ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ

На правах рукопису

КУЧВАРА ІВАН МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.9.04; 621.941

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛІПСНИХ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН

05.02.08 – Технологія машинобудування

ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник: **доктор технічних наук, професор**
Пилипець Михайло Ількович

Тернопіль – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 5

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ…….. 10

1.1 Використання еліпсних гвинтових робочих органів машин……. 10

1.2 Аналіз відомих методів виготовлення еліпсних гвинтових заготовок ……..... 12

1.3 Аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесів виготовлення профільних гвинтових заготовок ……... 24

1.4 Висновки……. 29

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛІПСНИХ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН……... 30

2.1 Дослідження силових параметрів формоутворення еліпсних гвинтових елементів…… 30

2.2 Динамічна модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок…..... 42

2.2.1. Знаходження частот власних коливань системи……. 45

2.2.2. Знаходження частот вимушених коливань системи……... 48

2.2.3. Дослідження процесу стружко утворення……... 51

2.3. Теоретичні передумови зміцнення еліпсних гвинтових робочих органів……... 55

2.4 Технологічні передумови профілювання еліпсних пустотілих заготовок……... 63

2.5 Висновки……. 70

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ……. 72

3.1. Програма експериментальних досліджень виготовлення деталей еліпсних гвинтових робочих органів……. 72

3.2. Стендове оснащення та методика проведення експериментальних досліджень……. 72
3.3. Методика проведення багатофакторних експериментальних досліджень……. 82
3.4 Висновки……. 89
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ…… 91
4.1. Результати експериментальних досліджень сили проточування прямокутних гвинтових канавок…… 91
4.2. Графоаналітичне оброблення результатів експериментальних досліджень проточування профільних гвинтових канавок…….. 95
4.3 Результати досліджень сили гнуття притискним роликом під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів……... 101
4.4 Графоаналітичне оброблення результатів експериментальних досліджень сили гнуття притискним роликом під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів……. 104
4.5 Висновок……. 114
РОЗДІЛ 5. ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ……. 116
5.1 Конструктивні схеми технологічного устаткування для розширення технологічних можливостей…….. 116
5.1.1 Люнет для відрізання профільних заготовок…… 116
5.1.2 Пристрій для формування і зміцнення зовнішнього профілю гвинтових робочих органів…….. 117
5.1.3 Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей…… 120
5.1.4 Спосіб ротаційного профілювання еліптичних пустотілих заготовок…… 123
5.1.5 Шнекомір…….. 125

5.2 Комп'ютерне моделювання процесу навивання еліпсних гвинтових елементів……. 127
5.3 Інженерна методика проектування технологічного устаткування для навивання еліпсних гвинтових заготовок……... 131
5.4 Техніко-економічне обґрунтування…….. 132
5.5 Висновки……. 137
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….. 139
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……... 142
ДОДАТКИ…… 158

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний стан розвитку машинобудування в умовах ринкової економіки вимагає нових шляхів підвищення експлуатаційних і технологічних параметрів деталей машин, технологічного оснащення, що дасть змогу покращити якість продукції та зробити виробництво гнучким і швидко переналагоджуваним на різні типорозміри деталей машин, кількість яких визначається потребами ринку.

Для сучасного вітчизняного та зарубіжного машинобудування характерне розширення номенклатури деталей машин різних класів, в тому числі і гвинтових. Серед зазначених гвинтових деталей машин важливе місце посідають гвинтові профільні заготовки (ЕГЗ), з яких отримують деталі робочих органів гвинтових конвеєрів та гвинтових змішувачів. Дані машини широко застосовуються у харчовій, хімічній, переробній промисловості, і особливо у сільському господарстві для транспортування зернових, приготування кормів.

У технологічних лініях приготування кормових сумішей завершальною операцією є змішування компонентів, яке здійснюється в спеціальних пристроях – змішувачах кормів порційної або безперервної дії. В якості робочого органу для змішувачів безперервної дії доцільно використовувати кулачковий гвинтовий робочий орган. Вихідною заготовкою для такого робочого органу може бути навита на еліпсну оправу спіраль з кроком рівним товщині стрічки – гвинтова еліпсна заготовка (ГЕЗ). Наступне формування її на заданий крок забезпечить утворення гвинтової кулачкової деталі шнекової заготовки кулачкового робочого органу.

З літературних джерел відомі методи навивання спіралей шнеків, проте, як свідчать результати аналізу, навивання на еліпсні оправи не досліджене.

Тому вирішення наукового завдання, яке полягає у розробленні та практичній реалізації раціональних технологічних процесів виготовлення ГЕЗ формуванням на еліпсну оправу є актуальним, доцільним, значущим і перспективним для машинобудівної галузі України та інших держав.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконана дисертаційна робота є частиною наукових досліджень, які виконувалися на кафедрі «Технології машинобудування» згідно тематики дослідницької роботи ТНТУ імені Івана Пулюя № ДІ 204-13 «Розробка та впровадження енергоефективних конструкцій та ресурсозберігаючих технологій виготовлення смугових гвинтових спіралей енергетичних установок» (номер державної реєстрації 0113U000255).

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – розробити технологічні передумови ресурсозберігаючих технологій виготовлення ГЕЗ деталей робочих органів з підвищенням їх ефективності.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні задачі:

– провести аналіз відомих технологічних процесів (ТП) виготовлення ЕГЗ та на цій основі вдосконалити технологію виготовлення ГЕЗ із подальшим розвитком теоретичних передумов і технологічного спорядження;

– розробити математичну модель формоутворення еліпсних гвинтових заготовок і дослідити геометричні параметри спорядження та силові параметрами технологічних процесів їх формоутворення;

– розробити динамічну модель процесу проточування профільних гвинтових канавок із визначенням силових параметрів процесу різання;

– дослідити процес зміцнення зовнішньої крайки гвинтових робочих органів в холодному і гарячому станах для підвищення експлуатаційної надійності і довговічності;

– спроектувати та виготовити функціонально здатні зразки технологічного спорядження для формоутворення ГЕЗ деталей робочих органів та проточування гвинтових канавок;

– провести комплекс експериментальних досліджень і виробити практичні рекомендації щодо вибору спорядження та режимів формоутворення ГЕЗ, а також дослідити вплив режимів різання і геометричних параметрів профільних гвинтових канавок на силові параметри процесу різання;

– вивести регресійні залежності для визначення сили гнуття притискним роликом стрічкових заготовок залежно від товщини H і ширини B стрічки та половини меншої осі еліпса b при навиванні стрічки для різних матеріалів та визначення величини сили різання P_p залежно від величини подачі S, глибини різання t та швидкості різання V;

– розробити інженерну методику проектування технологічного процесу і технологічного спорядження для виготовлення еліпсних гвинтових робочих органів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення заготовок деталей еліпсних гвинтових робочих органів.

Предмет дослідження – спосіб формоутворення і закономірності впливу елементів технологічного спорядження на процес формоутворення.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведено з використанням фундаментальних засад технології машинобудування, інформатики, теорії пружності та пластичного деформування, теоретичної механіки, інженерної творчості. Апробація розроблених алгоритмів, програм і методик проводилась методом комп'ютерного моделювання. Результати експериментальних досліджень одержано за допомогою спеціально розробленого спорядження з використанням сучасних засобів та методів вимірювань. Статистичне оброблення експериментальних даних проводилось з використанням прикладних програм для ПЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі теоретичних досліджень:

– отримали подальший розвиток теоретичні положення формоутворення гвинтових елементів способом навивання на еліпсну оправу, виведено аналітичні залежності для розрахунку силових параметрів процесу навивання, та їх зв'язок з необхідними конструктивними параметрами технологічного спорядження;

– отримали подальший розвиток моделі проточування профільних гвинтових канавок, на основі якої виведені залежності для визначення силових параметрів процесу точіння;

– досліджено процес обкочування зовнішньої крайки гвинтових робочих органів в холодному і гарячому станах, виведено розрахункові залежності для визначення силових параметрів процесу, з метою підвищення їх експлуатаційної надійності і довговічності;

– розроблено математичну модель профілювання пустотілих еліпсних заготовок, що дає змогу визначити їх основні параметри.

Практичне значення одержаних результатів:

– спроектовано та виготовлено експериментальні зразки технологічного спорядження для виготовлення ГЕЗ;

– експериментально підтверджено теоретичні залежності для визначення впливу геометричних параметрів стрічки та еліпсної оправи на силові параметри процесу навивання, виведено регресійні залежності для визначення впливу параметрів процесу різання на величину сили різання P_p та сили навивання на еліпсну оправу залежно від параметрів заготовки і оправи;

– розроблено конструкції нових пристроїв та обладнання для виготовлення еліпсних гвинтових заготовок;

– спроектовано пристрій для заміру конструктивних параметрів ГЕЗ «Шнекомір».

Технічна новизна виконаних розробок захищена 7-ма деклараційними патентами України на корисні моделі. Ефективність розроблених конструкцій пристроїв та обладнання підтверджено у виробничих умовах, а основні результати роботи впроваджено на ТзОВ «ВПМ енергоконструкція»

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконано автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем запропоновано метод профілювання [42, 65] та вимірювання [35, 70] деталей гвинтових робочих органів, розроблено теоретичні [44, 36, 46, 34] та технологічні [45, 40, 41] передумови формоутворення гвинтових заготовок, досліджено процес проточування [67, 68], проведено комплекс експериментальних досліджень [39], запропоновано

технологічне спорядження процесу [38, 47, 69, 71] та способи виготовлення ГЕЗ [42, 37], та їх використання [66].

Постановка задач, аналіз і трактування результатів виконано спільно з науковим керівником та, частково, із співавторами публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались й обговорювались: на науково-практичних конференціях Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у 2012-2015рр.; на Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», (ТНТУ, 2013р.); у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка (Харків, 2014р.); у Луцькому національному технічному університеті 2013-2014рр.; у Львівському національному аграрному університеті (Дубляни, 2014р.); Робота доповідалась й отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково-технічного семінару Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 2015р.).

Публікації. Результати наукових досліджень викладені у 21 друкованій праці (2 одноосібних), з яких – 11 статей у фахових виданнях, одна з яких входить до міжнародних наукометричних баз Argo та Index Copernicus, 7 деклараційних патентів на корисні моделі, 3 тези наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації – 205 сторінок, в тому числі: 65 рисунків, 9 таблиць, список використаних літературних джерел із 131 найменування та 3 додатків на 48 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації – 157 сторінок.

РОЗДІЛ 1
СТАН ПИТАННЯ

1.1 Використання еліпсних гвинтових робочих органів машин

У сучасному машинобудуванні широко використовуються профільні гвинтові робочі органи, одержані з різнопрофільних гвинтових заготовок. Актуальність проведення досліджень зумовлена необхідністю пошуку нових ресурсоощадних технологій для їх виробництва та, особливо, виробництва еліпсних гвинтових робочих органів машин.

Зокрема обгрунтуванню використання еліпсних гвинтових робочих органів присвячена робота Паньків М.Р. [54]

Приклади використання еліпсних гвинтових робочих органів машин є такими:

- використання у конструкціях електричних пристроїв;
- магазини інструментів, накопичувані;
- робочі органи змішувачів, що можуть поєднувати операції змішування з транспортуванням в неперервному процесі, або порційно;
- гвинтові кулачки складного профілю при умові незначних контактних напружень;
- пружини, ресори з нелінійними характеристиками;
- втулки з регульованими радіальними параметрами;
- виконання кінематичних пар виду “гвинт-гайка” зі змінними характеристиками і періодичним контактом;
- у фільтрах, що легко очищуються, завдяки пружним властивостям гвинтових елементів.
- робочі органи очисників коренеплодів, що поєднують операції очищення коренеплодів з їх транспортуванням (рис. 1.) [54];

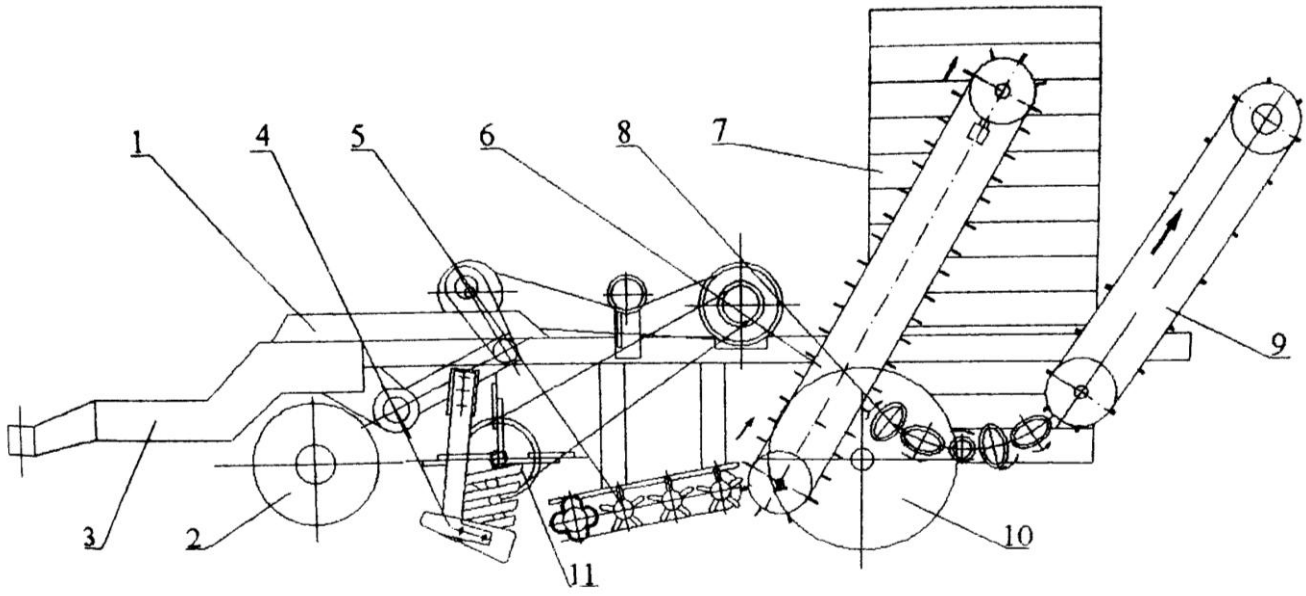


Рисунок 1.1 – Конструктивно –компонувальна схема причіпної коренезбиральної модернізованої машини МКП-6 [54]: 1 – рама; 2 – копіювальне колесо; 3 – приєднувальна тяга; 4 – вібраційні копачі; 5 – очисник вороху; 6 – повздовжній транспортер; 7 – завантажувальний транспортер; 8 – еліпсний гвинтовий очисник; 9 – очисна гірка; 10 – опорне колесо; 11 – лопатевий бітерний вал

- робочі елементи теплообмінників (рис. 1.2);

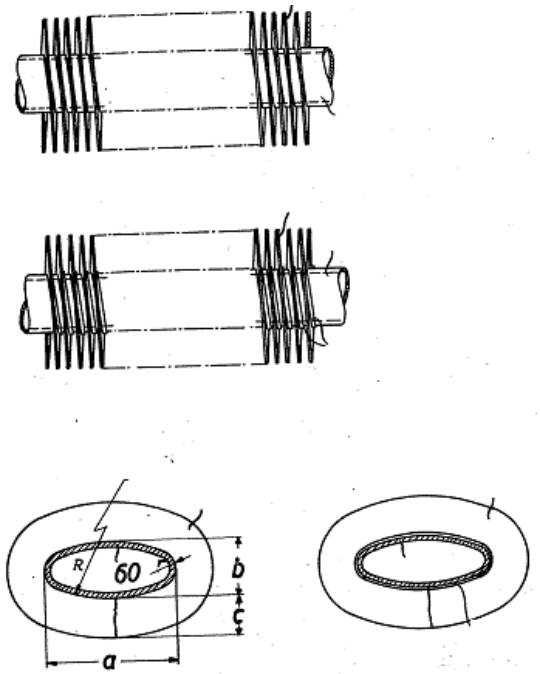


Рисунок 1.2 – Приклад використання еліпсних гвинтових заготовок для виготовлення деталей теплообмінників [128]

- робочі органи гвинтових транспортерів безперервної дії, або з періодичним контактом;

- запобіжні елементи які працюють в умовах регульованого спрацювання (наприклад, граничні силові елементи);

Використання деталей машин отриманих із ЕГЗ має свої недоліки і переваги, і повинно ґрунтуватись на їх аналізі.

1.2 Аналіз відомих методів виготовлення еліпсних гвинтових робочих органів машин

Основні вимоги, що висуваються до технологічних операцій виготовлення ЕГЗ є наступні: низька собівартість, високий коефіцієнт використання матеріалу, збереження енергії, виконання поставлених геометричних параметрів ЕГЗ.

Відомо багато методів виготовлення профільних гвинтових заготовок. Відрізняються вони послідовністю та кількістю операцій, кінематичними схемами, формою робочих елементів і характером їх контакту із заготовкою. Вибір оптимального методу виготовлення ЕГЗ і раціональної конструкції формоутворюючого інструменту визначається такими чинниками: розмірами та формою ЕГЗ, її фізико-механічними та технологічними властивостями, вимогами до точності заготовок та якості їх поверхні.

Відомий пристрій для виготовлення гвинтових еліпсних заготовок [50], який виконано у вигляді пустотілого еліпса 1, з внутрішнім нестандартним зубчатим зачепленням 2 з двох торцевих кінців, яке є у зачепленні з зубчастим зачепленням 3 приводного зубчатого вала 4 з можливістю кругового провертання. Лівий кінець цього вала 4 жорстко закріплено в токарному патроні 5, а правий підтиснутий заднім центром 6 задньої бабки 7. До лівого і правого торцевих кінців зубчатого привідного вала 4 жорстко прикріплені обмежуючі кришки 8, які фіксують стале положення пустотілого еліпса 1 без осьового переміщення. З лівого торцевого кінця пустотілого еліпса 1 виконано

еліпсний виступ 9 для фіксації положення гвинтової еліпсної заготовки 10 в процесі її навивання. Для фіксації кінця полоси 11 в пристрої виконано осьовий паз 12, а для її подачі подаючі валки 13 з індивідуальним приводом. Підтиск полоси 11 в процесі навивання здійснюється формуючим роликом 14 відомої конструкції, вісь якої є перпендикулярною до осі пустотілого еліпса 1, яка жорстко кріпиться до різцетримача 15 верстату з можливістю зворотно-поступового руху. В середині внутрішнього пустотілого еліпса 1 з двох торцевих кінців виконані внутрішні зубчасті зачеплення 16 в площині перпендикулярній до його осі під кутом 90° з двох сторін від місця вставлення приводного зубчастого вала 4 жорстко вставлені зубчасті підтискні колеса 17 на валах 18 з можливістю кругового провертання закріплені в кронштейні 19 з можливістю осьового переміщення. Кронштейн 19 винесений поза межі пустотілого еліпса 1, жорстко кріпиться до задньої бабки 7. При цьому підтискні колеса 17 підтиснуті до внутрішнього зубчастого зачеплення 16 за допомогою підтискних пружин 20 в приводних пристроях відомої конструкції. Подача полоси 11 в зону навивання здійснюється подаючими валками 13, які мають індивідуальний привід і на кресленні не показані. В разі потреби пристрій оснащають індуктором 21 для підігріву полоси.

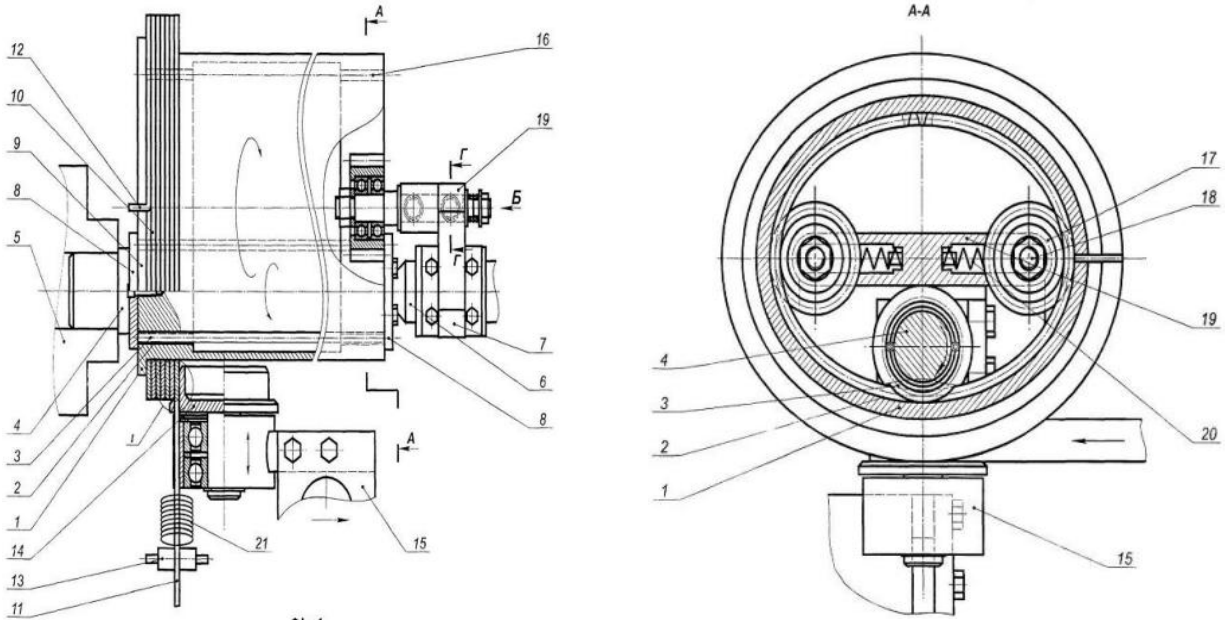


Рисунок 1.3 –Пристрій для виготовлення гвинтових еліпсних заготовок [50]

Робота пристрою для навивання еліпсних гвинтових заготовок здійснюється наступним чином. Пристрій встановлюється на токарному верстаті, а зубчастий вал лівим кінцем жорстко кріпиться в кулачковому патроні 5. Полоса 11 з бухти встановлюється в подаючі валки 13, її кінець згинається під кутом 90° і встановлюється в паз 12. Після цього полоса 11 знизу підтискується формуючим роликом 14, який крім обертання забезпечує зворотньопоступові вертикальні переміщення на величині різниці радіус еліпсної пустотілої втулки 1. По закінченні комплексу підготовчих робіт включають верстат і здійснюють технологічний процес навивання гвинтової еліпсної заготовки 10 з осьовою подачею формуючого ролика 14 рівним товщині полоси 11. Після завершення технологічного процесу навивання задній центр 6 і кронштейн 19 відводять в право, а формувальний ролик 14 опускають в низ і з еліпсної пустотілої втулки знімають заготовку 10. Після цього задній центр 7 і кронштейн 19 встановлюють в робоче положення і продовжують подальшу роботу.

Недоліком даного пристрою є складність його конструкції, що підвищує собівартість виготовлення ЕГЗ, та обмежені технологічні можливості, а саме виготовлення ЕГЗ із заданим кроком.

Також відомо подібний з попереднім пристрій для виготовлення гвинтових еліпсних заготовок виконано у вигляді пустотілої еліпсної втулки 1, з внутрішніми нестандартними зубчастими зачепленнями 2 з двох торцевих кінців, які є у зачепленні з зубчастим зачепленням 3 приводного зубчастого вала 4 з можливістю кругового провертання. Лівий кінець приводного зубчастого вала 4 жорстко закріплено в токарному патроні 5, а правий кінець підтиснутий заднім центром 6 задньої бабки 7. До лівого і правого торцевих кінців зубчастого приводного вала 4 жорстко прикріплені обмежуючі кришки 8, які зовнішніми торцевими поверхнями є у взаємодії з торцями пустотілої еліпсної втулки 1, які фіксують її стале положення без осьового переміщення. З лівого торцевого кінця пустотілої еліпсної втулки 1 виконано еліпсний фланцевий виступ 9 для фіксації кінця 10 полоси 11 для цього в пристрої

виконано осьовий паз 12, а для її подачі валки 13 з індивідуальним приводом. Підтиск полоси 11 в процесі навивання здійснюється формуючим роликом 14 відомої конструкції, вісь якого є перпендикулярною до осі пустотілої еліпсної втулки 1. Причому пустотіла еліпсна втулка 1 жорстко кріпиться до різцетримача 15 верстату з можливістю зворотно-поступового руху, який жорстко кріпиться до супорта 16. В середині пустотілої еліпсної втулки 1 з двох торцевих кінців виконані внутрішні зубчасті зачеплення 2, а в площині перпендикулярній до його осі під кутом 90° з двох сторін від місця вставлення приводного зубчастого вала 4 встановлені зубчасті підтискні колеса 17 на валах 18 з можливістю кругового провертання, які закріплені в кронштейні 19 з можливістю осьового переміщення. Кронштейн 19 винесений поза межі пустотілої еліпсної втулки 1 та жорстко кріпиться до задньої бабки 7.

Причому підтискні колеса 17 підтиснуті до внутрішнього зубчастого зачеплення 2 за допомогою притискних пружин 20, які встановлені в приводних пристроях відомої конструкції. Причому на зовнішньому діаметрі пустотілої еліпсної втулки 1 нарізані гвинтові канавки 21 шириною більшою товщини полоси 11 з заданим кроком. Величина зворотно-поступальних переміщень формувального ролика 14 є рівною різниці радіусів пустотілої еліпсної втулки 1 з можливістю горизонтального переміщення на крок рівний кроку полоси 11. Подача полоси 11 в зону навивання і в гвинтові канавки 21 здійснюється подаючими валками 13, які мають індивідуальний привід, який на кресленні не показано. В разі потреби пристрій оснащають індуктором 22 для підігріву полоси.

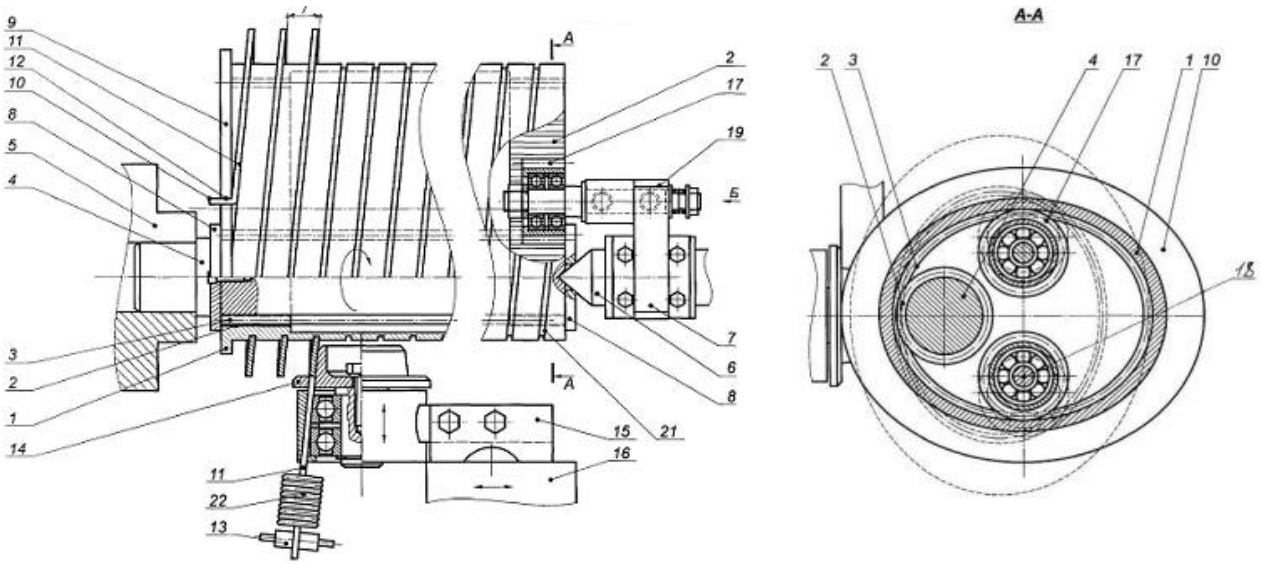


Рисунок 1.4 – Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок з заданим кроком

Робота пристрою для навивання еліпсних гвинтових заготовок з заданим кроком здійснюється наступним чином. Пристрій встановлюється на токарному верстаті, а зубчастий вал 4 лівим кінцем жорстко кріпиться в кулачковому патроні 5. Полоса 11 з бухти встановлюється в подаючі валки 13, а її кінець 10 згинається під кутом 90° і встановлюється в паз 12 і гвинтову канавку 22 пустотілої еліпсної втулки 1. Після цього полоса 11 знизу підтискується формуючим роликом 14, який крім обертання забезпечує зворотно-поступові вертикальні переміщення на величині різниці радіусів еліпсної пустотілої втулки 1 і рух подачі в горизонтальному напрямку на заданий крок Т на один оберт. По закінченні комплексу підготовчих робіт включають верстат і здійснюють технологічний процес навивання гвинтової еліпсної заготовки 11 з осьовою подачею формуючого ролика 14 рівним величині заданого кроку Т. Після завершення технологічного процесу навивання задній центр 6 і кронштейн 19 відводять вправо, а формувальний ролик 14 опускають в низ і з еліпсної пустотілої втулки знімають заготовку 10, яка при цьому відпружинює, в разі потреби її можуть роздати збільшуючи її діаметр на малу величину.

Після завершення цього процесу задній центр 7 і кронштейн 19

встановлюють в робоче положення і продовжують подальшу роботу.

В разі потреби нагріву полоси 10 її нагрівають вмикаючи індуктор 22, який за 3...5 секунд здійснює нагрів полоси.

Недоліком даного пристрою залишається складність його конструкціїб що підвищує собівартість виготовлення ЕГЗ і зумовлює труднощі при реалізації у виробничих масштаба.

Спосіб реалізується наступним чином. Формування гвинтової спіралі здійснюють шляхом проникнення верхнього жорсткого ролика 1 меншого діаметра із профільною смуговою заготовкою 2 в пружне покриття нижнього ролика 3 більшого діаметра з наступним переміщенням такої заготовки між роликами 1 і 3. Величина проникнення визначає величину радіуса кривини витка профільної гвинтової заготовки. Одержану спіраль калібрують на крок за відомими технологіями. В якості пружного покриття можна використовувати поліуретан марок СКУ-ПФЛ або СКУ-7Л. Формування спіралей з різними поперечними перерізами витків здійснюють шляхом використання роликів з відповідними робочими поверхнями. Такий спосіб дозволяє одержувати наступні види профільних гвинтових заготовок: - профільні гвинтові заготовки з постійним радіусом кривини витка; - профільні гвинтові заготовки з періодично змінним радіусом кривини витка по його довжині, причому між криволінійними ділянками розміщені прямолінійні ділянки; - профільні гвинтові заготовки з періодично змінним радіусом кривини витка по його довжині, причому між криволінійними ділянками відсутні прямолінійні ділянки, а в межах окремих ділянок радіус кривини постійний; - профільні гвинтові заготовки з періодично змінним радіусом кривини витка по його довжині, причому радіус кривини змінюється безперервно за заданим законом по довжині витка. Одержання таких профільних гвинтових заготовок може здійснюватись на основі програмування переміщень верхнього ролика 1. Приклад конкретного виконання способу. Здійснюють виготовлення гвинтових заготовок, які характеризуються такими параметрами: внутрішній діаметр витка – 20 мм,

зовнішній діаметр витка - 65 мм, крок - 36 мм.

Швидкість проникнення верхнього ролика - 0,5 м/хв. Швидкість формування профільної гвинтової заготовки - 12 м/хв. За допомогою верхнього і нижнього роликів одержали проміжну профільну гвинтову заготовку із кроком 24 мм. Калібрування на крок такої заготовки для одержання профільної гвинтової заготовки здійснювали на токарному верстаті мод. 16К20.

В результаті проведених досліджень встановлено, що пропонований спосіб дозволяє здійснювати виготовлення профільних гвинтових заготовок широкої номенклатури без застосування спеціальних видів обладнання та технологічного оснащення, що призводить до розширення технологічних можливостей, підвищення продуктивності праці та точності, а також зниження трудомісткості та собівартості виготовлення таких заготовок.

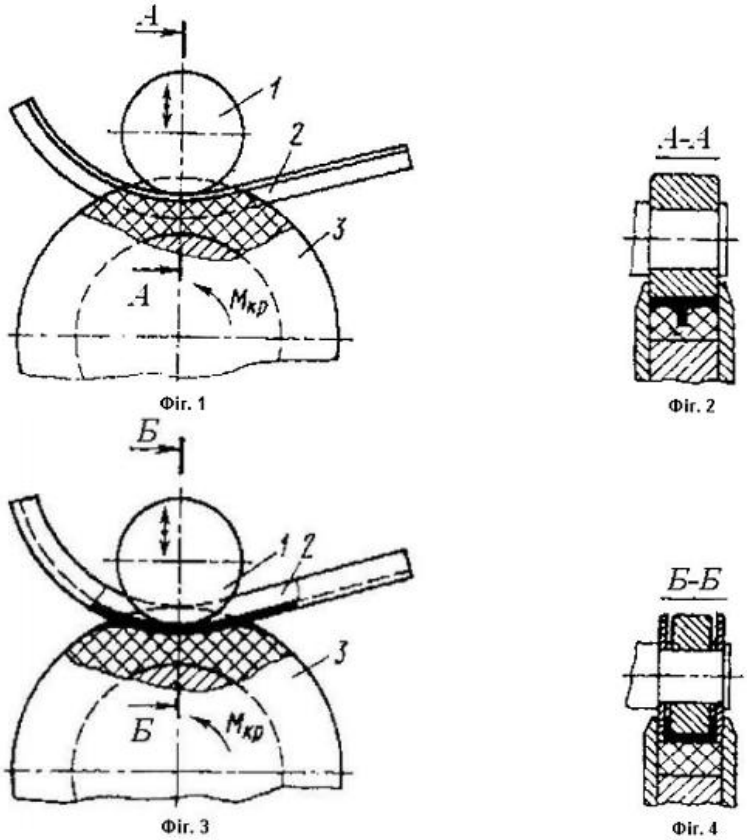


Рисунок 1.5 – Спосіб формоутворення гвинтової спіралі [9]

Недоліком даного способу є обмеження по геометричних параметрах стрічкової заготовки, а саме неможливість навивати стрічки товщиною більше 1,5 мм.

В основу наступного винаходу поставлено задачу розширення технологічних можливостей і створення способу і пристрою для навивання профільних гвинтових заготовок і деталей, шляхом реалізації способу формоутворення профільних гвинтових заготовок, який здійснюється навиванням смуги на ребро на оправку, яка має обертовий рух, а заготовка - осьовий рух подачі, притиск смуги до оправки здійснюється за рахунок зусилля притискного ролика, причому величина руху подачі на оберт рівна товщині смуги, а затиск кінця смуги здійснено у втулці притискним роликом з супортом, яка має осьове переміщення, який відрізняється тим, що притиск формувальним роликом смуги здійснюється на довжині 2 3 витків у верхній вертикальній площині, зусилля притискного ролика по мірі віддалі від зони згину зменшується, а процес осьового переміщення навитих витків на оправку додатково здійснюється гвинтовими виступами по притискному формувальному ролику з напрямком, яким забезпечується виштовхування навитих витків із зони формоутворення в напрямку руху його подачі, причому розміри притискного ролика в поперечному січенні одинакові з відповідними розмірами заготовки і верстату, який виконано у вигляді, задньої бабки, станини, шпиндельного вузла, механізмів приводу і подачі, оправки, притискного ролика, жорстко вставленої в шпиндель верстата з можливістю и обертання, механізму подачі і формоутворення з супортом і приводу, причому, поперечне січення оправки і притискного ролика виконані з профілем, який відповідає профілю заготовки, наприклад, еліпса, і вони є одинакові, причому однотипні осі еліпсів оправки і притискного ролика розміщені під кутом 90°, а притискний ролик по зовнішньому діаметру виконано конусним зі зменшенням конусного діаметру по мірі збільшення віддалі від зони згину стрічки, крім того на притискному ролику виконаний гвинтовий виступ з кроком меншим товщини смуги, а між основою формувального ролика і супорта встановлені регулювальні прокладки, а оправка і притискний ролик зв'язані між собою кінематичним приводом.

Верстат складається з корпуса 1, яким він кріпиться до супорта 2 верстату

В шпинделі верстату 3 жорстко кріпиться оправка 4 для формоутворення профільних заготовок Правий кінець оправки 5 має конусну форму для кращого сходження навитої заготовки На циліндричному виступі оправки 4 виконано торцеву поверхню 6 у вигляді гвинтової поверхні з кроком рівним товщині заготовки 7 У верхній частині корпуса 1 розміщений притискний ролик 8, який своїми опорними шийками 9 встановлений в підшипники ковзання 10 Останні мають можливість осьового переміщення у вертикальній площині в пазу 11 корпуса 1 Підшипники ковзання 10 зверху контактують з пружиною стискування 12, яка підтискується гвинтом 13 через шайбу На притискному ролику 8 виконані гвинтові виступи з кроком меншим товщини смуги, з напрямком протилежним профілю спіралі Таке виконання сприяє виведенню спіралі із зони формоутворення в осьовому напрямку Для кріплення заготовки 7 и кінець підгинають під кутом 90° і вставляють у шпоночний паз 14 втулки 15, яка обертається разом із оправкою і має осьове переміщення по шпонці 16 При потребі правий кінець заготовки підтискується задньою бабкою 17. Регулювання висоти встановлення притискного ролика 8 здійснюють прокладками 18, які встановлюються між корпусом 1 і супортом 2 верстату.

Всі вузли і деталі встановлені на станині верстату 19 Спосіб формоутворення профільних, наприклад, еліпсних гвинтових заготовок здійснюється наступним чином Кінець заготовки 7 згинається під кутом 90°, вводиться в зону формоутворення і закладається в паз 14 шпоночної втулки 15 і підтискується задньою бабкою 17 у виступ 6 оправки 1.

