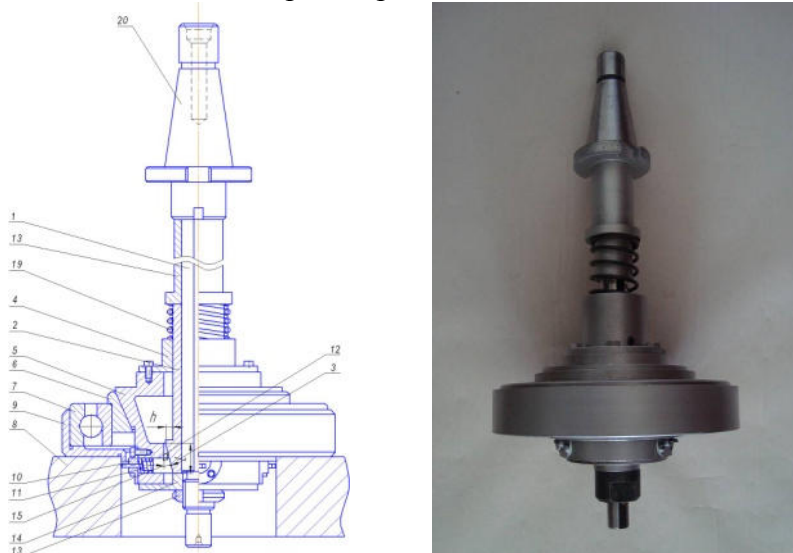


Рисунок 1. Пристрій для розточування ущільнюючих циліндричних поясків під гільзи блоків циліндрів

Розрахункова схема зміни величин подачі шпинделя  $S_u$  і різця  $S_p$  для різних кутів  $\alpha$  зображена на рис. 2.

Величина подачі шпинделя  $S_u$  (мм/об.) за даною схемою рівна:

$$S_u = BB_1 = a \cos \alpha - a \cos \alpha_1 = a (\cos \alpha - \cos \alpha_1), \quad (1)$$



де  $a$  - довжина тяги, мм.

Величина подачі різця  $S_p$  для даної величини подачі шпинделя рівна

$$S_p = CC_1 = a \sin \alpha_1 - a \sin \alpha = a (\sin \alpha_1 - \sin \alpha). \quad (2)$$

Відношення  $S_p / S_u$  (основна характеристика розточних головок) буде складати

$$\frac{S_p}{S_u} = \frac{a (\sin \alpha_1 - \sin \alpha)}{a (\cos \alpha - \cos \alpha_1)} = \frac{\sin \alpha_1 - \sin \alpha}{\cos \alpha - \cos \alpha_1}. \quad (3)$$

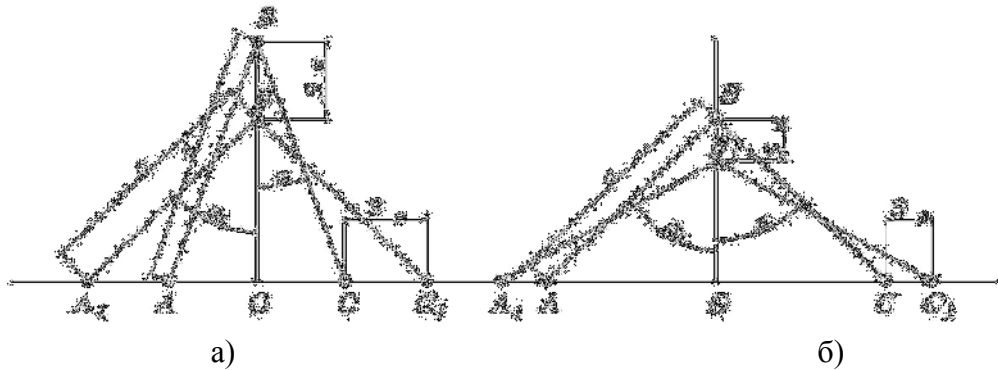


Рисунок 2. Розрахункова схема зміни величини подачі шпинделя  $S_u$  і величини подачі різця  $S_p$  для різних кутів  $\alpha$  а) – малий кут  $\alpha$ ,  $S_u < S_p$ ; б) – великий кут  $\alpha$ ,

$$S_u > S_p;$$

Оскільки конструкція РГ передбачає можливість зміни кута  $\alpha$  в діапазоні  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ , то розрахунок проводимо в цьому діапазоні. Для спрощення розрахунку відношення  $S_p / S_u$  візьмемо середнім в межах  $10^\circ (\alpha_1)$ .

Графік залежності зміни  $S_p / S_u$  від кута  $\alpha$  розміщення шарнірів в РГ зображений на рис. 3.

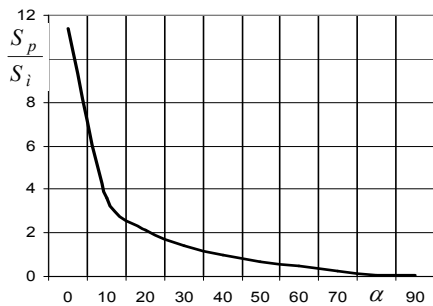


Рисунок 3. Графік залежності зміни  $S_p / S_u$  від кута розміщення шарнірів в РГ  $\alpha$ .

### Література

1. Линчевский П.А. Тонкое растачивание отверстий методом распределения подачи между двумя резцами. Резание и инструмент: Респ. межвед. науч.- техн. сб. - Харьков: Выща школа, 1973. - Вып.7. - С.27-29.
2. Кузнецов Ю.Н., и др.. Самоустанавливающиеся зажимные механизмы. / Ю.Н. Кузнецов. Справочник. – К.: Техника, София: Гос. Узд-во. «Техника», 1988, 222 с.

УДК 621.8

**О.Р. Дмитрів, канд. техн. наук, доц., М.В. Грубенюк, Р.П. Цапик; Р.І.Охнівський**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ВАНТАЖУ В ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРАХ**

**O.R. Dmytriv, Ph.D., Assoc. Prof; M.V.Grubenyuk; R.P. Tsapyk; R.I. Okhnivskyi**  
**METHOD FOR DETERMINING THE COEFFICIENT OF FRICTION WHEN  
MOVING CARGO IN A SCREW CONVEYOR**

В [1] показано, що мінімум питомої енергомності вертикального швидкохідного залежить тільки від коефіцієнта тертя вантажу до гвинтового робочого органу і визначає всі інші конструктивні параметри та режими роботи конвеєра при його оптимізації за енергоємністю. Отже, встановлення коефіцієнту тертя насипного вантажу по робочих поверхнях має велике значення для проектування конвеєрів.

При транспортуванні насипного вантажу в гвинтових конвеєрах, які широко використовуються для вантажування-розвантажувальних операціях, внаслідок нерівноваженості сил, що діють на тіло волочиння, вантаж, крім поступального руху, здійснює також циркуляційний рух, при якому частинки змінюють своє взаємне розміщення і вектор переміщення потоку визначатиметься, як вектор переміщення центра ваги виділеного елемента потоку. При транспортуванні зернового матеріалу чи, наприклад, паливних пелетів циліндричної форми, коефіцієнт тертя також може змінюватись в часі, в залежності від режиму взаємодії (ковзання чи прокочування). Відповідно, розрахунковий коефіцієнт тертя, визначений для окремої частинки може не завжди відповідати коефіцієнту тертя при взаємодії насипного вантажу з робочими поверхнями гвинтового конвеєра, а тому актуальним є розробка методик визначення коефіцієнта тертя потоку вантажу в умовах гвинтового транспортування.

В моделі матеріальної частинки напрямку її руху визначається кутом підйому гвинтової траєкторії транспортування  $\beta = \beta_0$ , який однозначно зв'язаний із коефіцієнтом тертя  $\mu_1 = \tan \varphi_1$  і, відповідно, кутом тертя  $\varphi_1$  частинки до поверхні гвинта з кутом підйому  $\alpha$  залежністю:

$$\beta = \beta_0 = \pi / 2 - \alpha - \varphi_1. \quad (1)$$

При транспортуванні вантажу потоком, кут підйому траєкторії транспортування  $\beta_i$  для різних частинок може бути різний, а тому виникає необхідність використання приведенного значення  $\beta_{\pi}$ . Для цього розроблена експериментальна методика визначення кута  $\beta_{\pi}$  та, відповідно, кута тертя  $\varphi_1$  вантажу по робочих поверхнях гвинта ГК за кутом  $\beta_{\pi} = \beta_{\pi 0}$  на плоскій моделі гвинтового конвеєра, яка враховує особливості гвинтового транспортування, що ґрунтуються на наступному. У гвинтових швидкохідних конвеєрах напрям траєкторії транспортування потоку (кут  $\beta_{\pi}$ ) визначається силами реакції робочих поверхонь кожуха та гвинта (із врахуванням сил тертя), що зрівноважують силу тяжіння та відцентрову силу.

При відсутності сил тяжіння (ідеальне гвинтове транспортування), вектор сили тертя ковзання вантажу до жолоба  $F_2 = \mu_2 N_2 = \mu_2 r \omega_{\pi 2}$  направлений протилежно рівнодійній сили реакції поверхні гвинта  $\bar{R}_1 = \bar{F}_1 + \bar{N}_1$ , і рівний:

$$- \bar{F}_2 = \bar{F}_1 + \bar{N}_1. \quad (2)$$

Якщо розвернути поверхню кожуха на площину, то отримаємо плоску модель гвинтового транспортування. В цьому випадку, сила земного тяжіння  $G = mg$  виконуватиме ту ж функцію що відцентрова сила у ГК - притискає вантаж до поверхні розвернутого кожуха. Тоді при переміщенні вертикальної плоскої площини (імітатора

гвинта), встановленої під кутом  $\alpha$  до напрямку руху, по горизонтальній площині, отримаємо кінематичну та динамічну подібність із ідеальним гвинтовим транспортуванням (без впливу  $g$ ) у конвеєрі з приведеним радіусом  $r$  і кутовою швидкістю потоку  $\omega_{\Pi} = \sqrt{g/r}$ .

Оскільки співвідношення між напрямками векторів  $\overline{F}_1$ ,  $\overline{N}_1$  та  $\overline{N}_2$  на плоскій моделі та в ідеальному конвеєрі такі ж, то коефіцієнт тертя  $\mu_1$  за замірним кутом відхилення потоку  $\beta_{\Pi 0}$  на моделі визначається за залежністю:

$$\mu_1 = \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha - \beta_{\Pi 0}). \quad (3)$$

Розроблений метод дозволяє за кутом підйому (переміщення)  $\beta_{\Pi}$  вантажу на плоскій моделі встановити розрахункове значення динамічного коефіцієнта тертя  $\mu$  при переміщенні вантажу рухомою поверхнею, яке відрізнятиметься від коефіцієнту тертя для окремої частинки. При цьому матеріал основи на величину  $\beta_{\Pi}$  не впливає.

Для вертикального гвинтового конвеєра, в якому дія сил тяжіння  $G = mg$  на вантаж однорідна (незмінна за напрямом), шляхом нахилу плоскої моделі на кут  $\chi$ , можна досягти такого перерозподілу сили тяжіння на нерухому поверхню, що моделює рухома модель поверхні шнека і моделює вплив відцентрової сили  $N_2 = mr \omega_{\Pi}^2$  (а також сили тертя  $F_2 = \mu_2 N_2$ ) та сили тяжіння  $G = mg$ . Для випадку цього випадку рівняння рівноваги сил в тангенціальній до кожуха площині має вигляд.

$$\mu_2 \overline{N}_2 \sin \chi = \mu_2 \overline{G}_x \cos \chi = \overline{R}_1 \sin \chi + \overline{G}_x \sin \chi \quad (4)$$

де  $\overline{G}_x = \sqrt{G^2 + N_2^2}$ ,  $\sin \chi = G / \overline{G}_x$ .

Із (4) випливає, що взявши вантаж більшої маси  $m_x = m / \sin \chi$ , де  $\sin \chi = g / (g + r \omega_{\Pi}^2)$ , шляхом нахилу плоскої моделі на кут  $\chi$ , можна досягти такого перерозподілу сили тяжіння між нерухомою поверхнею, що моделює жолоб, та нахиленим під кутом  $\alpha$  імітатором гвинта, який існує у ГК між відцентровою силою  $N_2 = mr \omega_{\Pi}^2$ , силою тертя  $F_2 = \mu_2 N_2$ ) та силою тяжіння  $G = mg$ . Відповідно, під впливом сили тяжіння кут нахилу потоку  $\beta_{\Pi}$  зменшиться на величину  $\Delta\beta$ :

$$\beta_{\Pi} = \pi/2 - \alpha - \varphi_1 - \Delta\beta. \quad (5)$$

Для заданої кутової швидкості конвеєра  $\omega$  нахил площини основи плоскої моделі на кут  $\chi$  задає її динамічну подібність із конвеєром, швидкісний режим якого забезпечує кутову швидкість потоку:

$$\omega_{\Pi} = \sqrt{\frac{g}{r\omega^2} \left( \frac{1}{\sin \chi} - 1 \right)} \quad (6)$$

Кутова швидкість потоку  $\omega_{\Pi}$  у ГК є величиною, яка визначає кінематичні параметри гвинтового транспортування і дана методика може бути використана для підтвердження правильності теоретичного визначення кута  $\beta_{\Pi}$ .

Для встановлення впливу кривизни кожуха на циркулювання потоку та, зокрема, на зміну коефіцієнтів тертя вантажу до робочих поверонь потоку, розроблена методика їх експериментального уточнення в моделі конвеєра з обертовими гвинтовим робочим органом та прозорим жолобом, яка дозволяє також встановлювати параметри циркуляційного руху вантажу при його гвинтовому транспортуванні..

### **Література.**

Рогатинська Олена Романівна. Обґрунтування параметрів навантаження і конструкцій гвинтових конвеєрів : Дис... канд. наук: 05.05.05 - 2006.

**УДК 629.9**

**Р.А. Склярів канд. техн. наук, доц., В.О. Ремезюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТУ**

**R.A. Skliarov, Ph.D., Assoc. Prof., V.O. Remeziuk**

**FEATURES OF THE DIAGNOSTIC SYSTEM OF MULTIPURPOSE MACHINES**

Обробка деталей на верстатах з ЧПК має ряд переваг, вони дозволяють отримати деталь необхідної форми та певних розмірів. Цьому сприяють жорсткість верстата, його точність, а також дискретність та стабільність позиціонування, можливість вводу корекції та якість самої системи ЧПК.

Сучасні системи ЧПК мають в своєму арсеналі діагностичні засоби, які дозволяють здійснити в процесі роботи обладнання контроль справності апаратних засобів, визначити правильність системного програмного забезпечення, а також здійснювати контроль над процесами які протікають в системі. В результаті такого контролю визначається стан апаратних засобів усієї системи. В системі може відбуватися оцінювання стану як функціонального модуля в цілому, так і вузла в модулі чи окремого складового елемента в вузлі.

Тобто система діагностики на різних етапах свого функціонування може вирішувати конкретні технічні задачі. Діагностика дозволяє вирішувати два типи задач – передексплуатаційна діагностика та діагностика в процесі експлуатації.

Перший тип діагностики, як правило, проводиться при випробуванні нових конструкцій металорізальних верстатів. Основна мета цих робіт – виявлення слабких місць верстатів, пошук ненадійних деталей та вузлів. Коли такі деталі та вузли виявлені, то їх відправляють на доопрацювання. Для цього на підприємствах створюють стенди автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД). На них можуть відпрацьовуватись перспективні конструкції ріжучого інструменту, досліджуватись інструментальний матеріал, відбуватися перевірка роботоздатності геометрії нових конструкцій інструменту. Системи АСНД дозволяють розробити систему експлуатаційної діагностики.

Основне призначення системи, яка забезпечує діагностику в процесі експлуатації верстату – оперативне визначення стану відмови. Оскільки на багатоцільових верстатах використовують різні типи та види інструменту, то дуже важливим є контроль зношування цих інструментів з врахуванням режимів різання та умов експлуатації.

Надзвичайно важливо контролювати зміни в стані інструменту при конкретних умовах його експлуатації, вміти виявляти параметри, за допомогою яких можна формувати критерії діагностики стану та критерії відмови інструменту.