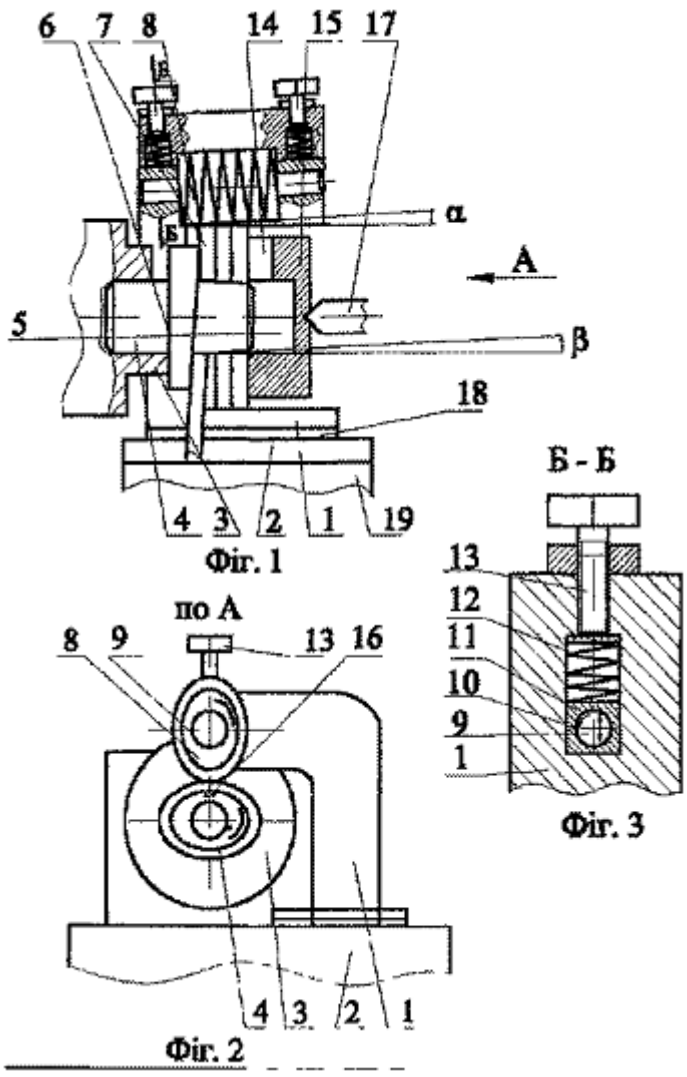
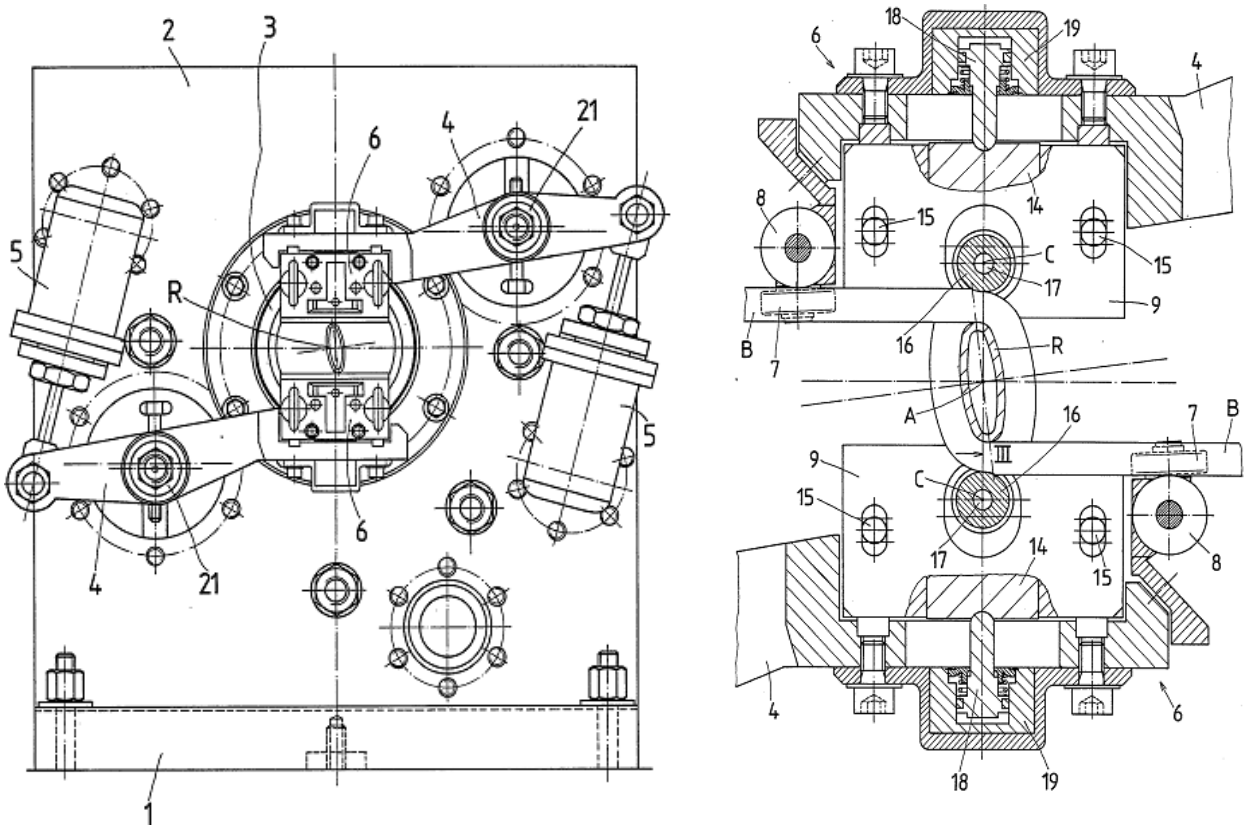


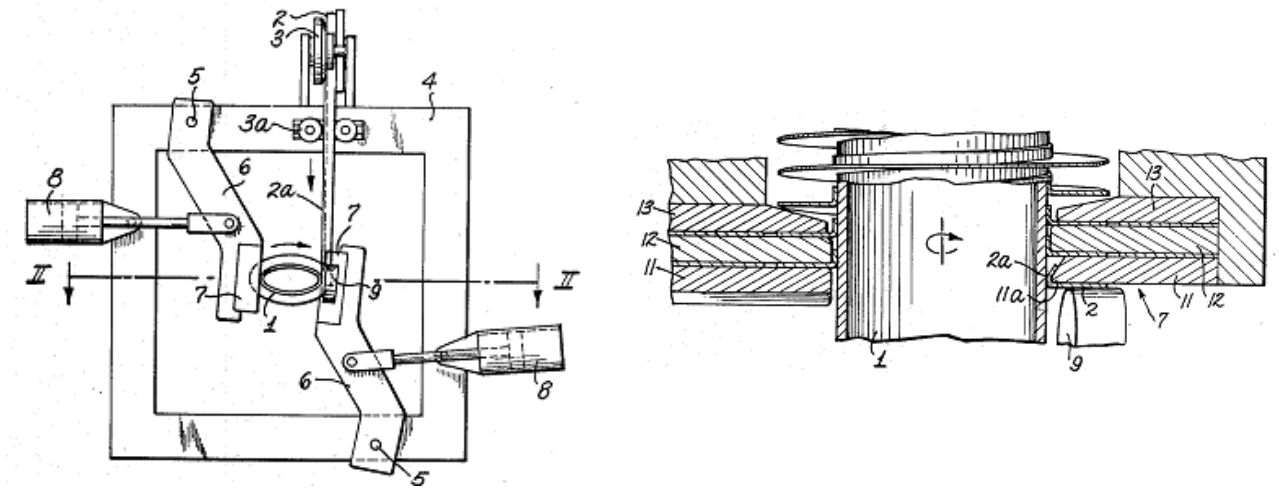
Рисунок 1.6 – Верстат для навивання ЕГЗ [9]

Включається верстат, шпиндель 3 разом з оправкою 4 і шпоночною втулкою 15 провертається, притискний ролик 8 здійснює процес формоутворення еліпсної заготовки Причому поперечний переріз оправки 4 і притискного ролика має еліпсну форму і вони вставлені таким чином, щоб їх однойменні осі були перпендикулярними Причому розміри заготовки, яка навивається і притискного ролика повинні бути однаковими. При навиванні 2, 3 витків верстат зупиняється, шпоночна втулка 15 разом із задньою бабкою 17 знімається Після цього включається верстат і продовжується процес неперервного навивання еліпсної гвинтової заготовки Для регулювання зусилля притиску і захисту від поломок в разі завищеної ширини заготовки 7 використовують механізм регулювання, який виконаний у вигляді болта 13 з пружинами стискування 12 Для зменшення зусилля осьового переміщення на

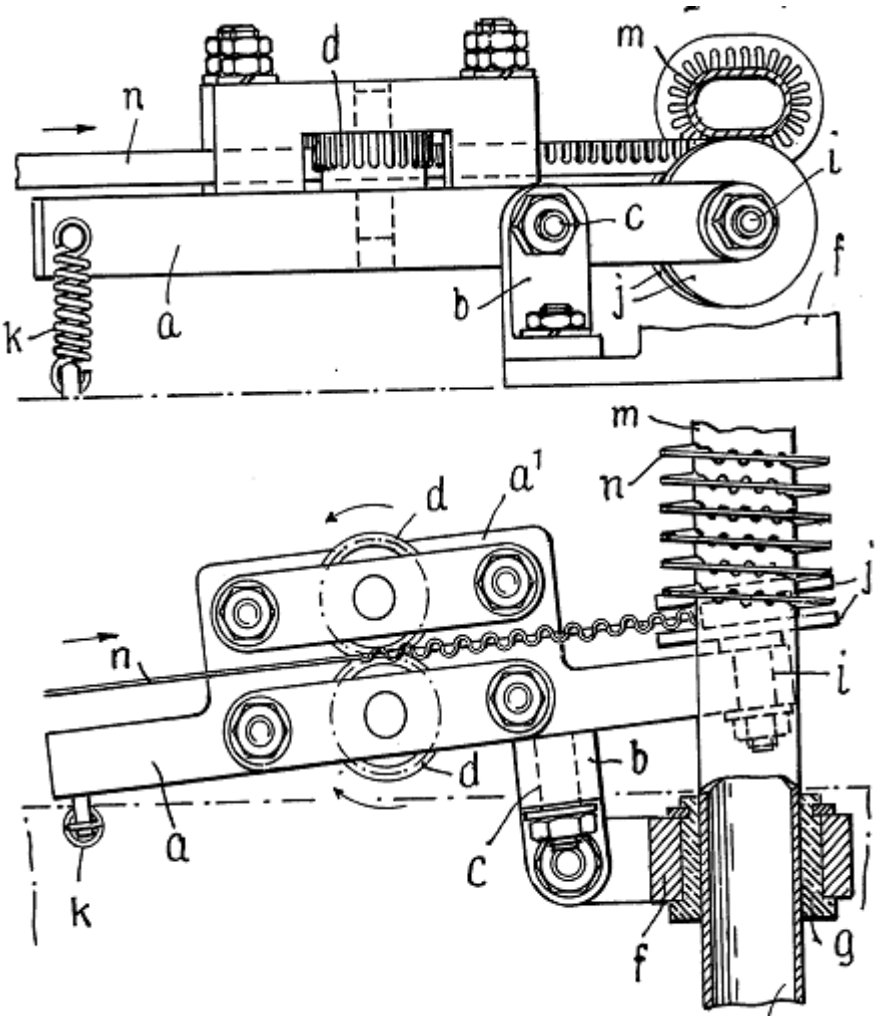
правій частині оправка 4 виконана конічної форми з конусом р, а осьове переміщення витків забезпечується гвинтовими виступами на притискному ролику 8, а виштовхування навитих витків із зони формоутворення в осьовому напрямку здійснюється безпосередньо формуючим витком, який знаходиться в контакті з торцевою поверхнею оправки 4.



А)



Б)



В)

Рисунок 1.7 – Конструктивні схеми спеціальних верстатів для навивання стрічкових заготовок на еліпсну оправу: а) [126], б) [118], в) [115]

Аналіз патентного пошуку у закордонних джерелах [85-131] виявив ряд розробок конструкцій спеціальних верстатів (рис. 1.7) для навивання тонкостінних еліпсних гвинтових заготовок. Деталі отримані на основі даних заготовок можеть бути використані у теплообмінниках. Недоліком даних конструкцій є те, що воно спеціальне і дороге, що унеможливлює його використання у сучасному переналагоджуваному виробництві.

1.3. Аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесів виготовлення профільних гвинтових заготовок

Як свідчить огляд літературно-патентних джерел стосовно застосування і виробництва гвинтових виробів, процес їх створення й впровадження успішно триває. В нашій країні та за кордоном проводяться дослідження, нагромаджується теоретичний досвід, з'являються нові конструкції, розширюється область їх використання.

Творчими зусиллями науковців і винахідників створений арсенал технологічних способів, спорядження й інструментів для виготовлення ГЗ, який постійно поповнюється новими технічними рішеннями.

Найбільший об'єм наукових напрацювань стосується технологій виготовлення ГЗ методом оброблення металів тиском.

Питанням розроблення та дослідження технологій виготовлення кованих ГЗ способом розганяння присвячені праці А.Ф. Маковкіна, Б.М. Гевка, М.І. Пилипця, Р.М. Рогатинського [9].

Виготовлення ГЗ способами профілювання [9], з одночасним навиванням розглянуто у роботах І.Б.Гевка. В.М.Петрова. В.М. Павленка, В.Г. Стогова, JI.В. Сахаровського, А.Л. Увакіна, В.Г. Короткевича, В.І. Данілова. А.П. Драгана, А.Є. Дячуна, Н.А. Івченка, Г.Н. Баклаг, О.Я. Гурика, А.І. Михайлова, Dicran Davit Cheridjian, Gottfried Wegelin, Everett Chapman, 1.Я. Муарова, Yanosu Bodasu та Arupato Bakai, Leg Rand Pierre, Heinrich Domdorf, Mathwig Richard, Vicard Pierre-Georges, Stikeleather Robert, Robert Lambert, Yanosu Bodasu, Arupato Bakai [7, 19, 16, 17, 25, 27, 29, 81, 131, 120, 124] та ін.

Способи виготовлення ГЗ комбінованими способами навивання з вальцюванням розглянуті у роботах [9] А.Д. Щукіна, Р.М. Рогатинського, Miyazaki Katsunori, Glawion Helmut, Helmut Glawion, Talef Alexander; Brady Robert M, Blacksjack Taeduce E [7, 87, 91]; безперервного лиття з вальцюванням – у роботах Н.Ф.Бєлоусова, В.Г.Сафронова [92, 122]; формування з вальцюванням – Н.А. Морщава, Л.С. Бредуна; розганяння з навиванням у

роботах М.Д. Тявловського, Г.В. Святковського, С.Н. Кундаса [79]; безоправкового навивання з наступним навиванням на оправу у працях М.В. Батанова, Н.В. Петрова, Rosin Erwin, Kaufmann Hans, Kauschinger Martin [97] та ін.

Питанням розроблення та дослідження процесів калібрування на крок ГЗ присвячені праці [9] Г.І. Туманішвіллі, Є.Г. Герсамії, Б.М. Гевка, Р.М. Рогатинського, М.І. Пилипця, Bolz Norman, Yamada Takeshi, Ernest Bruegger, Majima Toshihiko, Noda Katsuharu, Takizawa Mitsuo, Fender Tracy, Cameron Graham Murray, Filip stefan Gheorghe, Lupu Minela; Gheorghe Ion, Daitoku Kazumi, Isomura Norihisa, Harada Tetsuo, Freidl Guenther Ing, Mochizuki Fukutaro, Jieemusu Emu Rapeiru, Moodey Roderick, Havasi Ferenc, Sasaki Shinji, Daitoku Kazumi; Isomura Norihisa, Harada Tetsuo, Sano Takayuki, Tomita Hiroshi, Nishida Noboru, Biela Stefan, Brzezniak Czeslaw [11-17, 52, 73, 78, 77] та ін.

Великий вклад в розробку теорії і практики виготовлення ГЗ способами гнуття в штампах внесли [9] Е.М. Мошнін, М.Ф. Пономаренко, Г.В. Смагін, І.П Багіцький, JI.I. Цокур, М.В. Земляний, Ю.Н. Верзілов, В.І. Давидов, М.Г. Лисов, А.І. Волков, ВЛ. Сахненко, Л.А. Бенін, В.П. Романовський, І.П. Ренне. Ю.А. Аверкієв, БЛ. Мазуровський, М.М. Малінін, Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, Р.М. Рогатинський, Fujimura Hiroshi, Shimamoto Takijiro, Nakayama Kiyoshi [11, 12, 26, 49, 51].

Дослідженням операцій виготовлення НЗ способом навивання займались такі інженери і науковці [9] Ю.О. Аверкієв, Є.М. Мошнін, І.П. Ренне, В.П. Романовський; А.А. Волков, В.І. Філімонов, В.А. Марковцев, БЛ. Мазуровский, М.Н. Лисовой, Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, Р.М. Рогатинський, Н.Н. Ухватов, М.І. Лисов, І.М. Закірова, С.Х. Хатауліна, В.П. Сквордяков, Latter Charles. Miyazaki Katsunori, Mckindary Thomas, Mochizuki Hideto, Sakai Kenji, Moore Marvin, Watabe Koichi, Kurogoe Sadao, Schmidt Martin, Mayr Karl-Heinz, Fobbe Fritz, Ure Torunegorudo, Boose, Weaver H, Moore H, Jarvis Hyrum, Boose Robert, LI Shengyuan, Vicard Pierre-Geoiges, Chen Yiyan HE, Abbott Roy Wayne, D Norris, Kurokawa Takeo, Nakasaki Takamitsu, Midorikawa Masakazu, Compton

Charles, Ooroku Noriyuki, Kawana Takeshi, Suzuki lakamichi, Suzuki Shoji, Ochiai Izumi, Kurokawa Takeo, Nakasaki Takamitsu, Midonkawa Masakazu [15, 20, 11-17, 146, 49, 50, 51, 52, 53, 73, 78, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 59, 96, 100, 103, 114, 89, 119, 90, 123, 94] та ін.

Необхідно відзначити, що проф. Пилипцем М.І. досягнуто граничного значення питомої висоти витка НЗ 15-20 од, і мінімального внутрішнього радіуса спіралі r =0,5B, які допускаються пластичністю матеріалу. Крім цього, для збільшення такого значения ним було запропоновано технології виготовлення навивних і вальцьованих ГЗ, шляхом використання початкових смугових заготовок із трикутними вікнами [73]. Така технології склали основу представлених дисертаційних досліджень.

Значний внесок у виготовлення кованих ГЗ із навивними і вальцьованими витками зробили такі науковці та винахідники [9]: В.А. Сгоров, Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинський, М.І. Пилинець, Б.Г. Бунсев, В.С. Шустов, Є.Н. Чернило, Р.Б. Гевко, Hill Wolfgang, Shen Jinxing, Oesterlein Roland, Porteous lom, Vedsted Flemming, Jacobsen Mogens, Ikonen llkka, Yamada Toyonobu, Kawamura Tsutomu, Mizutani Naoki, Sato Toshikazu, Miyaoka Kingo. Mochizuki Motoyasu, Nakahara Yuji, Nishinaka Hiroyuki, Matsumoto Masaru, Kawamura Koji, Miyake Nobuaki, Azuma Kenichi, Okawa Yoshimitsu, Shimizu Toshio, Yamaoka Hiromi, Shen Jinxing, Oesterlein Roland, Porteous l om, Vedsted Flemming, Ikonen llkka, Chen Yiyan He, Jsukahara Hirokazu, Mori Katsunori [1, 7, 11-13, 31, 73, 76, 77, 81, 84, 85, 86, 105, 88, 113, 16, 121, 91, 124, 125, 129, 130, 93].

Технології виготовлення навивних тонковиткових ГЗ способом гнуття стрічки на ребро в автоматизованому виробництві реалізовані у вигляді автоматизованих ліній для виготовлення ребристих труб [9]. У розробку таких автоматизованих ліній значний вклад внесли інженери та науковці В.І. Мулін, НЛ. Чернікін, М.В. Кузнєцов, ВД Дронов, ВЛ, Лафазін, В.І. Курчаков, В.А. Кісельов, В.А. Ільючик, Л.Д. Мільюгін, А.В. Книшов, І.А. Брайнін, В.І. Куневич [2, 3] та ін.

Розробленням та дослідження різних методів зміцнення та оброблення різанням гвинтових поверхонь присвячені праці В.А. Медведєва, Л.Ф. Косухіна, В.С. Іванова, І.В, Гурея, В.І. Ларшина, В.З. Зверовщікова [23, 24, 170, 48] та ін.

Питанням розроблення елементів САПР заготовок та конструкцій технологічного спорядження для комп'ютерного моделювання та дослідження процесів формоутворення гвинтових виробів в середовитщі програмних продуктів NX, ADEM та ім. присвячені роботи Ю.Б. Капаціли, Н.Н. Щегольнікова, М.В. Тігарєва. М.О. Карякіна, А.Н. Павлова, А.А. Аввакумова, А.М. Мальцева, Б.М. Гевка, М.І.Пилипця, М.В. Соколова [2, 11-12, 22] та ін.

Виготовлення ГЗ способом формування пов'язано [9] із труднощами отримання широковитковнх ГЗ, які характеризуються T/D>l,6 і B/H> 100. Через складність центрування та фіксації КСЗ у процесі її розтягування на значний крок спостерігається спотворення форми і розмірів витка, оскільки заготовка в процесі формування нічим не утримується від зміщення. Крім цього, при виготовленні СГЗ з тонкостінних матеріалів має місце розхил крокових параметрів ти утворення складок на гвинтовій поверхні через неоднакове пруження та нерівномірність затиску. І проблемою є низький КВМ (проектування КСЗ здійснюють з припусками по перу і замку), складність виготовлення пуансонів і матриць, призначених для виготовлення ГЗ лише визначеного типорозміру (у вартості штампування до 25% припадає на вартість штампа).

Вдосконалення ТП виготовлення НЗ має спрямовуватись на (утримання широковитковнх цільних НЗ (B/H>20%) і малим внутрішнім діаметром, що дасть можливість розширити гамму деталей, виготовлених методом навивання і збільшити продуктивність механізмів з використанням таких деталей. В зв’язку з тим, що згин широких смуг на ребро відбувається нестійко, при їх навивці потрібні спеціальні пристосування. Вони забезпечуватимуть підвищення якості таких заготовок через урахування прогину оправи та попередження втрати стійкості витків у зоні деформації, яка супроводжується гофроутворенням за

внутрішнім краєм і поперечними розривами зовнішнього краю витка. Використання спеціальних видів заготовок, уніфікованого технологічного спорядження та інструментів дозволить розширити технологічні можливості такого виробництва.

Основні напрямки вдосконалення ТП виготовлення ГЗ на операціях профілювання полягають у підвищенні питомої висоти отримуваних заготовок [9] з малим внутрішнім діаметром, реалізації технологій в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва на універсальному устаткуванні, зменшенні зусиль при навиванні стрічки на ребро та розвитку можливостей реалізації таких технологій в автоматизованому виробництві. Важливим є також підвищення якості заготовок. їх часто виготовляють способом профілювання смугових заготовок за допомогою деформуючих роликів з профільованими робочими поверхнями, які утворюють між собою, зачеплення із просвітом, який рівний товщині оброблюваної смуги. Через складність механізму приводу другого деформуючого ролика через значні деформуючі напруження які виникають між профільованими робочими поверхнями інструментів при передачі крутного моменту з одного ролика на інший, має місце зминання та обриви смугових заготовок у зоні деформації.

Існуючі технічні рішення виготовлення кованих ГЗ способом розганяння характеризуються необхідністю використання складного устаткування, а також неможливістю отримання таких заготовок із В/Н>20% од. і d<50 мм.

Вдосконалення технологій виготовлення ГЗ і методом формування з полімерних матеріалів має спрямовуватись на підвищення продуктивності та розширення технологічних можливостей через забезпечення отримання довгомірних заготовок з використанням універсального устаткування.

Вирішення описаних проблемних питань потребує глибокого вивчення відомих ТП виготовлення гвинтових виробів, узагальнення існуючих напрацювань та отримання нових технічних рішень, які сприяють підвищенню техніко-економічної ефективності їх виробництва.

1.4 Висновки

На підставі аналізу стану питання зроблено наступні висновки.

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел виявлено ряд аргументів, що привели до необхідності проведення досліджень і визначили мету наукової роботи. У першому розділі проведено огляд конструкцій механізмів, в яких використовуються еліпсні гвинтові робочі органи.

2. Проведений аналіз літературних джерел і патентний пошук конструкцій пристроїв для виготовлення ЕГЗ свідчить про можливість їх конструктивного і технологічного удосконалення. Зокрема, конструкції існуючого технологічного устаткування дає можливість виготовляти ЕГЗ вузького діапазону розмірів, а складність конструкцій устаткування підвищує собівартість виготовлення ЕГЗ, і ускладнює використання даного устаткування в промислових масштабах.

3. Проведений аналіз попередніх теоретичних і експериментальних досліджень процесів формоутворення ГЗ, встановлено необхідність розвитку і подільших досліджень процесу утворення еліпсного профілю гнуттям стрічки на ребро при навиванні на еліпсну оправу.

4. У дисертації наведено теоретичне узагальнення та вирішення нової науково-прикладної задачі, яка полягає у технологічному забезпеченні шляхом розробки нових конструкцій технологічного устаткування та обґрунтування їх раціональних конструктивних та силових параметрів.

РОЗДІЛ 2
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛІПСНИХ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН

2.1. Дослідження силових параметрів формоутворення еліпсних гвинтових елементів

Одним із ефективних способів отримання ЕГЗ є формоутворення їх навиванням на еліпсну оправку. Розрахункова схема такого формоутворення [34] подана на рис. 2.1.

В процесі навивання відбувається стиснення волокон стрічки за внутрішнім діаметром і розтяг волокон стрічки за зовнішнім діаметром гвинтового еліпсного елемента. Визначимо момент згину стрічки в цих зонах, розглянувши процес деформації в гарячому та холодному стані.

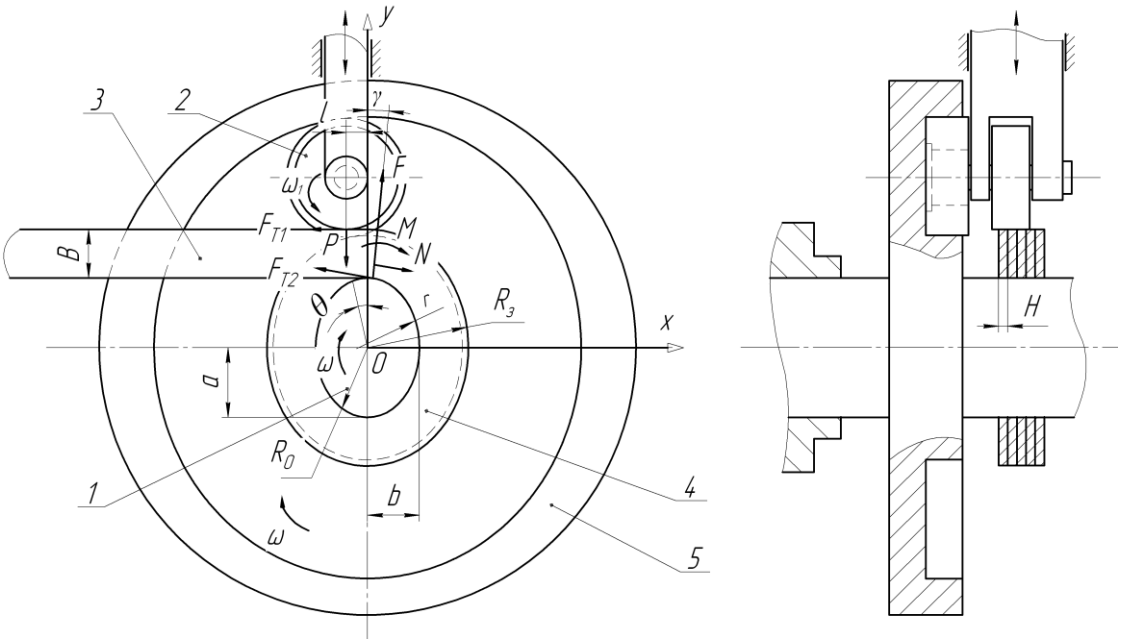


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема процесу навивання стрічки на оправу: 1 – еліпсна оправка; 2 – притискний ролик; 3 – стрічка; 4 – гвинтовий еліпсний елемент; 5 -торцевий кулачок, форма якого відповідає еквідестанті еліпсної оправи 1, ω – кутова швидкість обертання еліпсної оправки з торцевим кулачком, ω_1 – кутова швидкість обертання притискного ролика

А) Для гарячого стану:

Як відомо, радіальні напруження, що виникають у зоні розтягу стрічки визначаються за формулою [33]:

$$\sigma_{\rho 1} = -\beta \sigma_S \cdot \ln \frac{R_з}{\rho}, \tag{2.1}$$

де β – коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження, дорівнює 1,15;

σ_S – границя текучості матеріалу еліпсного гвинтового елементу, МПа;

$R_з$ – зовнішній радіус гнуття, мм;

ρ – полярна координата радіуса гнуття, мм.

Аналогічно визначаємо радіальні напруження в зоні стиску [33]:

$$\sigma_{\rho 2} = -\beta \sigma_S \cdot \ln \frac{\rho}{r}, \tag{2.2}$$

де r – внутрішній радіус гнуття, мм.

Тангенціальні напруження в зоні розтягу:

$$\sigma_{\theta 1} = \beta \sigma_S \cdot \left(1 - \ln \frac{R_з}{\rho}\right) \tag{2.3}$$

Тангенціальні напруження в зоні стиску:

$$\sigma_{\theta 2} = -\beta \sigma_S \cdot \left(1 + \ln \frac{\rho}{r}\right) \tag{2.4}$$

Особливістю навивання еліпсних гвинтових елементів є те, що радіуси кривизни, а відповідно і радіуси гнуття стрічки є змінними протягом одного оберту еліпсної оправки. Тому внутрішній радіус гнуття заготовки r можна визначити на основі рівняння радіуса кривизни еліпса [8] за формулою:

$$r = a^2 b^2 \left(\frac{y_0^2}{a^2} + \frac{x_0^2}{b^4}\right)^{\frac{3}{2}} \tag{2.5}$$

де a – половина більшої осі еліпса, мм;

b – половина меншої осі еліпса, мм;

x_0, y_0 - координати точки, в якій визначається радіус кривизни в системі координат *xoy,* мм.

У параметричному вигляді рівняння еліпса має наступний вид [8]:

$$x = b\sin\theta$$
$$y = a\cos\theta \qquad (2.6)$$

де θ - кутовий параметр, що знаходиться в межах $0 \le \theta \le 2\pi$ і визначає кут повороту еліпсної оправи, рад.

Підставляючи рівняння (2.6) у формулу (2.5) одержимо:

$$r = a^2 b^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a^2} + \frac{\sin^2\theta}{b^2} \right)^{\frac{3}{2}}. \qquad (2.7)$$

Відповідно зовнішній радіус $R_з$ гнуття стрічки можна визначити за формулою:

$$R_з = r + \beta_y B, \qquad (2.8)$$

де β_y - коефіцієнт усадки стрічки під час навивання,

B – ширина стрічки, мм.

Момент гнуття стрічки визначаємо за формулою:

$$M = \left(\int_{\rho_H}^{R} \sigma_{\theta 1} \rho d\rho + \int_{r}^{\rho_H} \sigma_{\theta 2} \rho d\rho \right) H \qquad (2.9)$$

де $\rho_н$ - радіус нейтральної поверхні напружень, мм;

H – товщина стрічки, мм.

Радіус нейтральної поверхні напружень визначаємо за формулою[33]:

$$\rho_H = \sqrt{R_з r}\,. \qquad (2.10)$$

Підставляючи формули (2.7), (2.8) у формулу (2.10), одержимо:

$$\rho_H = ab\left(\frac{\cos^2\theta}{a^2} + \frac{\sin^2\theta}{b^2} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot \sqrt{a^2 b^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a^2} + \frac{\sin^2\theta}{b^2} \right)^{\frac{3}{2}} + \beta_y B}\,. \qquad (2.11)$$

Підставляючи формули (2.3), (2.4), (2.7) та (2.8) у формулу (2.9), враховуючи формулу (2.11) знаходимо:

$$M = \beta\sigma_S \frac{H\beta_y^2 B^2}{4}. \qquad (2.12)$$

На основі формули (2.12) робимо висновок, що на момент гнуття стрічки в гарячому стані не суттєво впливають радіуси кривизни еліпсної оправи, оскільки пластичність матеріалу підвищена і не відбувається зміцнення матеріалу, а отже він буде постійним протягом одного оберту оправи.

Б) У випадку навивання стрічки на еліпсну оправу в холодному стані відбувається зміцнення матеріалу стрічки, і величини тангенціальних напружень можна визначити за формулами [33]:

- в зоні розтягу:

$$\sigma_\theta = \beta\left[\sigma_{T.O}\left(1-\ln\frac{R_з}{\rho}\right)+\frac{П}{2}\left(2\ln\frac{\rho}{\rho_H}-\ln\frac{\rho R_з}{\rho_H^2}\ln\frac{R_з}{\rho}\right)\right]; \qquad (2.13)$$

– в зоні стиску:

$$\sigma_\theta = -\beta\left[\sigma_{T.O}\left(1+\ln\frac{\rho}{r}\right)+\frac{П}{2}\left(2\ln\frac{\rho_H}{\rho}+\ln\frac{\rho_H^2}{\rho r}\ln\frac{\rho}{r}\right)\right], \qquad (2.14)$$

де $\sigma_{T.0}$ – екстрапольована границя текучості матеріалу стрічки, МПа;

$П$ – лінійний модуль зміцнення матеріалу стрічки, МПа.

Підставляючи рівняння (2.13), (2.14), (2.7), (2.8) у рівняння (2.9) після інтегрування та скорочень отримуємо:

$$M = \beta H\left[\sigma_{TO}\frac{\beta_y^2 B^2}{4}+П\left(\frac{2a^4b^4\left(\frac{\cos^2\theta}{a^2}+\frac{\sin^2\theta}{b^2}\right)^3+2a^2b^2\left(\frac{\cos^2\theta}{a^2}+\frac{\sin^2\theta}{b^2}\right)^{\frac{3}{2}}\beta_y B+\beta_y^2B^2}{4}\times\right.\right.$$

$$\left.\left.\times\ln\sqrt{1+\frac{\beta_y B}{a^2b^2\left(\frac{\cos^2\theta}{a^2}+\frac{\sin^2\theta}{b^2}\right)^{\frac{3}{2}}}}-\frac{2a^2b^2\left(\frac{\cos^2\theta}{a^2}+\frac{\sin^2\theta}{b^2}\right)^{\frac{3}{2}}\beta_y B+\beta_y^2B^2}{8}\right)\right] \qquad (2.15)$$

Замінивши значення радіусів еліпса формула 2.15 набуде значення:

$$M = \beta H\left[\sigma_{TO}\frac{\beta_y^2B^2}{4}+П\left(\frac{2r^2+2r\beta_y B+\beta_y^2B^2}{4}\cdot\ln\sqrt{1+\frac{\beta_y B}{r}}-\frac{2r\beta_y B+\beta_y^2B^2}{8}\right)\right] \qquad (2.16)$$

На основі формули (2.15) робимо висновок, що в процесі навивання стрічки на еліпсну оправу в холодному стані відбувається зміна моменту гнуття стрічки від кута повороту еліпсної оправи. При чому найбільший момент гнуття виникає при куті повороту $\theta = 0, \pi$ радіан, найменший момент гнуття виникає при кутах повороту $\theta = 1/2\pi, 3/4\pi$ радіан.

Згідно розрахункової схеми на рис. 2.1 рівняння рівноваги частини стрічки, що піддається деформації запишемо наступним чином:

$$\left.\begin{array}{l} \text{по осі x}: -F_{T1} - F_{T2} \cdot \cos\gamma + N \cdot \cos\gamma + F \sin\gamma = 0 \\ \text{по осі y}: -P + F_{T2} \cdot \sin\gamma - N \cdot \sin\gamma + F \cos\gamma = 0 \\ \text{сума моментів}: P \cdot l + F_{T1} \cdot R_3 + F_{T2} \cdot R_0 - N \cdot \rho_H - M = 0 \end{array}\right\}; \qquad (2.17)$$

де F_{T1} – сила тертя між роликом та стрічкою, Н;

F_{T2} – сила тертя між стрічкою та еліпсною оправою, Н;

γ – кут тиску оправи, град;

N – поздовжня сила, Н;

F – рівнодіюча нормальних контактних напружень на стрічці, Н;

P – сила гнуття притискним роликом, Н;

l – відстань між центрами оправи та притискного ролика, мм;

$R_з$ – зовнішній радіус взаємодії гвинтового елемента відносно центра обертання оправи, мм;

R_0 – відстань від центра обертання оправи до її поверхні, мм.

Сили тертя визначаємо за залежностями:

$$F_{T1} = \mu_1 \cdot P; \qquad (2.18)$$

$$F_{T2} = \mu_2 \cdot F, \qquad (2.19)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя між притискним роликом та стрічкою;

μ_2 – коефіцієнт тертя між оправою та гвинтовим елементом.

Рівнодіючу нормальних контактних напружень знаходимо за формулою:

$$F = \sigma_r \cdot H \cdot L, \qquad (2.20)$$

де σ_r – контактні нормальні напруження на внутрішньому радіусу ПГЗ, МПа;

L – довжина контакту стрічки до оправи за внутрішнім діаметром, мм.

При відомому моменті гнуття M можна знайти усі сили, що виникають в процесі навивання, розв'язавши систему рівнянь (2.17). В даному випадку рівнодіюча нормальних контактних напружень:

$$F = \frac{-P \cdot (\mu_1 \cdot tg\gamma - 1)}{\mu_2 \cdot \sin\gamma + tg\gamma \cdot (-\mu_2 \cdot \cos\gamma + \sin\gamma) + \cos\gamma}; \qquad (2.21)$$

А поздовжня сила навивання:

$$N = \frac{\mu_1 \cdot P + F \cdot (\mu_2 \cdot \cos\gamma + \sin\gamma)}{\cos\gamma}. \qquad (2.22)$$

Експериментальні дослідження показали, що максимальна сила гнуття P притискним роликом виникає на початковій стадії деформування, тобто, коли кут γ рівний нулю. Тому, для спрощення розрахунків, розв'язок системи рівнянь (2.17) буде наступним:

$$P = F; \qquad (2.23)$$

$$N = (\mu_1 + \mu_2) \cdot P; \qquad (2.24)$$

$$P = \frac{M}{l + \mu_1 \cdot (R_3 - 1) + \mu_2 \cdot (R_0 - 1)}. \qquad (2.25)$$

Слід зауважити, що тут коефіцієнт тертя μ_1 між притискним роликом і профільною стрічкою є величиною приведеною і не відповідає безпосередньому значенню коефіцієнта тертя для контактуючих матеріалів.

Відстань від центра обертання оправи до її поверхні визначаємо за формулою:

$$R_0 = \sqrt{a^2 \cos^2\theta + b^2 \sin^2\theta}. \qquad (2.26)$$

Зовнішній радіус взаємодії гвинтового елемента відносно центра обертання оправи визначаємо за формулою:

$$R_3 = \sqrt{(a + B)^2 \cos^2\theta + (b + B)^2 \sin^2\theta}. \qquad (2.27)$$

Момент, який необхідно прикласти для обертання оправи, залежить від конструктивних особливостей оправ і в загальному випадку визначається згідно рисунка 2.1 за залежністю:

$$M_0 = k_M \cdot P \cdot (l + \mu_1 \cdot R_3) \qquad (2.28)$$

де k_M – коефіцієнт, що враховує конструктивні виконання оправи.

На основі приведених вище формул можна проектувати необхідне технологічне оснащення. При цьому, для зменшення моменту обертання оправи, а отже, і зменшення необхідної потужності навивання ПГЗ, потрібно звести до мінімуму коефіцієнт тертя μ_1, наприклад, використовуючи мастила.

Розрахунки виведених залежностей виконували за допомогою пакету прикладних програм для ПК. За результатами розрахунків побудовано графіки залежності зусилля гнуття і крутного моменту від кута повороту оправи (рис. 2.2, 2.3)

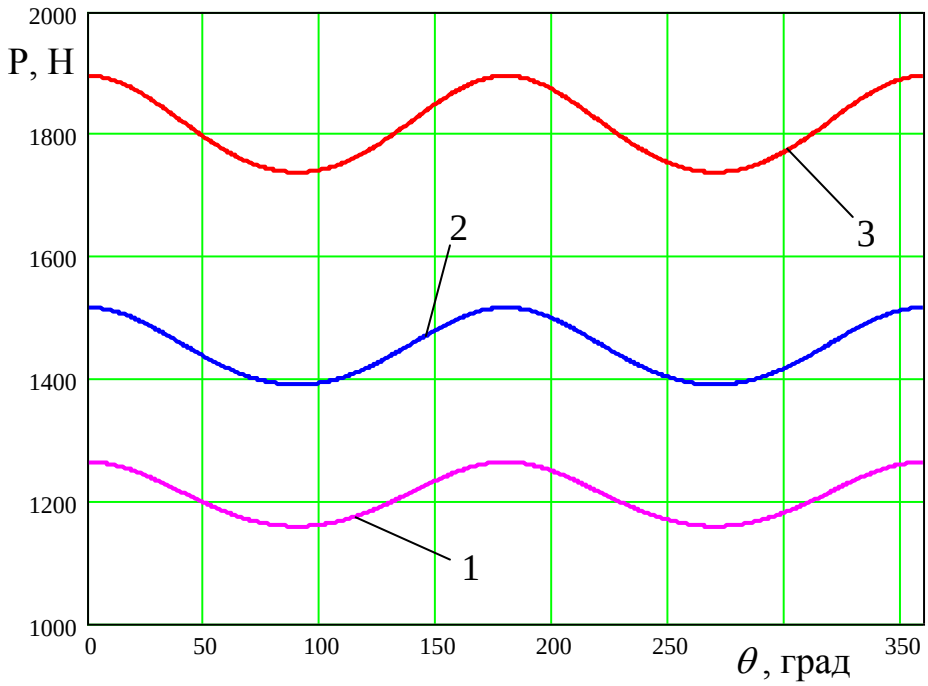


Рисунок 2.2 - Графіки залежності сили гнуття притискним роликом від кута повороту оправи (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *B*=15мм; *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – H=1мм; 2 – H=1,2мм; 3 – H=1,5мм

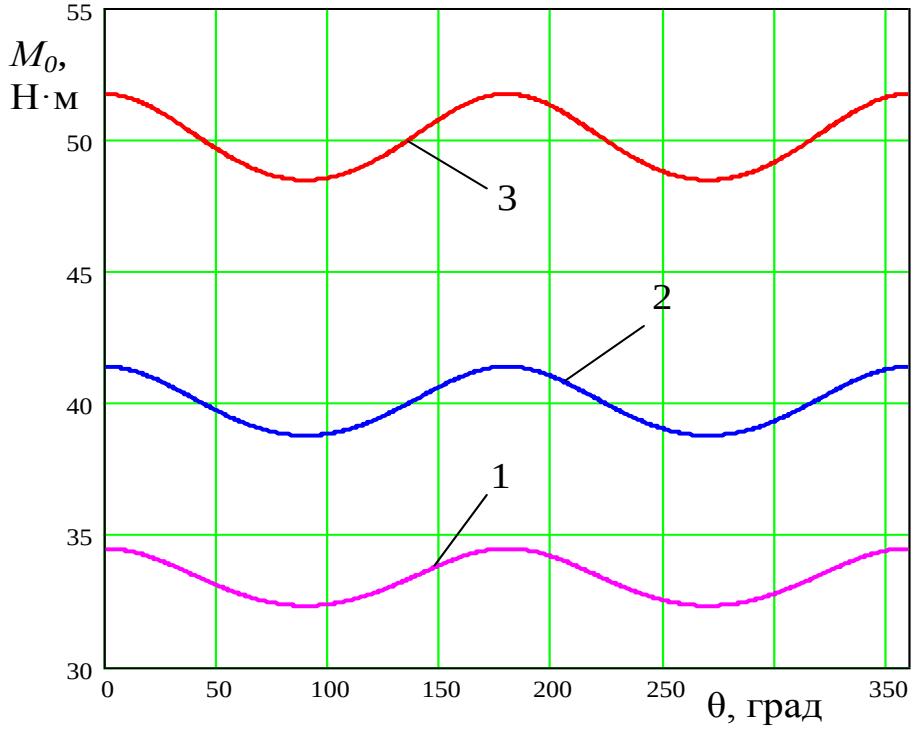


Рисунок 2.3 – Графіки залежності моменту, який необхідно прикласти для обертання оправи від кута повороту оправи (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *B*=15мм; *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – H=1мм; 2 – H=1,2мм; 3 – H=1,5мм

З графічних залежностей рис. 2.2, 2.3 видно що при товщині стрічки H = 1 мм, сила гнуття стрічки притискним роликом знаходиться в межах $P = 1160 - 1270$ Н, а момент, який необхідно прикласти для обертання оправи $M_0 = 34 - 32{,}5$ Нм, при *H*=1,2мм сила гнуття знаходиться в межах $P = 1395 - 1515$ Н, а момент $M_0 = 38{,}5 - 41{,}5$ Нм, при *H*=1,5мм сила гнуття знаходиться в межах $P = 1720 - 1890$ Н, а момент $M_0 = 48 - 52$ Нм. Зусилля і момент формоутворення набувають максимального значення в процесі формування заготовки на частині еліпсної оправи зі сторони великої піввісі і відповідно спадає на малій піввісі еліпса.

За результатами розрахунків побудовано графіки залежності зусилля гнуття і крутний момент від товщини стрічки *H* (рис. 2.4, 2.5).