Для контролю та діагностики стану інструменту можна використовувати як періодичний, так і безперервний контроль. При проведенні періодичного контролю проводять прямі методи вимірювання геометричних параметрів інструменту. При такому контролі діагностують поломки, сколи, величину зношення ріжучої ділянки. Всі необхідні заміри та можуть проводитися в робочій зоні верстата (при перериванні циклу обробки) або в спеціальній позиції магазину інструментів.

Безперервне вимірювання здійснюється безпосередньо в робочій зоні верстату, воно передбачає автоматичне введення корекції положення інструменту з метою підтримання заданої точності обробки.

**УДК 621.43.06**

**В.Л. Гнатюк, М.Б. Іваноньків, В.І. Качановецький**

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСАДОК**

**V.L Gnatyuk, M.B. Ivanonkiv, V.I. Kachanovetsky**

### **THE RESEARCH QUALITY WORK OF DIESEL POWER SUPPLY SYSTEM THROUGH USE ADDITIVES**

В наш час використання присадок вважається найбільш рентабельним гнучким способом підвищення якості палива, як у процесі його виробництва, так і при його зберіганні і використанні. Завдяки їх використанню для забезпечення зберігання чистоти систем порску палива та подачі паливноповітряної суміші необхідно покращити процес згорання палива а також підвищити економічність використання палива і знизити токсичність вибросів у атмосферу. Присадки різного функціонального призначення додаються в паливо у кількостях від 0,0001 до 15% ваги. На даний час фірми виробники присадок (Adibis, Amoco, Du Pont, Ethyl, Lubrizol, Monssanto, Shell, Exxon, LIQUI MOLY, STP, K & W, ХАДО, ДІТО та ін.) пропонують великий асортимент товарних продуктів різного функційного призначення. Найбільш відмінною характеристикою геомодифікаторів тертя є можливість відновлення вузлів тертя ПНВТ. Відновлення геометричних розмірів зношених деталей відбувається на основі процесів, що самоорганізуються з вихідного матеріалу трибовузла і матеріалу тонкодисперсійного природного мінералу. Звичайно стаціонарний стан прикордонного шару трибовузла відповідає динамічній рівновазі процесів руйнування і відновлення фізичних зв'язків. Зношена деталь знаходиться в циклічному стані процесів розпушення, диспергування і ротаційного руху часток зносу. Додавання тонкодисперсійного (0,01...5 мкм) порошку ГМТ у штатний паливний матеріал двигуна, у кількості (0,01...0,4 мас.%), приводить до порушення зазначеної динамічної рівноваги у бік відновлення фізичних зв'язків [1-2]. Як показали дослідження, додавання вже 5% етанолу веде до різкого зниження температури спалаху – з 82 до 14<sup>0</sup>С. Зі збільшенням вмісту спирту значно погіршуються низькотемпературні властивості сумішей. Зі збільшенням вмісту етанолу у суміші кінематична в'язкість при температурі 20<sup>0</sup>С знижується з 4,39 до 3,63 мм<sup>2</sup>/с. Додавання етанолу у дизельне паливо приводить також до різкого зниження його цетанового числа: з 51 до 43...37, що робить паливо не відповідному стандарту по цетановому числу – не менш 45 од [1, 3]. Таким чином, додавання етанолу у дизельне паливо значно погіршує такі його показники, як цетановое число, температура помутніння і температура спалаху у закритому тиглі. Унаслідок розшарування сумішей, що містять 10 і 15% етанолу, неможливо визначити їхню температуру застигання. Додавання даних стабілізаторів у паливо-етанольні суміші у концентрації 6% дозволяє уникнути розшарування при позитивних і негативних температурах.

#### **Література**

1. Балабанов В. И. Восстановление работоспособности ДВС процессе эксплуатации / В. И. Балабанов // Автомобильная промышленность. – 1996. – №8. – С. 16-19.
2. Войтов В. А., Яхно О. М., Абі Сааб Ф. Х. Принципы конструктивной износостойкости узлов трения гидромашин. Монография / В. А. Войтов, О. М. Яхно, Ф. Х. Абі Сааб– К., 1999. – 192с.
3. Технологии триботехнического восстановления. Обзор и анализ перспектив. / В. Войтов, Н. Стадниченко, Р. Джус, В. Стадниченко, А. Билык // Проблемы трибологии. – 2005. – №2. – с.86–93.

**УДК 531.43:621.891**

**В.Р. Хомко, І.Р. Підкамінний, П.І. Свистун, В.Й. Янчишин**

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТРИБОХІМІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛЕЙ  
АВТОМОБІЛІВ**

**V.R. Khomko, I.R. Podkamenny, P.I. Svistun, V.Y. Yanchishin**

**THE INVESTIGATION OF ELECTROTRIBOCHEMICAL PROCESS CAR  
DETAILS**

Основними напрямками підвищення ресурсу трибосистем є: удосконалення конструкції; підвищення зносостійкості елементів трибосистем; використання ефективних олів, мастил, мастильно-охолоджуючих рідин; покращення умов експлуатації та ін. Зношування робочих поверхонь деталей ДВЗ можна компенсувати використавши ефект беззносності, як вид тертя який обумовлений самочинним утворенням в зоні контакту тонкої металевої плівки з низьким опором зсуву і нездатністю до накопичення дислокацій при деформації. На плівці, з утворенням на ній хімічних зв'язків, може відбуватися виникнення другої плівки, що складається із продуктів механічної деструкції вуглеводнів мастильних матеріалів, створюючи додатковий антифрикційний шар. Ці плівки підвищують зносостійкість поверхонь до двох порядків і знижують сили тертя на один порядок у порівнянні з умовами тертя при граничному мащенні. Відомо, що у зоні контакту сполучених деталей генерується слабе електричне поле, яке є наслідком термоелектронного процесу, але його напруженість незначна –  $10^{-4} \dots 10^{-2}$  В/м.

На протікання електротрибохімічної реакції і в процесі відновлення поверхонь тертя найбільший вплив здійснюють наступні фактори: щільність електричного струму, що подається на сполучені деталі; концентрація електроліту (робочого середовища); відносна швидкість переміщення поверхні тертя [1-2]. :

Для забезпечення необхідною довговічністю двигунів внутрішнього згорання базується на закономірностях зношування їх основних трибосполучень деталей в процесі роботи машини. Тому основу моделі довговічності відремонтованих дизельних двигунів складають процеси спрацювання й реновації (відновлення) робочих поверхонь лімітуючих сполучень "гільза циліндрів – поршень" та "гільза циліндрів – поршневі кільця" [3]. На різних етапах роботи двигуна (обкатування чи усталений режим) інтенсивність зносу сполучених деталей буде різною. Суттєвий вплив на інтенсивність зносу здійснює мастильне середовище і, особливо, композиційні масла, які є своєрідним автокомпенсаторами процесу зношування [3]. У випадку заміни моторного масла на стадії обкатки двигунів на композиційне масло знос буде характеризувати величину, на яку знижується інтенсивність зношування деталей в сполученнях.

**Література**

1. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Триботехнічні характеристики поверхонь тертя при електротрибохімічному методі припрацювання // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2003. – №3,4. – С. 140-144.

2. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Електротрибохімічний метод прискороного припрацювання пар тертя при обкатці двигунів // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2001. – №2. – С. 3-7.

3. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Утворення мідної плівки на поверхнях тертя при електротрибохімічному методі прискороної обкатки двигунів // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград. – 2004. – №34. – С. 111-118.