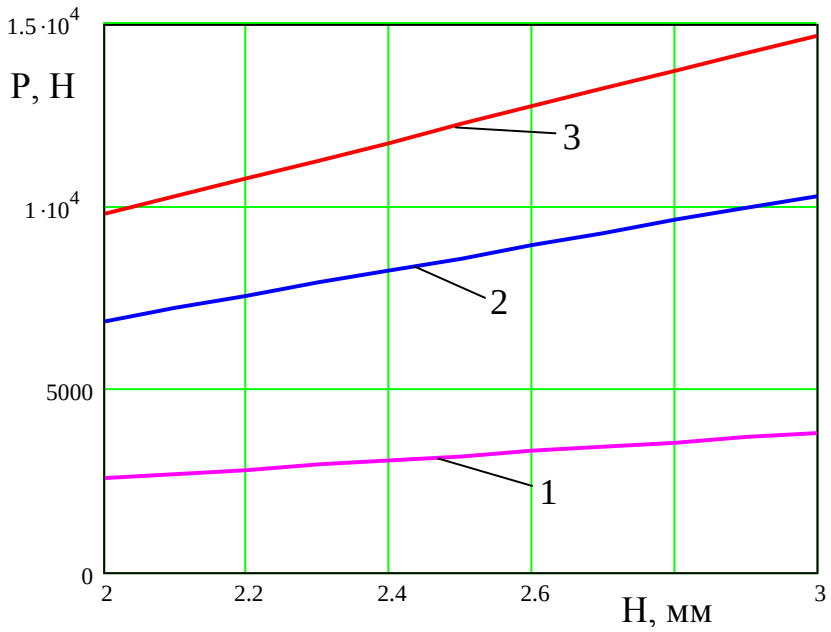


Рисунок 2.4 – Графіки залежності максимальної сили гнуття притискним роликом від товщини стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – *B* =15мм; 2 – *B*=25мм; 3 – *B* =30мм

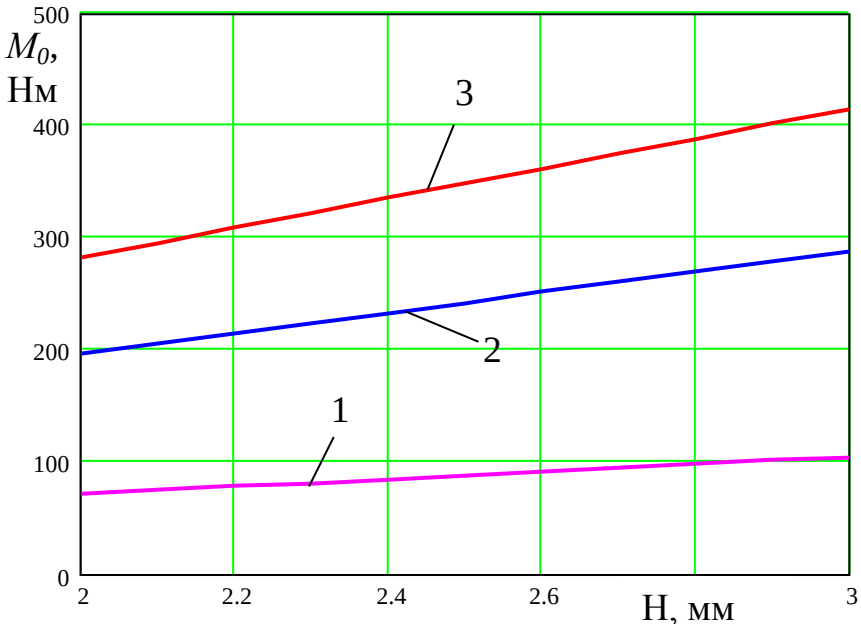


Рисунок 2.5 – Графіки залежності моменту, який необхідно прикласти для обертання оправи від товщини стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – *B* =15мм; 2 – *B*=25мм; 3 – *B* =30мм

Аналіз залежностей зусилля і моменту навивання від висоти стрічки проводили за програмою поданою в додатка Б. Графіки залежностей зусилля і моментів навивання від висоти стрічки, показані на рис.2.6, 2.7 свідчать, що із зростанням значень *B* момент навивання зростає.

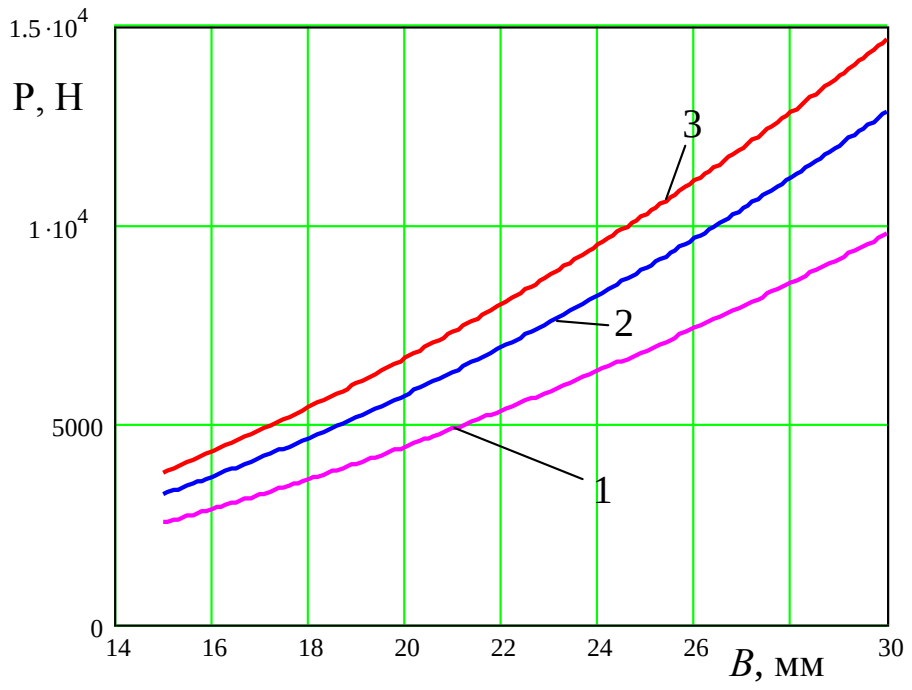


Рисунок 2.6 – Графіки залежності максимальної сили гнуття притискним роликом від ширини стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – *H* =2мм; 2 – *H* =2,5мм; 3 – *H* =3мм

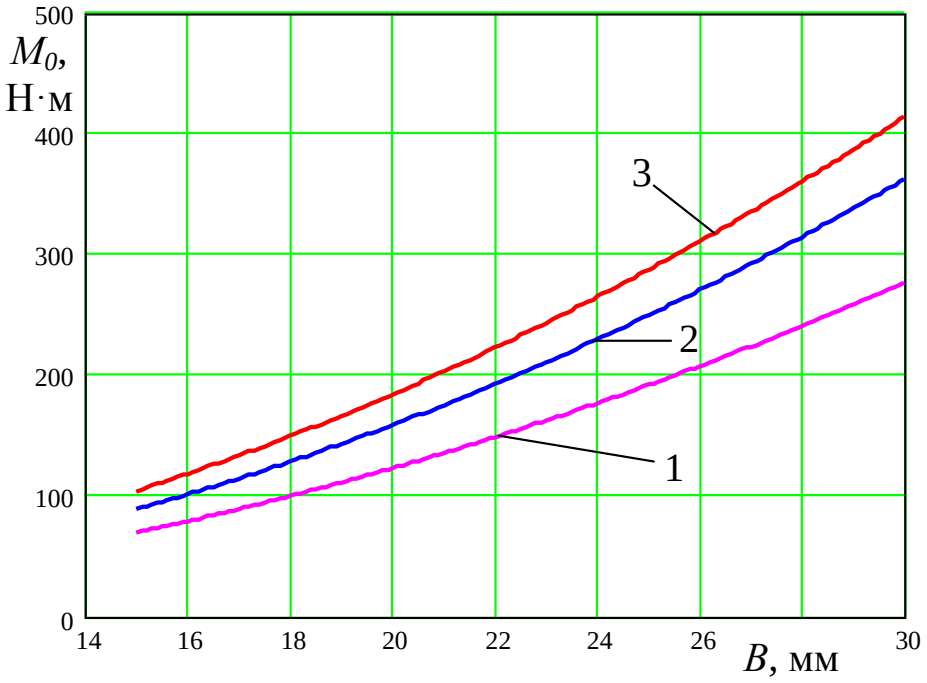


Рисунок 2.7 – Графіки залежності моменту, який необхідно прикласти для обертання оправи від ширини стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – *H* =2мм; 2 – *H* =2,5мм; 3 – *H* =3мм

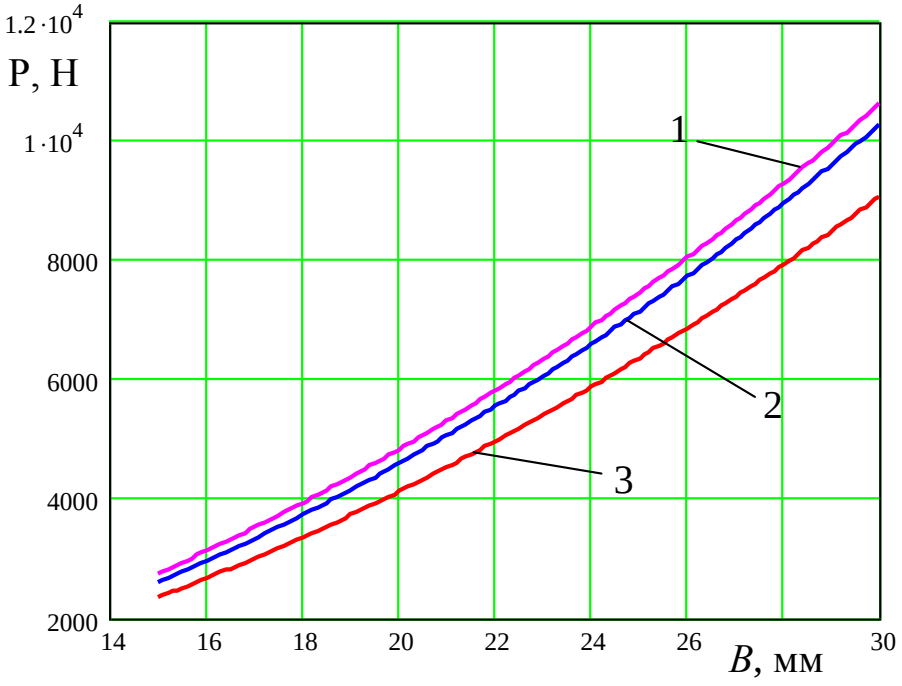


Рисунок 2.8 – Графіки залежності максимальної сили гнуття притискним роликом від ширина стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *H* =2мм: 1 – *a*=40мм; *b*=30мм; 2 – *a*=50мм; *b*=40мм; 3 – *a*=60мм; *b*=50мм

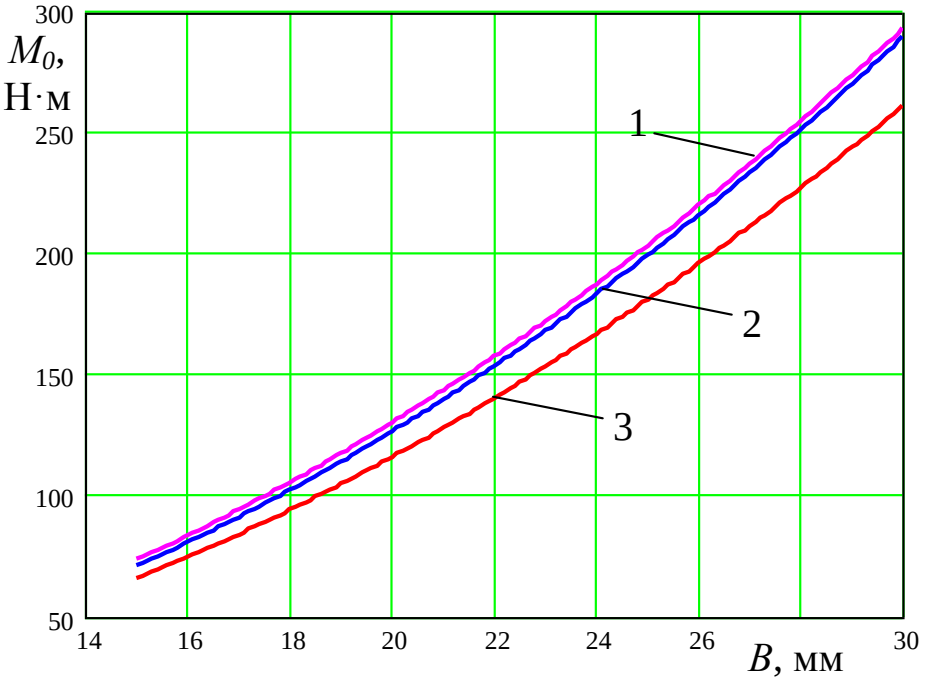


Рисунок 2.9 – Графіки залежності моменту, який необхідно прикласти для обертання оправи від ширини стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – *H* =2мм; 2 – *H* =2,5мм; 3 – *H* =3мм

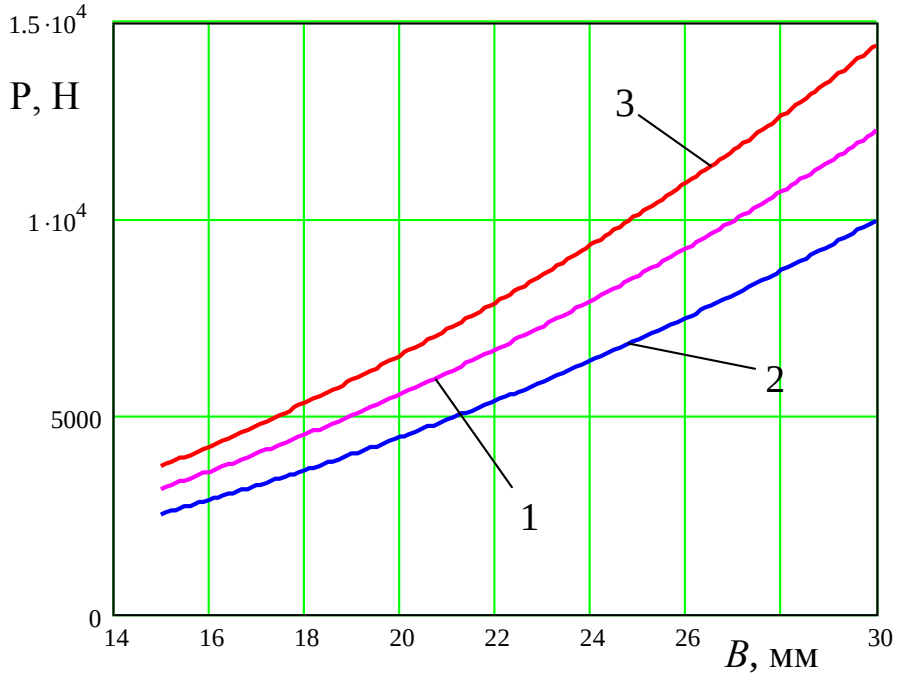


Рисунок 2.10 – Графіки залежності максимальної сили гнуття притискним роликом від ширина стрічки *H* =2,5мм; *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – Ст 3, $\sigma_в$=440МПа; 2 – Сталь 08кп, $\sigma_в$=340МПа; 3 –Алюмінієвий сплав Д16, $\sigma_в$=520МПа

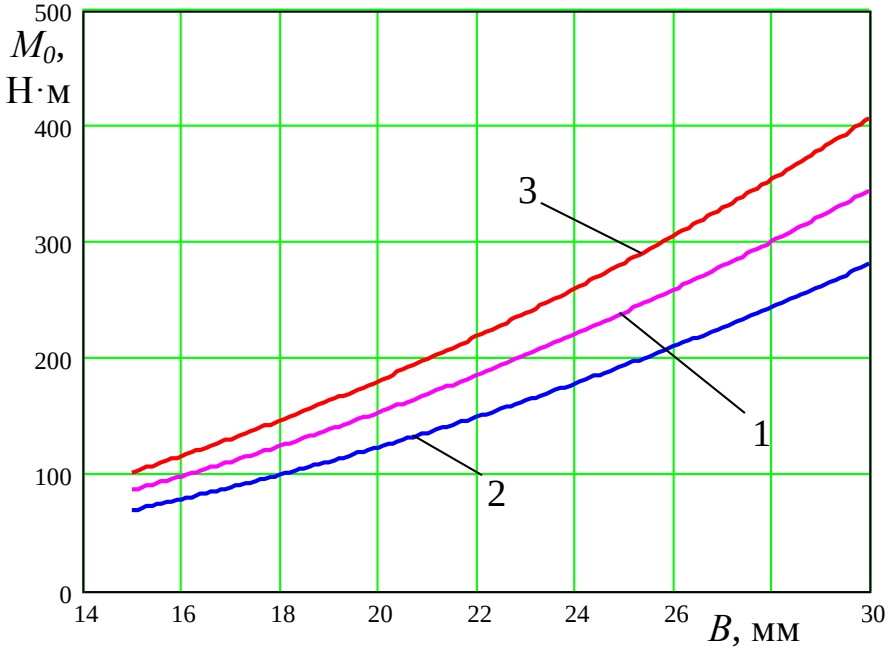


Рисунок 2.11 – Графіки залежності моменту, який необхідно прикласти для обертання оправи від матеріалу заготовки при ширині стрічки *H* =2,5мм; *a*=50мм; *b*=40мм: 1 – Ст 3, $\sigma_в$=440МПа; 2 – Сталь 08кп, $\sigma_в$=340МПа; 3 – Алюмінієвий сплав Д16, $\sigma_в$=520МПа

На основі приведеної математичної моделі формоутворення гвинтових заготовок на еліпсних оправах можна проектувати необхідне технологічне оснащення. При цьому, для зменшення моменту обертання оправи, а отже, і зменшення необхідної потужності навивання ПГЗ, потрібно звести до мінімуму коефіцієнт тертя, наприклад, використовуючи мастила.

2.2. Динамічна модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок

Для підвищення ефективності процесу механічної обробки лезовими інструментами на основі мінімізації енергетичних витрат при стружко утворенні та з метою забезпечення заданої точності зовнішніх гвинтових канавок на еліпсних заготовках запропоновано пристрій для проточування (рис. 3.1). Доцільно теоретично та експериментально дослідити його динаміку, розробивши динамічні і математичну модель процесу проточування.

Для визначення власних частот і частот вимушених коливань нашого пристрою описується динамічна модель проточування зовнішніх гвинтових канавок на еліпсних пустотілих заготовках рис. 2.12.

Коливаннями верстату нехтуємо. Вважаємо, що пристрій для нарізання зовнішніх профільних гвинтових заготовок може здійснювати крутильні коливання, причому жорсткість на кручення (приведена) $k_{кр}$, а коефіцієнт в’язкого опору на кручення $\mu_{кр}$.

Система складається з пристрою для закріплення різців, двох різців і заготовки. Вважаємо, що пристрій пружно кріпиться до верстату. Вважаємо, що різці пружно кріпляться до пристрою, причому можуть здійснювати коливання в двох напрямках – радіальному і трансверсальному.

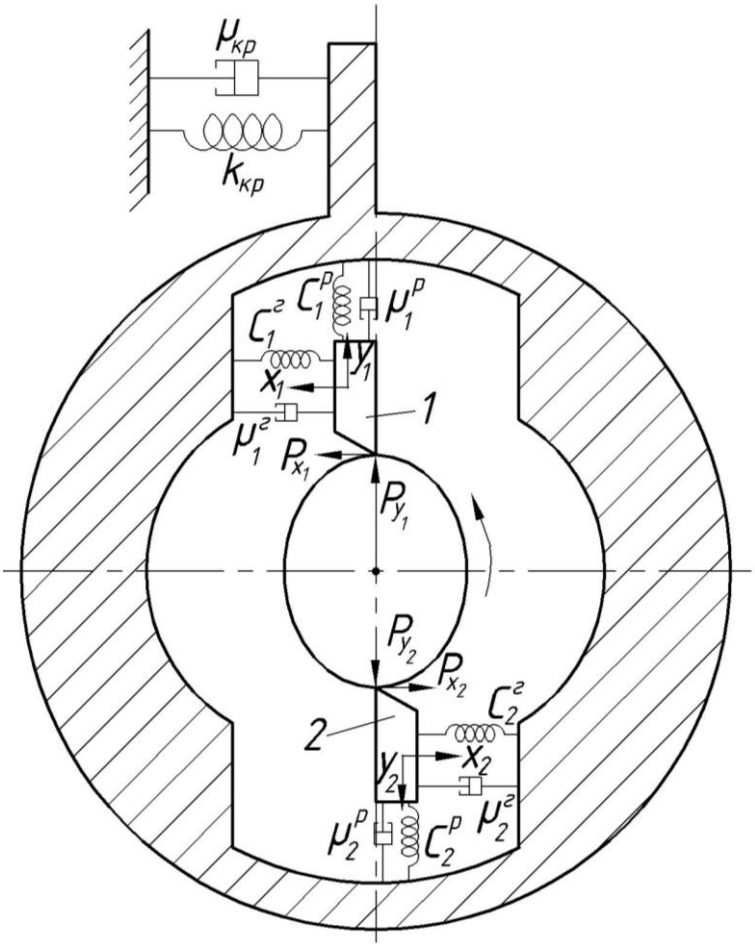


Рисунок 2.12 – Динамічна модель проточування зовнішніх гвинтових канавок на еліпсній заготовці

Наша система має 5 степенів вільності. Виберемо в якості узагальнених координат φ – кут повороту пристрою (вважаємо додатнім в напрямку проти стрілки годинника); x_1,y_1 – переміщення центра мас різця 1 в трансверсальному і радіальному напрямках; x_2,y_2 – аналогічно для другого різця. Додатні напрямки переміщення показані на рисунку.

Отримаємо диференціальні рівняння коливання без врахування опору середовища за допомогою рівняння Лагранжа другого роду.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_j}=-\frac{\partial П}{\partial q_j}+Q_j\ (j=1{,}5). \qquad (2.29)$$

Нехай I – момент інерції пристрою відносно осі обертання, m_1, m_2 – маси різців, $C_1^г$, $C_2^г$ – жорсткості пружного закріплення різців в горизонтальному напрямку (приведені), $C_1^р$, $C_2^р$ – жорсткості пружного закріплення різців в радіальному напрямку. Тоді:

$$T = \frac{1}{2} I\dot{\varphi}^2 + \frac{m_1}{2}\left(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2\right) + \frac{m_2}{2}\left(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2\right) \qquad (2.30)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} k_{кр}\varphi^2 + \frac{1}{2} C_1^г \left(x_1 - R\varphi\right)^2 + \frac{1}{2} C_2^г \left(x_2 - R\varphi\right)^2 + \frac{1}{2} C_1^p y_1^2 + \frac{1}{2} C_2^p y_2^2. \qquad (2.31)$$

Тут R – радіус відносно осі обертання центрів мас різців.

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = I\dot{\varphi};\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}\right) = I\ddot{\varphi};\ \frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0;\ -\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = -k_{кр}\varphi + C_1 R\left(x_1 - R\varphi\right) + C_2 R_p\left(x_2 - R\varphi\right).$$

Отже перше рівняння прийме вигляд

$$I\ddot{\varphi} + \left[k_{кр} + R^2\left(C_1 + C_2\right)\right]\varphi - C_1 R x_1 - C_2 R x_2 = 0$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = \frac{d}{dt} m_1 \dot{x}_1 = m_1 \ddot{x}_1;\quad -\frac{\partial \Pi}{\partial x_1} = -C_1\left(x_1 - R\varphi\right);\quad Q_{x_1} = P_{x_1}.$$

$$m_1 \ddot{x}_1 + C_1\left(x_1 - R\varphi\right) = P_{x_1}$$

Аналогічно отримуємо інші рівняння. Зауважимо, що при обчисленні узагальнених сил роботою сил тяжіння різців нехтуємо порівняно з роботою сил різання.

Остаточно повна система рівнянь задачі має вигляд:

$$\begin{aligned}
&I\ddot{\varphi} + \left[k_{кр} + R^2\left(C_1 + C_2\right)\right]\varphi - R\left(C_1 x_1 + C_2 x_2\right) = 0,\\
&m_1 \ddot{x}_1 + C_1 x_1 - R C_1 \varphi = P_{x_1},\\
&m_2 \ddot{x}_2 + C_2 x_2 - R C_2 \varphi = P_{x_2},\\
&m_1 \ddot{y}_1 + C_1^p y_1 = P_{y_1},\\
&m_2 \ddot{y}_2 + C_2^p y_2 = P_{y_2}.
\end{aligned} \qquad (2.32)$$

Якщо враховувати сили опору середовища, то рівняння запишуться так

$$\begin{aligned}
&I\ddot{\varphi} + \left[\mu_{кр} + R^2\left(\mu_1 + \mu_2\right)\right]\dot{\varphi} - R\left(\mu_1 \dot{x}_1 + \mu_2 \dot{x}_2\right) + \left[k_{кр} + R^2\left(C_1 + C_2\right)\right]\varphi - R\left(C_1 x_1 + C_2 x_2\right) = 0\\
&m_1 \ddot{x}_1 + \mu_1 \dot{x}_1 - R\mu_1 \dot{\varphi} + C_1 x_1 - R C_1 \varphi = P_{x_1},\\
&m_2 \ddot{x}_2 + \mu_2 \dot{x}_2 - R\mu_2 \dot{\varphi} + C_2 x_2 - R C_2 \varphi = P_{x_2},\\
&m_1 \ddot{y}_1 + \mu_1^p \dot{y}_1 + C_1^p y_1 = P_{y_1},\\
&m_2 \ddot{y}_2 + \mu_2^p \dot{y}_2 + C_2^p y_2 = P_{y_2}.
\end{aligned} \qquad (2.33)$$

2.2.1. Знаходження частот власних коливань системи

Розглянемо питання про знаходження частот власних коливань системи. Нехтуємо членами в'язкого опору середовища.

Введемо позначення

$$k'_{кр} = k_{кр} + R(C_1 + C_2) \tag{2.34}$$

Тоді рівняння власних коливань консервативної системи такі

$$\begin{cases} I\ddot{\varphi} + k'_{кр} - RC_1x_1 - RC_2x_2 = 0, \\ m_1\ddot{x}_1 + C_1x_1 - RC_1\varphi = 0, \\ m_2\ddot{x}_2 + C_2x_2 - RC_2\varphi = 0. \end{cases} \tag{2.35}$$

Для спрощення обчислень позначимо надалі

$$\begin{gathered} Z_1 = \varphi; \quad Z_2 = x_1; \quad Z_3 = x_2. \\ a_{11} = I; \;\; C_{11} = k'_{кр}; \;\; C_{12} = -RC_1; \;\; C_{13} = -RC_2; \\ a_{22} = m_1; \;\; C_{22} = C_1; \;\; C_{21} = -RC_1; \\ a_{33} = m_2; \;\; C_{33} = C_2; \;\; C_{31} = -RC_2. \end{gathered} \tag{2.36}$$

Тоді система (2.35) запишеться так

$$\begin{cases} a_{11}\ddot{Z}_1 + a_{11}Z_1 + C_{12}Z_2 + C_{13}Z_3 = 0, \\ a_{22}\ddot{Z}_2 + C_{21}Z_1 + C_{22}Z_2 = 0, \\ a_{33}\ddot{Z}_3 + C_{31}Z_1 + C_{33}Z_3 = 0. \end{cases} \tag{2.38}$$

Часткові розв'язки цих рівнянь шукаємо у вигляді

$$Z_j = A_j \sin(\omega t + \beta) = \mu_j A_1 \sin(\omega t + \beta), \tag{2.39}$$

де $\mu_j = \dfrac{A_j}{A_1}$, $j = 1, 2, 3.$

Підставимо значення Z_j в рівняння (2.38). Знайдемо

$$\left.\begin{aligned} &(C_{11} - a_{11}\omega^2)\mu_1 + C_{12}\mu_2 + C_{13}\mu_3 = 0 \\ &C_{21}\mu_1 + (C_{22} - a_{22}\omega^2)\mu_2 = 0 \\ &C_{31}\mu_1 + (C_{33} - a_{33}\omega^2)\mu_3 = 0 \end{aligned}\right\} \tag{2.40}$$

Система лінійних і однорідних рівнянь відносно невідомих $\mu_j\ (j=1,\ 2,\ 3)$, може мати відмінний від нуля розв'язок лише тоді, коли визначник цієї системи дорівнює нулю, тобто

$$\begin{vmatrix} C_{11}-a_{11}\omega^2 & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22}-a_{22}\omega^2 & 0 \\ C_{31} & 0 & C_{33}-a_{33}\omega^2 \end{vmatrix}=0 \qquad (2.41)$$

$$\left(C_{11}-a_{11}\omega^2\right)\left(C_{22}-a_{22}\omega^2\right)\left(C_{33}-a_{33}\omega^2\right)-C_{13}\left(C_{22}-\omega^2 a_{22}\right)-C_{12}^2\left(C_{33}-a_{33}\omega^2\right)=0,$$

або

$$\begin{aligned} &a_{11}a_{22}a_{33}\omega^6-\left(C_{11}a_{22}a_{33}+C_{22}a_{33}a_{11}+C_{33}a_{11}a_{22}\right)\omega^4+\\ &+\left(C_{11}C_{22}a_{33}+C_{11}a_{22}C_{33}+C_{22}C_{33}a_{11}+C_{13}^2a_{22}+C_{12}^2a_{33}\right)\omega^2+\\ &+C_{13}^2C_{22}+C_{12}^2C_{33}-C_{11}C_{22}C_{33}=0 \end{aligned} \qquad (2.42)$$

Якщо різці однакові і однакові умови їхнього закріплення в пристрої, то $C_1=C_2=C$; $m_1=m_2=m$.

Тоді

$C_{12}=C_{13}=RC$; $C_{22}=C_{33}=C$; $a_{22}=a_{33}=m$.

В цьому випадку рівняння (2.42) запишеться так

$$\omega^6-\frac{k'_{кр}m+2CI}{mI}\omega^4+\frac{C}{m^2I}\left(2k'_{кр}m+2R^2Cm+CI\right)\omega^2-\frac{C^2}{m^2I}\left(k'_{кр}-2R^2C\right)=0 \qquad (2.43)$$

Ми отримали кубічне рівняння відносно ω^2. З цього рівняння можна визначити всі частоти вільних коливань системи $\omega_j\ (j=1,\ 2,\ 3)$, так як $\omega_j^2\ (j=1,\ 2,\ 3)$ – корені рівняння (2.43), а ω_j – дійсні і додатні величини.

Підставляючи послідовно всі знайдені значення ω_j^2 в рівняння (2.40), одержуємо для визначення коефіцієнтів $\mu_j^{(1)}$, $\mu_j^{(2)}$, $\mu_j^{(3)}$ $(j=1,\ 2,\ 3)$ наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} \left(C_{11}-a_{11}\omega_j^2\right)\mu_1^{(j)}+C_{12}\mu_2^{(j)}+C_{13}\mu_3^{(j)}=0;\\ C_{21}\mu_1^{(j)}+\left(C_{22}-a_{22}\omega_j^2\right)\mu_2^{(j)}=0;\\ C_{31}\mu_1^{(j)}+\left(C_{33}-a_{33}\omega_j^2\right)\mu_3^{(j)}=0. \end{cases} \qquad (2.44)$$

Зауважимо, що одне з цих рівнянь є лінійною комбінацією двох інших рівнянь, так як визначник цієї системи рівний нулю. Тому ми можемо з якихось двох рівнянь визначити два коефіцієнта через третій. Припустимо, що перше

рівняння є комбінацією двох останніх рівнянь. Покладемо $\mu_1^{(j)} = 1$, $(j = 1, 2, 3)$. Тоді

$$\mu_2^{(j)} = -\frac{C_{21}}{C_{22} - a_{22}\omega_j^2}; \quad \mu_3^{(j)} = -\frac{C_{31}}{C_{33} - a_{33}\omega_j^2} \tag{2.45}$$

Таким чином, часткові розв'язки диференціальних рівнянь вільних коливань системи (2.35) мають такий вигляд:

$$q_j^{(1)} = \mu_j^{(1)} A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1); \; q_j^{(2)} = \mu_j^{(2)} A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2); \; q_j^{(3)} = \mu_j^{(3)} A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3);$$

причому $\mu_1^{(j)} = 1$, $j = 1, 2, 3$.

Рівняння

$$q_1^{(1)} = A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1), \; q_2^{(1)} = \mu_2^{(1)} A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1), \; q_3^{(1)} = \mu_3^{(1)} A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1)$$

описують перше головне коливання системи з частотою ω_1 і початковою фазою β_1. Рівняння

$$q_1^{(2)} = A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2), \; q_2^{(2)} = \mu_2^{(2)} A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2), \; q_3^{(2)} = \mu_3^{(2)} A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2)$$

друге основне коливання з частотою $\omega_2 > \omega_1$ і початковою фазою β_2 і рівняння

$$q_1^{(3)} = A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3), \; q_2^{(3)} = \mu_2^{(3)} A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3), \; q_3^{(3)} = \mu_3^{(3)} A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3)$$

відповідно третє. Постійні величини $A_1^{(j)}$ і β_j $(j = 1, 2, 3)$ є невизначеними.

Так, як рівняння (2.38) лінійні, то загальний розв'язок цих рівнянь можна отримати шляхом сумування відповідних часткових розв'язків.

$$\begin{aligned} q_1 &= A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1) + A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2) + A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3), \\ q_2 &= \mu_2^{(1)} A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1) + \mu_2^{(2)} A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2) + \mu_2^{(3)} A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3), \\ q_3 &= \mu_3^{(1)} A_1^{(1)} \sin(\omega_1 t + \beta_1) + \mu_3^{(2)} A_1^{(2)} \sin(\omega_2 t + \beta_2) + \mu_3^{(3)} A_1^{(3)} \sin(\omega_3 t + \beta_3). \end{aligned} \tag{2.46}$$

Невідомі $A_1^{(j)}$ і β_j $(j = 1, 2, 3)$ визначаються з початкових умов.

2.2.2. Знаходження частот вимушених коливань системи

Коливання різців в радіальному напрямку не залежать від коливань в трансверсальному напрямку і коливань пристрою для їхнього закріплення і описуються рівняннями:

$$\ddot{y}_i + 2n_i\dot{y}_i + k_i^2 y_i = \frac{P_{y_i}}{m_i}, \quad i = 1,2, \tag{2.47}$$

Де позначено

$$2n_i = \frac{\mu_i^p}{m_i}, \; k_i^2 = \frac{C_i^p}{m_i}. \tag{2.48}$$

Отримаємо аналогічний розв'язок кожного з цих рівнянь. Загальний розв'язок дорівнює сумі загального розв'язку однорідного рівняння $\bar{y}_i$ і часткового розв'язку неоднорідного рівняння (2.47) $\tilde{y}_i$, тобто

$$y_i = \bar{y}_i + \tilde{y}_i \tag{2.49}$$

Загальний розв'язок однорідного рівняння шукаємо за методом Ейлера у формі e^{rt}. Характеристичне рівняння має вигляд

$$r_i^2 + 2n_i r_i + k_i^2 = 0. \tag{2.50}$$

Корені цього рівняння

$$r_i^{1,2} = -n_i \pm \sqrt{n_i^2 - k_i^2} \tag{2.51}$$

В реальних конструкціях пружні сили значно перевищують сили в'язкого опору, тобто має місце нерівність

$$n_i^2 < k_i^2, \tag{2.52}$$

тому рівняння (2.50) має комплексні спряжені корені

$$r_i^2 = -n_i \pm k_{1i} i, \tag{2.53}$$

де

$$k_{1i}^2 = k_i^2 - n_i^2, \tag{2.54}$$

Це означає, що загальний розв'язок однорідного рівняння (2.47) має вигляд

$$\bar{y}_i = e^{-n_i t}\left(C_{i1}\cos k_{1i}t + C_{i2}\sin k_{1i}t\right), \tag{2.55}$$

де C_{i1} і C_{i2} – довільні контакти, які визначаються з початкових умов. Легко переконатися, що загальний розв'язок (2.55) задовольняє однорідному рівнянню (2.47) при довільних значеннях C_{i1}, C_{i2}.

Частковий розв'язок неоднорідного рівняння (2.47) шукаємо за методом варіації постійної у вигляді

$$\tilde{y}_i = D_1(t)e^{-n_i t}\cos k_{1i}t + D_2(t)e^{-n_i t}\sin k_{1i}t \qquad (2.56)$$

Для того, щоб отримати рівняння для знаходження невідомих функцій $D_1(t)$ і $D_2(t)$, підставимо розв'язок (2.56) в рівняння (2.47). Для спрощення викладок покладемо

$$Y_1(t) = e^{-n_i t}\cos k_{1i}t;\ Y_2(t) = e^{-n_i t}\sin k_{1i}t \qquad (2.57)$$

і зауважимо, що функції $Y_1(t)$ і $Y_2(t)$ однорідному рівнянню (2.47), тобто

$$\ddot{Y}_1 + 2n_i\dot{Y}_1 + k_i^2 Y_1 = 0,\ \text{і}\ \ddot{Y}_2 + 2n_i\dot{Y}_2 + k_i^2 Y_2 = 0 \qquad (2.58)$$

Тоді

$$\tilde{y}_i = D_1(t)Y_1(t) + D_2(t)Y_2(t), \qquad (2.59)$$

$$\dot{\tilde{y}}_i = \dot{D}_1 Y_1(t) + \dot{D}_2 Y_2(t) + D_1(t)\dot{Y}_1 + D_2(t)\dot{Y}_2 \qquad (2.60)$$

Покладемо надалі

$$\dot{D}_1 Y_1(t) + \dot{D}_2 Y_2(t) = 0 \qquad (2.61)$$

Тоді

$$\ddot{\tilde{y}}_i = \dot{D}_1\dot{Y}_1 + \dot{D}_2\dot{Y}_2 + D_1(t)\ddot{Y}_1 + D_2(t)\ddot{Y}_2 \qquad (2.62)$$

Підставимо (2.59), (2.60) з врахуванням (2.61) і (2.62) в рівняння (2.47)

$$\dot{D}_1\dot{Y}_1 + \dot{D}_2\dot{Y}_2 + D_1\ddot{Y}_1 + D_2\ddot{Y}_2 + 2n_i\left(D_1\dot{Y}_1 + D_2\dot{Y}_2\right) + k_i^2(D_1Y_1 + D_2Y_2) = \frac{P_{y_i}}{m_i},$$

або

$$\dot{D}_1\dot{Y}_1 + \dot{D}_2\dot{Y}_2 + D_1\left(\ddot{Y}_1 + 2n_i\dot{Y}_1 + k_i^2 Y_1\right) + D_2\left(\ddot{Y}_2 + 2n_i\dot{Y}_2 + k_i^2 Y_2\right) = \frac{P_{y_i}}{m_i}.$$

Вирази в круглих дужках внаслідок (2.58) перетворяться в нуль і в результаті знайдемо

$$\dot{D}_1\dot{Y}_1 + \dot{D}_2\dot{Y}_2 = \frac{P_{y_i}}{m_i}. \qquad (2.63)$$

Таким чином, для знаходження $\dot{D}_1$ і $\dot{D}_2$ на основі (2.61) і (2.63) отримуємо систему алгебраїчних рівнянь

$$\begin{cases} \dot{D}_1 Y_1 + \dot{D}_2 Y_2 = 0 \\ \dot{D}_1\dot{Y}_1 + \dot{D}_2\dot{Y}_2 = \dfrac{P_{y_i}}{m_i} \end{cases}. \qquad (2.64)$$

Розв’язок цієї системи має вигляд

$$\dot{D}_1 = -\frac{P_{y_i}}{m_i k_{1i}} e^{n_i t} \sin k_{1i} t\,, \qquad (2.65)$$

$$\dot{D}_2 = \frac{P_{y_i}}{m_i k_{1i}} e^{n_i t} \cos k_{1i} t\,.$$

Інтегруючи рівняння (2.65) знайдемо

$$D_1 = -\frac{1}{m_i k_{1i}} \int P_{y_i} e^{n_i t} \sin k_{1i} t dt + C_1'$$

$$D_2 = \frac{1}{m_i k_{1i}} \int P_{y_i} e^{n_i t} \cos k_{1i} t + C_2'$$

Можемо прийняти, що при $t = 0$ функції D_1 і D_2 рівні нулю. Тоді

$$D_1 = -\frac{1}{m_i k_{1i}} \int_0^t P_{y_i} e^{n_i t} \sin k_{1i} t dt\,, \qquad (2.66)$$

$$D_2 = \frac{1}{m_i k_{1i}} \int_0^t P_{y_i} e^{n_i t} \cos k_{1i} dt\,.$$

Таким чином частковий розв’язок неоднорідного рівняння (2.47) запишеться так

$$\tilde{y}_i = \frac{e^{-n_i t}}{m_i k_{1i}} \left[\sin k_{1i} t \int_0^t P_{y_i} e^{n_i \tau} \cos k_{1i} \tau d\tau - \cos k_{1i} t \int_0^t P_{y_i} e^{n_i \tau} \sin k_{1i} \tau d\tau \right]. \qquad (2.67)$$

Отже остаточно загальний розв’язок рівняння (2.47) прийме вигляд

$$y_i = \left\{ \left[C_{i1} - \frac{1}{m_i k_{1i}} \int_0^t P_{y_i} e^{n_i \tau} \sin k_{1i} \tau d\tau \right] \cos k_{1i} \tau + \left[C_{i2} + \frac{1}{m_i k_{1i}} \int_0^t P_{y_i} e^{n_i \tau} \cos k_{1i} \tau d\tau \right] \sin k_{1i} \tau \right\} e^{-n_i t} \qquad (2.68)$$

Зауважимо, що постійні інтегрування знаходяться з початкових умов. Якщо, наприклад, при $t = 0$ $y_i = 0$ і $\dot{y}_i = 0$, то $C_{i1} = C_{i2} = 0$ і розв'язок описується тільки вимушеними коливаннями. Крім того, загальний розв'язок однорідного рівняння з ростом часу швидко затухає і тоді можна розглядати лише вимушені коливання (2.67).

Таким чином частота затухаючих коливань визначається за формулою

$$k_{1i} = \sqrt{k_i^2 - n_i^2}\ ,\ i = 1,\ 2 \tag{2.69}$$

Період затухаючих коливань

$$T_i = \frac{2\pi}{k_{1i}} = \frac{2\pi}{\sqrt{k_i^2 - n_i^2}} \tag{2.70}$$

Якщо різці однакові і однакові умови закріплення їх в пристрої, то $k_{11} = k_{12} = k_1^* = \sqrt{k^2 - n^2}$; $T_1 = T_2 = T^* = \dfrac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}}$.

2.2.3. Дослідження процесу стружкоутворення

Виходячи з рівняння еліпса в полярних координатах можна знайти

$$\rho = \frac{ab}{\sqrt{a^2 - \left(a^2 - b^2\right)\sin^2\varphi}}\ , \tag{2.71}$$

де ρ – відстань від початку координат до точки на еліпсі (рис. 2.13).

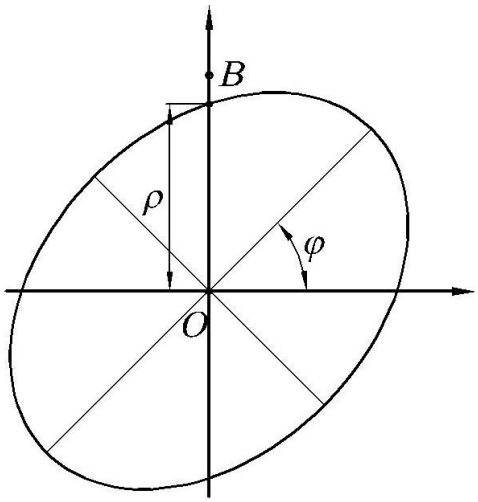


Рисунок 2.13 – Розрахункова схема початку процесу точіння

Припустимо, що зразок еліптичної форми обертається навколо точки O і в точці B на відстані $\rho_1 = OB$ знаходиться різець, який повинен зняти стружку з еліптичної заготовки. Вважаємо, що $\rho_1 < a$. Приймемо $\rho_1 = \alpha_1 a$, де $\alpha_1 < 1$. Необхідно знайти товщину стружки. Для цього спочатку знайдемо кут φ_0, при якому різець почне зрізати заготовку (рис. 2.14), з умови

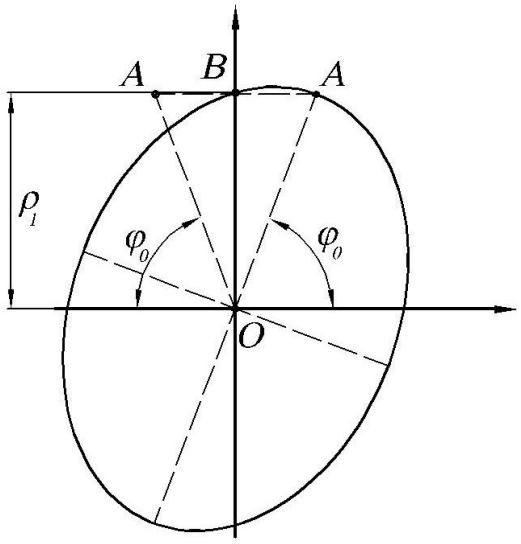


Рисунок 2.14 – Розрахункова схема врізання різця

$$\rho_1 = \frac{ab}{\sqrt{a^2 - \left(a^2 - b^2\right)\sin^2\varphi_0}}$$

$$\varphi_0 = \arcsin\frac{1}{\alpha_1}\sqrt{\frac{\alpha_1^2 a^2 - b^2}{a^2 - b^2}} \qquad (2.72)$$

Очевидно, що при такому значенні $\varphi = \varphi_0$ різець перший раз починає зрізати заготовку.

Якщо зразок обертається навколо осі O з постійною кутовою швидкістю ω, то закон руху зразка $\varphi = \omega t$ (вважаємо, що при $t = 0, \varphi = 0$). Тоді різець почне зрізання заготовки в момент

$$t_0 = \frac{\varphi_0}{\omega} = \frac{1}{\omega}\arcsin\frac{1}{\alpha_1}\sqrt{\frac{\left(a\alpha_1\right)^2 - b^2}{a^2 - b^2}}. \qquad (2.73)$$

Товщина зрізаної стружки буде змінюватися із зміною кута φ за таким законом

$$h(\varphi)=\rho(\varphi)-\alpha_1 a=a\left[\frac{b}{\sqrt{a^2-\left(a^2-b^2\right)\sin^2\varphi}}-\alpha_1\right] \qquad (2.74)$$

Залежність товщини стружки від часу отримуємо з (2.74), якщо враховувати, що $\varphi=\omega t$

$$h(t)=a\left[\frac{b}{\sqrt{a^2-\left(a^2-b^2\right)\sin^2(\omega t)}}-\alpha_1\right] \qquad (2.75)$$

Різець вийде з контакту із зразком в момент, коли точка А перейде в положення А’ (рис. 2.14), тобто тоді, коли φ стане рівним $\pi-\varphi_0$. Якщо позначимо цей момент часу через t_1, то

$$\omega t_1 = \pi - \varphi_0,$$

або

$$t_1=\frac{\pi-\varphi_0}{\omega}=\frac{1}{\omega}\left[\pi-\arcsin\frac{1}{\alpha_1}\sqrt{\frac{(\alpha_1 a)^2-b^2}{a^2-b^2}}\right]. \qquad (2.76)$$

Таким чином, зрізання буде тривати протягом часу

$$t_0 \le t \le t_1 \qquad (2.77)$$

і товщина зрізуваного шару при цьому залежить від часу і визначається за формулою (2.75). За пів оберта різець почне зрізати канавку в момент часу $\frac{T}{2}+t_0$, де T – час, протягом якого зразок здійснює один оберт, тобто

$$T=\frac{2\pi}{\omega} \qquad (2.78)$$

Відомо, що складові сили різання в залежності від глибини різання можна представити у вигляді

$$P_x = A_x h^{x_p},\ P_y = A_y h^{y_p} \qquad (2.79)$$

де A_x, A_y, x_p, y_p – деякі коефіцієнти, які можуть залежати від матеріалу, геометрії інструменту, подачі, швидкості різання і т.д.

Товщина зрізуваного шару в момент часу t_0 і t_1 дорівнює 0 і досягає максимального значення, коли $t = t_c = \dfrac{\pi}{2\omega}$. Таким чином будь-яку із складових сил різання схематично можна зобразити у вигляді такого графіка

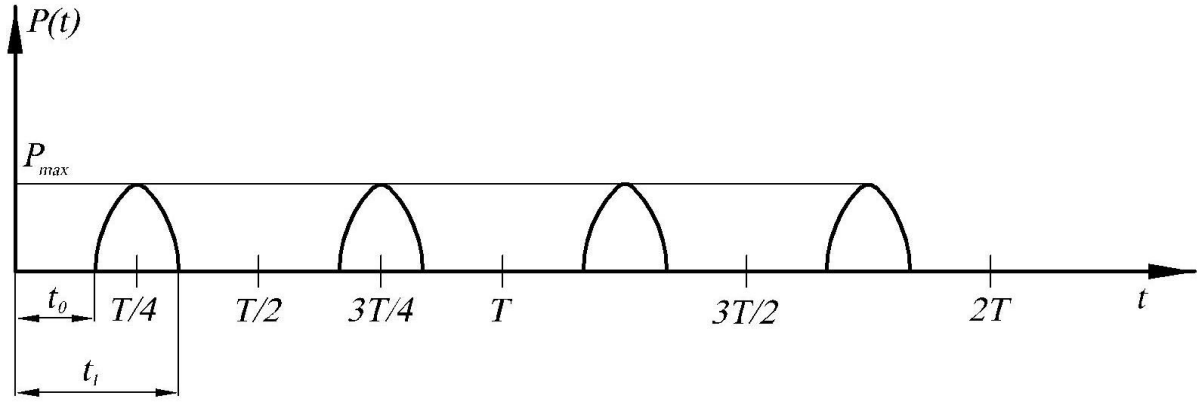


Рисунок 2.15 – Залежність зусилля різання першого різця від глибини різання за оберт заготовки

Вважаємо, що другий різець проходить після першого і знаходиться на відстані $\alpha_2 a$ від осі заготовки, причому $\alpha_2 < \alpha_1$. Знайдемо товщину зрізуваного шару в даному випадку. Позначимо через t_0' – час, який пройде від моменту, коли зразок повернеться на кут π, до моменту початку зрізання другим різцем. Очевидно, що $t_0' < t_0$ і його можна обчислити за формулою

$$t_0' = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{1}{\alpha_2} \sqrt{\frac{(a\alpha_2)^2 - b^2}{a^2 - b^2}} \tag{2.80}$$

Аналогічно, момент виходу другого різця з контакту (який теж відраховуємо від моменту, коли зразок повернеться на кут π) визначається за формулою

$$t_1' = \frac{1}{\omega} \left[\pi - \arcsin \frac{1}{\alpha_2} \sqrt{\frac{(\alpha_2 a)^2 - b^2}{a^2 - b^2}} \right] \tag{2.81}$$

Товщина зрізуваного шару на протязі часу $\dfrac{\pi}{\omega} + t_0' \le t \le \dfrac{\pi}{\omega} + t_0$ визначається за формулою

$$h(t) = a\left[\frac{b}{\sqrt{a^2 - (a^2 - b^2)\sin^2(\omega t)}} - \alpha_2\right] \qquad (2.82)$$

За такою ж формулою визначається товщина зрізуваного шару на протязі часу $\frac{\pi}{\omega} + t_1 \le t \le \frac{\pi}{\omega} + t_1'$. На протязі часу $\frac{\pi}{\omega} + t_0 \le t \le \frac{\pi}{\omega} + t_1$ товщина зрізуваного шару буде постійною і рівною $h = a(\alpha_1 - \alpha_2)$. Отже, будь-яку із складових сил різання на другому різці схематично можна зобразити так

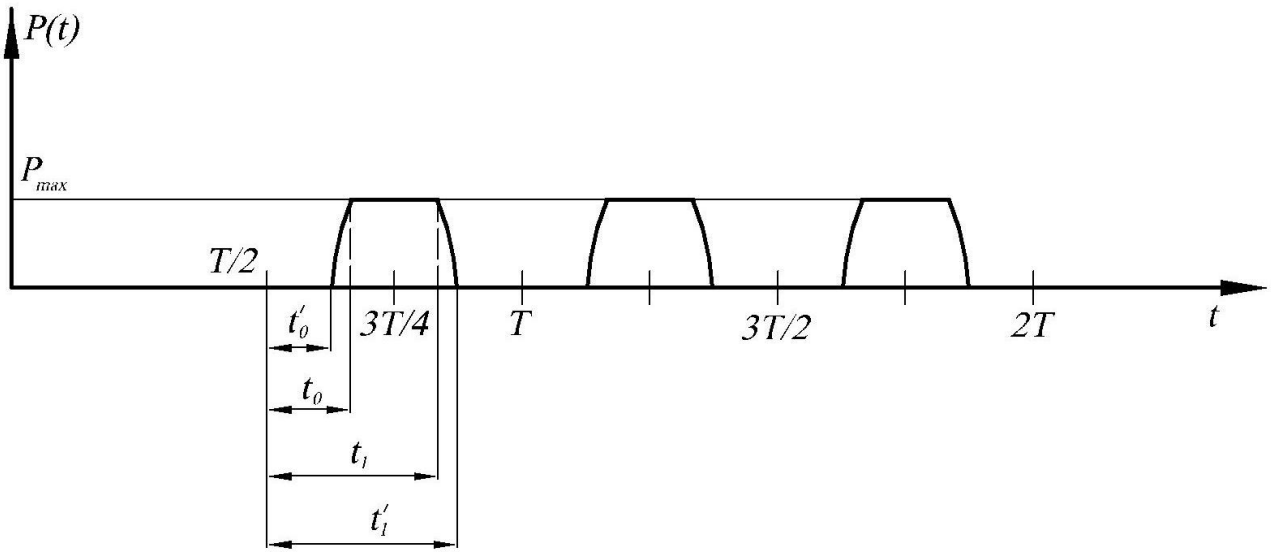


Рисунок 2.16 – Залежність зусилля різання другого різця від глибини різання за оберт заготовки

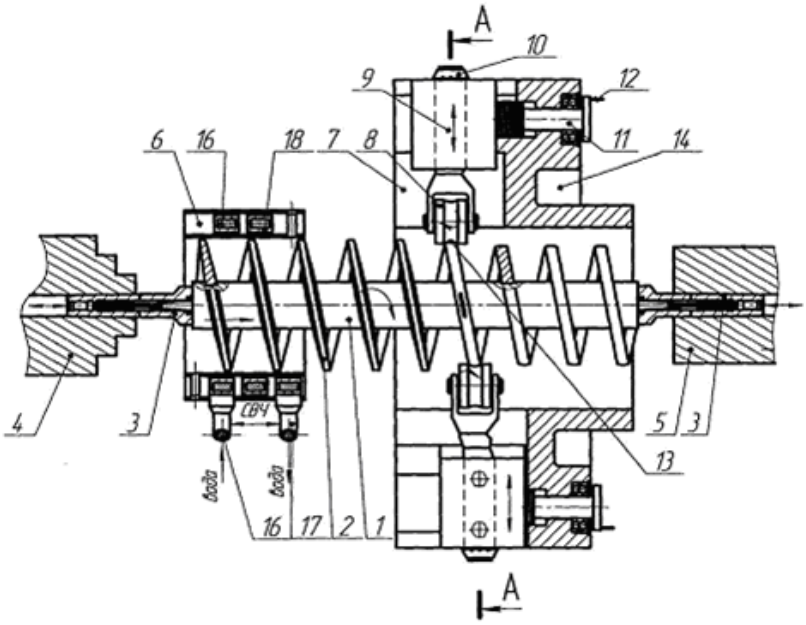
2.3. Теоретичні передумови зміцнення еліпсних гвинтових робочих органів

Відомо, що в процесі роботи гвинтових робочих органів найбільшого зношування зазнає зовнішня кромка спіралі. Пропонується зміцнення зовнішньої крайки гвинтової поверхні методом обкатування (рис. 2.17), який здійснюється в процесі виготовлення гвинтових робочих органів підвищеної експлуатаційної надійності та довговічності.

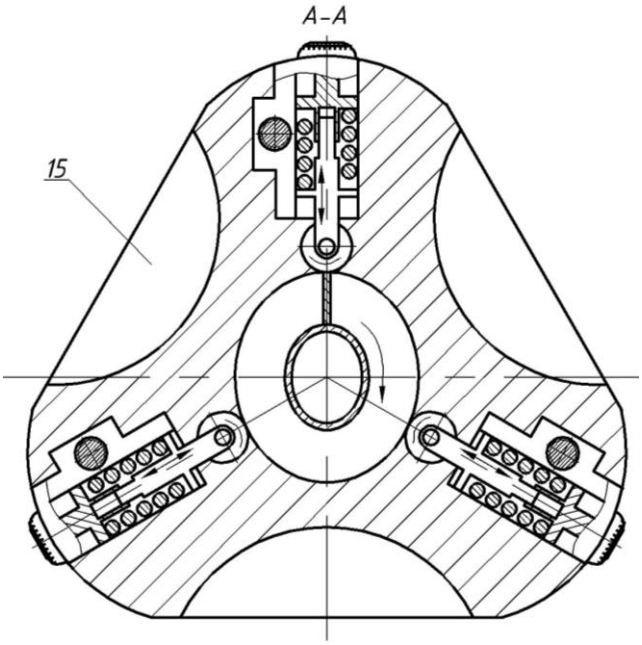
Гвинтовий робочий орган, який складається з вала чи труби 1 і гвинтової стрічки 2, яка до нього жорстко приварена, двома кінцями жорстко кріпиться на

токарному верстаті цанговими пристроями 3 з двох кінців відомих конструкцій. З лівого кінця цангового пристрою жорстко кріпиться гвинтовий робочий орган в кулачковий або інший патрон 4 відомої конструкції, а з правого кінця – в задню бабку 5 з можливістю кругового і осьового провертання. З лівого кінця гвинтового робочого органа на станині верстата жорстко встановлено індуктор 6, який внутрішнім діаметром охоплює гвинтову стрічку 2 по зовнішньому діаметру з можливістю відносного переміщення. З правої сторони від індуктора 6 на станині верстата жорстко встановлена розкатна головка 7, в якій рівномірно по колу встановлено три обтискні ролики 8 у державки 9 з регулювальними лімбами 10 і механізмом 11 їх осьового відносного переміщення для розміщення обтискних роликів 8 з рукоятками 12 при формуванні зовнішнього контуру гвинтової стрічки 2. Причому ролики 8 розміщені під кутом, рівним куту підйому гвинтом лінії спіралі. Крім цього в обтискних роликах 8 по зовнішньому діаметру виконані півкруглі кругові канавки 13, які формують зовнішню поверхню гвинтової стрічки підвищеної товщини необхідних розмірів і форм. Для зменшення маси розкатної головки 7 в ній рівномірно по колу корпуса виконано два типи вікон, відповідно 14 і 15. Для забезпечення нормальної роботи пристрою та індуктора 6 і для відведення тепла з зони нагріву в ньому виконана гвинтова трубчаста спіраль з вхідним 16 і вихідним 17 кінцями охолодної рідини індуктора 18 струмів високої частоти, які забезпечують нормальний режим роботи пристрою.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. Лівий і правий кінці вала 1 встановлено у цангові пристрої 3, лівий з яких кріпиться жорстко в патроні токарного верстата, а правий – в задню бабку 5.



а)



б)

Рисунок 2.17 – а) Пристрій для виготовлення гвинтових робочих органів машини підвищеної експлуатаційної надійності та довговічності, б) переріз А-А

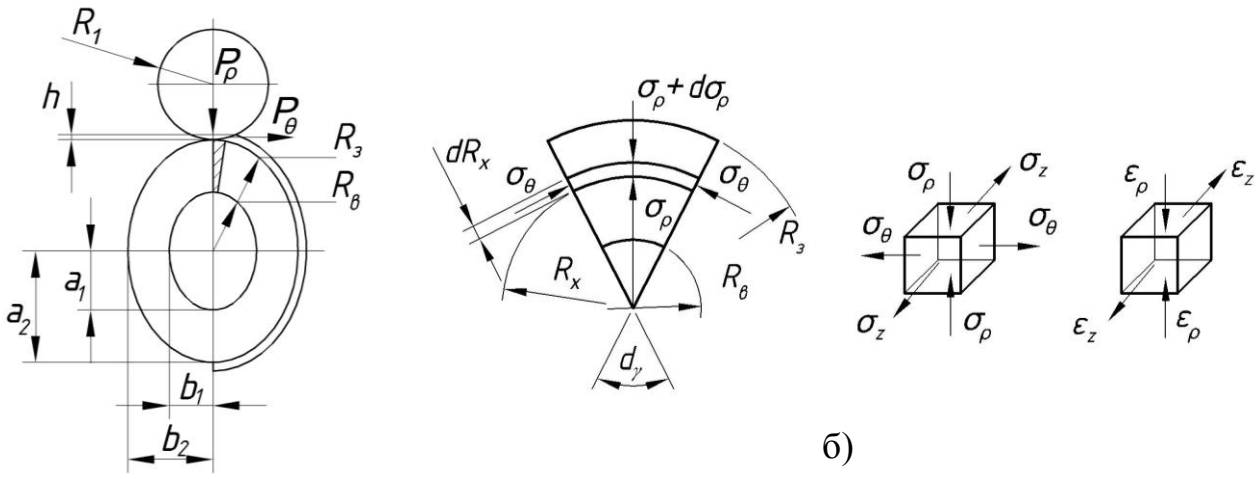
Перед цим на гвинтовий робочий орган зліва встановлюють індуктор 6 внутрішнім отвором, а також внутрішнім діаметром і розкатну головку 7. При цьому за допомогою регулювальних лімбів 10 обтискні ролики 8 відводяться в крайнє верхнє положення. Після жорсткого закріплення розкатної головки 7 на станині верстата приступають до встановлення обтискних роликів 8 у державках 9 на необхідний діаметр обтискування і крок за допомогою лімба 10

і рукоятки 12. При цьому величину припуску ділять на три ролики в такій послідовності: перший і другий обтискні ролики обтискують гвинтову стрічку на величину припуску 0,35 Δ, де Δ – величина припуску; третій обтискний ролик на величину припуску 0,3 Δ. З похибкою відхилення 10…20 %, по яких і їх встановлено. Розкатну головку 7 відводять у праве крайнє положення, включають індуктор 6, нагрівають лівий кінець гвинтової стрічки 2 і включають верстат зі шпинделем і патрон 4 обертаючись обертає гвинтовий робочий орган, який гвинтовою стрічкою 2 по зовнішньому 5 діаметру взаємодіє з обтискними роликами 8 обтискної головки, яка переміщується в осьовому напрямку на заданий крок гвинтового робочого органа і збільшує її товщину по зовнішньому діаметру до заданих розмірів.

По завершенні технологічного процесу обтискання гвинтової стрічки верстат зупиняють, гвинтовий робочий орган знімають з верстата і на його місце встановлюють наступний.

В окремих випадках обтискування гвинтових робочих органів машин можна здійснювати в холодному стані.

Для визначення зусилля деформації заготовки шнека у пристрої, описаному вище, розглянемо розрахункову схему на рис. 2.18.



а) б)

Рис. 2.18 – Розрахункова схема для визначення зусилля деформації заготовки шнека: а) схема взаємодії шнека із роликом; б) напружений стан елементарного сектора

Під час деформації зовнішньої кромки шнека має місце вісесиметрична деформація, що дозволяє визначити напружений стан в місці деформації розглядом напруженого стану елементарного сектора (рис. 2.18б) з кутом в плані $d\gamma$. При цьому дотичні напруження рівні нулю, а радіальні напруження σ_ρ і тангенціальні напруження σ_θ є головними.

Розглянемо умову рівноваги кільцевої стрічки шириною dR_x, що знаходиться на відстані R_x від центра при малих переміщеннях заготовки в полярній системі координат. Спроектуємо сили на радіус, що проходить через середину сектора і прирівняємо їх суму нулю, при цьому врахуємо, що зміна товщини матеріалу шнека визначається залежністю:

$$S = S_B \sqrt{\frac{R_B}{R_X}}, \tag{2.83}$$

де S_B – товщина матеріалу шнека на внутрішньому діаметрі, мм;

R_B – внутрішній радіус шнека, мм.

Оскільки у нас еліпсний гвинтовий робочий орган то відповідно до формули (2.7) внутрішній радіус буде рівний:

$$R_B = a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}} \tag{2.84}$$

Відповідно зовнішній радіус шнека:

$$R_з = a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}} \tag{2.85}$$

Із врахуванням формули (2.83) рівняння рівноваги запишемо наступним чином:

$$\begin{gathered}(\sigma_\rho + d\sigma_\rho) \cdot S_B \sqrt{\frac{R_B}{R_X + dR_X}} \cdot d\gamma \cdot (R_X + dR_X) - \sigma_\rho R_X \, d\gamma \, S_B \sqrt{\frac{R_B}{R_X}} - \\ - 2\sigma_\theta d\, R_X S_B \sqrt{\frac{R_B}{R_X + dR_X}} \sin\left(\frac{d\gamma}{2}\right) = 0\end{gathered} \tag{2.86}$$

Після скорочень, враховуючи те, що для малих кутів $\sin\left(\frac{d\gamma}{2}\right)=\frac{d\gamma}{2}$, одержимо:

$$\sigma_\rho\sqrt{\frac{R_B}{R_X+dR_X}}R_X+\sigma_\rho\sqrt{\frac{R_B}{R_X+dR_X}}dR_X+d\,\sigma_\rho\sqrt{\frac{R_B}{R_X+dR_X}}R_X-\sigma_\rho\sqrt{\frac{R_B}{R_X}}\cdot R_X-$$
$$-\sigma_\theta d\,R_X\sqrt{\frac{R_B}{R_X+dR_X}}=0 \qquad (2.87)$$

Оскільки зміна величини товщини шнека є незначною і вона суттєво не впливає на радіальні напруження, проводимо скорочення формули (2.87) на підкореневі вирази. Тоді одержимо рівняння рівноваги:

$$\sigma_\rho d\,R_X+d\,\sigma_\rho R_X-\sigma_\theta d\,R_X=0\,. \qquad (2.88)$$

Для вирішення рівняння (2.88) використовуємо рівняння пластичності без врахування зміцнення матеріалу, оскільки деформація виконується в гарячому стані:

$$\sigma_\rho-\sigma_\theta=\beta\sigma_S\,, \qquad (2.89)$$

де β – коефіцієнт, що враховує дію осьового напруження, β=1,15;

σ_s – напруження текучості матеріалу шнека, МПа.

Підставляючи рівняння (2.89) у рівняння (2.88) і розв’язуючи диференціальне рівняння одержуємо:

$$\sigma_\rho=-\beta\sigma_S\ln R_X+C_1. \qquad (2.90)$$

Постійну інтегрування C_1 визначаємо із граничних умов. На кромці взаємодії ролика із шнеком виникають контактні напруження σ_k. Тоді:

$$C_1=\beta\sigma_S R_з+\sigma_k\,. \qquad (2.91)$$

Підставляючи значення формули (2.91) у формулу (2.90) одержимо:

$$\sigma_\rho=\beta\sigma_S\ln\frac{R_з}{R_X}+\sigma_k\,. \qquad (2.92)$$

Максимальні радіальні напруження виникають на внутрішній кромці шнека, тоді:

$$\sigma_{\rho\max} = \beta\sigma_S \ln \frac{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}} + \sigma_k \,. \qquad (2.93)$$

Радіальну силу деформації шнека визначаємо за формулою:

$$P_\rho = \sigma_{\rho\max} F \,, \qquad (2.94)$$

де F – площа контакту ролика із шнеком, мм^2.

Згідно розрахункової схеми на рисунку 1 площу контакту знаходимо за формулою:

$$F = l \cdot S_3 \,, \qquad (2.95)$$

де l – довжина дуги контакту ролика із заготовкою, мм;

S_3 – товщина матеріалу шнека на зовнішньому радіусі, мм.

Визначаємо довжину дуги контакту:

$$l = \arccos\left(\frac{R_1 - h}{R_1} \right) \cdot R_1 \,, \qquad (2.96)$$

де R_1 – радіус ролика, мм;

h – величина деформації матеріалу шнека в радіальному напрямку, мм.

Підставивши рівняння (2.96) у рівняння (2.95) та враховуючи рівняння (2.83) одержимо:

$$F = \arccos\left(\frac{R_1 - h}{R_1} \right) \cdot R_1 \cdot S_B \sqrt{\frac{R_B}{R_3}} \,. \qquad (2.97)$$

Тоді радіальне зусилля деформації дорівнює:

$$P_\rho = \left(\beta\sigma_S \ln \frac{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}} + \sigma_k \right) \arccos\left(\frac{R_1 - h}{R_1} \right) \times$$

$$\times R_1 S_B \sqrt{\frac{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}} \quad . \qquad (2.98)$$

Тангенціальне зусилля деформації знаходимо за формулою:

$$P_\theta = \left(\beta\sigma_S \ln \frac{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}} + \sigma_k \right) \arccos\left(\frac{R_1 - h}{R_1} \right) R_1 \times$$

$$\times \sin\left(\frac{R_1 - h}{2R_1} \right) S_B \sqrt{\frac{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}} \quad . \qquad (2.99)$$

Крутильний момент, що необхідний для обертання шнека визначаємо наступним чином:

$$M = m \cdot P_\theta \cdot R_з ; \qquad (2.100)$$

$$M = m \left(\beta\sigma_S \ln \frac{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}} + \sigma_k \right) \arccos\left(\frac{R_1 - h}{R_1} \right) R_1 \times$$

$$\times a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}} \sin\left(\frac{R_1 - h}{2R_1} \right) S_B \sqrt{\frac{a_1^2 b_1^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_1^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_1^2} \right)^{\frac{3}{2}}}{a_2^2 b_2^2 \left(\frac{\cos^2\theta}{a_2^2} + \frac{\sin^2\theta}{b_2^2} \right)^{\frac{3}{2}}}} , \qquad (2.101)$$

де m – кількість одночасно працюючих роликів.

Аналіз залежностей моменту навивання від висоти стрічки проводили на основі формули (2.101) за програмою поданою в додатках. За результатами розрахунків будуємо графік (рис. 2.19) залежності крутильного момент, що необхідний для обертання шнека від радіуса ролика.

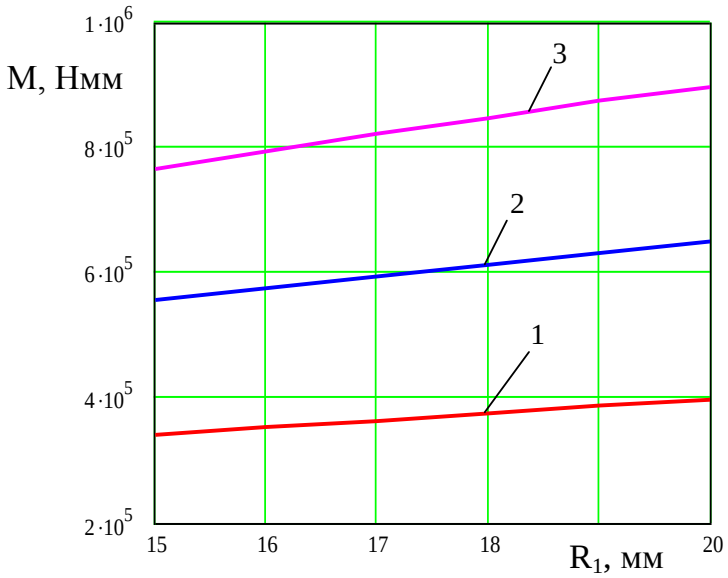


Рисунок 2.19 – Графік залежності максимального крутильного моменту, що необхідний для обертання шнека від радіуса ролика: 1 – R_3=50мм; 2 – R_3=60мм; 3 – R_3=70мм

Як видно з графіків радіус формуючого ролика не суттєво впливає на значення моменту обертання шнека в процесі зміцнення. А при зміцнені зовнішньої кромки зі сторони молої піввісі еліпса при переході на велику піввісь момент зростає в 1,3-1,5 разів.

2.4. Технологічні передумови профілювання еліпсних пустотілих заготовок

Вихідною заготовкою для пустотілих еліпсних заготовок є трубний прокат. Відповідно технологією виробництва передбачається його деформація, одним із запропонованих способів (рис. 2.20), який функціонує за принципом

ротаційно-кувальної машини, а саме шляхом прикладання до протилежних полюсів кола радіально деформуючих зусиль.

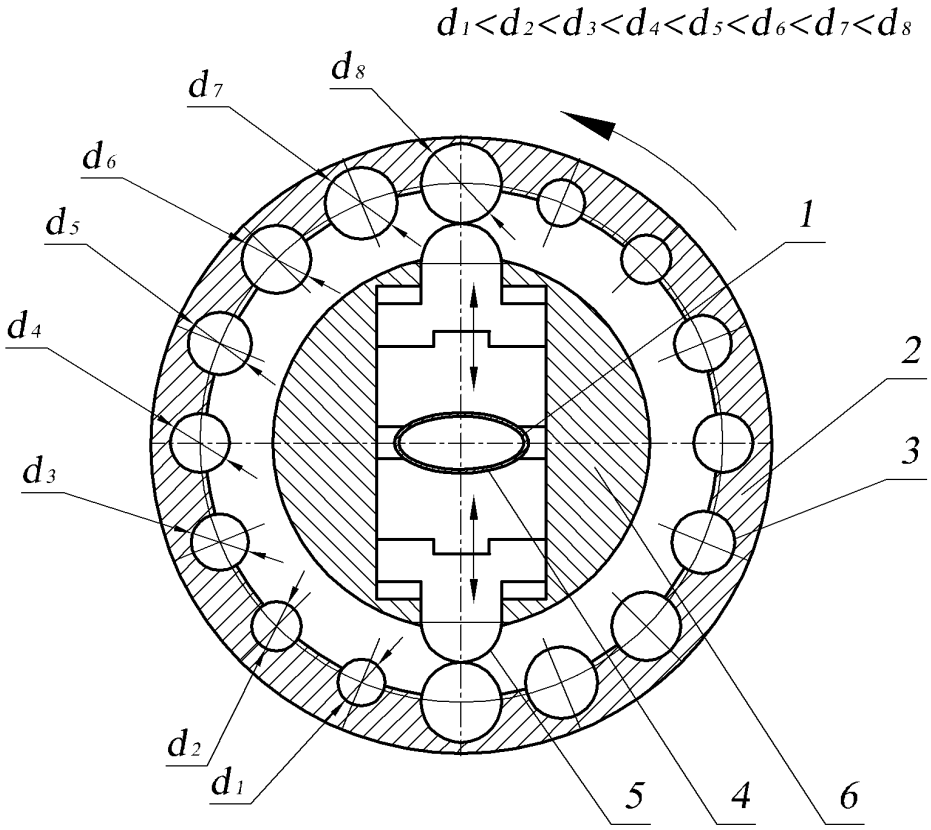


Рисунок 2.20 – Технологічна схема формоутворення еліпсних пустотілих заготовок: 1 – заготовка; 2 – корпус; 3 – ролики; 4 – матриця; 5 – бойок; 6 – шпиндель.

Розглянемо отримувану даними способами форму пружної лінії трубчастої заготовки, а саме її перерізу у вигляді тонкого нерозрізного кільця. Початковий радіус заготовки R, деформуюче зусилля забезпечується двома взаємно врівноваженими радіальними силами Q.

Задавшись початковою умовою, що форми перерізів вихідної заготовки і отримуваного виробу є симетричними. Відповідно для полегшення розрахунку будемо розглядати четверту частину перерізу кільцевої заготовки, причому $P = Q/2$. Довжина пружної лінії буде рівна $l = \pi R/2$. Розрахунок проводимо у системі координат $x'y'$ (рис. 2.21), де вісь x' орієнтована по силі, а згодом розглянемо нерухомі осі в системі xy, яка зв’язана із центром заготовки C.

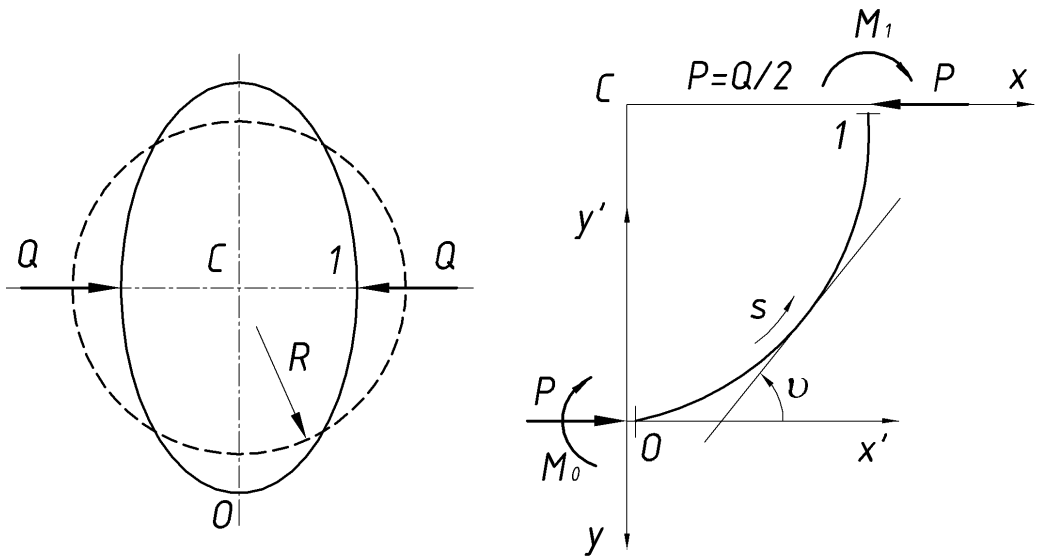


Рисунок 2.21 – Розрахункові схеми для визначення еліптичних параметрів деформованої заготовки

Дослідження доцільно проводити із використання методу еліптичних параметрів. Коефіцієнт подібності буде рівний [75]

$$\beta = \sqrt{Pl^2/H} = (\pi R/2)\sqrt{Q/2H}\,, \qquad (2.102)(1)$$

де H – згинна жорсткість заготовки у довільному перерізі;

Згідно теорії згину $H = EJ$.

Моментний та кутовий коефіцієнти подібності рівні [75]

$$\omega = (2/k)\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}\,; \qquad \zeta = 2\varphi\,, \qquad (2.103)(2)$$

де k, φ – еліптичні параметри;

Відповідно за даними коефіцієнтами можна розрахувати згинний момент у будь-якому перерізі заготовки

$$M = \omega\sqrt{\frac{QEJ}{2}} - \frac{EJ}{R} = \frac{\omega}{2\beta_0} QR - \frac{EJ}{R}\,, \qquad (2.104)(3)$$

де E – модуль пружності; J – осьовий момент інерції площі поперечного перерізу, а також кут нахилу дотичної у довільній точці пружної лінії заготовки

$$\vartheta = \zeta \qquad (2.105)(4)$$

В точці перегину (т.О, див. рис. 2.21) значення моменту та кута нахилу рівні

$$M = -\frac{EJ}{R}, \qquad \vartheta = 2\arcsin k. \qquad (2.106)(5)$$

Рівняння пружної лінії в осях координат $x'y'$

$$\begin{cases} \dfrac{x'}{R} = \dfrac{2}{k\beta_0} E(\varphi) - \left(\dfrac{2}{k^2} - 1\right)\dfrac{s}{R} \\ \dfrac{y'}{R} = \dfrac{2}{k\beta_0}\left(1 - \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}\right) \end{cases} \qquad (2.107)(6)$$

Якщо перейти до системи координат xCy, яка зв'язана із центром C вихідної заготовки, отримаємо

$$x = x'; \qquad y = y_1' - y'. \qquad (2.108)(7)$$

Статична характеристика для гнутого кільця описується залежністю $Q(q)$, де q – зміщення сили Q, причому

$$Q = 2\beta_0^2\left(\frac{EJ}{R^2}\right) = 2\left(\frac{2}{\pi}\beta\right)^2\left(\frac{EJ}{R^2}\right). \qquad (2.109)(8)$$

Фактично величина зміщення рівна

$$q = R - x_1. \qquad (2.110)(9)$$

У нашому випадку, при виготовлені із трубного прокату еліптичних кожухів, мають місце значні зміщення точок початкового контуру заготовки. Відповідно прогин v і зміщення u у довільній точці T, можна визначити наступним чином (рис. 2.22). Як видно із схеми вісь v направляється по радіусу до центру кільцевої заготовки із першопочаткового положення T_0. Вісь напрямлена по дотичній до початкового обрису кільцевої заготовки в сторону напрямку підрахунку довжини дуги s. Довжина дуги s пружної лінії при згині залишається незмінною, причому її відносна величина s/R відповідає значенню кутової координати точки T_0. Координати v, u т. T, які відповідають аналогічному значенню s на пружній лінії кільцевої заготовки, являють собою прогин v і зміщення u в даній т. T.

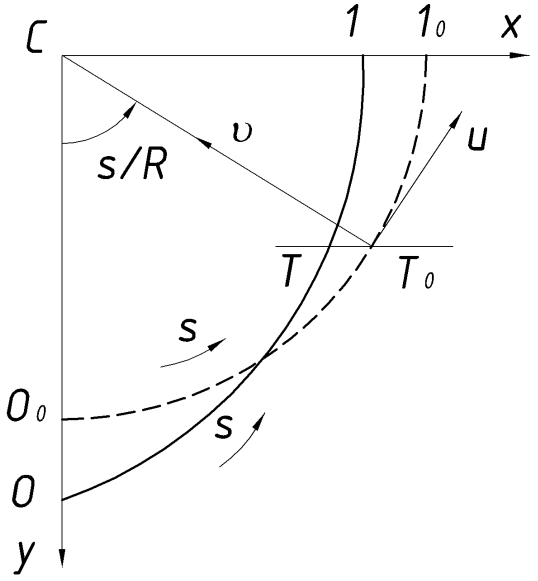


Рисунок 2.22 – Розрахункова схема для визначення прогину та зміщення кільцевої заготовки під час деформації

Значення прогину і зміщення можна розрахувати за формулами [75]

$$v = R - y \cdot \cos\frac{s}{R} - x \cdot \sin\frac{s}{R}, \qquad (2.111)(10)$$

$$u = x \cdot \cos\frac{s}{R} - y \cdot \sin\frac{s}{R}. \qquad (2.112)(11)$$

Для кінцевих точок четвертої частини кільцевої заготовки *O* і *1* отримаємо

$$v_0 = -(y_0 - R), \qquad v_1 = R - x_1. \qquad (2.113)(12)$$

Оскільки дані точки при згині будуть зміщуватися тільки в радіальному напрямку, то їх зміщення u_0 і u_1 будуть нульовими.

Напруження згину при деформації кільцевої заготовки можна розрахувати взявши за основу окремі аналітичні залежності [82]. Фактично напруження згину рівне

$$\sigma = M\frac{h}{2J} = \left(\frac{\omega}{2\beta_0}QR - \frac{EJ}{R}\right)\frac{h}{2J}, \qquad (2.114)(13)$$

де h – товщина стінки кільцевої заготовки.

З урахуванням, що

$$\beta_0 = 2\beta/\pi = \sqrt{QR^2/2EJ}, \qquad (2.115)(14)$$

отримаємо

$$\sigma = Eh/2R\,. \qquad (2.116)(15)$$

Внутрішня енергія згину четвертої частини кільця

$$V = \frac{QR}{2}\left(\frac{\zeta'}{\beta_0} + 0{,}5\omega_0^2 - 1\right) - \frac{\pi EJ}{4R}\,. \qquad (2.117)(16)$$

Відповідно для всього перерізу кільцевої заготовки внутрішня енергія згину рівна

$$\sum V = 4\left[\frac{QR}{2}\left(\frac{\zeta'}{\beta_0} + 0{,}5\omega_0^2 - 1\right) - \frac{\pi EJ}{4R}\right]. \qquad (.2118)(17)$$

На основі проведених теоретичних досліджень побудовані подальші графічні залежності, які представлені на рис. 2.23, 2.24.

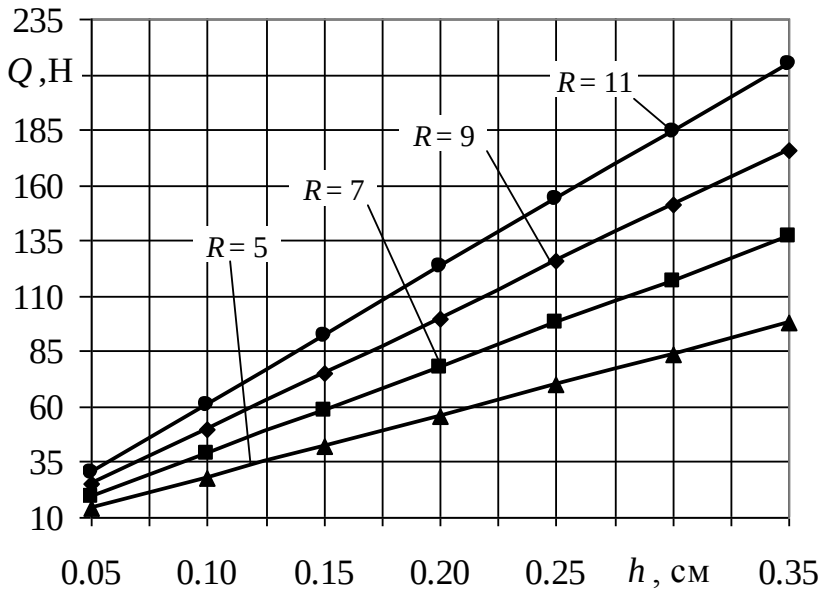


Рисунок 2.23 – Залежність зміни зусилля згину Q від товщини h стінки кільцевої заготовки при різних значеннях її діаметра R

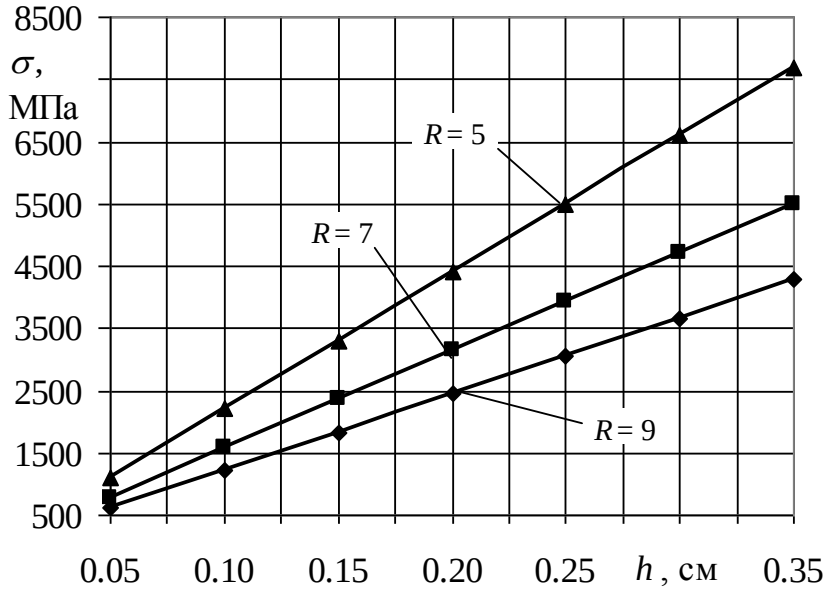


Рисунок 2.24 – Залежність зміни напруження згину σ при деформації кільцевої заготовки від товщини h стінки кільцевої заготовки при різних значеннях її діаметра R

Згідно отриманої методом графічної побудови залежності $Q = f(h)$ можна зробити висновок, що при технологічному виконанні еліпсовидних кожухів, шляхом деформування трубного прокату, спостерігається лінійне збільшення жорсткості вихідної конструкції, що пояснює причину зростання необхідного для формоутворення зусилля Q. Відповідно чим більша товщина стінки вихідної заготовки, тим суттєвіше зростання енергозатрат на деформування. Так для товщини стінки h = 0,5 мм при діаметрах D = 100, 140, 180 і 220 мм відбувається зростання необхідного для формоутворення зусилля від 1,2 до 1,35 рази. Відповідно при розглядуваному значені h = 3,5 мм і аналогічних діаметрах дане співвідношення знаходиться в межах 1,22 до 1,38 раз. Тобто відслідковується чітка лінійна залежність при умові однакових фізико-механічних властивостях матеріалу заготовки. При аналогічних умовах збільшення товщини стінки заготовки в діапазоні h = 0,5…3,5 мм потребує збільшення деформуючого зусилля до 7 раз, незалежно від діаметра заготовки, з чого випливає висновок, що першопочатковим фактором при встановленні зусилля формоутворення є товщина стінки вихідної заготовки.