УДК 621.43.06

Г.А. Нерода, О.І. Пришляк, В.О. Гаврилів

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВИКИДІВ АВТОМОБІЛЕМ ПРИ РЕЖИМАХ РОБОТИ ДВИГУНА

G.A. Neroda, O.I. Pryshlyak, V.O. Gavryliv

## THE INVESTIGATION OF TOXIC EMISSIONS ON THE CAR IN THE MODES OF OPERATION OF THE ENGINE

В даний час автотранспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря. В великих містах атмосфера містить в 10 разів більше аерозолів і в 20 разів більше газів. При цьому 60-70% газового забруднення дає автомобільний транспорт. На даний час світовий автомобільний парк перевищує 2

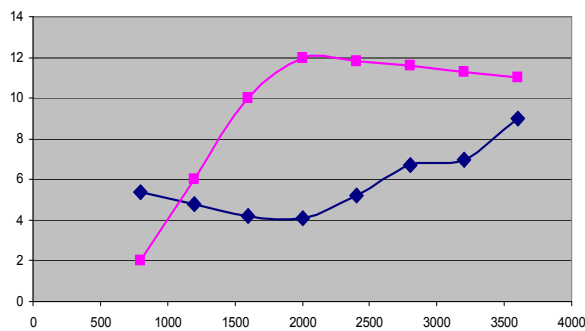


Рис.1 Залежність концентрації викидів шкідливих речовин від частоти обертання колінчастого валу двигуна

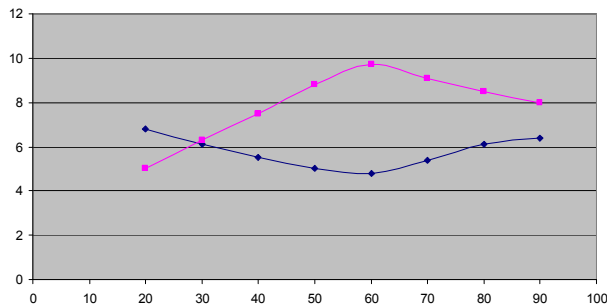


Рис.2 Залежність концентрації викидів шкідливих речовин від швидкості руху

автомобіля 60 км/год. концентрація чадного газу (СО) у вихлопних газах автомобілів найменша. Ця швидкість являється оптимальною швидкістю руху автомобіля.

### Література

1. Матейчик В. П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. Монографія / Матейчик В. П. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
2. Авер'янов В.С., Шматко Д.З., Скобельський Р.Є. Определение вредных веществ выхлопных газов автотранспорта методом хроматографии/ ПЕРСПЕКТИВНИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ. – 2017.-№10 – с.7 – 226 с.
3. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/zagryaznenie-avtotransportom-okruzhayushhej-sredy/>



УДК 621.436

Ю.М. Нікітюк Р.П. Пишний, Д.Ю. Танчик

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУМІШОУТВОРЕННЯ ТА ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

Yu.M. Nikityuk R.P. Pyshnyy D.Y. Tanchyk

## THE RESEARCH MIXTURE FORMATION AND EXHAUST GASES

У автомобільних двигунах зпримусовим займанням застосовують також системи уприскування палива безпосередньо в циліндр або у впускний трубопровід двигуна. Для проведення дослідження вмісту шкідливих речовин проводилося за допомогою газоаналізатора Premier-701A. Дослідження проводилося на одному новому, та шести автомобілях які знаходилися в експлуатації і своєчасно проходили ТО. Під час проведення досліджень використовувався спеціальний вузол для очищення картерних газів „Фільтр-радіатор”. При проведенні досліджень на всіх автомобілях вимірювався склад відпрацьованих газів за допомогою газоаналізатора. Після чого на автомобілі було встановлено фільтр-радіатор і проведено повторне вимірювання відпрацьованих газів. На основі показників дослідження побудовано графіки вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах (рис.1-6) для різних автомобілів.

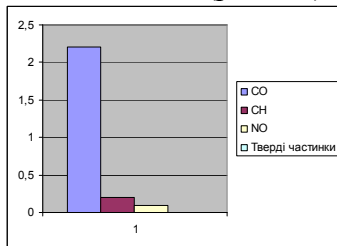


Рис.1 Діаграма показників газоаналізатора на новому автомобілі Opel

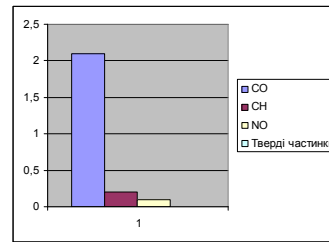


Рис.2 Діаграма показників газоаналізатора на новому автомобілі Opel з „фільтром-радіатором

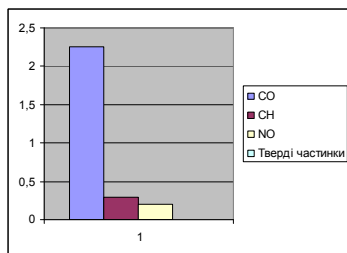


Рис.3 Діаграма показників газоаналізатора на новому автомобілі Opel з пробігом 2 000 тис.км

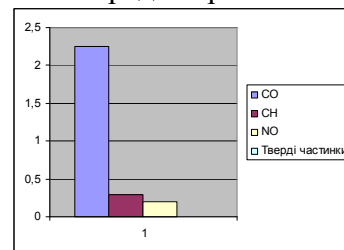


Рис.4 Діаграма показників газоаналізатора на новому автомобілі Opel з пробігом 2 000 тис.км з „фільтром-радіатором”

Дослідження показали що використання фільтра-радіатора для очищення картерних газів дає можливість: більш якісно частково очистити картерні гази; підвищити потужність двигуна; збільшити строк роботи масла до заміни; підвищити екологічні показники роботи двигуна; підвищити строк експлуатації елементів системи живлення.

УДК 621.436

**О.М. Мартина, О.І. Дутка, П.П., Неживий**

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ ПРИСАДОК МОТОРНИХ МАСТИЛ**

**О.М. Martina, O.I. Dutka, P.P. Nezhyvoy**

### **THE RESEARCH OF OPERATION ADDITIVES IN MOTOR OILS**

Питаннями обґрунтування строків служби моторних мастил займалися багато вчених, але на сьогоднішній момент відсутній науково обґрунтований метод визначення ресурсу мастил. Методи визначення граничного стану умовні і залежать від великої кількості факторів, а більш об'єктивні методи дуже трудомісткі і не завжди придатні для застосування в умовах експлуатації автотранспорту. Із аналіз технічної літератури дозволив обґрунтувати і розробити граничні значення показників на моторні оливи. З аналізу інструкцій з експлуатації, де вказані терміни зміни моторних олив витікає наступне: – для олив груп SE, CC, CD — пробіг до заміни складає 5 000 – 7 000 км; – для олив груп SF, SG, CE, CF – 4, CF – пробіг до заміни складає 10 000 км; – для олив груп SH, SJ, CG – 4, CH – 4 – пробіг до заміни складає 15 000 км. Вирішенням цього питання є проведення періодичного контролю який дозволяє прогнозувати термін експлуатації моторного мастила за його фактичним станом [1-2].

Було проаналізовано велика кількість типів моторних олив різних груп експлуатації за API і 64 типи двигунів транспортних засобів, з яких були узяті проби олив після їх зливу для заміни. Пробіг до зливу відповідав пробігу, вказаному в керівництві з експлуатації на даний двигун. Для кожного показника був оцінений відсоток зниження або збільшення показника. Максимальну зміну значень мають такі показники: наявність протизадирних і протизносних присадок – 30 – 35 %; схильність до окислення – 20 – 25 %; лужне число – 30 %; в'язкість – 10 %.

Для мастил, що працювали в основному використовували показники, що і для оцінки якості свіжих мастил, результатів обробки статистичних даних по температурі спалаху мастил (рис.1). Встановлено, що у 66% двигунів мастило

не відповідає нормативним показникам по в'язкості, у 68% - лужного числа 75% температурі спалаху.

#### **Література**

1. Григоров А.Б. Наглюк С.И. Карножицкий П.В. Уточнение сроков смены моторных масел при их эксплуатации в автобусах «Богдан-А091» и «ПА3-4234». Журнал «Автомобильный транспорт». Выпуск № 23 / 2008. – 4с.

2. Скиндер Н.И., Гурьянов Ю.А. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел// Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №5 - С.28- 30.

3 Сасов О. О., Коровкін А. А. Дослідження зміни якості моторних мастил при їх експлуатації в автобусах малої і середньої місткості. [Текст] / О.О. Сасов, А.А. Коровкін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 8 (1117). – С 102 – 107.



Рисунок 1 - Розподіл температури спалаху мастил, що працювали

**УДК 69.07**

**Д.М. Лясковець, Емануль Алао**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРОЕКТ СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**D.M. Liaskovets, Alao Emmanuel**

### **DESIGN OF STAND FOR LARGE-SIZED BUILDING STRUCTURES TESTING**

Активний розвиток сучасного будівництва вимагає задовольнити масові потреби у швидкості та якості створення будівельних проектів різного призначення. Основний принцип будівництва є - максимально якісно та максимально дешево.