Проаналізувавши залежності $\sigma = f\ (h)$ встановлено, що вирішальним фактором на зміну напруження згину є саме діаметральні параметри заготовки, виражені через її радіус чи діаметр. Так при однакових значеннях товщини стінки при D = 100 мм значення напруження згину перевищують аналогічні напруження при D = 180 мм більше ніж у 1,8 рази, що пояснюється більшою згинною жорсткістю вихідної заготовки.

2.5. Висновки

1. Вперше досліджено силові параметри формоутворення еліпсних гвинтових елементів на основі ресурсозберігаючих технологій. Особливістю навивання еліпсних гвинтових елементів є те, що радіуси кривизни, а відповідно радіуси гнуття стрічки є змінними протягом одного оберту еліпсної оправки. Тому виведені аналітичні залежності для визначення зовнішнього і внутрішнього радіуса гнуття, моменту для гнуття стрічки. Виведені аналітичні залежності для визначення тангенціальних напружень в зоні стиску і розтягу еліпсної гвинтової стрічки, а також силу гнуття і конструктивні параметри технологічного оснащення.

2. На основі приведеної математичної моделі формоутворення гвинтових заготовок на еліпсних оправах можна проектувати необхідне технологічне оснащення. При цьому, для зменшення моменту обертання оправи, а отже, і зменшення необхідної потужності навивання ПГЗ, потрібно звести до мінімуму коефіцієнт тертя μ_2, наприклад, використовуючи мастила.

3. Розроблена динамічна модель проточування профільних гвинтових канавок з якої записано вирази для визначення власних і вимушених коливань системи, досліджено процес стружкоутворення, що дозволило оцінити зміну зусиль різання в процесі проточування канавок на еліпсній оправі.

4. Вперше розроблено технологічні передумови профілювання пустотілих еліпсних заготовок на основі визначення еліптичних параметрів деформувальних заготовок і виведена аналітична залежність для визначення

згинного моменту. На основі проведених теоретичних досліджень побудовані графічні залежності зміни зусилля згину і зміни напруження згину при деформації кільцевої заготовки від товщини стінки жолоба при різних значеннях її діаметра. Встановлено, що вирішальним фактором на зміну напруження згину є саме діаметральні параметри заготовки. Так при однакових значеннях товщини стінки при D=100 мм значення напруження згину перевищують аналогічні при D=180 мм більше ніж у 1,8 рази.

5. Розроблені технологічні передумови зміцнення гвинтових робочих органів з метою підвищення їх експлуатаційної надійності і довговічності. Для цього розроблена конструкція пристрою, для обкатування ГРО за зовнішнім діаметром шляхом збільшення товщини спіралі в холодному або гарячому стані. Виведені аналітичні залежності для визначення контактних і радіальних напружень, а також радіальних і тангенціальних зусиль деформації. Виведені також аналітичні залежності для визначення крутного моменту для обертання шнека при його обтискуванні в залежності від радіуса ролика: R_p= 50, 60 і 70 мм, при цьому момент змінюється в межах $4 \cdot 10^5$ по $8 \cdot 10^5$ Нмм.

РОЗДІЛ 3
ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень виготовлення деталей еліпсних гвинтових робочих органів

Згідно мети дисертаційної роботи та поставлених задач, а також проведеного теоретичного аналізу, програма експериментальних досліджень включає наступні етапи:

- Спроектувати і виготовити функціонально здатні зразки технологічного оснащення для виготовлення еліпсних гвинтових елементів;
- провести лабораторні дослідження для визначення радіальної сили деформації стрічки під час виготовлення еліпсних гвинтових заготовок формувальним інструментом залежно від матеріалу та факторів: ширини стрічки, товщини стрічки та половини меншої осі еліпса;
- провести дослідження процесу проточування зовнішніх прямокутних гвинтових канавок з визначенням сили різання при різних геометричних параметрах канавки і матеріалах заготовки;
- уточнити достовірність запропонованих теоретичних розрахунків, щодо визначення силових та конструктивних параметрів устаткування;
- статистично обробити результати експериментів з метою визначення рівнянь регресій та емпіричних залежностей, що адекватно описують досліджувані процеси.

3.2. Стендове оснащення та методика проведення експериментальних досліджень

Для проведення експериментальних досліджень процесу проточування нами було розроблено та виготовлено пристрій для нарізання зовнішніх

профільних гвинтових канавок (рис. 3.1). Даний пристрій складається з корпуса 1 з центральним наскрізним отвором 2 діаметром більшим зовнішнього діаметра еліпсної заготовки 3. Корпус жорстко закріплений за допомогою держака 4 в поздовжньому супорті верстату з можливістю осьового переміщення вздовж заготовки. Також корпус оснащений різцетримачами 5, що розміщені діаметрально один напроти іншого, і встановлені по гвинтовій лінії гвинтової канавки 6 еліпсної заготовки. Різцетримачі виконані у вигляді циліндричних оправок, вільний торець яких жорстко закритий кришкою 7 на корпусі. В них кріпляться різальні інструменти 8 з профілем рівним профілю гвинтової канавки, та з можливістю радіального переміщення. До різців підведена охолоджуюча рідина через штуцер 9, який жорстко закріплений до зовнішньої грані корпуса. Крім того до різальних інструментів приєднано мікрометричні регулювальні пристрої 10 вильоту різців зі шкалою ноніуса. Регулювання різальних інструментів на крок здійснюється переміщенням різцетримачів разом з відрегульованим на певний виліт різальних інструментів по передачі гвинт-гайка. В якості гайки використовуються різцетримачі, які є в зачепленні з гвинтом 11, що жорстко закріплений в корпусі з можливістю осьового обертання через підшипник 12 за допомогою маховика 13 з рукояткою.

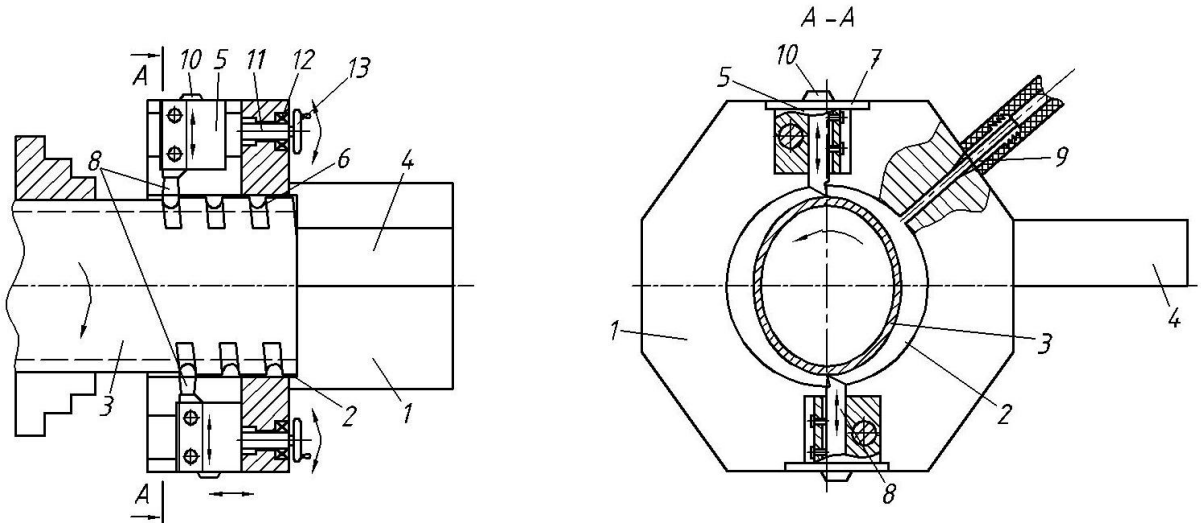


Рисунок 3.1 – Пристрій для нарізання зовнішніх профільних гвинтових канавок

Робота пристрою для нарізання зовнішніх гвинтових профільних канавок здійснюється наступним чином. Виставляють різальні інструменти 8, у кожен з різцетримачів 5 на необхідну величину вильоту за допомогою мікрометричних регулювальних пристроїв 10 на стендах. Потім встановлюють різцетримачі з виставленими різальними інструментами в корпус 1 пристрою і вводять в зачеплення з гвинтом 11. Потім встановлюють пристрій на супорті верстату і закріплюють за допомогою держака 4. Різальні інструменти регулюються на крок за допомогою передачі гвинт-гайка по шаблону. Після налагодження пристрою на супорті верстату, вмикають верстат і проводять процес канавко утворення. Для підвищення стійкості різальних інструментів по штуцеру 9 подається охолоджуюча рідина. Після нарізання канавок на певну довжину при реверсі на робочій подачі відводять пристрій від шпинделя верстату, заготовку знімають, встановлюють нову і проводять процес канавко утворення.

Для проведення експериментальних досліджень процесу навивання нами розроблено та виготовлено пристрій для навивання еліпсних гвинтових елементів з заданим кроком (рис. 3.2). Який виконано у вигляді U-подібного кронштейна 1, низ якого жорстко з'єднано з різцетримачем 2 токарного верстату. Кріпиться пристрій за допомогою двох кронштейнів 3 болтами 4 для підвищення жорсткості конструкції і відповідно підвищення якості виготовлення гвинтових еліпсних заготовок. Пристрій встановлюють під кутом до осі еліпсної оправки 5 рівним куту підйому гвинтової лінії з можливістю осьового переміщення. Крім цього права вітка U-подібного кронштейна в свою чергу виконана у вигляді двох вертикальних паралельних стійок, лівої 6 і правої 7. В дані стійки знизу і зверху паралельно між собою встановлені вали відповідно верхній 8 і нижній 9 в підшипники 10 з можливістю кругового провертання. На верхній вал 8 жорстко встановлено направляючий шків 11 з затискним диском 12, регулювання величини зазору між їх торцевими поверхнями здійснюється за допомогою регулювальної гайки 13. Вона нагвинчена на лівій ступені верхнього вала, і стискує направляючий шків і затискний диск пружиною. На нижньому валу 9 U-подібного кронштейна 1 з

права знизу жорстко встановлено направляючий ролик 14, який встановлено на відстані одного кроку гвинтової заготовки 15 від притискного диска 12 з можливістю кругового провертання. Знизу U-подібного кронштейна на осі 16 встановлено подаючий ролик 17 з можливістю кругового провертання, який є у взаємодії з стрічковою заготовкою 18 при її подачі в зону формоутворення. Ролик утворює калібр 19 з нерухомим циліндричним упором 20, який жорстко встановлений в нижній частині U-подібного кронштейна перпендикулярно до напрямку руху стрічкової заготовки. Вісь подаючого ролика встановлена в осьовий паз 21 з можливістю осьового переміщення і регулювання величини калібру. З протилежної сторони від осьового паза 21 встановлено підтискну пружину 22, яка стискується болтом 23. Величина калібру 19 регулюється гвинтом 24 і стопориться гайкою 25.

В разі потреби для нагріву стрічкової заготовки використовується індуктор 26, який встановлюють на різцетримачі токарного верстату.

Еліпсна оправка жорстко кріпиться в кулачках токарного патрону 27 верстату, а на її зовнішній поверхні, на полюсах більшої осі нарізана гвинтова канавка 28 кроком, рівним кроку гвинтової еліпсної заготовки і шириною, більшою товщини стрічкової заготовки для можливості вільного її входження в канавку. Для кріплення кінця стрічкової заготовки на оправці виконано осьовий паз 29, перпендикулярно до площини гвинтової канавки з можливістю затиску стрічкової заготовки.

Для забезпечення надання еліпсної форми гвинтовій заготовці між направляючим шківом і затискним диском на валу 8 встановлено формуючу змінну шайбу 30, форма і розміри якої рівні витку еліпсної гвинтової заготовки. По зовнішньому діаметрі формуючої шайби нанесено рифлення для уникнення проковзування стрічки і заклинювання при навиванні. Вал 8 з усіма встановленими на нього елементами закріплюється між стійками 6 і 7 за допомогою кришки 31, з можливістю швидкої заміни необхідних елементів для навивання еліпсної гвинтової заготовки іншого розміру.

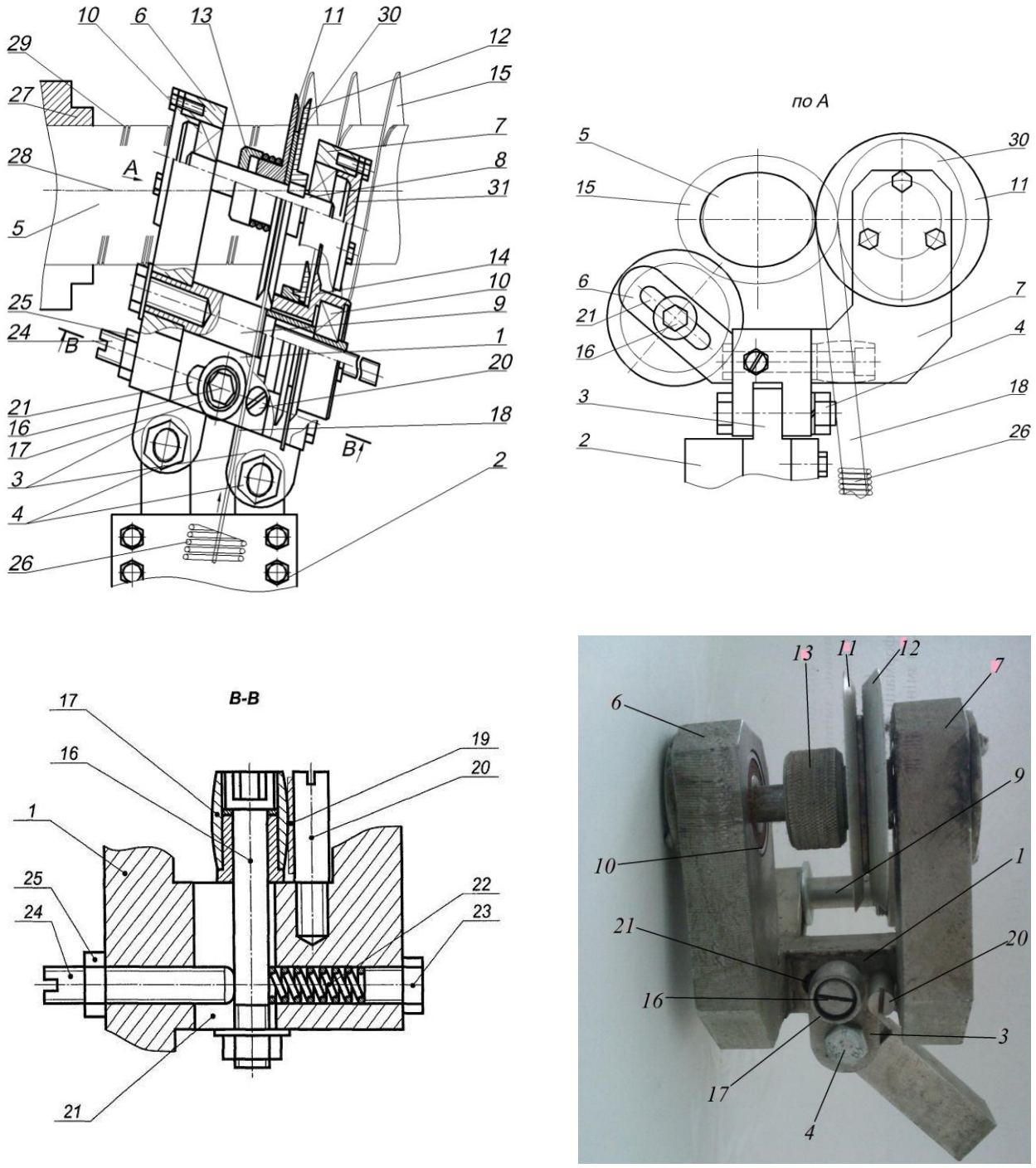


Рисунок 3.2 – Пристрій для навивання гвинтових заготовок та загальний вигляд

Робота пристрою для навивання гвинтових еліпсних заготовок із заданим кроком здійснюється наступним чином. Закріплюють еліпсну оправку 5 в патрон 27 токарного верстату. Пристрій закріплюють в різцетримачі 2 верстату і підводять в зону формоутворення. Стрічкову заготовку 18 пропускають через пристрій, а її відігнутий на 90° кінець закріплюють в осьовому пазу на еліпсній оправці. Після налаштування верстату на необхідний режим роботи його

вмикають і стрічкова заготовка подається в зону формоутворення і здійснюється навивання 0,5...0,75 витка. Після чого здійснюється формоутворення кроку спіралі, яка встановлюється в направляючий ролик 14. Оправка 5 провертається, і в її гвинтову канавку 28 здійснюється навивання гвинтової еліпсної заготовки 15. В разі потреби для підвищення пластичності стрічкової заготовки 18 вмикають індуктор 26, який здійснює її нагрів, що сприяє покращенню формоутворення гвинтової спіралі. Після закінчення технологічного процесу пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок із заданим кроком відводиться у верхнє положення, а оправка 5 з гвинтовою еліпсною заготовкою 15 знімається з верстату, а на її місце встановлюється нова.

Методика проведення експериментальних досліджень по проточуванню зовнішніх профільних гвинтових канавок була наступною. Різці закріпили в різцетримачах пристрою для проточування зовнішніх профільних гвинтових канавок попередньо виставивши їх на стенді на необхідний виліт (величина *S*). Після того, дані різцетримачі встановлювали в пристрій для проточування і регулювали необхідну відстань між ними, яка рівна половині кроку необхідної гвинтової канавки, так, щоб другий різець проходив по траєкторії першого різця. Заготовку еліпсної оправки закріплювали в патроні токарного верстату (у нашому випадку моделі 16Е16КП). Попередньо налагоджений на необхідні розміри пристрій для проточування зовнішніх профільних гвинтових канавок закріплювали у різцетримачі того ж токарного верстату. Усі механічні передачі верстату виставляли на необхідні режими роботи до пуску двигуна.

Для пуску двигуна, регулювання частоти його обертання, та зняття експериментальних даних використовували перетворювач частоти Altivar 61, який працює в діапазоні потужності двигуна від 0,7 кВт до 800 кВт та програмне забезпечення PowerSuite v.2.5.0.

Силові кабелі приєднували через перетворювач частоти Altivar 61 до електросистеми токарного верстату. В свою чергу Altivar 61 підключали до ПК. У вікні програми PowerSuite v.2.5.0. вибирали модель даного перетворювача

частоти та налаштовували необхідні параметри пуску двигуна і режим його роботи. Після усіх підготовчих робіт запускали процес проточування зовнішньої гвинтової канавки.

Після завершення процесу проточування у вікні програми Power Suite на дисплеї комп’ютера отримували дані про зміну крутного моменту і потужності двигуна в часі. Результати отримували у форматі графічних залежностей у вікні програми на дисплеї комп’ютера рис.3.3.

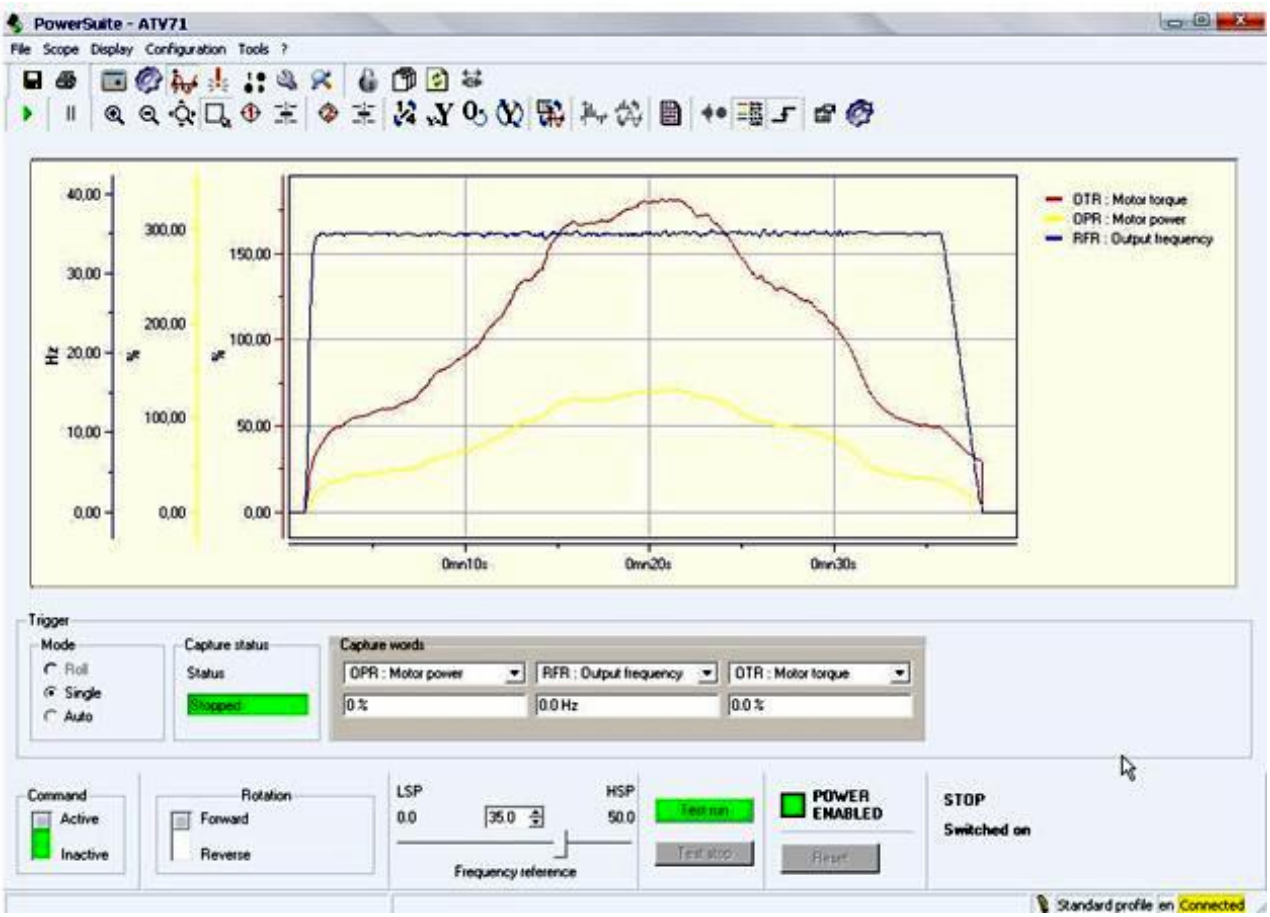


Рисунок 3.3 – Зразок вікна програми з отриманими результатами

Методика проведення експериментальних досліджень по навиванні стрічки на еліпсну оправку була наступною. Еліпсну оправу з попередньо нарізаній на ній гвинтовій канавці закріплювали в патроні токарного верстату. Пристрій для навивання еліпсних гвинтових елементів налагоджували на заданий типорозмір еліпсної гвинтової заготовки описаним вище методом, і

кріпили в різцетримачі токарного верстату. Через пристрій для навивання подали один кінець стрічкової заготовки в зону формування і жорстко закріпили в осьовому пазу до оправки описаним вище методом. Усі механічні передачі верстату виставляли на необхідні режими роботи до пуску двигуна.

Для пуску двигуна, регулювання частоти його обертання, та зняття експериментальних даних використовували перетворювач частоти Altivar 61 та програмне забезпечення PowerSuite v.2.5.0, аналогічно до методики проведення експериментальних досліджень по проточування зовнішніх профільних гвинтових канавок, описаної вище.

Конструктивна схема експериментальної установки і обладнання для регулювання параметрів процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок, та процесу навивання стрічки на еліпсну оправу, і отримання результатів зображено на рис. 3.4, а на рис. 3.5 представлено загальний вигляд експериментальної установки.

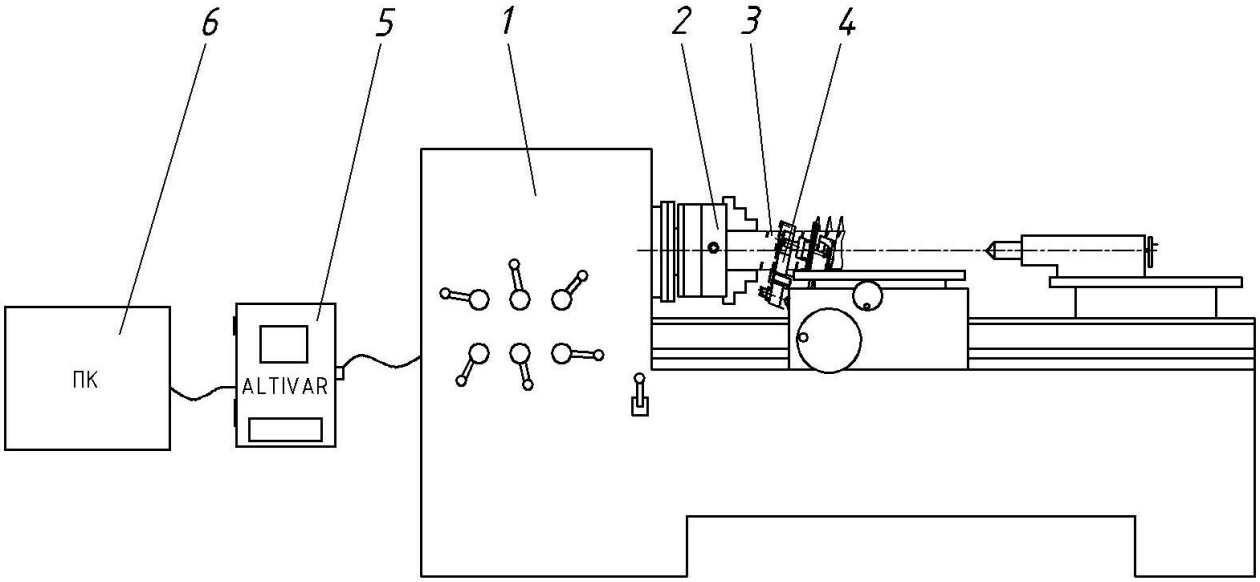


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема дослідної установки: 1 – токарно-гвинторізний верстат; 2 – патрон верстату; 3 – еліпсна оправа; 4 – пристрій для навивання еліпсних гвинтових елементів з заданим кроком; 5 – Altivar 61; 6 – ПК

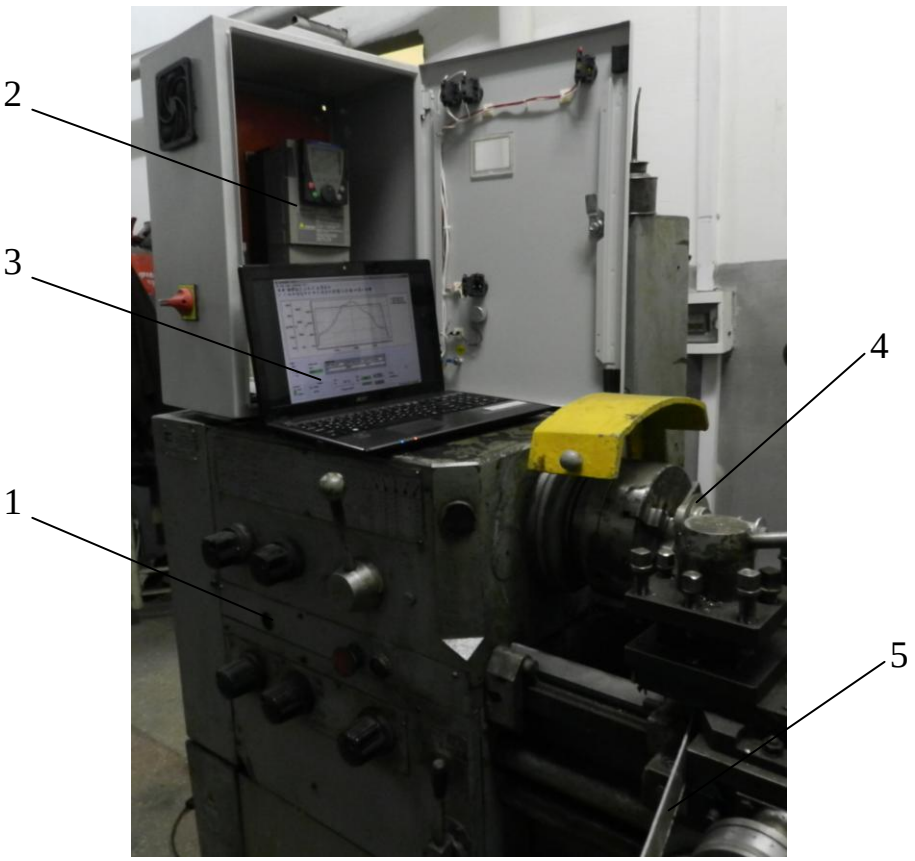


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд: 1 – токарно-гвинторізний верстат; 2 – Altivar 61; 3 – ПК; 4 – пристрій для навивання еліпсних гвинтових елементів з заданим кроком; 5 – стрічкова заготовка

Аналіз отриманих результатів проводили згідно методики проведення багатофакторних експериментальних досліджень описаній в пункті 3.3. За його результатом отримано ряд графічних залежностей представлений в розділі 4.

Величини крутного моменту і потужності двигуна фіксувались у відсотках від номінальних. Потужність двигуна визначалась із добутку номінальної потужності двигуна (7,5 кВт) на максимальне відсоткове значення для вибраного режиму. Аналогічно для крутного моменту. Для визначення номінального крутного моменту використовувалась відома формула:

$$M_n = \frac{9554 \cdot P_n}{n} \text{ (Нм)},$$

де P_n – номінальна потужність двигуна (кВт);

n – частота обертання (об/хв).

Для нашого випадку: M_n=45,86Нм.

Перевищення паспортних даних потужності та крутного моменту двигуна пояснюється тим, що перетворювач частоти Altivar може короткочасно перевищувати свій номінальний струм до 170%. Якщо перетворювач вибрано із запасом, то 170% перетворювача можуть становити 210% перевантаження двигуна.

Потрібно також відмітити, що крутний момент перетворювач розраховує за математичною моделлю і похибка може становити до 20% (або 5% в режимі зі зворотнім зв’язком з енкодера).

На рис. 3.6 зображено еліпсну оправу з нарізаною на ній гвинтовою канавкою, та еліпсну гвинтову заготовку.

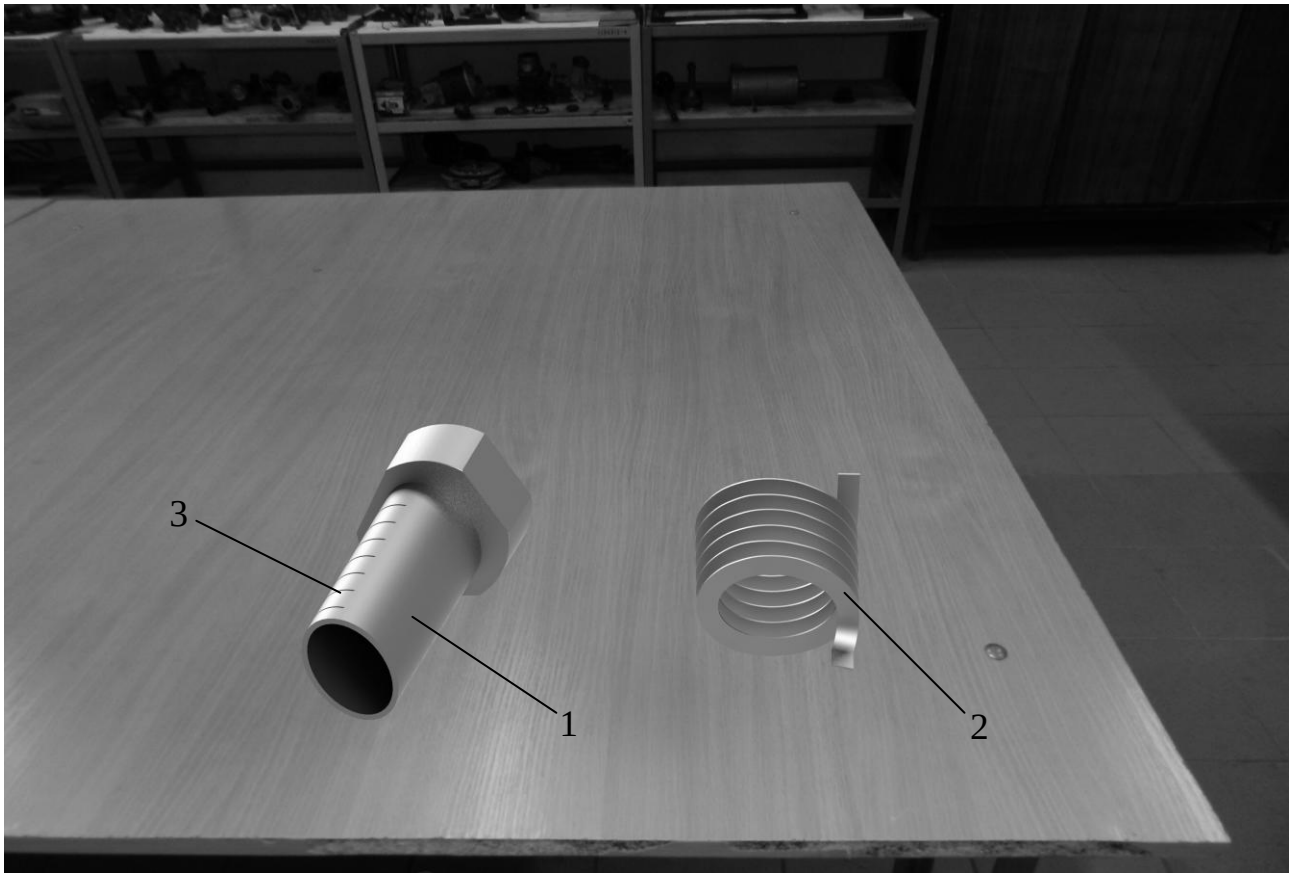


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд еліпсної оправи з нарізаною гвинтовою канавкою, та еліпсної гвинтової заготовки: 1 – еліпсна оправа; 2 – ЕГЗ; 3 – зовнішня гвинтова канавка

3.3. Методика проведення багатофакторних експериментальних досліджень

Для визначення впливу конструктивно-кінематичних параметрів (незалежних факторів x_i) процесу проточування гвинтових прямокутних канавок на зусилля різання, та під час формоутворення еліпсних гвинтових заготовок на силу гнуття притискним роликом (параметр оптимізації P) проведено два окремі повнофакторні експерименти, тобто визначення залежності сили різання від зміни трьох основних факторів і відповідно визначення сили гнуття притискним роликом від зміни трьох основних факторів:

– від глибини різання t, швидкості різання V та ширини канавки b, тобто $P_p=f(t,V,b)$;

– від товщини стрічки H, ширини стрічки B та половини меншої осі еліпса b, тобто $P=f(H,B,b)$ для матеріалів Ст 3, Сталь 08кп, алюмінієвий сплав Д16.

При заданій схемі проточування зовнішніх прямокутних гвинтових канавок відрізним різцем товщина зрізуваного шару приймається за радіальну подачу S, а ширина канавки b приймається за глибину різання t. Тобто, в подальшому $P_p=f(S,V,t)$.

В процесі виконання експерименту в наслідок проточування еліпсної поверхні швидкість різання і сила різання носили змінний характер. Проте було встановлено, що сила різання приймає найбільше значення під час проточування вершини еліпса радіусом R_{max}, тобто при максимальній швидкості різання і постійній кількості обертів. Оскільки в результатах експериментальних досліджень враховувалась максимальна тангенціальна сила різання, то в якості одного із факторів прийнято максимальну швидкість різання.

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням загальновідомих методик регресійного аналізу [4, 28]. Для

отримання регресійних моделей параметрів оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту, реалізацію якого проводили у наступній послідовності.

Оскільки, під час проведення експериментів змінні незалежні фактори неоднорідні та мають різні одиниці вимірювання, а числа, що виражають значення цих факторів – різні порядки, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від дійсних значень до кодованих.

Зв'язок між кодованими x_i та натуральними X_i змінними факторами встановлювали за залежністю [4]:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \tag{3.3}$$

де X_{i0} – натуральне значення *i*-го фактору на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання *i*-го фактору.

Повнофакторний експеримент проводили на трьох рівнях варіювання факторів. Нульовий рівень, або середнє значення кожного вхідного фактору, визначали за формулою [4]:

$$X_0 = \frac{X_{max} + X_{min}}{2}, \tag{3.4}$$

де X_0 – числове значення нульового рівня вхідного фактору;

X_{max} – числове значення верхнього рівня вхідного фактору;

X_{min} – числове значення нижнього рівня вхідного фактору.

Визначали інтервали варіювання факторами [4]:

$$\Delta X_i = \frac{X_{max} - X_{min}}{2}. \tag{3.5}$$

Вводили умовні позначення верхнього, нижнього та нульового рівнів варіювання факторів, відповідно +1, -1, 0 для побудови план-матриці планування експериментів [28]. Дослідження проводили, проточуючи заготовки із Ст3 ГОСТ 380-94 та дюралюмінію Д16, та навиваючи полосу із Ст3, Сталі 08кп, та дюралюмінію Д16 на еліпсну оправку.

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 3.1

для проточування гвинтових канавок і табл. 3.2 для гнуття полоси притискним роликом.

Таблиця 3.1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур./кодовані		
	натур.	код.				
Подача	*S*, мм	x_1	0,1	0,5/+1	0,4/0	0,3/-1
Глибина різання	*t*, мм	x_2	0,5	3,0/+1	2,5/0	2,0/-1
Мінімальна швидкість різання	*V*, м/хв	x_3	10	45/+1	35/0	25/-1

Таблиця 3.2

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Товщина стрічки	*H*, мм	x_1	0,5	3,0(+1)	2,5(0)	2,0(-1)
Ширина стрічки	*B*, мм	x_2	7	30(+1)	23(0)	16(-1)
Половина меншої осі еліпса	*b*, мм	x_3	5	42(+1)	37(0)	32(-1)

Після кодування вхідних факторів складали план-матриці повнофакторних експериментів типу ПФЕ 3^3 для загального числа дослідів $N = P^k$, де *P* – кількість рівнів варіювання, *к* – кількість діючих вхідних факторів у експерименті, наведені для експериментальних досліджень проточування канавок та гнуття полоси відповідно у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Умовна план-матриця експерименту типу ПФЕ 3^3 для $P=f(H,B,b)$ та $P_p=f(S,V,t)$

№ досл.	Рівні факторів				Взаємодія факторів				Параметр оптимізації, У повторюваність			Середні значе-ня, У
	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	1	2	3	$У_{сер.}$
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	$У_{11}$	$У_{12}$	$У_{13}$	$У_{1c}$
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	$У_{21}$	$У_{22}$	$У_{23}$	$У_{2c}$
3	+1	0	-1	-1	0	0	+1	0	$У_{31}$	$У_{32}$	$У_{33}$	$У_{3c}$
4	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	$У_{41}$	$У_{42}$	$У_{43}$	$У_{4c}$
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	$У_{51}$	$У_{52}$	$У_{53}$	$У_{5c}$
6	+1	0	+1	-1	0	0	-1	0	$У_{61}$	$У_{62}$	$У_{63}$	$У_{6c}$
7	+1	-1	0	-1	0	+1	0	0	$У_{71}$	$У_{72}$	$У_{73}$	$У_{7c}$
8	+1	+1	0	-1	0	-1	0	0	$У_{81}$	$У_{82}$	$У_{83}$	$У_{8c}$
9	+1	0	0	-1	0	0	0	0	$У_{91}$	$У_{92}$	$У_{93}$	$У_{9c}$
10	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$У_{101}$	$У_{102}$	$У_{103}$	$У_{10c}$
11	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	$У_{111}$	$У_{112}$	$У_{113}$	$У_{11c}$
12	+1	0	-1	+1	0	0	-1	0	$У_{121}$	$У_{122}$	$У_{123}$	$У_{12c}$
13	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	$У_{131}$	$У_{132}$	$У_{133}$	$У_{13c}$
14	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	$У_{141}$	$У_{142}$	$У_{143}$	$У_{14c}$
15	+1	0	+1	+1	0	0	+1	0	$У_{151}$	$У_{152}$	$У_{153}$	$У_{15c}$
16	+1	-1	0	+1	0	-1	0	0	$У_{161}$	$У_{162}$	$У_{163}$	$У_{16c}$
17	+1	+1	0	+1	0	+1	0	0	$У_{171}$	$У_{172}$	$У_{173}$	$У_{17c}$
18	+1	0	0	+1	0	0	0	0	$У_{181}$	$У_{182}$	$У_{183}$	$У_{18c}$
19	+1	-1	-1	0	+1	0	0	0	$У_{191}$	$У_{192}$	$У_{193}$	$У_{19c}$
20	+1	+1	-1	0	-1	0	0	0	$У_{201}$	$У_{202}$	$У_{203}$	$У_{20c}$
21	+1	0	-1	0	0	0	0	0	$У_{211}$	$У_{212}$	$У_{213}$	$У_{21c}$
22	+1	-1	+1	0	-1	0	0	0	$У_{221}$	$У_{222}$	$У_{123}$	$У_{22c}$
23	+1	+1	+1	0	+1	0	0	0	$У_{231}$	$У_{232}$	$У_{233}$	$У_{23c}$
24	+1	0	+1	0	0	0	0	0	$У_{241}$	$У_{242}$	$У_{243}$	$У_{24c}$
25	+1	-1	0	0	0	0	0	0	$У_{251}$	$У_{252}$	$У_{253}$	$У_{25c}$
26	+1	+1	0	0	0	0	0	0	$У_{261}$	$У_{262}$	$У_{263}$	$У_{26c}$
27	+1	0	0	0	0	0	0	0	$У_{271}$	$У_{272}$	$У_{273}$	$У_{27c}$

З метою достовірної оцінки експериментальних даних, необхідну кількість вимірів показників, що контролюються (повторність дослідів), визначали за методикою, викладеною у [4], при цьому досліди проводили у трикратній повторності.