З активним розвитком будівельної промисловості та науково-технічним прогресом створюються все новіші будівельні матеріали, які задовольняють основну вимогу сучасного будівництва, це швидкість, якість та економічна вигода.

Для того, щоб виконувалась умова якості будівництва, сучасні будівельні матеріали повинні відповідати усім встановленим параметрам та технічним вимогам.

На стільки, на скільки відомо, у виробників нових будівельних матеріалів виникає одне і теж питання: як випробувати будівельні матеріали не теоретично, а на практиці? На перший погляд це проста задача, яка б мала вирішуватися досить легко. Проте як показує статистика, не всі виробники мають спеціальне технічне забезпечення для проведення різних випробувань. Дійсно, на даний час популярності набирають великогабаритні будівельні матеріали, стінові блоки, вентиляційні широкогабаритні конструкції, сір-панелі тощо. Для будівельних компаній використання таких матеріалів дозволяє максимально швидко зводити споруди з високими показниками міцності, теплоізоляції, звукоізоляції, низькими показниками до старіння і т.д.

У високорозвинутих країнах вже давно існують норми для таких будматеріалів, розроблені методи випробувань. В Україні, у зв'язку з слабкою економікою, виробники не готові витратити гроші на створення власних лабораторій з детальними дослідженнями своєї продукції. Економічно вигідно співпрацювати з окремими незалежними лабораторіями, які, як показує практика, можуть визначити лише основні параметри та характеристики закладені в нормативних документах або технічних умовах. Це в першу чергу «зв'язує руки» науковцям, які займаються створенням нових будівельних матеріалів чи конструкцій. Наступною важливою проблемою, як виявляється, є недостатня кількість акредитованих лабораторій із сучасним випробувальним обладнанням. В західному регіоні України їх є невелика кількість і технічне забезпечення, для випробування великогабаритних будівельних матеріалів, в них або відсутнє або застаріле. Крім виробників будівельних матеріалів в нашому регіоні існує велика кількість підприємств, які виготовляють метериали для різного призначення та застосування. Це, наприклад, матеріали та конструкції з дерева та пластмас, системи водовідведення, елементи дорожніх покриттів тощо. Виробники таких матеріалів стикаються з питанням випробовуванням матеріалів у реальних умовах, або в умовах близьких до природніх. Важливо для них, також, і економічні та технічні затрати на виготовлення таких виробів, конструкцій чи матеріалів. В цьому випадку їм бракує спеціалізованого обладнання для проведення цілого комплексу випробувань. Фінансові витрати на доставку випробувальних зразків продукції до випробувальних лабораторій в інші регіони країни, або до закордонних лабораторій, як

показує практика, є великими. Часто, для отримання бажаних результатів з виготовлення продукції, потрібно випробувати велику кількість зразків – це знову ж таки є економічно не вигідно.

Не можливо пропустити і той факт, що з активним розвитком будівництва зростає і кількість підприємств з виготовлення будматеріалів. Створення нового заводу чи фабрики, на початковому етапі, передбачає налагодження та коригування виробничих ліній. А для цього потрібно високоточне обладнання для випробування продукції на всі показники затвердженні нормативною документацією. Для таких підприємств створення випробувального обладнання не вигідно, оскільки воно як правило потребує калібрування, сертифікації та періодичної перевірки при умові подальшого його застосування. Фінансово це не вигідно для такого підприємства – вигідніше замовити послуги сертифікованих лабораторій.

Враховуючи запити та аналізуючи ринок попиту на види випробувань було прийняте рішення створити лабораторних стенд для випробування великогабаритних будівельних конструкцій (рис. 1), що і обґрунтовує актуальність даної теми. Даний стенд, по суті являтиме гідравлічний прес з можливістю навантаження до 20 000 Н.

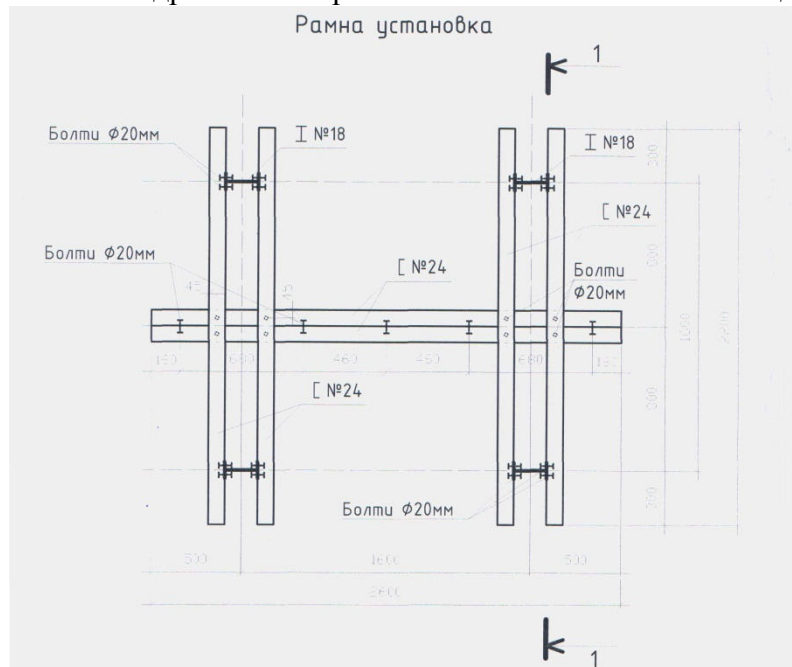


Рисунок 1. Рамна установка лабораторного стенду для випробування великогабаритних будівельних конструкцій

Конструкція такого стенду дозволить випробувати різні види будівельних матеріалів чи конструкцій в лабораторних умовах. Простота в керуванні та переналаштуванні під конкретні вироби дозволить швидко і якісно визначати основні показники міцності. Робоча площа конструкції становить 4 м<sup>2</sup>. Висота стенду враховуючи можливість зміни висоти платформи становить - 2,5м. Система керування стендом дозволить використовувати різні типи гідравлічного обладнання, що дозволить з мінімальними похибками фіксувати показники будівельних матеріалів. Швидка зміна висоти платформи та просте переналаштування складових елементів дозволить проводити випробування з більшою продуктивністю. В подальшому використанні конструкцію стенду можна буде розширити, що в свою чергу дозволить розширити спектр випробувальних робіт.

**УДК 621.81**

**А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., І.Я. Собчук, В.П. Михайлюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК**

**A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., I.Ya. Sobchuk, V.P. Myhailiuk**

### **THE STUDY OF SPIRAL PROFILE BLANKS FORMING METHOD**

Під час формоутворення профільних гвинтових заготовок (ПГЗ) способом, представленим на рис. 1 на першій операції стрічку 1 прямокутного січення подають циліндричними валками 2 і прокатують конічним та циліндричним інструментами 3 і 4, на зовнішній поверхні яких рівномірно по колу виконані формувальні зуби 5 і 6, кількість яких на кожному із інструментів 3 і 4 залежить від кількості гофр 12 на одному витку ПГЗ 11. Досліди показали, що величина відпружинення сформованої ПГЗ залежить від товщини матеріалу стрічки, радіуса формоутворення ПГЗ, радіуса заокруглення при вершині зубів, границі текучості і модуля пружності матеріалу ПГЗ, амплітуди, кроку гофр і кута гнуття гофр.

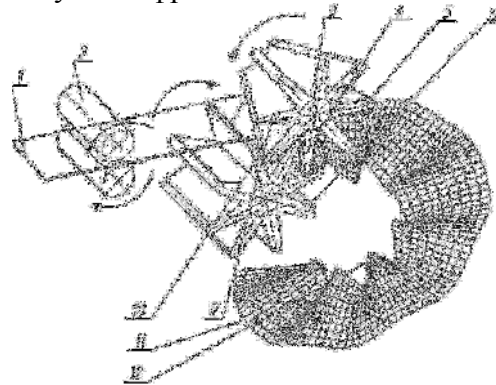


Рисунок 1 - Спосіб формоутворення профільних гвинтових заготовок

На основі теоретичних досліджень визначено радіус відпружинення та кут відпружинення ПГЗ:

$$\Delta R = \frac{\frac{T_1}{2} \cdot B}{\frac{T_1}{2} \cdot \left(1 - \frac{R_{e1}}{R_{31}}\right) - l_2 \cdot (\cos(\beta_1 - \Delta\beta) - \cos\beta_1)} - \frac{B}{1 - \frac{R_{e1}}{R_{31}}};$$
$$\Delta\beta = \frac{\frac{3}{2} \cdot \sigma_{TO} + \frac{\Pi \cdot s}{2 \cdot r_1 + s}}{E} \cdot \left(\frac{r_1}{s} + 0,5\right) \cdot \left(\arccos\left(\frac{T_1 \cdot R_{e1}}{2 \cdot R_{31} \cdot l_2}\right) - \arccos\left(\frac{T_1}{2 \cdot l_2}\right)\right),$$

де  $R_{31}$  - зовнішній радіус ПГЗ до відпружинення;  $B$  - ширина стрічки ПГЗ;  $R_{e1}$  - внутрішній радіус ПГЗ до відпружинення;  $T_1$  - крок гофр на зовнішньому радіусі ПГЗ;  $\beta_1$  - кут нахилу площини гофри до відпружинення;  $l_2$  - довжина полицки гофри;  $\sigma_{TO}$  - екстрапольована границя текучості матеріалу ПГЗ;  $\Pi$  - середній модуль зміцнення матеріалу ПГЗ;  $s$  - товщина матеріалу ПГЗ;  $r_1$  - радіус гнуття при формуванні гофр;  $E$  - модуль пружності першого роду для матеріалу ПГЗ.

## ЗМІСТ

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

1. **С.Р. Жеп`як, І.О. Мирзаєв, М.З. Пекар, О.Р. Кавецький** 5  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО ДЕФОРМІНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ З ПОВЕРХНЕВИМИ ТРІЩИНАМИ
2. **С.Р. Жеп`як, І.О. Мирзаєв** 6  
ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ СТІЙКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ
3. **О.Р. Кавецький, М.З. Пекар** 7  
МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЮ ДУГОЮ
4. **В.І. Крочак, В.Л. Дунець** 8  
МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ ІОНІЗУЮЧОГО  
ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ГАЗОРОЗРЯДНИХ ДАВАЧІВ ГЕЙГЕРА-  
МЮЛЛЕРА
5. **М.Ф. Кузмичов, Н.Р. Бутрак, В.В. Пікусь** 9  
ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-  
МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ЛИСТОВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ З ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ
6. **Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, О.А. Загоруйко** 10  
РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ПРОГРАМУВАННЯ  
РОБОТОТЕХНІЧНОЇ КОМІРКИ
7. **Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, Й.Р. Кравець, Н.С. Мінько** 12  
МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІНИ  
ІНСТРУМЕНТІВ В РОБОТОТЕХНІЧНІЙ КОМІРЦІ
8. **Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, Р-В. М. Павловський** 14  
ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК НАВЧАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО РОБОТА
9. **Ч.В. Пулька, А.І. Горішний, І.Ф. Дудич, Т.М. Струсь.** 16  
ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ПРИ  
ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
10. **В. Є. Романів, В. В. Лазарюк** 18  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУМШЕЇ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ ПРИ  
НАПІВАВТОМАТИЧНОМУ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ
11. **В.Ф. Савків** 20  
ДОСЛІДЖЕННЯ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ ІЗ  
СТАЛІ 09Г2С

12. **В.Б. Савків, Р.І. Михайлишин, С.А. Трачук, А.О. Северин** 21  
СТРУМИННІ ЗАХОПЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ПРОМИСЛОВИХ  
РОБОТІВ З ІНТЕГРОВАНИМ КОНТРОЛЕМ РОЗМІРІВ ОБ’ЄКТІВ  
МАНІПУЛЮВАННЯ
13. **В.С. Сенчишин, Ч.В. Пулька, М.В. Шарик, В.Я. Гаврилюк** 23  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОІНДУКЦІЙНОГО  
НАПЛАВЛЕННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ  
МЕТАЛУ

### **СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

1. **М.А. Басара** 25  
ДЕФОРМУВАННЯ ВЕРХНЬОГО ПОЯСУ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ  
ЗВАРНОЇ ФЕРМИ
2. **Н.З. Биків** 26  
ЗАСТОСУВАННЯ СПЛАВІВ З ПАМ’ЯТТЮ ФОРМИ ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДИНАМІЧНИХ  
НАВАНТАЖЕННЯХ
3. **М.В. Бігун** 27  
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВОЇ БАЛКИ НА СТІЙКІСТЬ
4. **А.М.Б. Дзюбак, Л.Г. Бодрова** 28  
НОВІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА
5. **О.П. Конончук, О.Б. Скоренький, Т.А. Возна, В.П. Будівський, А.Я. Тарас** 29  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ  
ПРИ ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ
6. **О. М. Муравська, Г. М. Крамар** 31  
ПОЛІУРЕТАНОВІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО  
СПОРТИВНОГО МАЙДАНЧИКА
7. **В.О. Паркалаба, Г.С. Олійник** 32  
ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ІНТЕР’ЄРІ  
ДИЗАЙН-СТУДІЇ
8. **Я.Л. Швед, О.І. Міщук** 34  
КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЗВАРНИХ ФЕРМ  
ПРИ ДІЇ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ



**СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА  
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

1. **Ю. О. Апостол, Я. Ю. Гарник, Д. О. Деркач, С.В. Попович** 35  
S-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИНИ  
КАБЕЛЮ ЧЕРЕЗ НЕРІВНОМІРНЕ ПРОКРУЧУВАННЯ ВАЛА
2. **А.В. Бабій, О.В. Січкоріз; М.В. Вовк** 37  
ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРНОСТІ  
МАШИНИ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ
3. **В.В. Батюк, М.О. Стрембіцький** 39  
АДАПТИВНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДЛЯ МЕХАТРОННИХ  
СИСТЕМ
4. **Є.Б. Береженко** 40  
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ
5. **І.Р. Брикайло, Т.Т.Бартош, В.М.Матвіїшин, Т.С. Дубиняк** 42  
НАДІЙНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ВІДМОВ ЕЛЕКТРОННОЇ  
АПАРАТУРИ, ЩО МАЮТЬ ВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР
6. **О.С. Брошак, В.Р. Медвідь, І.Р. Козбур** 44  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ ЗГУЩЕННЯ ТОМАТНОЇ ПАСТИ НА БАЗІ УСТАНОВКИ  
ВАКУУМНОГО ВИПАРОВУВАННЯ
7. **В.В. Бухта, Г.М. Крамар** 45  
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ СТАЛЕВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ
8. **В.Н. Волошин, С.С. Корніцький** 46  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ЗАТИСКУ  
ЗАГОТОВКИ
9. **Д. В. Гаврилюк, В. В. Моліцький** 48  
ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСУ  
ФРЕЗЕРУВАННЯ
10. **А. В. Гагалюк, І. Ю.Фесина, Т. Г. Зазуляк** 49  
ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ SLM – ДЕТАЛЕЙ У  
ВЕРСТАТОБУДУВАННІ
11. **К.А. Грабовська** 51  
ПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДІВ  
ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОГО МОСТА НА  
ВЕНТИЛЬОВАНІ ФАСАДИ

12. **Д. С. Гриценко** 53  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ, ЯКІ ПЕРЕТВОРЮЮТЬ  
ПОСТІЙНИЙ ОБЕРТОВИЙ РУХ У ПЕРІОДИЧНИЙ
13. **В.В. Двнилюк, Л.М. Данильченко** 55  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РІЗАННІ
14. **В. І. Денєга, С. М. Одлижук** 57  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СПЕЦІАЛЬНОГО  
ПОКРИТТЯ НА СТІЙКІСТЬ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ
15. **В. М. Дзьоба** 59  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДАХОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ
16. **М.Г. Дичковський, А.Б. Решетуґа, І.В. Головатий** 60  
ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТУ РІЗАННЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ  
ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ
17. **М.Г. Дичковський, А.Є. Дячун, С.М. Солтисяк** 61  
ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТУ РІЗАННЯ СТУПІНЧАСТОГО ОТВОРУ  
КОМБІНОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ СВЕРДЛО-ЗЕНКЕР
18. **В.І. Древницький, І.В. Коваль** 62  
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ СТІНИ РІЗНИМИ ІЗОЛЯЦІЙНИМИ ШАРАМИ
19. **П.А. Дудар, Л.М. Данильченко** 63  
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ РІЗАННІ
20. **А.Є. Дячун, І.В. Тарасенко, А.О. Курась** 65  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ ЗОВНІШНІХ ГВИНТОВИХ  
КАНАВОК РОЛИКОМ
21. **Р.А. Зелінський, О.В. Сухораб** 66  
РОЗРАХУНОК ГРАНИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
22. **Л. І. Зуб** 67  
ІЗОЛЯЦІЯ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ВОЛОГИ
23. **І.В. Ільков, Р.В. Іліх, Н.Ю. Черномаз** 68  
ОСОБЛИВОСТІ БАЛОК ІЗ ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВОЇ ПЛИТИ
24. **Н.С. Інжиєвська, П.Д. Кривий, А.А. Сенік, Н.М. Тимошенко** 69  
ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ВНУТРІШНІХ ЛАНОК ПРИВОДНИХ  
РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ  
КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК
25. **В.А. Кічун, Я.М. Лаврін, О.Л. Кайдик, Т.В. Терлецький, В.В. Пташенчук** 71  
ПРО МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІЖПОВІРОЧНОГО ІНТЕРВАЛУ  
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