При цьому функцію відгуку (параметр оптимізації) приймали у вигляді апроксимуючої математичної моделі повного квадратичного полінома, який описує реальний експериментальний процес:

$$У = \eta = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + \\ + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (3.6)$$

де η – експериментальне значення сили різання, та сили гнуття Н;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ – коефіцієнти регресії відповідних значень вхідних факторів x_i;

x_1, x_2, x_3 – вхідні кодовані фактори.

Коефіцієнти апроксимуючого полінома, представленого у вигляді повного квадратичного рівняння, за умови ортогональності та симетрії, визначали за відповідними загальними формулами [28]:

- вільний член b_0 і коефіцієнти b_i i-го фактору:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}\bar{y}_u}{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2} = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}\bar{y}_u}{N}; \quad (3.7)$$

- коефіцієнти взаємодії b_{ij}:

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu}x_{ju}\bar{y}_u}{N}, \quad (3.8)$$

де x_{iu} – значення кодованої змінної у відповідному стовпці плану експерименту;

$\bar{y}_u$ – середній результат u-го досліду;

u – порядковий номер досліду;

i – номер фактору;

j, k – номер фактору, відмінного від i-го;

N – кількість проведених експериментів.

Статистичну значимість коефіцієнтів рівняння регресії b_i проводили за t – критерієм Ст'юдента та визначали у такій послідовності [28]:

- визначали дисперсію похибок дослідів у рядках плану ПФЕ:

$$S_u^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n} (y_{ui} - \bar{y}_u)^2, \tag{3.9}$$

де n – кількість паралельних дослідів (повторюваностей одного експерименту);

j =1, 2,..., n;

- визначали дисперсію відтворення досліду:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^{N} S_u^2, \tag{3.10}$$

- визначали похибку відтворення:

$$S_y = \sqrt{S_y^2}, \tag{3.11}$$

- визначали умову значимості коефіцієнтів b_i рівняння регресії:

$$b_{i(jk)} > \frac{t_T S_y}{\sqrt{Nn}}, \tag{3.12}$$

де t_T – табличне значення коефіцієнта Ст'юдента, яке вибирається з таблиці залежно від ступеня відповідності f та рівня значимості α [28].

Ступінь відповідності дорівнює:

$$f = (n-1)N. \tag{3.13}$$

Якщо умова значимості (3.10) не виконується, то такий коефіцієнт b_i рівняння регресії приймали рівним нулю, а відповідний член x_i рівняння регресії виключали.

Перевірку адекватності вибраної математичної моделі експериментальним даним, тобто відповідність математичної моделі реальному процесу, здійснювали за F - критерієм Фішера наступним чином [28]:

- визначали дисперсію адекватності:

$$S_{ag}^2 = \frac{n}{N-g'} \sum_{u=1}^{N} (\bar{y}_u - \tilde{y}_u)^2 , \qquad (3.14)$$

де $N - g'$ – число степеней вільності дисперсії адекватності;

g' – число значимих коефіцієнтів в рівнянні регресії;

$\bar{y}_u$ – середнє значення відгуку в u-му досліді;

$\tilde{y}_u$ – значення відгуку в u-й точці плану, обчислене за рівнянням регресії;

- визначали розрахунковий критерій відповідності Фішера F_p:

$$F_p = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} , \qquad (3.15)$$

де S_y^2 – дисперсія відтворення досліду;

- визначали табличне значення критерію Фішера F_T за заданим рівнем значимості α і двома степенями відповідності [28]: $f_{ag} = N - g$ та $f_y = N(n-1)$.

Умову адекватності вибраної математичної моделі перевіряли згідно нерівності:

$$F_p < F_T . \qquad (3.16)$$

Отримане значення F_p порівнювали з табличним F_T. Якщо умова $F_p < F_T(0{,}05, f_{ag}, f_y)$ виконувалась, тобто розрахункове значення F_p – критерію Фішера менше табличного F_T при 5 %-му рівні значущості, числі степені вільності дисперсії адекватності $f_{ag} = N - g$ та числі степені вільності дисперсії відтворюваності $f_y = N(n-1)$, то рівняння регресії ПФЕ адекватне експериментальним даним.

За результатами розрахунків, які проводили за допомогою пакету прикладних статистичних програм оброблення та аналізу результатів експериментальних досліджень для ПК, будували залежності поверхонь відгуку параметра оптимізації та двомірний переріз поверхонь відгуку для наочного зображення результатів проведених експериментальних досліджень.

Для побудови та аналізу залежностей зміни сили різання від параметрів процесу проточування та зміни сили гнуття від параметрів процесу навивання використовували пакет статистичної програми для ПК „Statistica 6.0”. Аналіз випадковості процесу оцінювали за стандартними методиками, при цьому визначали математичне сподівання *M*, дисперсію випадкової величини *D* та коефіцієнт варіації *V* [4, 28].

Залежність параметру оптимізації, тобто сили різання та сили гнуття від зміни одного вхідного фактору за постійного значення інших факторів будували за допомогою пакета прикладної програми “Math Cad 2001”.

Апроксимацію отриманої експериментальної ломаної лінії, яка побудована за результатами проведених досліджень, проводили за відомими стандартними методиками, при цьому величину відхилення (“неузгодженості”) визначали за способом найменших квадратів, яка описується залежністю:

$$\Theta = \sum_{i=1}^{N} \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^{N} (m_{i_e} - m_{i_m})^2 , \qquad (3.19)$$

де $\Theta = \varepsilon^2$ – величина “неузгодженості”;

m_{i_e} , m_{i_m} – відповідно теоретичне, визначене за емпіричною формулою та експериментальне значення i -го досліду.

3.4 Висновки

1. Відповідно до мети роботи та поставлених завдань представлена програма проведення експериментальних досліджень.

2. Для проведення експериментальних досліджень по проточуванню зовнішніх профільних гвинтових канавок розроблено експериментальне устаткування, а саме пристрій для проточування зовнішніх профільних гвинтових канавок. Представлено детальний опис його конструкції і принцип його роботи. Аналогічно для проведення експериментальних досліджень по навиванню стрічки на еліпсну оправу розроблено пристрій для навивання

еліпсних гвинтових заготовок із заданим кроком. Представлено детальний опис конструкції пристрою та принцип його роботи.

3. Представлено конструкцію експериментальної установки, яка складається з токарного верстату моделі 16Е16КП, перетворювача частоти Altivar 61 для зняття експериментальних даних, ПК для оброблення експериментальних даних. І відповідно для проведення експериментальних досліджень по проточуванню зовнішніх профільних гвинтових канавок, з пристрою для проточування гвинтових канавок та еліпсної пустотілої заготовки, а для проведення експериментальних досліджень по навиванню стрічки на оправу, з пристрою для навивання еліпсних гвинтових заготовок із заданим кроком, стрічкової заготовки, та еліпсної оправи з нарізаною на ній гвинтовою канавкою. Описано процес налаштування дослідної установки і принцип проведення на ній експериментальних досліджень.

4. Представлено методику проведення багатофакторних експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати експериментальних досліджень сили проточування прямокутних гвинтових канавок

На основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту було проведено ряд експериментальних досліджень, в яких визначали залежність сили різання від глибини різання, швидкості різання та подачі.

Силу різання визначено за допомогою пристроїв і способів, описаних в розділі 3. В процесі виконання експерименту змінювали оброблюваний матеріал – Ст 3 та дюралюміній Д16. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Для підтвердження основних теоретичних викладок, які відносяться до встановлення закономірностей зміни сили різання матеріалів: Ст. 3 та дюралюміній Д16 від глибини різання, швидкості різання та товщини зрізуваного шару проведено лабораторні експериментальні дослідження, порядок виконання яких наведено у підрозділі 3.3.

Для побудови вибраної математичної моделі з всього напрацьованого експериментального масиву даних складено таблиці результатів повнофакторного експерименту типу ПФЕ 3^3, побудовані згідно табл. 3.3 (підрозділ 3.3).

Побудову даних таблиць проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами ПФЕ 3^3 прийнято:

- товщина зрізуваного шару *S*, мм, яку кодували індексом x_1;

- глибину різання *t*, мм, яку кодували індексом x_2;

- мінімальна швидкість різання *V*, м/хв, яку кодували індексом x_3.

Характеристику факторів та значення їх рівнів для оброблюваних матеріалів наведено у табл. 4.1

Таблиця 4.1

Характеристика факторів та значення їх рівнів

Кодоване позначення фактора	Найменування фактора	Значення рівнів фактора
x_1	Товщина зрізуваного шару *S*, мм	0,3-0,4-0,5
x_2	Глибина різання *t*, мм	2-2,5-3
x_3	Мінімальна швидкість різання *V*, м/хв	25-35-45

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома за формулами (3.7), (3.8), при цьому отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 4.2.

Загальний вигляд рівняння регресії сили різання залежно від зміни товщини зрізуваного шару, глибини різання та швидкості різання тобто $P^{i}_{p(x_1,x_2,x_3)} = f(S,t,V)$ за результатами проведених ПФЕ 3^3 у кодованих величинах дорівнюють:

- для заготовок із Ст 3:

$$P^{Cm3}_{p(x_1,x_2,x_3)} = 1773 + 383{,}2x_1 + 252{,}4x_2 - 12x_3 + 53{,}25x_1x_2 + \\ + 1x_1x_3 + 68{,}25x_2x_3 - 35x_1^2 - 33x_2^2 - 17x_3^2 \quad ; \qquad (4.1)$$

- для заготовок із дюралюмінію Д16:

$$P^{Д16}_{p(x_1,x_2,x_3)} = 335 + 67{,}1x_1 + 50{,}2x_2 - 9{,}9x_3 + 10{,}125x_1x_2 - \\ - 1{,}88x_1x_3 - 1{,}38x_2x_3 - 1{,}72x_1^2 - 1{,}22x_2^2 + 1{,}29x_3^2 \quad ; \qquad (4.2)$$

де x_1 – кодоване значення товщини зрізуваного шару;

x_2 – кодоване значення глибини різання;

x_3 – кодоване значення швидкості різання.

Таблиця 4.2

Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коеф.	Ст 3	Д16
b_0	1773	335
b_1	383,2	67,1
b_2	252,4	50,2
b_3	-12	-9,9
b_{12}	53,25	10,125
b_{13}	1	-1,88
b_{23}	68,25	-1,38
b_{11}	-35	-1,72
b_{22}	-33	-1,22
b_{33}	-17	1,29

Оцінку статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірку адекватності (відповідності) отриманого теоретичного розподілу випадкових величин рівнянь регресії (4.1), (4.2) реальному експериментальному процесу проводили згідно методики, яка наведена у підрозділі 3.3.

Таким чином, після проведених розрахунків, із значеннями коефіцієнтів рівняння регресії (4.1) b_{13} =1 та (4.3) b_{13} = -1,88; b_{23} = -1,38; b_{11} = -1,72; b_{22} = -1,22; b_{33} = 1,29 не виконується умова їх значущості згідно нерівності (3.12).

Тоді кінцеві рівняння регресії, що відображають функціональну залежність сили різання у кодованих величинах має вигляд:

- для заготовок із Ст 3:

$$P^{Ст3}_{(x_1,x_2,x_3)} = 1773 + 383,2x_1 + 252,4x_2 - 12x_3 + 53,25x_1x_2 + \\ +68,25x_2x_3 - 35x_1^2 - 33x_2^2 - 17x_3^2; \qquad (4.3)$$

- для заготовок із дюралюмінію Д16:

$$P^{Д16}_{(x_1,x_2,x_3)} = 335 + 67,1x_1 + 50,2x_2 - 9,9x_3 + 10,125x_1x_2, \qquad (4.4)$$

Відповідно у натуральних величинах (координатах) рівняння регресії (4.3), (4.4) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- для заготовок із Ст 3:

$$\begin{aligned} P^{Ст3}_{p(S,t,V)} = -313,68 + 3969,5S + 261,05t - 23,43V + 1065tS + \\ + 13,65tV - 3500S^2 - 132t^2 - 0,17V^2 \end{aligned}; \qquad (4.5)$$

- для заготовок із дюралюмінію Д16:

$$P^{Д16}_{p(S,t,V)} = 52,75 + 164,75S + 19,4t - 0,99V + 202,5tS; \qquad (4.6)$$

Отримані рівняння регресії (4.3, 4.4) та регресійні залежності (4.5, 4.6) можуть бути використані для визначення сили проточування прямокутних гвинтових канавок P_p залежно від товщини зрізуваного шару, глибини різання та швидкості різання у таких межах зміни вхідних факторів:

$$0,3 \le S \le 0,5 \text{ (мм)}; \; 2 \le t \le 3 \text{ (мм)}; \; 25 \le V \le 45 \text{ (м/хв)}.$$

Для визначення впливу основних кінематичних і геометричних показників на силу проточування гвинтових канавок на заготовках із різних матеріалів, використовували стандартне програмне забезпечення для ПК, за допомогою якого побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів сили проточування гвинтових канавок P_p як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення сили різання є: фактори x_1, x_2, (S, t), в меншій мірі - фактор x_3 (V) та комбінації усіх факторів. В загальному для зменшення сили проточування гвинтових канавок необхідно зменшувати товщину зрізуваного шару, та збільшувати швидкість різання.

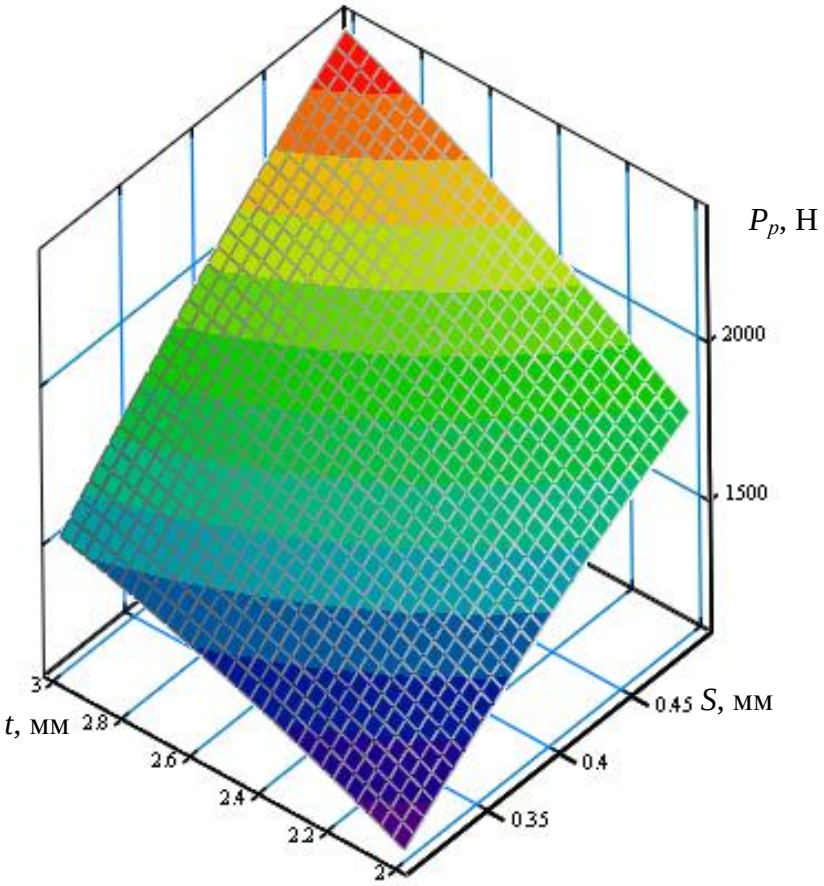
Згідно отриманих рівнянь регресії побудовано поверхні відгуку та

двомірні їх перерізи сили проточування гвинтових канавок від зміни двох факторів для $x_3 = const$, наведені відповідно в підрозділі 4.2.

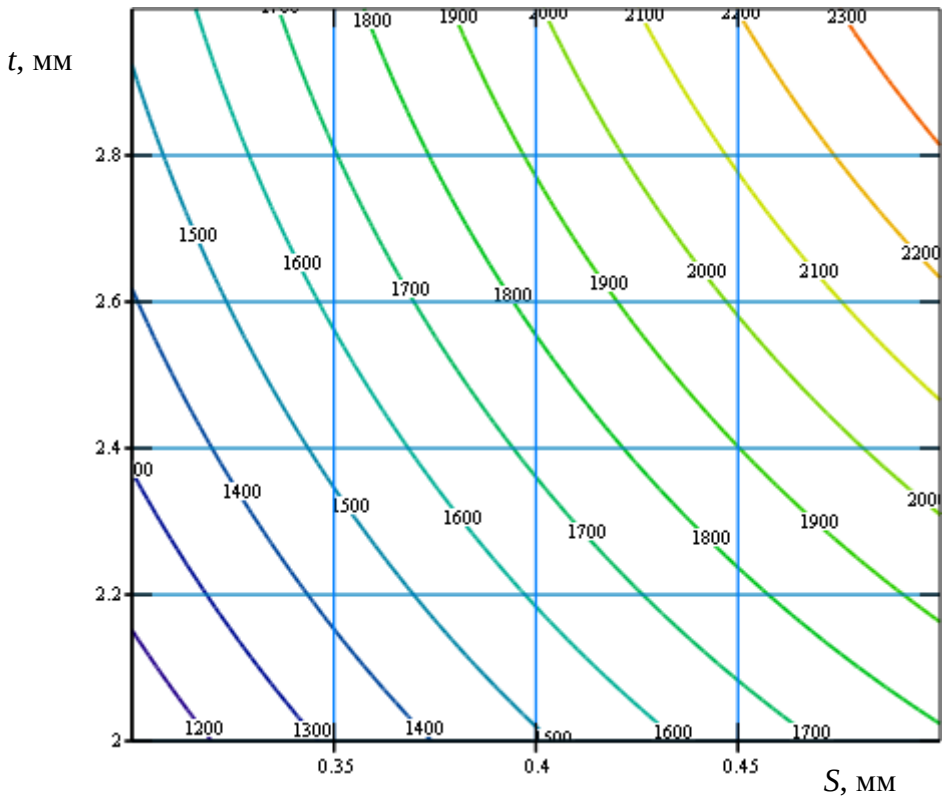
4.2. Графоаналітичне оброблення результатів експериментальних досліджень проточування профільних гвинтових канавок

Під час експерименту проводили дослідження сили проточування прямокутних гвинтових канавок на еліпсних заготовках із Ст 3 та дюралюмінію Д16. Для всіх факторів експеримент проведено в трьохкратній повторюваності, після чого визначено середнє значення результату.

Графічні значення результатів залежності сили проточування прямокутних гвинтових канавок у заготовках із Ст 3 з використанням «Mathcad 2000 Professional» наведено на рис. 4.1 – 4.3.

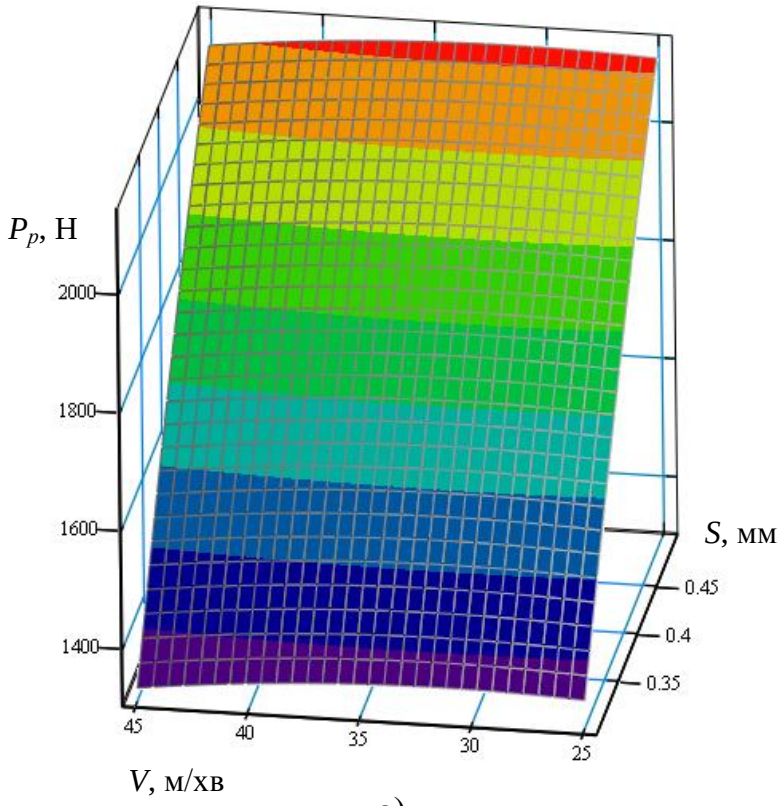


а)

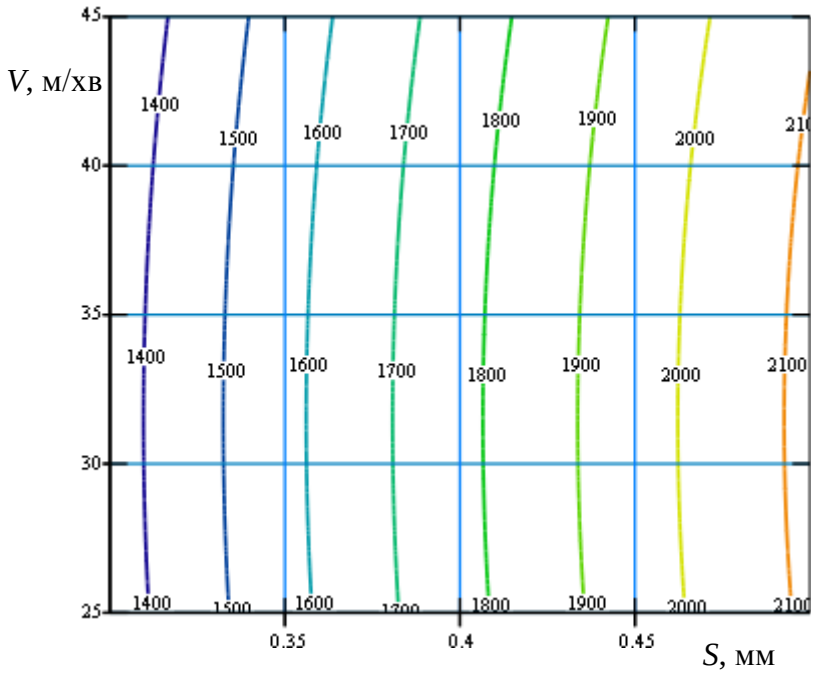


б)

Рисунок 4.1. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(S,t)}^{Cm3}$ на заготовці із Ст 3 (*V*=35м/хв)

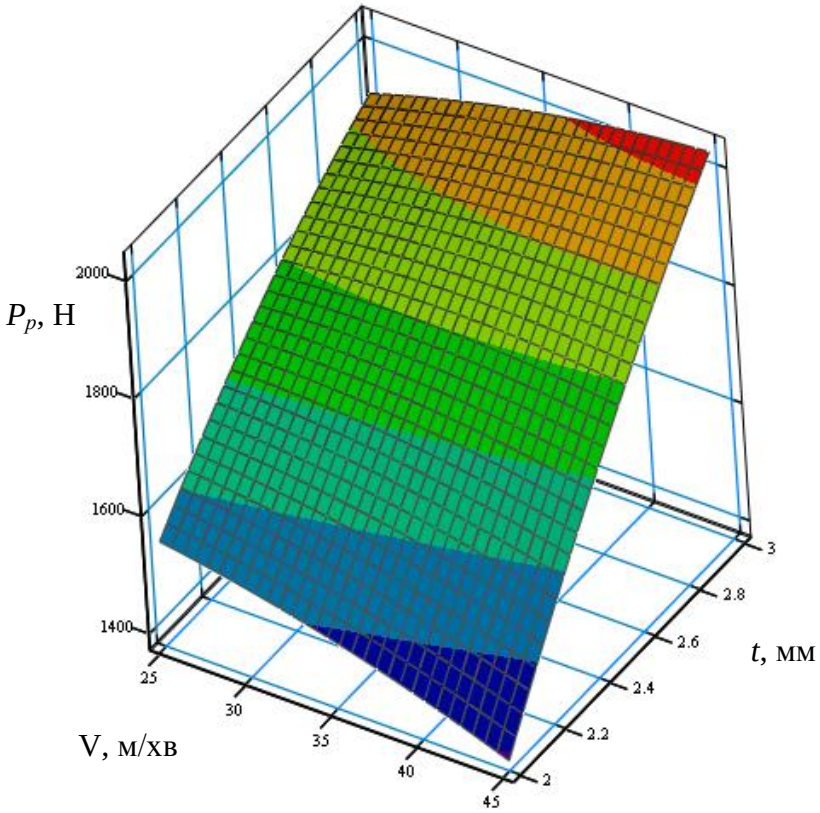


а)

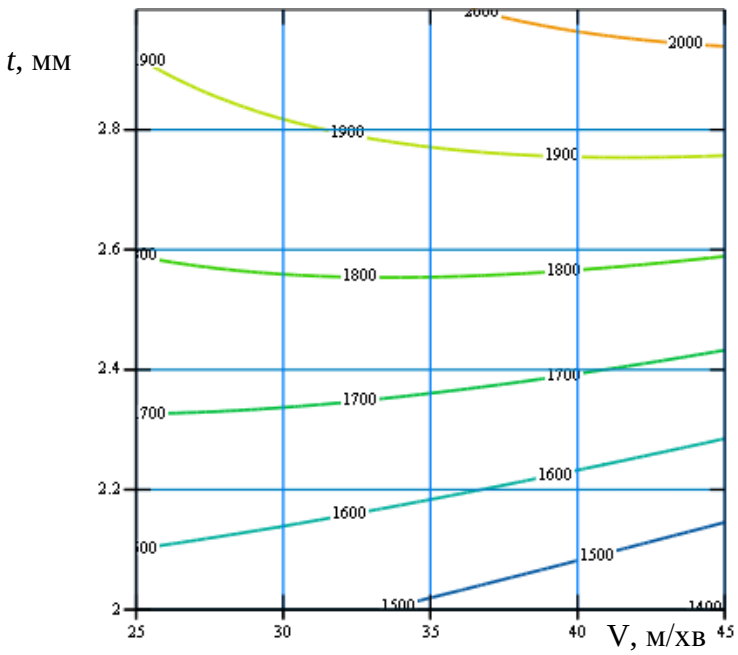


б)

Рисунок 4.2. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(S,V)}^{Cm3}$ на заготовці із Ст3 (t=2,5мм)



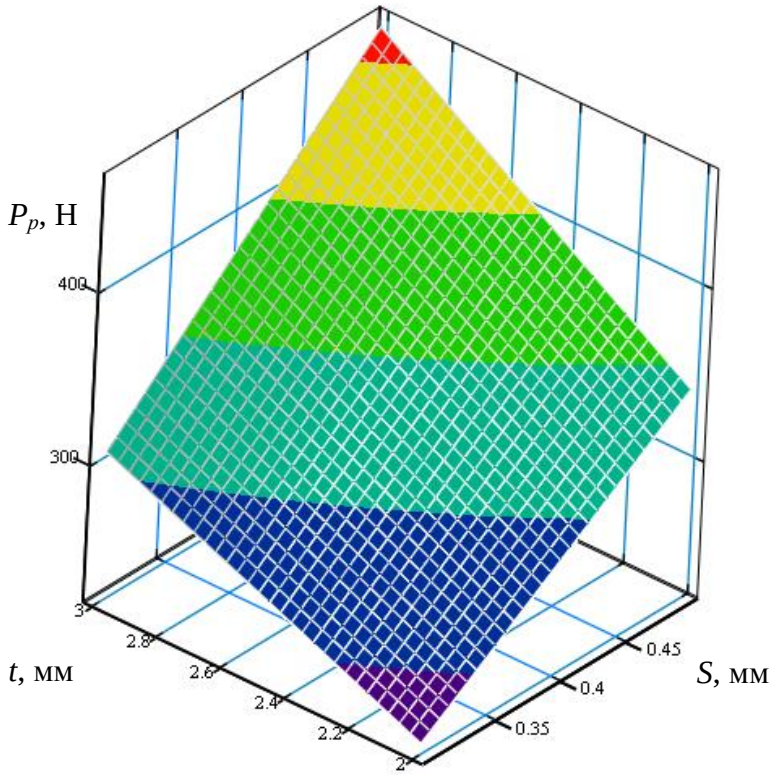
а)



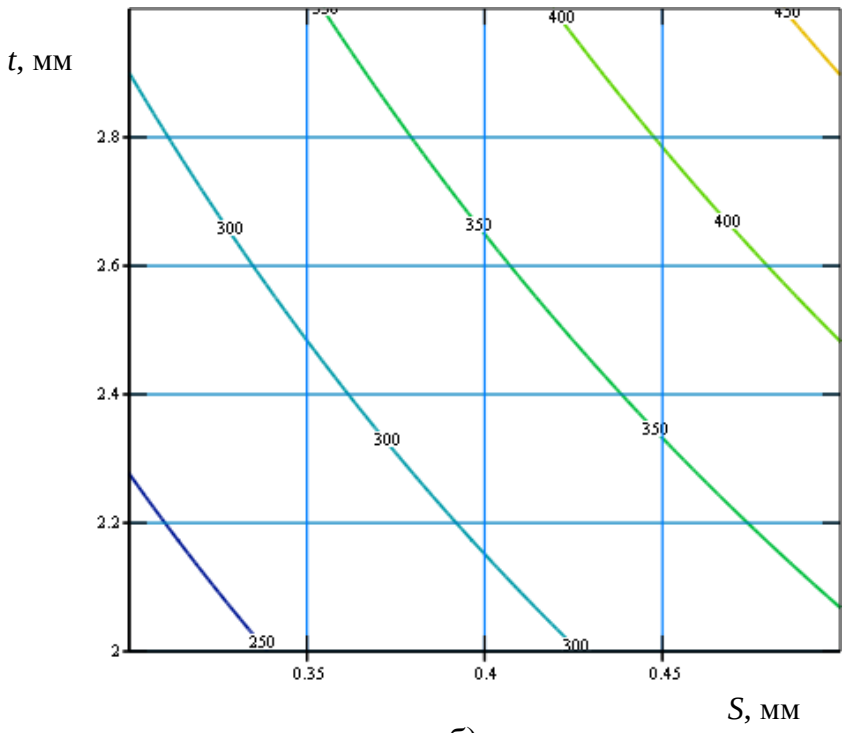
б)

Рисунок 4.3. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(V,t)}^{Cm3}$ на заготовці із Ст3 (S=0,4мм)

На рис. 4.4 – 4.6 зображено графічні залежності результатів проточування прямокутних гвинтових канавок у заготовках із дюралюмінію.

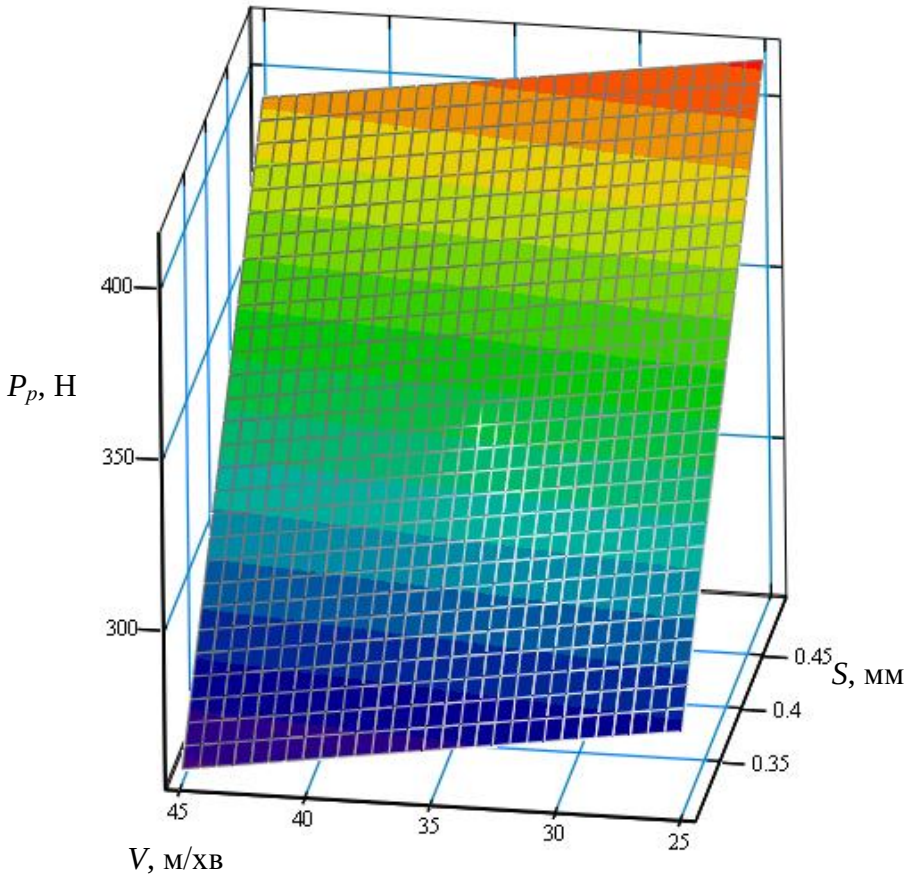


а)

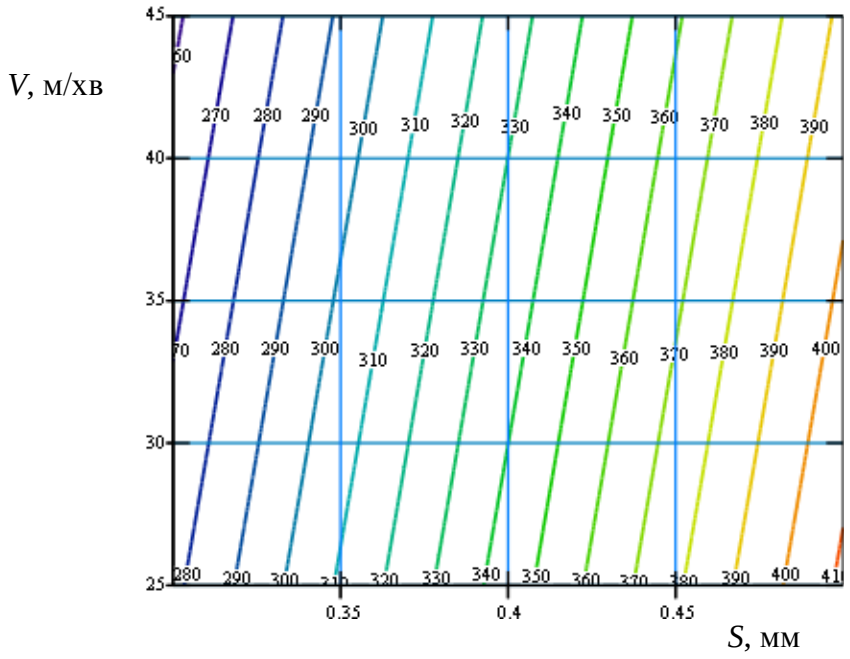


б)

Рисунок 4.4. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(S,t)}^{Д16}$ на заготовці із дюралюмінію Д16 (V=35м/хв)

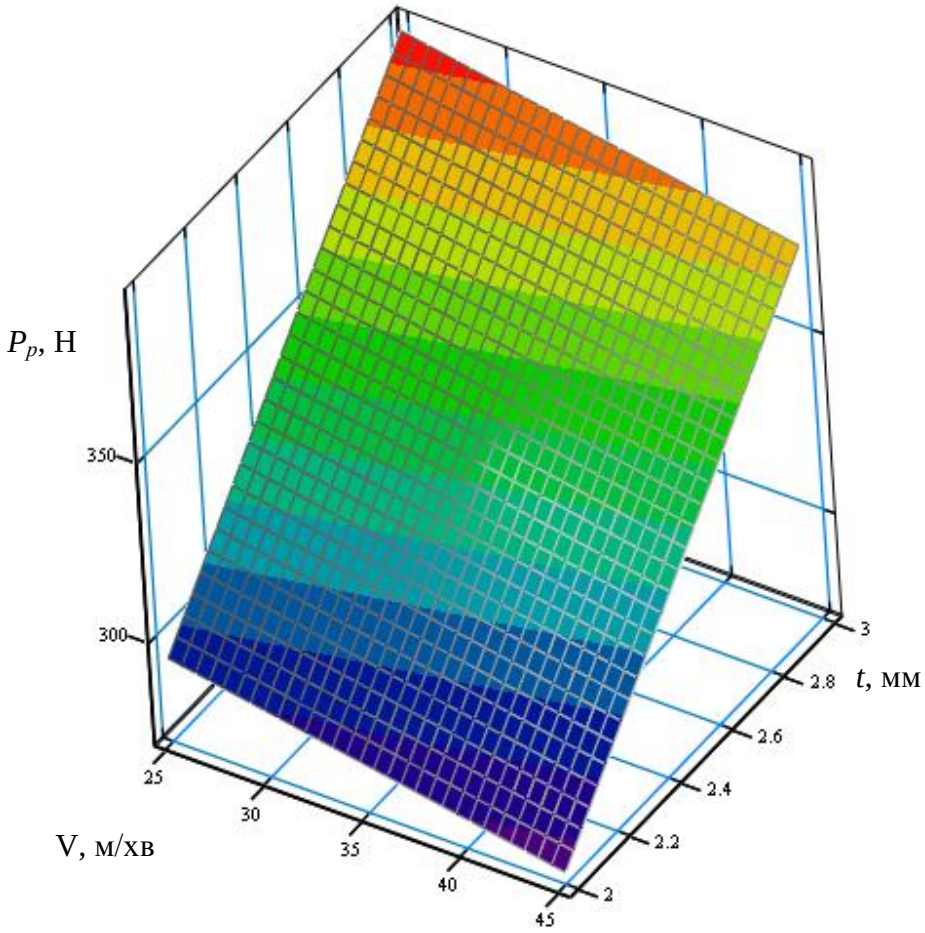


а)

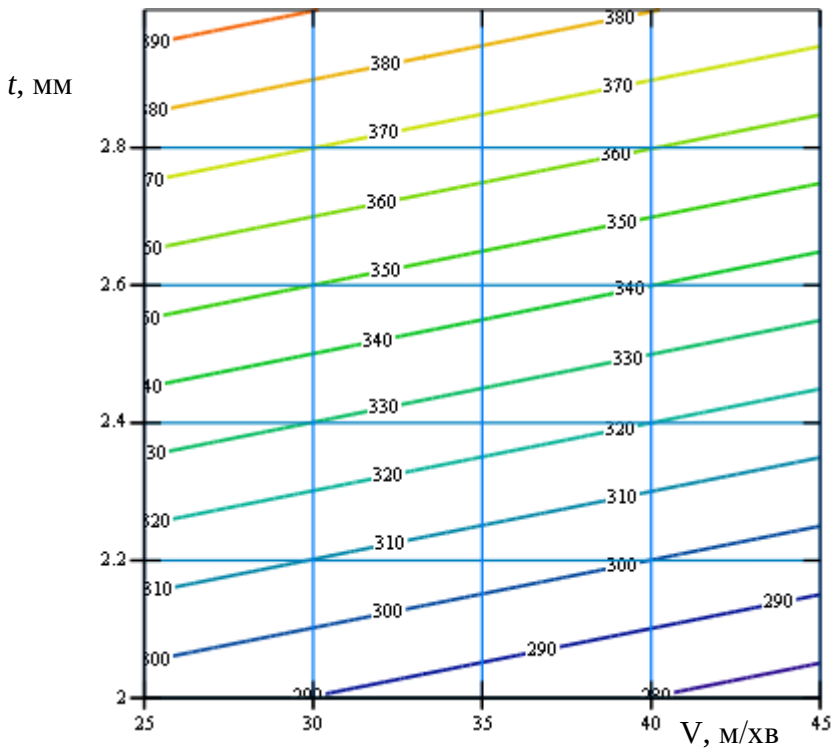


б)

Рисунок 4.5. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(S,V)}^{Д16}$ на заготовці із дюралюмінію Д16 (t=2,5мм)



а)



б)

Рисунок 4.6. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{p(V,t)}^{Д16}$ на заготовці із дюралюмінію Д16 (S=0,4мм)

З рисунків 4.1 – 4.6 видно, що із збільшенням подачі під час проточування а також глибини різання сила різання зростає, а при збільшенні швидкості різання – спадає. Максимальна сила різання досягає 2400Н для заготовок із Ст 3 та 480Н для заготовок із алюмінієвого сплаву Д16.

Розходження між результатами експериментальних та теоретичних досліджень знаходиться в межах 12%.

4.3 Результати досліджень сили гнуття притискним роликом під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів

На основі експериментальних досліджень перевіримо адекватність теоретичних досліджень з визначення впливу матеріалу стрічки та її геометричних параметрів і параметрів еліпсної оправки на силові показники процесу навивання еліпсних гвинтових елементів.

По методиці проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту проведено ряд експериментальних досліджень, в яких визначали залежність сили гнуття притискним роликом від зміни трьох основних факторів: від товщини стрічки *H*, ширини стрічки *B* та половини меншої осі еліпса *b* для матеріалів Ст 3, Сталь 08кп, алюмінієвий сплав Д16 під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів.

Силу гнуття притискним роликом заміряли за допомогою пристроїв і способів, описаних в розділі 3. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома за формулами (3.7), (3.8) і отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 4.3.

Загальний вигляд рівняння регресії сили гнуття притискним роликом залежно від зміни товщини стрічки *H*, ширини стрічки *B* та половини меншої осі еліпса *b*, тобто $\overset{i}{P}_{(x_1,x_2,x_3)} = f(H,B,b)$ для кодованих значень факторів має вигляд:

- для матеріалу стрічки Ст 3

$$P_{(x_1,x_2,x_3)} = 6707 + 1435x_1 + 3986x_2 - 303{,}7x_3 + 798{,}2x_1x_2 - \\ - 62{,}7x_1x_3 - 162{,}8x_2x_3 + 1{,}04x_1^2 + 572{,}54x_2^2 + 14{,}09x_3^2 \quad (4.7)$$

- для матеріалу стрічки Сталь 08кп

$$P_{(x_1,x_2,x_3)} = 5206 + 1117x_1 + 3094x_2 - 232{,}09x_3 + 614{,}59x_1x_2 - \\ - 52{,}31x_1x_3 - 130{,}6x_2x_3 + 0{,}25x_1^2 + 442{,}55x_2^2 + 10{,}55x_3^2 \quad (4.8)$$

- для матеріалу стрічки алюмінієвий сплав Д16

$$P_{(x_1,x_2,x_3)} = 7907 + 1691x_1 + 4702x_2 - 356{,}6x_3 + 942{,}7x_1x_2 - \\ - 73{,}12x_1x_3 - 194{,}17x_2x_3 + 2{,}16x_1^2 + 676{,}3x_2^2 + 18{,}81x_3^2 \quad (4.9)$$

де x_1 – кодоване значення товщини стрічки; x_2 – кодоване значення ширини стрічки; x_3 – кодоване значення половини меншої осі еліпса.

Таблиця 4.3.

Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коефіц.	Ст 3	Сталь 08кп	Д16
b_0	6707	5206	7907
b_1	1435	1117	1691
b_2	3986	3094	4702
b_3	-303,7	-234,09	-356,6
b_{12}	798,2	614,59	942,7
b_{13}	-62,7	-52,31	-73,12
b_{23}	-162,8	-130,6	-194,17
b_{11}	1,04	0,25	2,16
b_{22}	572,54	442,55	676,3
b_{33}	14,09	10,55	18,81

Усі коефіцієнти є значущими.

Для натуральних значень факторів рівняння регресії (4.7-4.9) приймуть вигляд:

- для матеріалу стрічки Ст 3

$$P_{(H,B,b)} = 2496,2 - 1468,15H - 366,09B + 67,23b + 228,06HB - \\ -25,08Hb - 4,65Bb + 4,16H^2 + 11,68B^2 + 0,56b^2, \quad (4.10)$$

- для матеріалу стрічки Сталь 08кп

$$P_{(H,B,b)} = 1522,38 - 1025,54H - 274,38B + 60,08b + 175,59HB - \\ -20,92Hb - 3,73Bb + H^2 + 9,02B^2 + 0,42b^2, \quad (4.11)$$

- для матеріалу стрічки алюмінієвий сплав Д16

$$P_{(H,B,b)} = 3087,4 - 1773,9H - 431,27B + 73,72b + 269,34HB - \\ -29,25Hb - 5,54Bb + 8,64H^2 + 13,8B^2 + 0,75b^2. \quad (4.12)$$

Отримані рівняння регресії (4.7-4.9) та (4.10-4.12) можуть бути використані для визначення сили гнуття притискним роликом від зміни трьох основних факторів: від товщини стрічки *H*, ширини стрічки *B* та половини меншої осі еліпса *b* для матеріалів Ст 3, Сталь 08кп, алюмінієвий сплав Д16 під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів у таких межах зміни вхідних факторів: $2 \le H \le 3$ (мм); $16 \le B \le 30$ (мм); $32 \le b \le 42$ (мм) при половині більшої осі еліпса $a = 45$ мм.

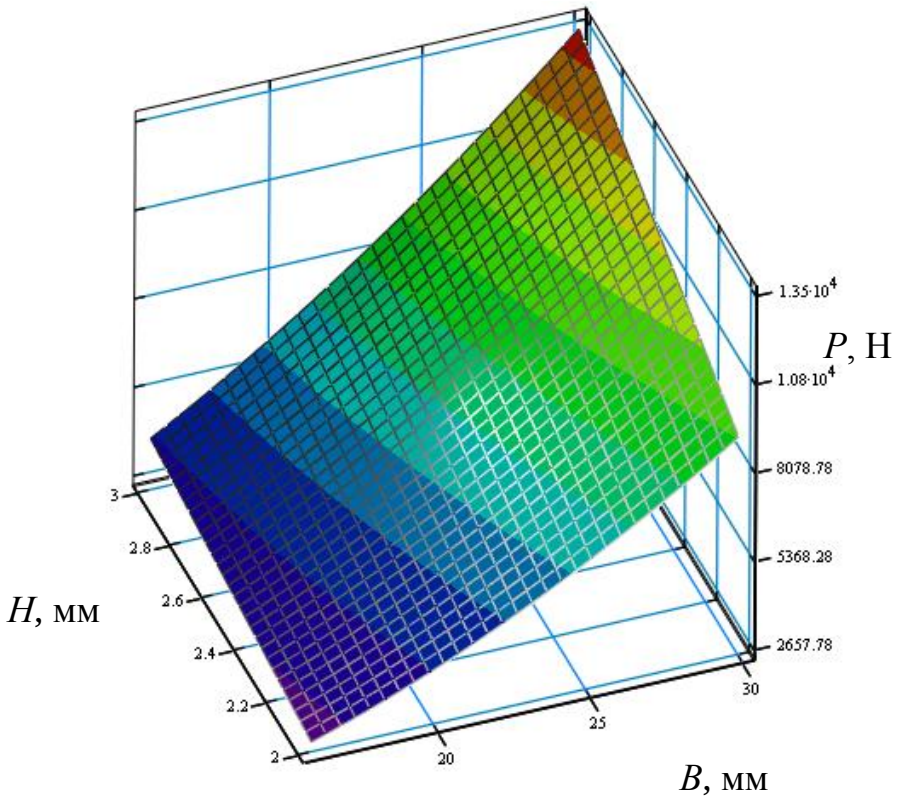
За допомогою програмного забезпечення Statistica 6.0 для ПК побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів сили гнуття притискним роликом *P* як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$.

Аналіз отриманих регресійних рівнянь показує, що найбільший вплив на зміну сили гнуття притискним роликом чинять фактори x_1, x_2, (*H*, *B*) та комбінації цих факторів.

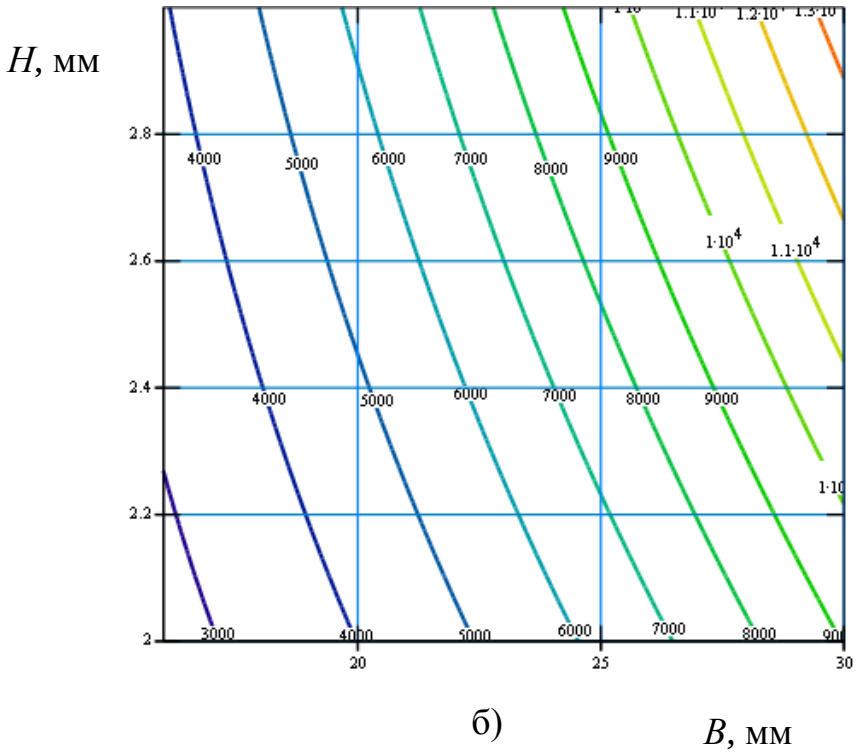
Згідно отриманих рівнянь регресії побудовано поверхні відгуку та двомірні їх перерізи продуктивності від зміни двох факторів для $x_3 = const$.

4.4 Графоаналітичне оброблення результатів експериментальних досліджень сили гнуття притискним роликом під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів

Графічні значення результатів залежності сили одержані з використанням Mathcad 2000 Professional наведено на рис. 4.7 – 4.15.

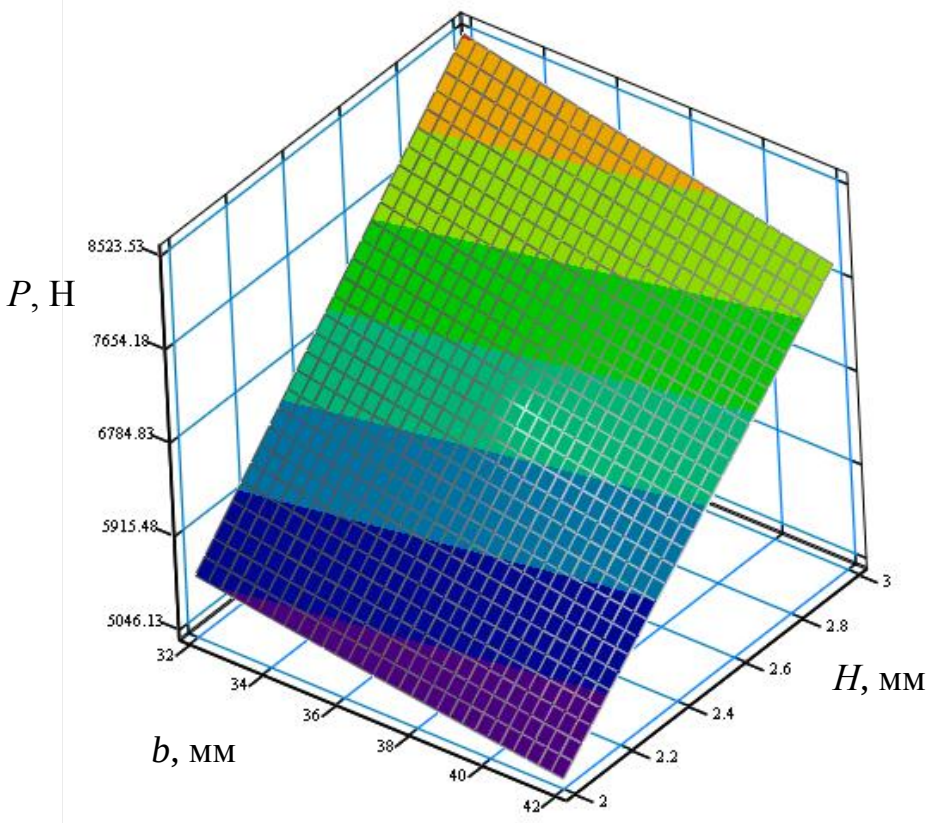


а)

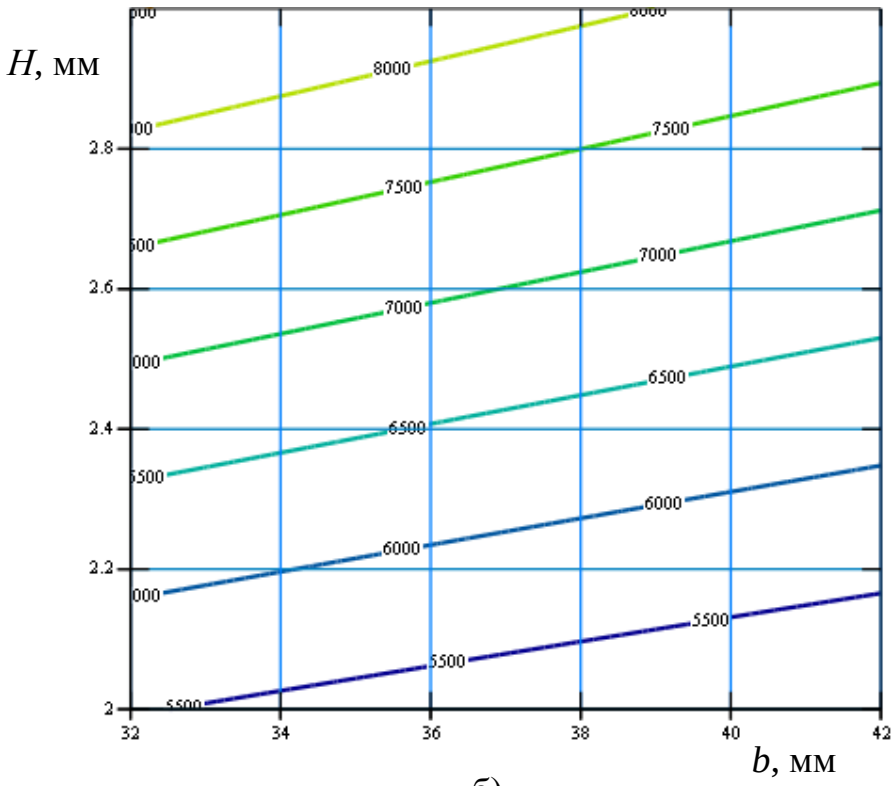


б)

Рисунок 4.7. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,B)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (b=37мм) із Ст 3

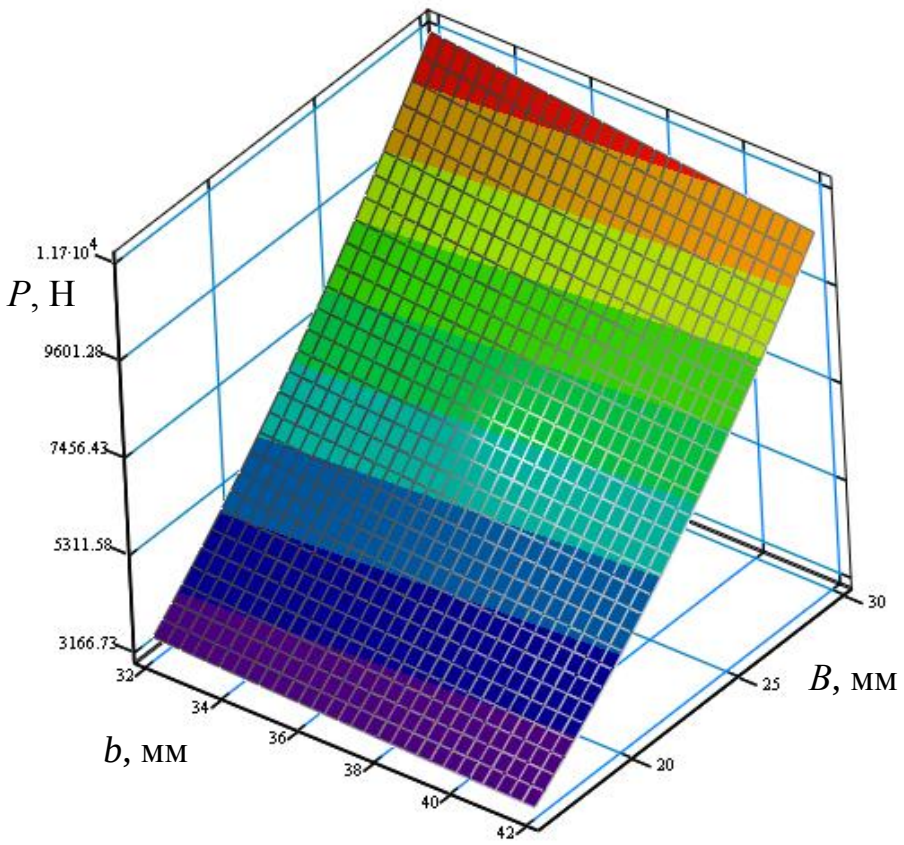


а)

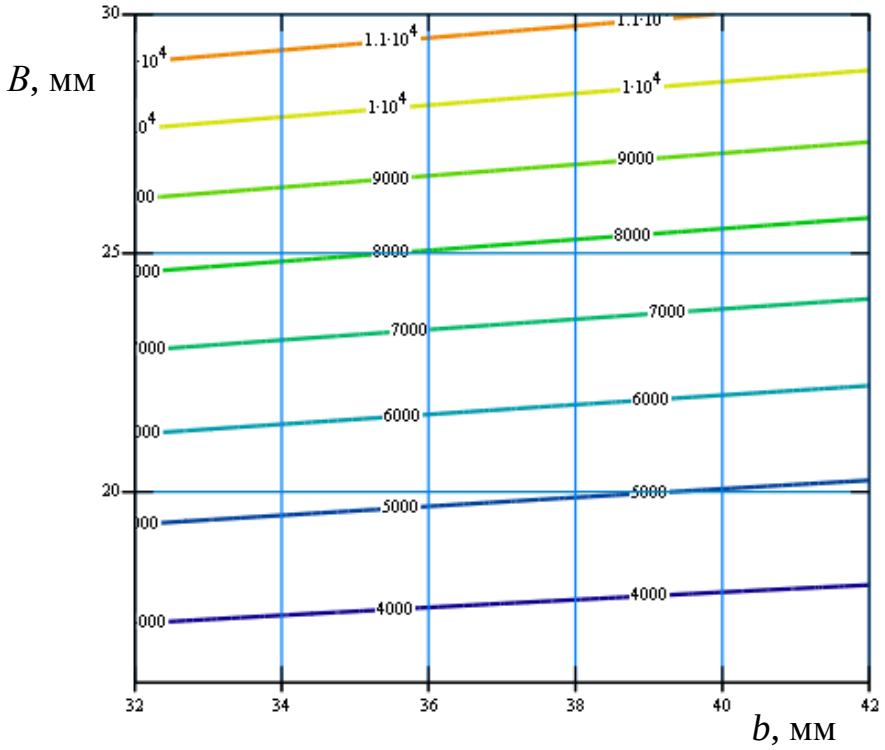


б)

Рисунок 4.8. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (*B*=23мм) із Ст3

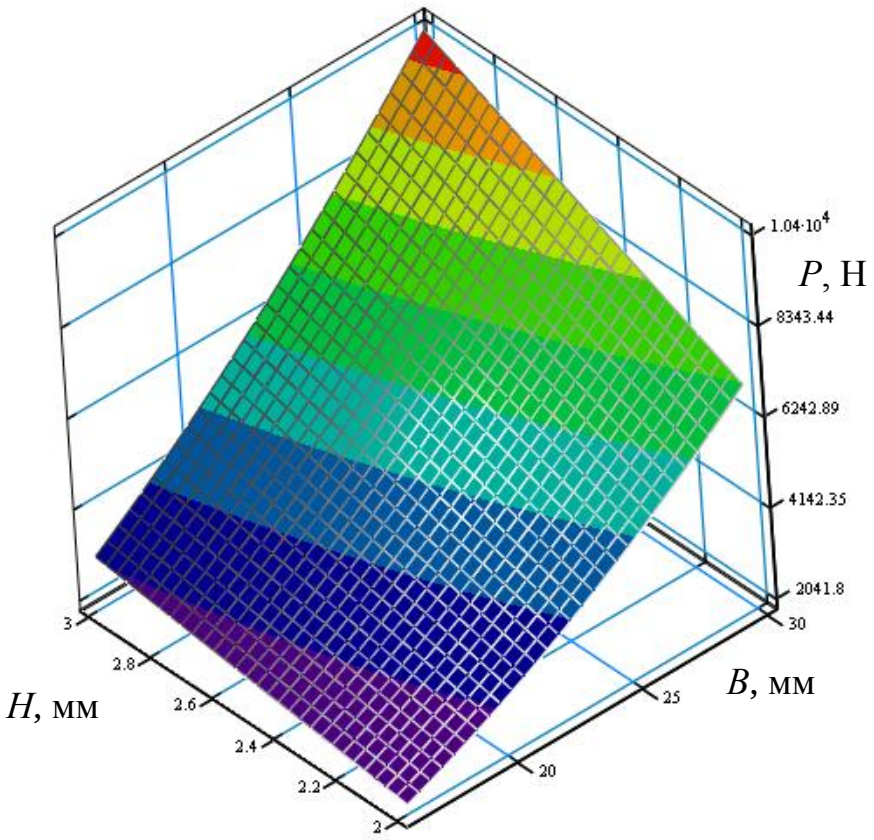


а)

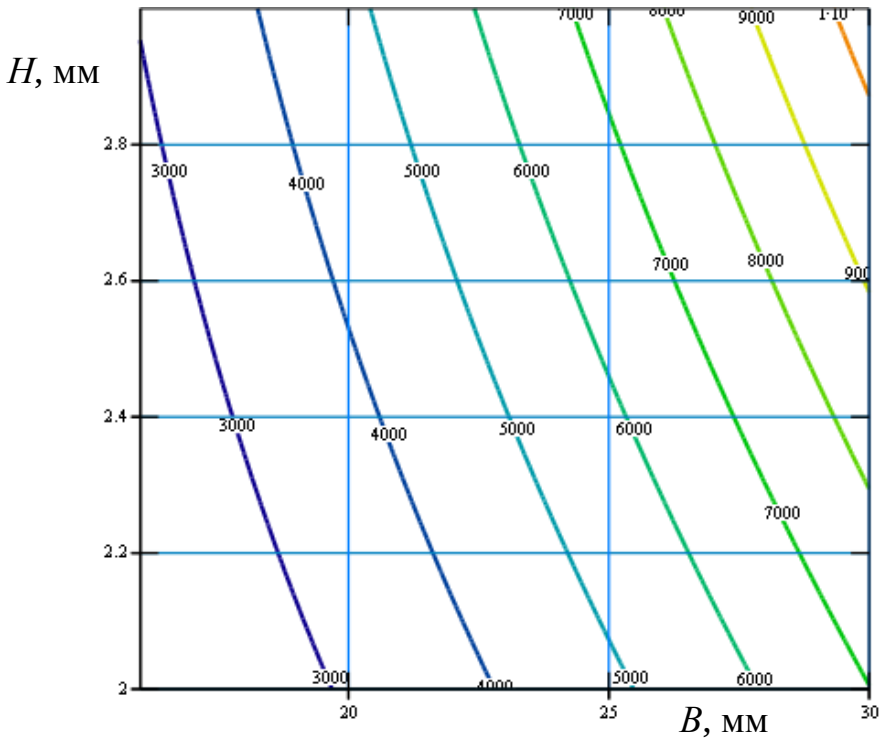


б)

Рисунок 4.9. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(B,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (H=2,5мм) із Ст3

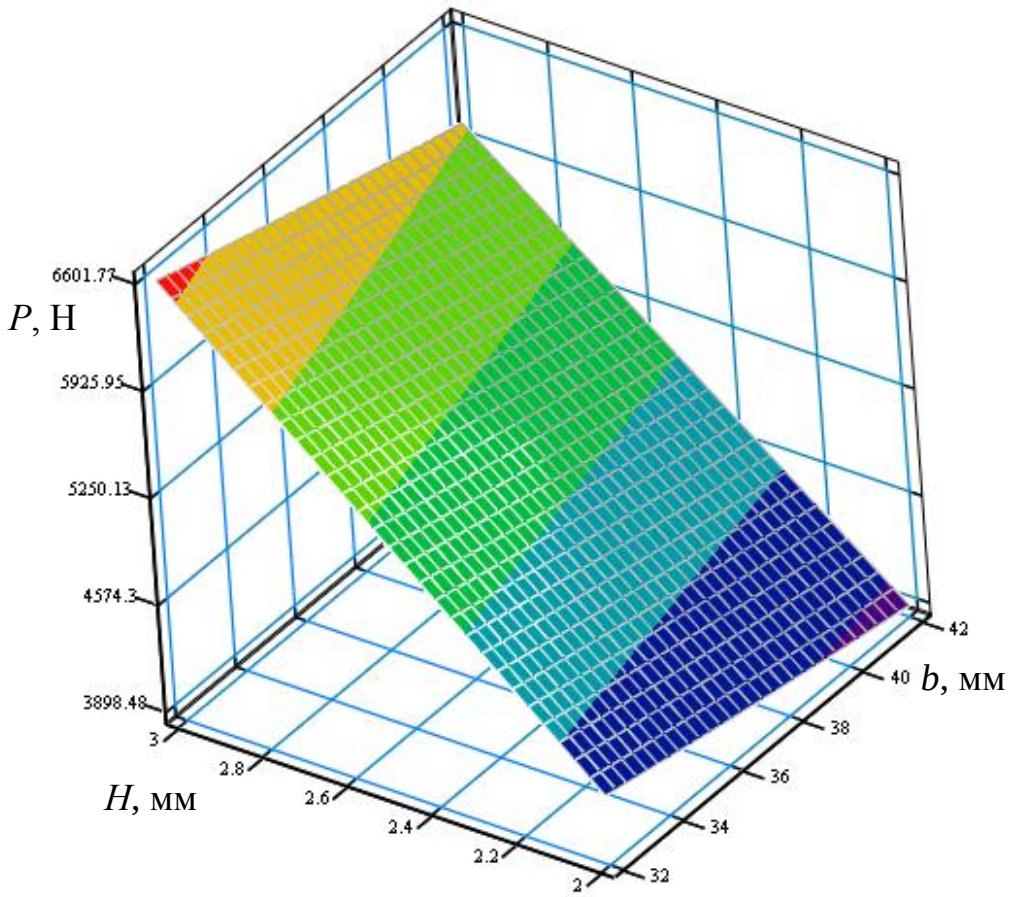


а)

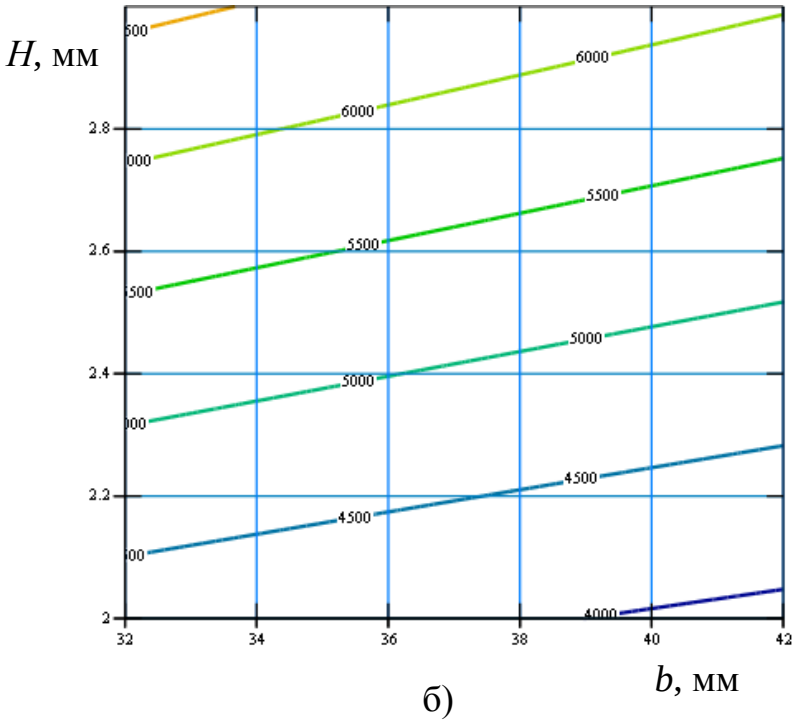


б)

Рисунок 4.10. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,B)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (b=37мм) із Сталі 08кп

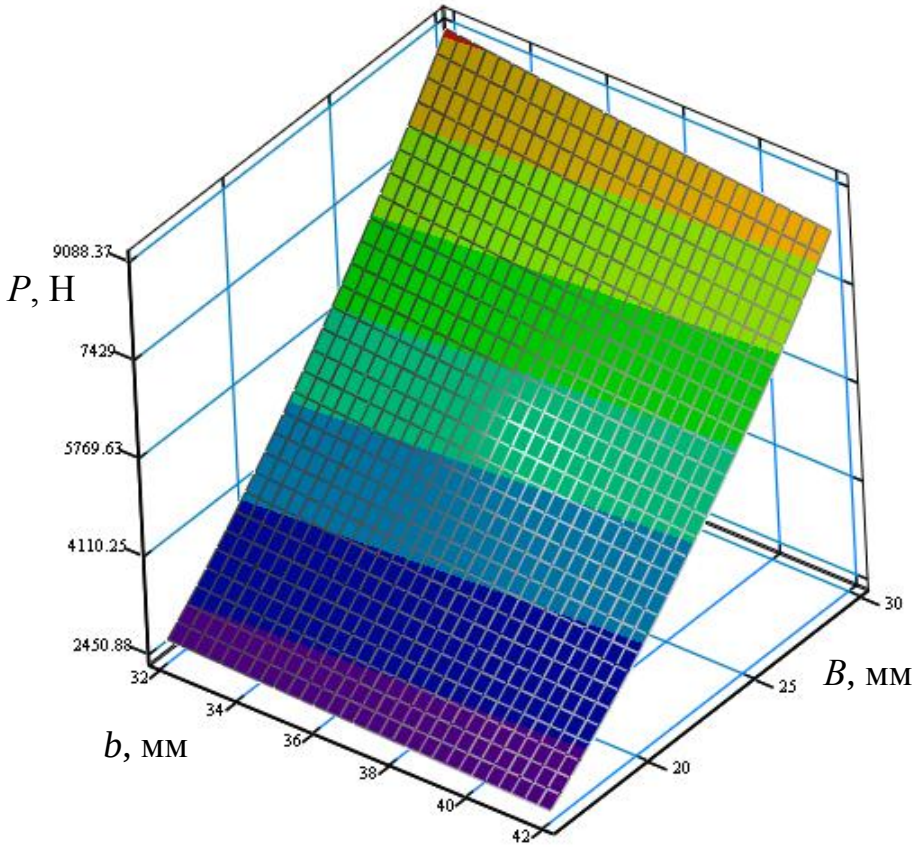


а)

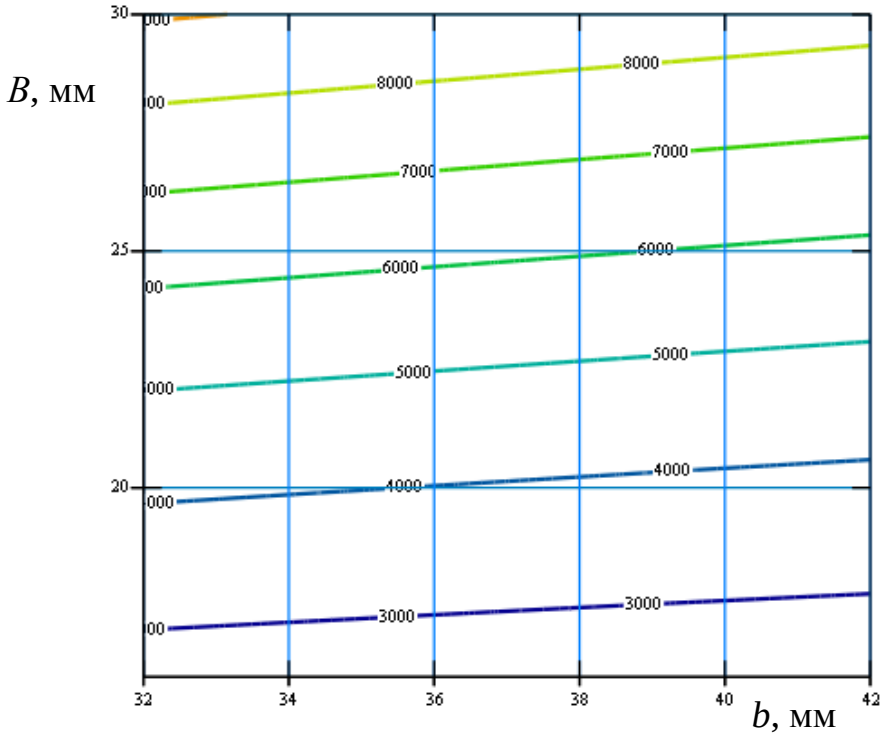


б)

Рисунок 4.11. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (*B*=23мм) із Сталі 08кп

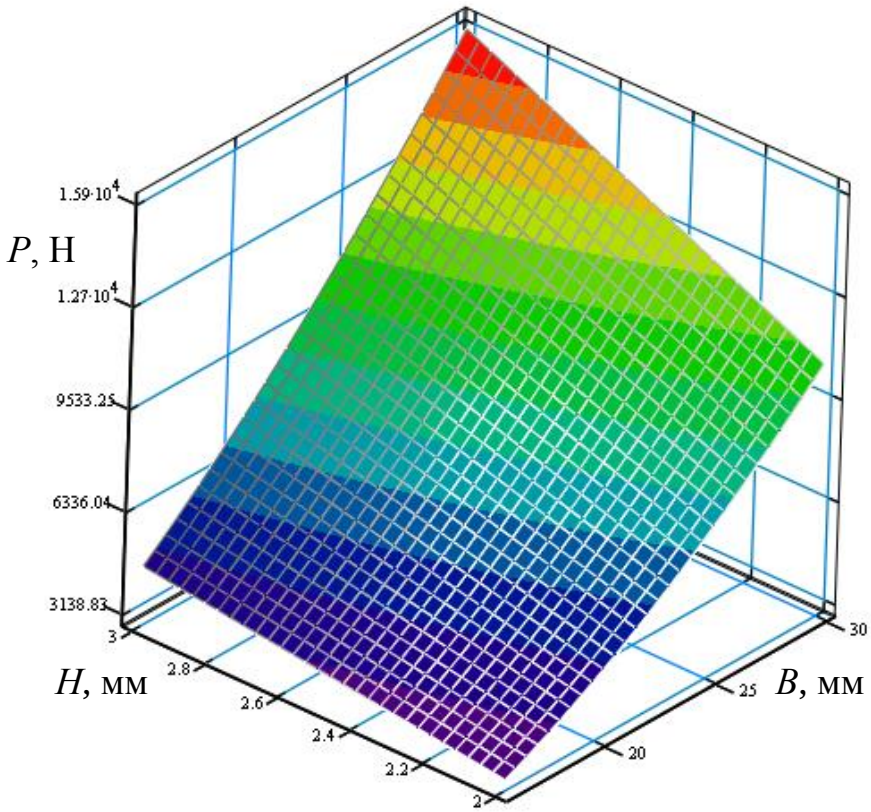


а)

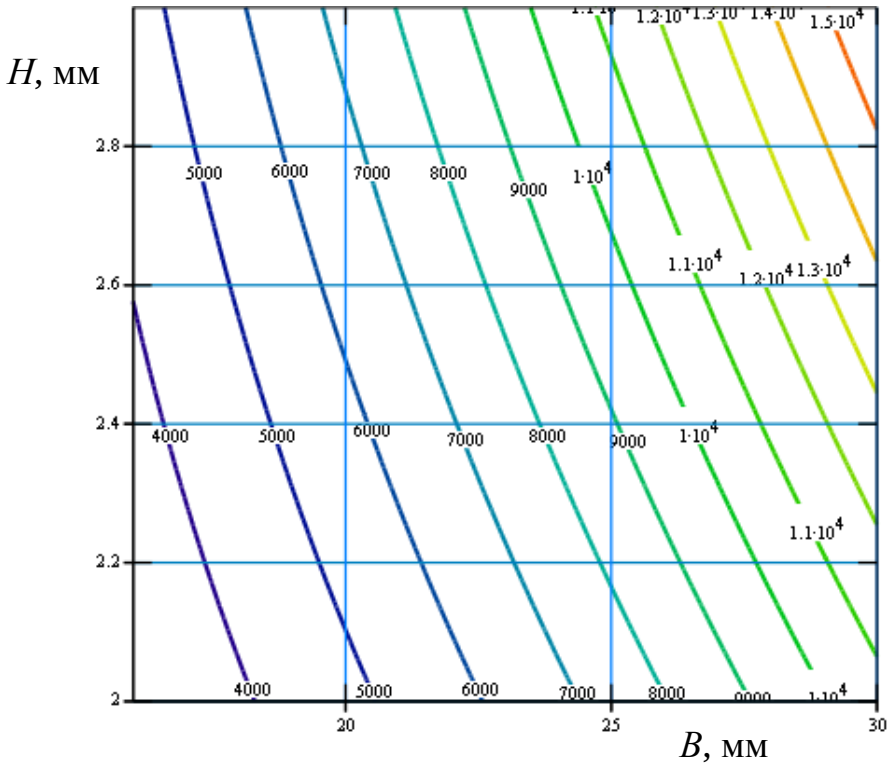


б)

Рисунок 4.12. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(B,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (H=2,5мм) із Сталі 08кп

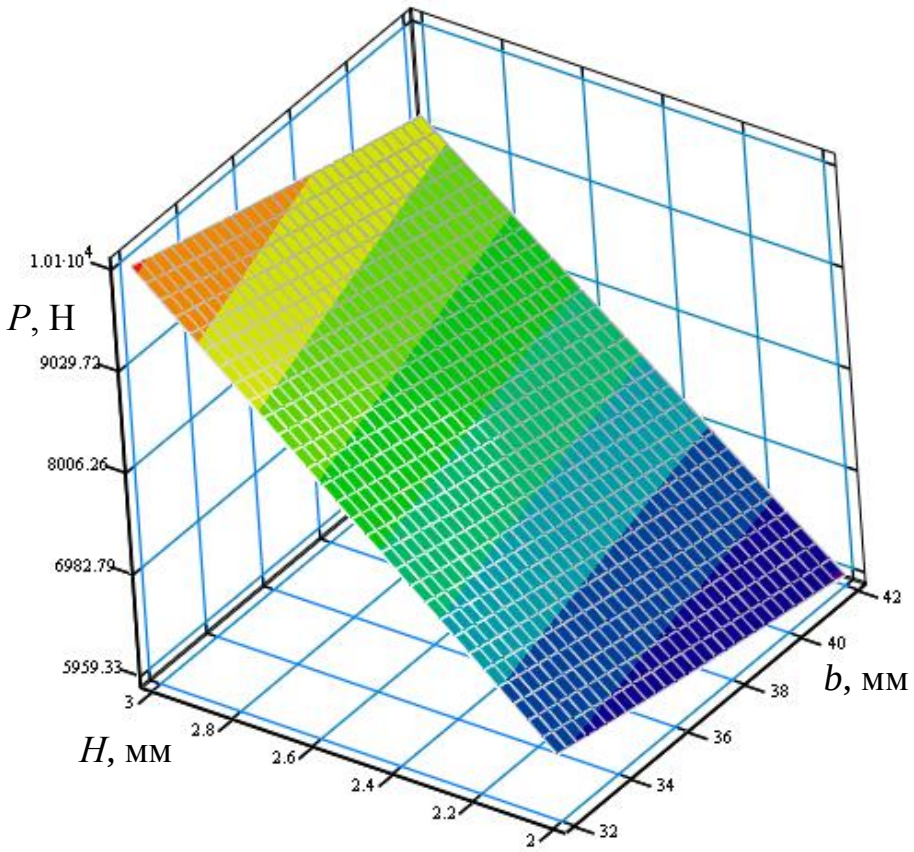


а)

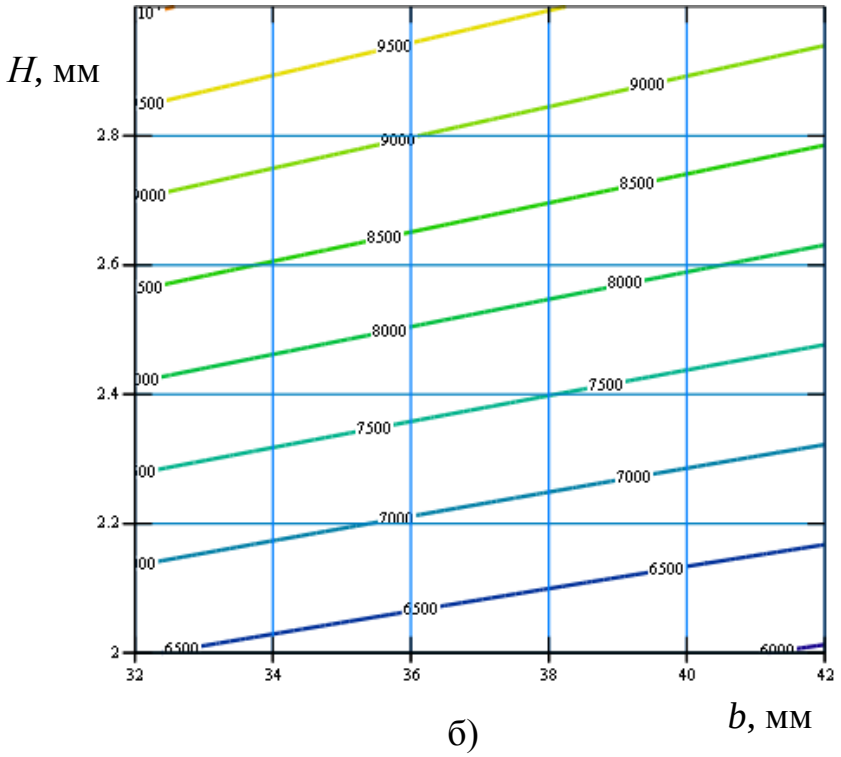


б)

Рисунок 4.13. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,B)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (b=37мм) із алюмінієвого сплаву Д16

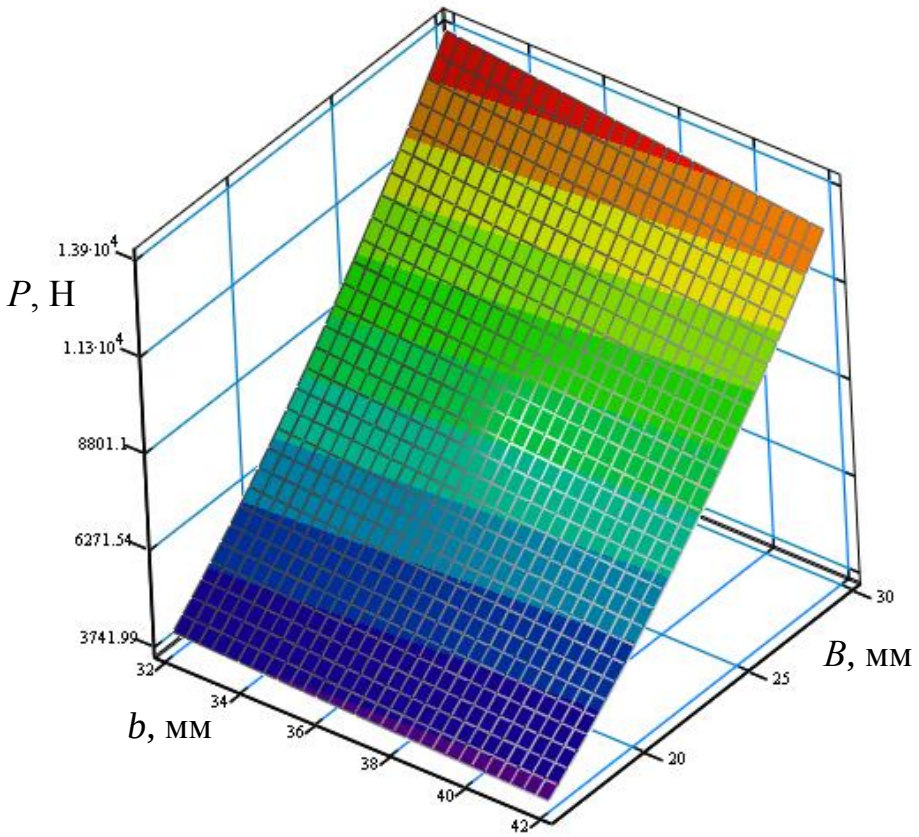


а)

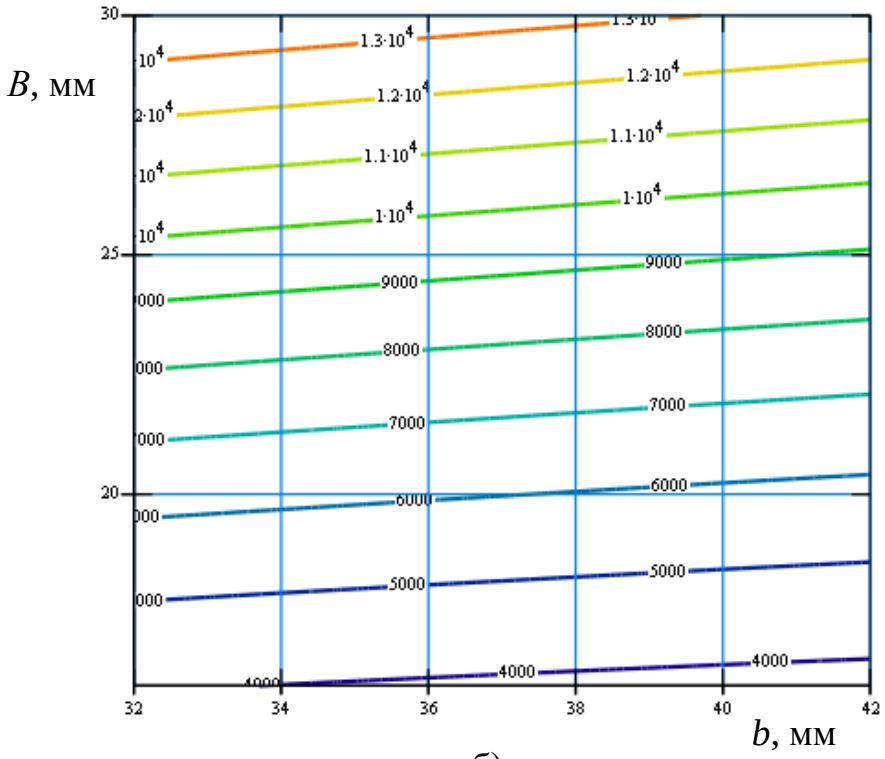


б)

Рисунок 4.14. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(H,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (*B*=23мм) із алюмінієвого сплаву Д16



а)



б)

Рисунок 4.15. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили гнуття притискним роликом $P_{(B,b)}$ під час формоутворення еліпсних гвинтових елементів (H=2,5мм) із алюмінієвого сплаву Д16

З даних графічних залежностей 4.7–4.15 видно, що для сталі Ст 3 при *H*=3мм, *b*=37мм і зміні *B* у межах 20-30мм сила гнуття набуває значень $0{,}41 \cdot 10^4 - 0{,}9 \cdot 10^4$ Н; для сталі 08 кп сили гнуття лежить в межах від $0{,}315 \cdot 10^4$ Н до $0{,}69 \cdot 10^4$ Н при зміні *B* від 20мм до 30мм, і постійних *H*=3мм, *b*=37мм; а для алюмінієвого сплаву Д16 при зміні параметру *B* в межах від 20мм до 30мм сила гнуття притискним роликом зростає в 2,27 рази від $0{,}47 \cdot 10^4$ Н до $1{,}065 \cdot 10^4$ Н, при *H*=3мм, *b*=37мм.