26. **В.П. Карабін, А.В. Олексюк** 73  
ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
КУЛЬТУР
27. **В.М. Каретін** 74  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЕРЦІЙНОГО  
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА МОМЕНТУ
28. **В.П. Кейван, М.І. Гудь** 76  
ЗАКЛАДАННЯ СУМІЖНИХ ФУНДАМЕНТІВ ПРОМИСЛОВИХ  
БУДІВЕЛЬ
29. **Д.І. Кіян, Г.М. Крамар** 77  
ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У  
БУДІВНИЦТВІ
30. **В.О. Концевич, А.П. Сорочак** 78  
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ФУНДАМЕНТУ
31. **П.Д. Кривий, І.Г. Лось, С.Я. Дубина** 79  
ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ  
ПОДАЧ НА ТОЧНІСТЬ ЇХ КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ НА  
ПРИКЛАДІ ФРЕЗЕРНОГО ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО  
ШИРОКОУНІВЕРСАЛЬНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 676
32. **П.Д. Кривий, М.І. Паласюк, І.Р. Петренко** 81  
ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗБІЛЬШЕННЯ  
ПОДАЧ НА ДИСПЕРСІЮ ЇХ РОЗСПІВАННЯ НА ПРИКЛАДІ  
ТОКАРНОГО ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 1А62
33. **Д.Є. Кузьмук** 83  
АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТОЧКОВОГО  
ЗВАРЮВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЗВАРНИХ ВИРОБІВ
34. **Б.Б. Литвин, С.В. Пшеничний, С.М. Петрик** 85  
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ НА  
МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ
35. **Р.В. Лукавий, Г.Б. Цьонь** 86  
КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ГИЧКИ
36. **І.В. Луців, В.І. Шмирко** 87  
ЗОБРАЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ  
ОТВОРІВ З ДОПОМОГОЮ ГРАФОВИХ СХЕМ
37. **С.В. Любий, В.Б. Ігнатська** 89  
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БЕЗБАЛОЧНОГО МОНОЛІТНОГО  
ПЕРЕКРИТТЯ В ПК «ЛІРА»

38. **М.І. Любінський** 90  
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ  
ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ
39. **Л. М. Магула, С. В. Попович, О. Р. Іванців, М. І. Яворська** 91  
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИЛАДОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВІРКИ  
ДЕТАЛЕЙ НА НАЯВНІСТЬ КОМПОЗИТНИХ ВКЛЮЧЕНЬ ЗАСОБАМИ  
МЕРЕЖІ ПЕТРІ
40. **Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак** 93  
ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСУ  
ТОРГІВЕЛЬНО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ
41. **В.М. Мариновський, М.І. Гудь, Г.М. Крамар** 94  
ЗАСТОСУВАННЯ МОНОЛІТНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ  
ПЕРЕКРИТТІВ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ
42. **Л.І. Мельник, І.В. Коваль** 95  
МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ БЕТОНУ ЗА СТИСКУ ТА РОЗТЯГУ
43. **А.Р. Миколаєвич, В.В. Стельмашук** 96  
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ОВОЧЕВИХ  
КУЛЬТУР
44. **Ю.С. Михневич, Р.О. Качор, А.Д. Довбуш** 98  
ВПЛИВ СТИСНЕНОГО КРУЧЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗВАРНИХ  
З'ЄДНАНЬ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ
45. **А.М. Окаринський, Ю.І. Пиндус** 100  
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВЕЛИКОПРОЛІТНОЇ  
ТРЬОХШАРНІРНОЇ АРКИ
46. **А.В. Онисько, Г.М. Крамар** 101  
ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗБІРНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ  
ПЕРЕКРИТТІВ У ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ
47. **А.А. Павлусик** 102  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ: «П'ЯТИПОВЕРХОВИЙ  
ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК»
48. **В.А. Павлючик** 103  
ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ І БУДІВНИЦТВІ
49. **М.Р. Паньків, Д.І. Лозовенко** 104  
ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ
50. **Н.М. Паньків** 105  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ  
УТЕПЛЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН

51. **М.Р. Паньків, В.Я. Бугайчук** 107  
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ
52. **О.М. Пастущин, С.С. Кондро** 108  
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ОБРОБІТКУ  
ҐРУНТУ ПІД СОНЯШНИК
53. **І.Р. Петрашевський, Г.П. Химич** 109  
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ  
НЕЗАЛЕЖНОЮ АВТОНОМНОЮ СИСТЕМОЮ ОБІГРІВУ  
ПРИМІЩЕННЯ «SMART HOME»
54. **М.І. Пилипець, Н.І. Ногачівський** 111  
ВИЗНАЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ  
ЗОВНІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ
55. **М.І. Пилипець, В.І. Щербань, О.О. Костюк** 112  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РОЗТОЧНОЇ ОПРАВКИ ПІД ЧАС  
ОБРОБКИ НАСКРІЗНОГО ОТВОРУ
56. **І.М. Підгурський, М.О. Ткачук** 113  
ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД
57. **М.Ю. Поврозник, О.Є. Сабох, Н.Ю. Черномаз** 114  
ВПЛИВ СТІНОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ  
КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ
58. **Л.Л. Політов, І.В. Коваль** 115  
ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ БУДІВЕЛЬ
59. **В.А. Поліщук** 116  
АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЗВАРЮВАННЯ  
НЕПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ ТРУБИ МАЛОГО ДІАМЕТРА
60. **О.В. Рак, Ю.М. Ковцун** 118  
КОМБІНОВАНІ АГРЕГАТИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
61. **А.В. Редчук, П.А. Васишин, В.А. Дідик, М.І. Яворська** 120  
МЕТОДИКА ТЕСТУВАННЯ ПОВЕРХНІ ПАРАБОЛІЧНИХ АНТЕН
62. **С.В. Романюк** 122  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ  
ПОКАЗНИКІВ
63. **Н.В. Рубан, Ю.П. Козак** 123  
ОГЛЯД МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ  
НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ ТРАВ

64. **Ю.І. Семків, В.П. Ясній** 124  
МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ  
БЕТОННОЇ БАЛКИ ПІДСИЛЕНОЇ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ
65. **Л. С. Серілко, З.К. Сасюк, Д.Л.Серілко, К.Р. Приндюк** 126  
ІНЕРЦІЙНИЙ КОНВЕЄР ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ  
СУМІШІ
66. **Ю.І. Сінкевич, В.Б.Каспрук** 127  
ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ
67. **Д.Я. Сокола, В.В. Черній, Г.П. Химич** 128  
ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВИКОРИСТАННЯ  
СИСТЕМИ АНТИОБЛЕДЕНІННЯ ДЗЕРКАЛЬНОЇ ПАРАБОЛІЧНОЇ  
АНТЕНИ
68. **В.М. Ільків, В.Р. Філик, М.Я. Сташків** 130  
МОДЕЛЮВАННЯ КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ
69. **П.І. Тесельський** 132  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТИПУ ФУНДАМЕНТУ ДЛЯ ШКОЛИ
70. **М.В. Теслюк, Т.К. Гунда, А.П. Сорочак** 133  
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТИПУ ПЕРЕВ'ЯЗКИ НА НДС ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ  
В МІСЦІ СТИКУ СТІН
71. **С.М. Ткач, Д.Л. Радик** 135  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН
72. **О.О. Федунець, Я.Ю. Гарник, Т.І. Радь, Т.С. Дубиняк** 137  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РУХУ ЦИЛІНДРИЧНОГО ТІЛА ЗІ  
ЗМІЩЕНИМ ЦЕНТРОМ МАСИ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ
73. **Ю.М. Фик; Д.Л. Радик** 139  
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ КІЛЬЦЕВИХ КАНАВОК  
НА ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХНЯХ МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ
74. **М.В. Хоменчук, В.В. Крупа** 140  
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО  
МАГАЗИНУ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК
75. **Н.М. Чайківський, В.Р. Медвідь, І.Р. Козбур** 141  
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
КЕРУВАННЯ ЛІНІЄЮ УПАКОВКИ ТА РОЗФАСОВКИ РІДКИХ  
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У ПЛАСТИКОВУ ТАРУ
76. **І.В. Чернявський, Р.М. Орищук, В.В. Шанайда** 142  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ

**ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ПРУЖНО-КОМПЕНСАЦІЙНОЇ МУФТИ  
МЕТОДАМИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ**

77. **Б.А. Чуй, Д.П. Білостоцький, Я.В. Зерук, Т.С. Дубиняк** 144  
РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ Й ІМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ  
РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЕКТОВАНОГО ВИРОБУ
78. **А.А. Шайда** 146  
АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ШОВНОГО  
КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПАЛИВНОГО БАКА АВТОМОБІЛЯ
79. **Т.Г. Шевченко** 148  
АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО  
ЗВАРЮВАННЯ РАМИ БУНКЕРА КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОГО  
КОМБАЙНА
80. **В.В. Щерба, Г.М. Крамар** 150  
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ  
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ
81. **Ю.О. Якушев** 151  
ВИКОРИСТАННЯ СЕНДВІЧ -ПАНЕЛЕЙ У БУДІВНИЦТВІ  
ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
82. **Н.Б. Яськевич, М.І. Гудь, Г.М. Крамар** 152  
ОСОБЛИВОСТІ АРМУВАННЯ СТИКУ КОЛОНИ З БАЛКОЮ ПРИ ДІЇ  
СЕЙСМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

**Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

1. **М.В. Бабій, Н.М. Бісовський; С.С. Балацький** 153  
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ
2. **М.Г. Левкович, Р.В.Бомашук, Я.Д. Дутка** 154  
ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ
3. **А.Б. Гупка, Д.В. Козак, О.М.Копча** 156  
КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ  
ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ
4. **А.Б. Гупка, І.Р. Підкамінний, А.В. Примасюк.** 157  
ЕЛЕКТРИЧНІ КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ТРИБОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ  
ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ПАР ТЕРТЯ АВТОМОБІЛІВ
5. **Г.М. Данилишин, П.Р. Михайлиця** 159  
ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ



6. **О.М. Яцишин, А.А. Кромець, В.О. Дзюра** 160  
ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВИЙ МЕХАНІЗМ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО  
ЗГОРАННЯ
7. **Дзюра В.О., В.Г. Назарук, С. Ю. Папа, Н.Б. Старик** 161  
ПАРКОВКА З СИСТЕМОЮ МОНІТОРИНГУ ВІЛЬНИХ МІСЦЬ
8. **Н.А. Чорний, Н.Р. Константи́нів, І.В. Петушенко, В.О. Дзюра** 162  
СИСТЕМА НІЧНОГО ВОДІННЯ АВТОМОБІЛЯ
9. **П.С. Жила** 163  
НОВІ СПОСОБИ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ
10. **К.К. Камаш, М.О. Кінзерський** 164  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА  
ДЕТАЛІ АВТОМОБІЛЯ
11. **Б.О. Кушим; Ю.О. Сілантьєва, Н.А. Катрушенко** 165  
ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ
12. **М.Г. Левкович, І.Б.Бабій, А.А. Ваврик** 167  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТО ТА ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ  
ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ
13. **Р.М. Лисак** 169  
СТЕНД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ  
АВТОМОБІЛЯ
14. **В.В. Луців, Б.П. Гладюк, А.В. Сухенько** 171  
МАРШРУТИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ
15. **Н.Ю. Маковинський, В.Я. Стахів** 172  
МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ НА МАРШРУТАХ
16. **М.М. Масюк** 173  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ  
ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ
17. **М.П. Миськів** 174  
ДОСЛІДЖЕННЯМ ЗМІНИ ЖОРСТКОСТІ ТОРСІОННОЇ ПІДВІСКИ З  
ПОЗДОВЖНИМИ ВАЖЕЛЯМИ
18. **О.Б. Онищук, А.Й. Матвіїшин, О.П. Цьонь** 175  
АНАЛІЗ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА МАЯТНИКОВИХ  
МАРШРУТАХ
19. **Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха, К.В. Захаров, Ю.В. Карашевський, Д.І.  
Качмарський** 176  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ  $\lambda$ -ДАВАЧІВ ТА ВПЛИВ НА  
ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕНЗИНОВИМ

**ДВИГУНОМ**

- |     |   |     |
|-----|---|-----|
| 20. | <b>Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха, О.В.Худобей, В.А.Качан</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ КОМПОНЕНТІВ<br>ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ | 178 |
| 21. | <b>В.В. Рижак, Н.М. Сигіль</b><br>СПОСОБИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ<br>ОЛИВ  | 180 |
| 22. | <b>А.В. Савчук, В.М. Погорілець</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>АВТОМОБІЛІВ  | 181 |
| 23. | <b>А.В. Серединський, А.І. Добко</b><br>ПРИНЦИПИ ВІДБОРУ АСОТИМЕНТУ ТОВАРУ ЗІ СКЛАДУ ЗА<br>ЗАМОВЛЕННЯМИ СПОЖИВАЧІВ                                  | 182 |
| 24. | <b>Ю.А. Пархомчук, Р.О. Тануляк, Ю.І. Козевич</b><br>ТРАНСПОРТНА МОБІЛЬНІСТЬ МІСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ   | 183 |
| 25. | <b>Н.О. Таньовський, В.Л. Туз</b><br>ПЕРЕСУВНИЙ ВІЗОК ДЛЯ ЗНЯТТЯ І ВСТАНОВЛЕННЯ КОРОБКИ<br>ПЕРЕДАЧ  | 184 |
| 26. | <b>В.А. Тхорик, Ю.М. Уніят</b><br>ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ПОЯСКІВ У БЛОКАХ ЦИЛІНДРІВ  | 186 |
| 27. | <b>О.Р.Дмитрів, М.В. Грубенюк, Р.П. Цапик, Р.І.Охнівський</b><br>МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ<br>ВАНТАЖУ В ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРАХ   | 188 |
| 28. | <b>Р.А. Склярів,В.О. Ремезюк</b><br>ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО<br>ВЕРСТАТУ   | 190 |
| 29. | <b>В.Л. Гнатюк, М.Б. Іваноньків, В.І. Качановецький</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ<br>ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСАДОК        | 191 |
| 30. | <b>В.Р. Хомко, І.Р. Підкамінний,П.І. Свистун, В.Й.Янчишин</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТРИБОХІМІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЕТАЛЕЙ<br>АВТОМОБІЛІВ                   | 192 |
| 31. | <b>Г.А. Нерода, О.І. Пришляк, В.О. Гаврилів</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВИКИДІВ АВТОМОБІЛЕМ ПРИ<br>РЕЖИМАХ РОБОТИ ДВИГУНА                          | 193 |
| 32. | <b>Ю.М. Нікітюк Р.П. Пишний, Д.Ю. Танчик</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУМІШОУТВОРЕННЯ ТА  | 194 |

**ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ**

- |     |   |     |
|-----|---|-----|
| 33. | <b>О.М. Мартина, О.І. Дутка, П.П., Неживий</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ ПРИСАДОК МОТОРНИХ МАСТИЛ                    | 195 |
| 34. | <b>Д.М. Лясковець, Емануль Алао</b><br>ПРОЕКТ СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ<br>ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ     | 196 |
| 35. | <b>А.Є. Дячун, І.Я. Собчук, В.П. Михайлюк</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОФІЛЬНИХ<br>ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК | 198 |





Формат 60×90 Папір ксероксний.  
Обл. вид. арк. 14,0  
Наклад 30 прим.

Видавництво Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Навчально-методична література