Розходження між результатами експериментальних та теоретичних досліджень знаходиться в межах 17%.

4.5 Висновки

1.Експериментальними дослідженнями процесу проточування канавок еліпсних заготовок доведено адекватність математичної моделі динаміки точіння. На основі проведеного багатофакторного експерименту проточування зовнішніх прямокутних гвинтових канавок отримано регресійну залежність із визначення впливу подачі *S*, глибини різання *t* та швидкості різання *V* на величину сили різання P_p у заготовка із різних матеріалів, з аналізу якої встановлено, що домінуючим фактором, який впливає на величину сили різання є подача *S*, а найменш впливовим є швидкість різання *V*, однак і глибина різання *t* також суттєво впливає на силові параметри процесу точіння. Факторне поле визначалось таким діапазоном зміни параметрів: $0{,}3 \le S \le 0{,}5$ (мм); $2 \le t \le 3$ (мм); $25 \le V \le 45$ (м/хв). Отже, в процесі проточування канавок за умов однакової продуктивності вигідніше збільшувати швидкість різання ніж подачу.

2. На основі проведеного багатофакторного експерименту навивання полоси на еліпсну оправку отримано регресійну залежність із визначення впливу товщини стрічки *H*, ширини стрічки *B* та половини меншої осі еліпса *b* на величину сили гнуття *P* притискним роликом, з аналізу якої встановлено, що домінуючим фактором, який впливає на величину сили гнуття притискним

роликом є ширина стрічки B, а найменш впливовим є половина меншої осі еліпса b, однак і товщина стрічки H також суттєво впливає на силові параметри процесу навивання. Факторне поле визначалось таким діапазоном зміни параметрів: $2 \leq H \leq 3$ (мм); $16 \leq B \leq 30$ (мм); $32 \leq b \leq 42$ (мм) при половині більшої осі еліпса $a = 45$ мм.

3. Експериментально підтверджено адекватність проведених теоретичних досліджень процесу проточування зовнішніх профільних гвинтових канавко, та процесу навивання стрічки на еліпсну оправу. Розбіжність між теоретичними і експериментальними даними не перевищує 17%.

РОЗДІЛ 5
ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

5.1 Конструктивні схеми технологічного устаткування для розширення технологічних можливостей

5.1.1 Люнет для відрізання профільних заготовок

Люнет для відрізання профільних заготовок [68] виконано у вигляді плити-основи 1, кронштейна 2, на якому за рахунок кришки 3, болтами жорстко встановлено радіально-упорний підшипник 4, а у внутрішньому його діаметрі встановлена профільна втулка 5 аналогічна профілю поперечного перерізу профільної заготовки 6 – наприклад восьмигранник з можливістю осьового переміщення завдяки циліндричним тілам кочення 7, які є у взаємодії з поверхнею заготовки 6 по її довжині. Причому на вході профільної втулки 5 виконано фаску 8 для вільного заходу заготовки. Крім цього в кронштейні 2 встановлено маслянку 9 відомої конструкції.

Кронштейн 2 жорстко встановлений на плиту-основу 1, яка встановлена на направляючі верстата (на кресленні не показано) з можливістю осьового переміщення. З правої сторони плити-основи жорстко встановлено різцетримач 10 з відрізним різцем 11, а навпроти нього з другої сторони заготовки 6 на плиті-основі жорстко встановлено додатковий різцетримач 12 з спеціальним фасонним різцем 13. З правої сторони каретки встановлено упор 14 на якому встановлюється довжина відрізної заготовки. Профільна заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15 верстату з можливістю кругового провертання.

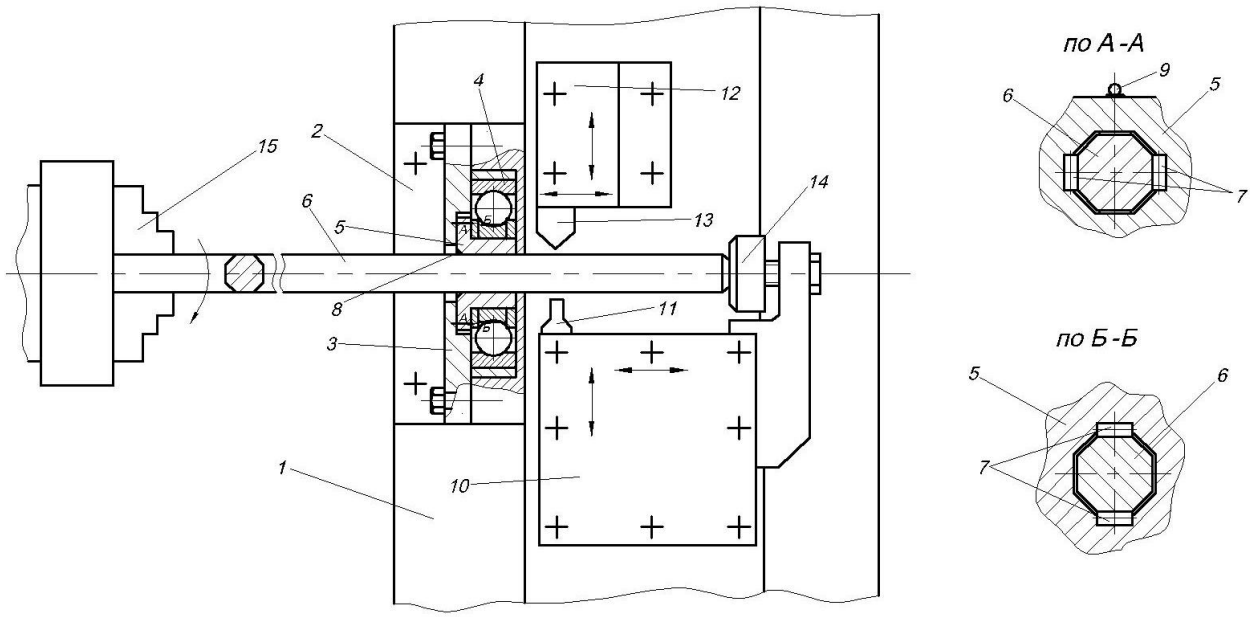


Рисунок 5.1 – Люнет для відрізання профільних заготовок

Робота верстату з люнетом запропонованої конструкції відбувається наступним чином. Восьмигранна заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15 і її кінець, який є у взаємодії з тілами кочення 7, які значно зменшують сили тертя, просовується через отвір профільної втулки 5 до упора 14. Після чого включають верстат підводять відрізний різець 11 з основним різцетримачем 10 і надрізають заготовку 6 на глибину 3..4 мм. Після чого фасонним різцем 13 знімають фаску на заготовці, після чого відрізають заготовку.

5.1.2 Пристрій для формування і зміцнення зовнішнього профілю гвинтових робочих органів

Пристрій для формування і зміцнення зовнішнього профілю гвинтових робочих органів виконано у вигляді підставки 1, знизу якої з правої сторони виконано направляючу у вигляді ластівкового хвоста 2, яка є у взаємодії з направляючою 3 токарного верстату з можливістю осьового руху.

В патрон 4 токарного верстату жорстко закріплено один циліндричний кінець 5 гвинтового робочого органу 6, а другий кінець підтиснуто центром задньої бабки 7. З лівої сторони гвинтового робочого органу 6 на підставці

жорстко встановлено пневмоциліндр 8 з пневматичним бойком 9, який є у періодичній взаємодії з зовнішнім профілем гвинтової поверхні 10 гвинтового робочого органу. До пневмоциліндра 8 з бойком 9 відомої конструкції підведено стиснуте повітря через шланги і регулювальний гвинт 11.

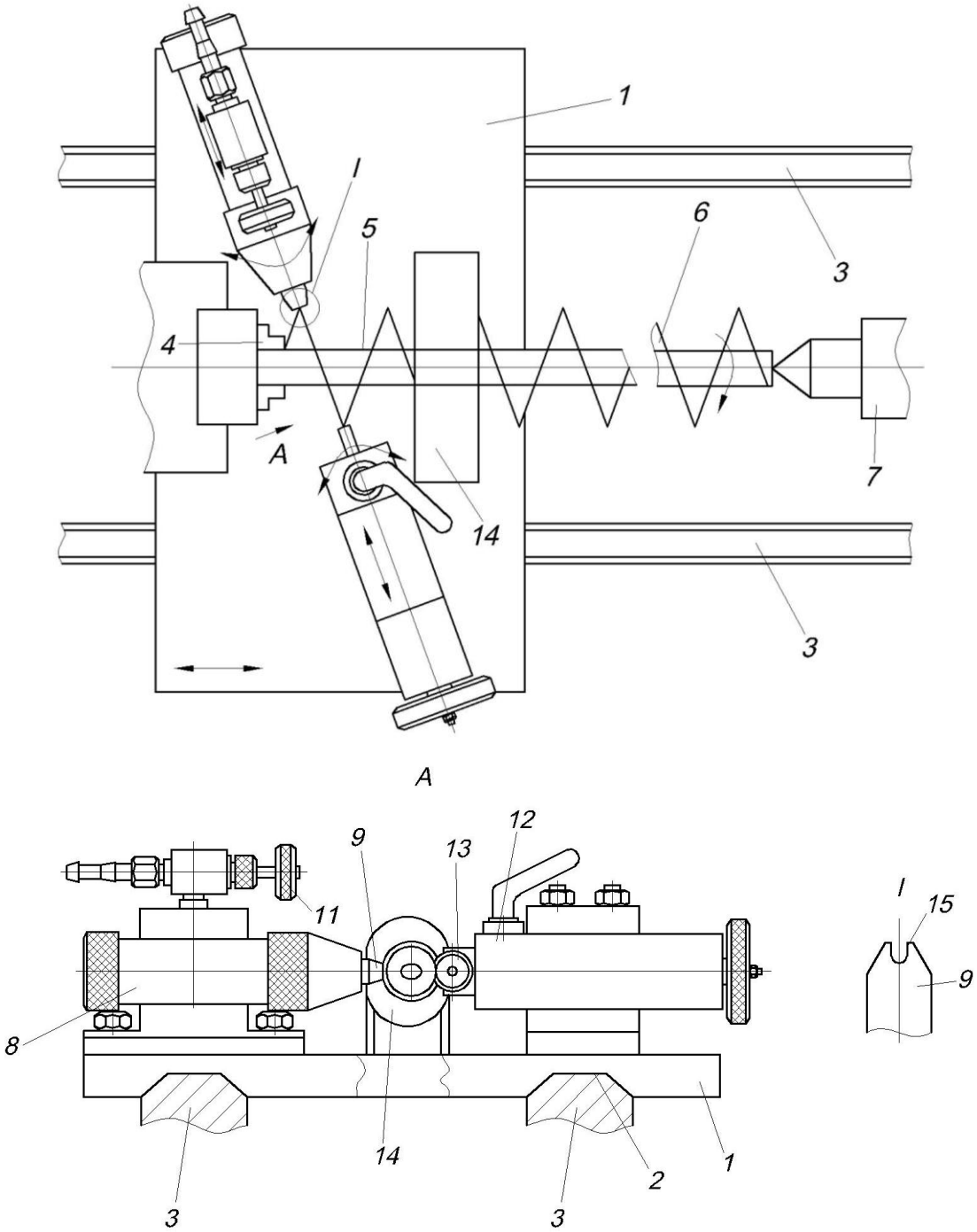


Рисунок 5.2 – Пристрій для формування і зміцнення зовнішнього профілю гвинтових робочих органів

З правої сторони від гвинтового робочого органу на підставці 1 жорстко співвісно з пневматичним бойком 8 встановлено рухомий упор 12 з обертовим роликом 13 з механізмом його регулювання.

Спереду перед бойком 9 і опорним роликом 13 жорстко встановлено індуктор 14 з внутрішнім отвором більшим зовнішнього діаметра гвинтового робочого органу 6 з можливістю кругового і прямолінійного переміщення. До індуктора 14 підведено напруження з відповідними механізмами керування, які на кресленні не показані.

Робочий профіль 15 бойка 9 вибирають за умови креслення зовнішнього діаметра гвинтового робочого органу 6 півкруглої або клиноподібної форми в залежності від умов роботи гвинтового робочого органу.

Особливістю пристрою є те, що він може виконувати наступні 3 функції:

- здійснювати необхідне профілювання гвинтової та інших поверхонь по зовнішньому контуру, в холодному і нагрітому станах;
- здійснювати гартування;
- здійснювати наклеп зовнішньої та інших поверхонь методом пластичного наклепу гвинтових та інших поверхонь пружин, штоків і т.п.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. Гвинтовий робочий орган 6 переднім кінцем 5 жорстко встановлюється в патрон токарного верстату 4, бойок 9 і опорний ролик 13 підводиться до зовнішнього профілю гвинтового робочого органу 6. Включають індуктор 14 який нагріває гвинтову спіраль і включають пневмобойок 9, який робить до 4 тис. ударів в хвилину, з одночасним його провертання і осьовим переміщенням. При кількості ударів бойка, яка є у межах до чотирьох тисяч, а швидкість обертання гвинтового робочого органу є у межах 70..100 об/хв. При цьому бойок формує необхідний профіль гвинтової поверхні, з поперечним перерізом півкруглої або іншої форми, яка забезпечує високу експлуатаційну надійність і довговічність, і послідовно її охолоджують водою, яка не показана на кресленні. Технологічний процес формування профілю може здійснюватись при холодному або нагрітому вигляді, що відповідно буде забезпечувати наклеп або гартування гвинтового

робочого органу. Крім цього пневматичний бойок і притискний ролик оснащені поворотними і регулювальними механізмами відомих конструкцій, які забезпечують регулювання міжосьових відстаней і кутових нахилів в залежності від конструктивних параметрів гвинтових робочих органів.

5.1.3 Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей

Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей [67] здійснюється на верстаті, що складається із станини, шпинделя, двох механізмів головного приводу і двох механізмів подачі, задньої і передньої бабок, двох поперечних і двох поздовжніх супортів, які розміщені паралельно з двох сторін оброблювальної деталі. Причому в патроні шпинделя 1 жорстко закріплюють довгомірний вал 2 з кулачками 3 еліпсної симетричної форми, які розміщені рівномірно по довжині деталі і під певним кутом один до одного. Другий кінець цього вала жорстко закріплюють в задній бабці 4. Із зовнішнім діаметром кулачків 3 взаємодіють ріжучі кромки різців 5, які жорстко закріплюють в різцетримачах поперечних супортів 6, які розміщені з однієї сторони від оброблювальної деталі 2. Осьове переміщення цих супортів здійснює ходовий гвинт 7, який вкручений в гайку повздовжніх супортів 8, а його кінці встановлюють в опори 9 з можливістю осьового переміщення на задану величину $S=r_1-r_2$, де r_1,r_2, відповідно максимальні значення радіусів великого і малого еліпсів кулачків довго мірного вала 2. До поздовжніх супортів 8 спереду жорстко закріплюють прохідні різці 5, які підтискують у вихідне положення пружинами 10, які розміщують у тілі супортів. Заднім торцем поздовжній супорт 8 є в контакті з еліпсними копірами 11, привід яких з’єднають ходовими гвинтами супортів 8 і еліпсними симетричними поверхнями 3 через головний привід верстату за допомогою зірочок 12 ланцюгової передачі 13 зірочками 14 приводу ходових гвинтів 7, зірочками 15

приводу головного руху і зірочками 16 натяжного пристрою. Ходові гвинти 7 і еліпсні копіри 11 своїми кінцями встановлюють в опори ковзання.

Крім цього на оброблюваній заготовці кулачкового вала 2 між двома крайніми кулачками з двох кінців проточені циліндричні опорні поверхні 17, які є у взаємодії з циліндричними виступами 18 люнета 19, який встановлено паралельно заготовки кулачкового вала 2 з протилежної сторони від різців 5 з можливістю взаємного прокручування.

Еліпсні копіри 10 мають поперечне січення форми кулачків 3 готової деталі, встановлюють таким чином, щоб однотипні осі кулачків копірів 10 і кулачків 3 кулачкового вала мали одинакове вихідне положення. Вибирають необхідну довжину різців 5 і їх жорстко закріплюють до поперечних супортів 6. Задня поверхня супортів повинна знаходитися у постійному контакті з еліпсними копірами 11.

Після цих підготовчих робіт включають верстат і налагоджують на відповідні режими роботи. Поперечні супорти 6 з різцями 5 здійснюють процеси проточування кулачків 3 еліпсної форми з необхідним поперечним січенням, які задають еліпсні копіри 11 різцем 5 пружинами 9.

Приклад виконання процесу.

Кулачковий вал 2 з кулачками 3 встановлюють одним кінцем в 3-х кулачковий патрон токарного копіровального верстату 1А730, а другим кінцем в задню бабку 4.

Матеріал вала Ст..45, 40х та інші. Різці прохідні, матеріал ріжучих пластинок Т15К6, режими представлені в таблиці, вони одинакові для кожного кулачка.

Таблиця 5.1

№ п/п	Швидкість V, різання м/кв	Глибина t, різання мм	Подача Sмм/об	Шорсткість R_z, мікрон
1	110	2	0,2	3,6
2	130	1,5	0,15	2,8
3	150	1,2	0,1	1,7

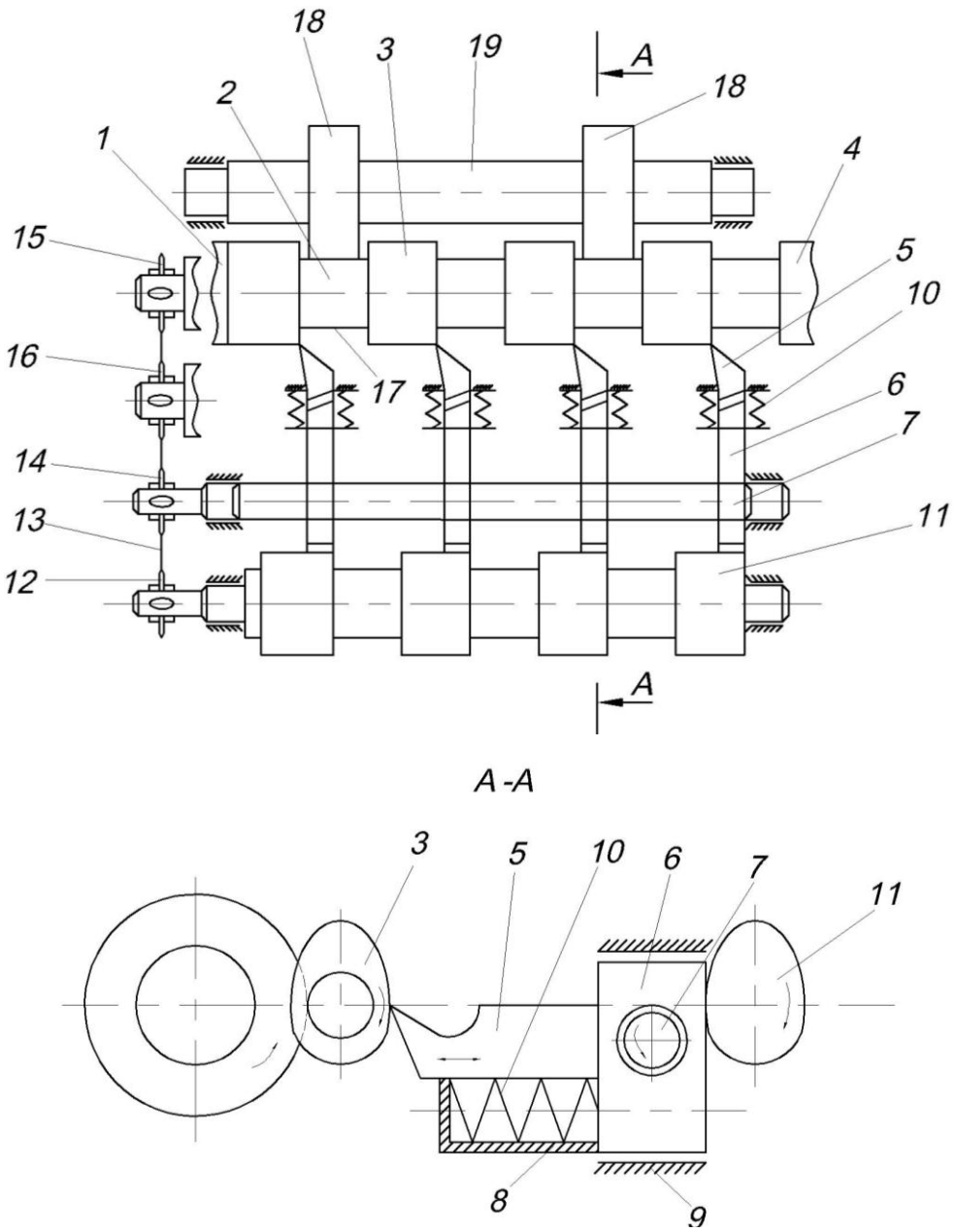


Рисунок 5.3 – Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей

Даний спосіб може мати застосування для оброблення зовнішніх складних профілів деталей машин, вимірювальних інструментів, пуансонів, матриць та інше.

5.1.4 Спосіб ротаційного профілювання еліптичних пустотілих заготовок

Спосіб ротаційного профілювання еліптичних пустотілих заготовок [65] здійснюється наступним чином.

Циліндрична заготовка 1 у вигляді труби закріпляється у затискний патрон 2 ротаційного верстату відомим способом і здійснює осьовий рух подачі парою профільних валків 3, які встановлені в підшипники з можливістю рівномірної подачі циліндричної заготовки в ротаційну головку. Остання виконана у вигляді циліндричної обойми 4 в якій рівномірно по колу виконана на двох половинках серія однотипних отворів 5 від d_1 – мінімального діаметру з рівномірним їх збільшенням до d_8 максимального значення. В ці отвори встановлені ролики 6 відповідних діаметрів з можливістю кругового переміщення з однаковою величиною припуску обтискування на один ролик. Ролики 6 є у періодичній взаємодії з головками 7 бойків 8 при їх круговому провертанні. Бойки 8 встановлені у шпиндель 9 ротаційного верстату з можливістю радіального переміщення, а циліндрична обойма 4 жорстко закріплена відомим способом до станини верстату (на кресленні не показано). Робоча поверхня 10 бойків має необхідний профіль еліпсної труби 11.

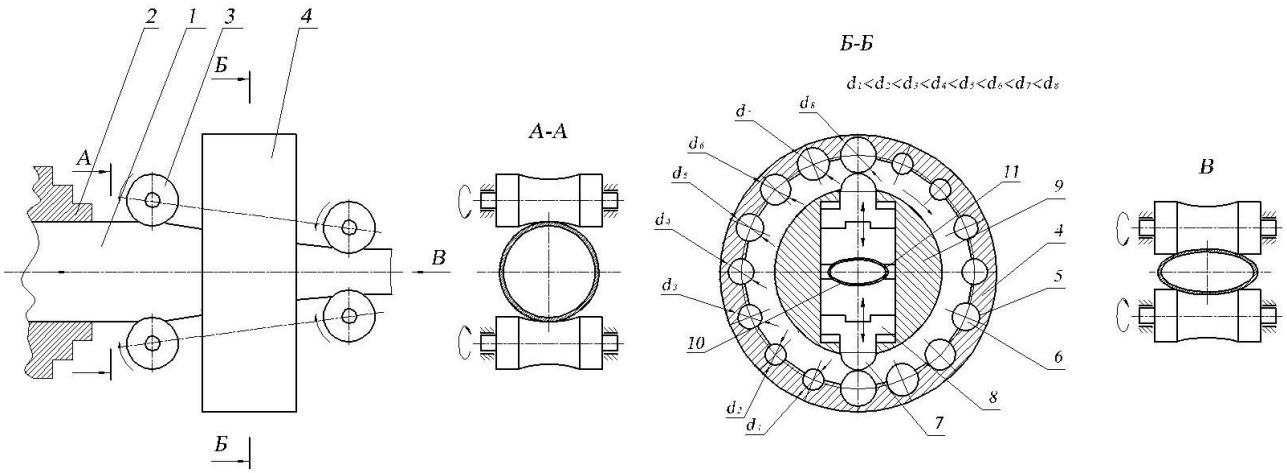


Рисунок 5.4 – Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів

Профілювання еліптичних пустотілих заготовок здійснюється наступним чином. Циліндрична заготовка 1 закріпляється в патрон 2 верстату і встановлюється між подаючі профільні ролики 3, які обертаються в напрямку її подачі в зону формоутворення ротаційної головки. При цьому при обертанні шпинделя 9 під дією відцентрових сил бойки 8 розходяться і коли вони находять на симетричні ролики з двох сторін ротаційної головки під дією удару з роликами вони сходяться до середини головки і обтискують заготовку – циліндричну трубу 1. Ротаційне кування може здійснюватися як у гарячому так і холодному стані. За рахунок осьової подачі заготовки роликами 3 проходить профілювання її по всій довжині.

Приклад виконання способу.

Попередньо відрізана циліндрична труба довжиною кожуха гвинтового конвеєра встановлюється між профільними валками 3 і закріплюють у патроні 2 верстату.

Результати профілювання еліпсних пустотілих заготовок представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Результати профілювання еліпсних пустотілих заготовок

№ п/п	Параметри поперечного січення циліндричної труби мм	Діаметри поперечного січення еліпсного кожуха $a \times b$ мм	Величина одностороннього обтискування (мм)	К-сть ударів бойків на хвилину
1	Ø 75	85 x 65	10	20
2	Ø 100	112 x 88	12	16
3	Ø 125	140 x 110	15	12

де a, b – відповідно більша і менша вісь еліпса.

5.1.5 Шнекомір

Шнекомір [70] виконано у вигляді нерухомої 1 і рухомої 2 губок товщина яких є більшою крока шнека і штанги 3, яка жорстко з’єднана з нерухомою губкою 1. На штанзі 3 встановлена рухома рамка 4 з ноніусом 5, яка переміщується по штанзі, з низу якої виконана рейка 6, яка є у взаємодії з шестернею 7 з можливістю кругового провертання. Шестерня 7 центральним отвором 8 жорстко встановлена на вісь 9 разом з конічним ноніусом 5 з можливістю кругового провертання в рухомій рамці 4. Остання на штанзі жорстко кріпиться стопорним гвинтом 10, а між губками 1 і 2 встановлено вимірювальний шнек 11 у вигляді гвинтового робочого органу.

По середині довжини рухомої губки 2 в сторону вимірювальної деталі 11 встановлено прямокутну базуючу призму 12 при вершині якої встановлено плаваючий вимірювальний елемент 13, який є у взаємодії з зовнішнім діаметром шнека 11. Плаваючий вимірювальний елемент виконано довжиною рівною довжині губки і жорстко кріпиться до штанги 14 яка є у взаємодії з пазом 15 який виконаний внизу рухомої рамки 4 і фіксується стопорним гвинтом 16. Плаваючий вимірювальний елемент має два крайніх положення, в одному з них він повністю ховається для базування вимірювальної деталі 11 у призмі 12, а у іншому він повністю виходить для заміру діаметра вимірювальної деталі 11.

Для заміру кроку шнека 11 служить штанга 17, на якій нанесено шкалу ноніуса 18, яка є у взаємодії з Т-подібним пазом 19, який виконано знизу нерухомої ніжки 1 по її довжині. Індикатор 20 жорстко кріпиться до штанги 17 і є у взаємодії з сусідніми витками шнека при осьовому переміщенні штанги. Остання фіксується стопорним гвинтом 21 і радіальними упорами 22.

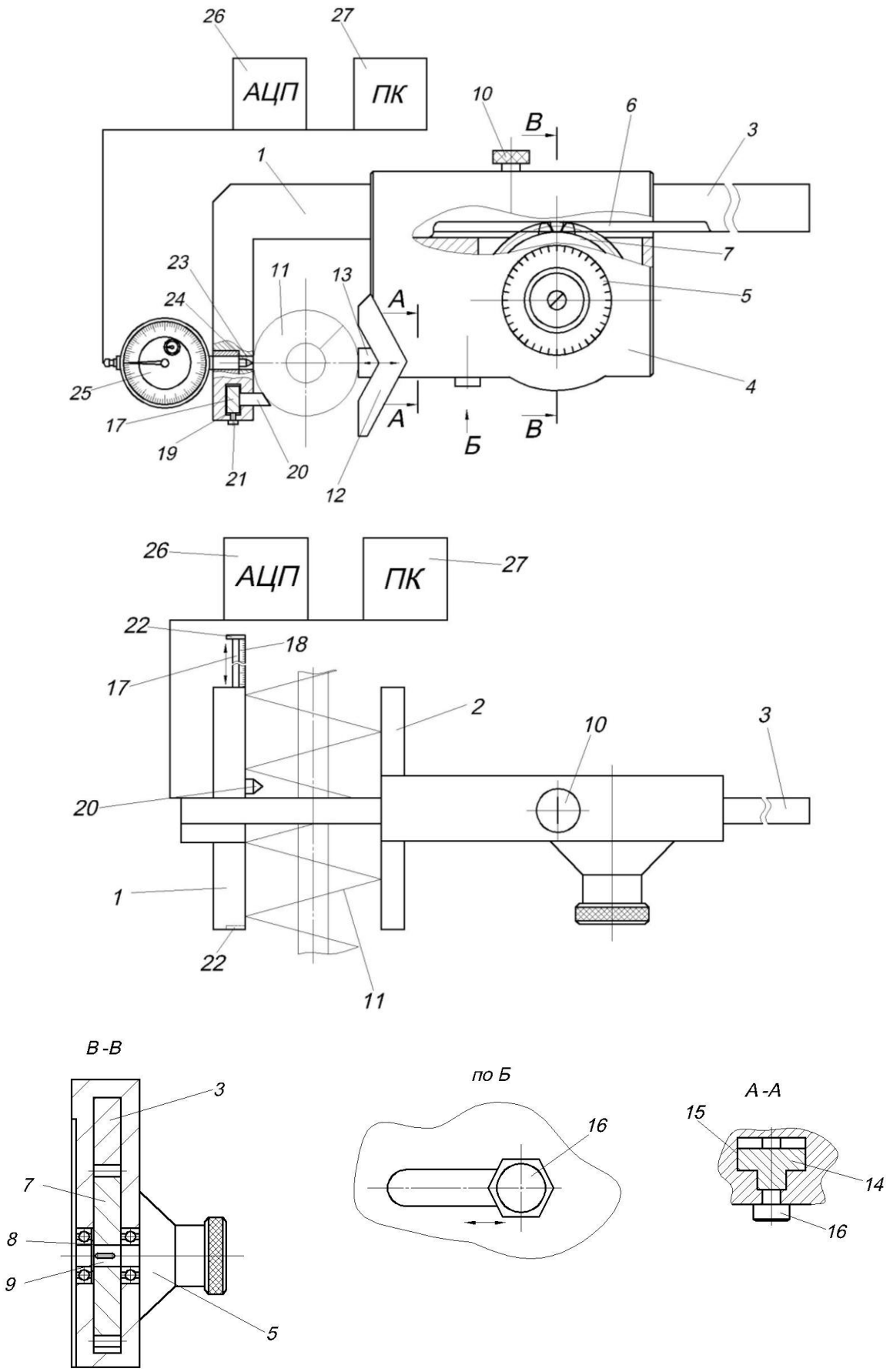


Рисунок 5.5 – Шнекомір

Також у нерухомій губці 1 виконано ступінчатий отвір 23, який є у взаємодії з ніжкою 24 профілометра 25, з можливістю підключення разом з нерухомою і рухомою губками до аналогово-цифрового перетворювача 26 і ПК 27 для заміру конструктивних параметрів шорсткості поверхні вимірювальної деталі.

Робота шнекоміра здійснюється наступним чином. Губки 1 і 2 своїми площинами контактують з зовнішнім розміром шнека 11. При цьому останній базується з прямокутною базуючою призмою 12. За допомогою шестерні 7, яка приводить рухому рамку 4 з ноніусом 5 переміщаються вліво для забезпечення контакту губок з зовнішнім діаметром шнека 11. При збільшенні зусилля провертання більше потрібного спрацьовує відомий механізм тріщотки конічного ноніуса 5.

Замір кроку здійснюють штангою 17 за допомогою упора 20, які переміщують штангу і упор між сусідніми витками і стопорним гвинтом 21.

5.2 Комп’ютерне моделювання процесу навивання еліпсних гвинтових елементів

За допомогою пакету прикладних програм створено комп’ютерну модель процесу навивання стрічкової заготовки на еліпсну оправу. Загальний вигляд моделі та позначення для подальших розрахунків представлено на рис. 5.6.

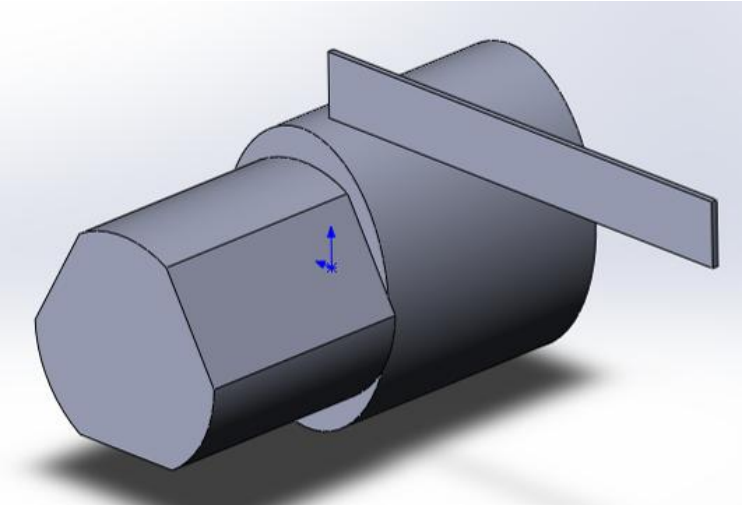


Рисунок 5.6 – Загальний вигляд комп’ютерної моделі

Для визначення мінімально допустимого радіуса гнуття стрічки, при навиванні на еліпсну оправу, при якому виникають максимально допустимі напруження, та отримання відповідних графічних залежностей проведено моделювання відповідних умов досліду. Оправа жорстко закріплена (на рис. 5.7 показано з лівої сторони), стрічкова заготовка в свою чергу жорстко закріплена одним кінцем до оправи. До стрічкової заготовки зверху прикладена сила, яка моделює дію притискного ролика.

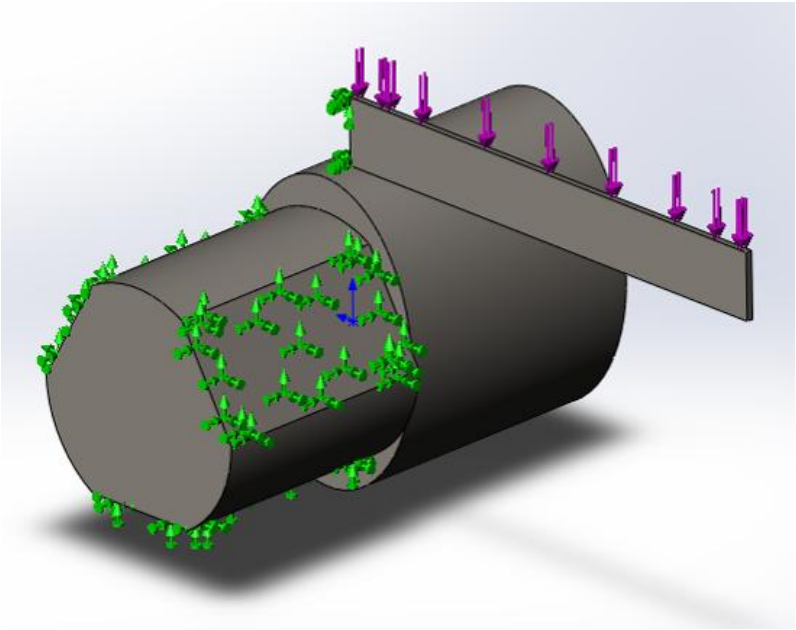


Рисунок 5.7 – Модель із зображенням закріплення та прикладеним зусиллям

Змінними були наступні параметри: матеріал стрічкової заготовки, геометричні параметри еліпсної оправи (більша вісь і менша вісь), при сталому відношенні ширини заготовки до її товщини 1:10.

Далі у вікні програми отримували графічне відображення переміщення стрічкової заготовки (рис. 5.8), напруження, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки (рис. 5.9) та деформації (рис. 5.10) під дією прикладеного зусилля.

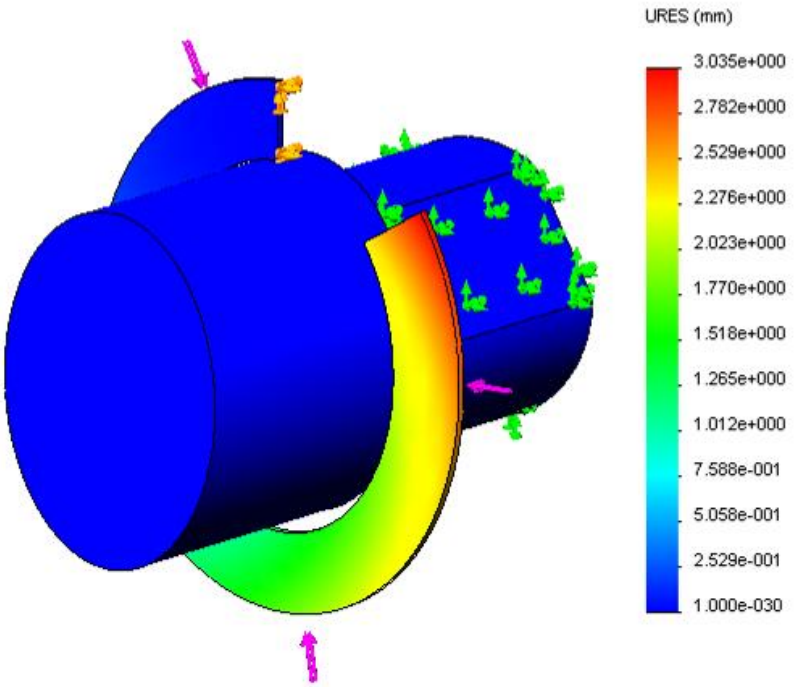


Рисунок 5.8 – Переміщення стрічкової заготовки, які виникають під дією прикладеного зусилля

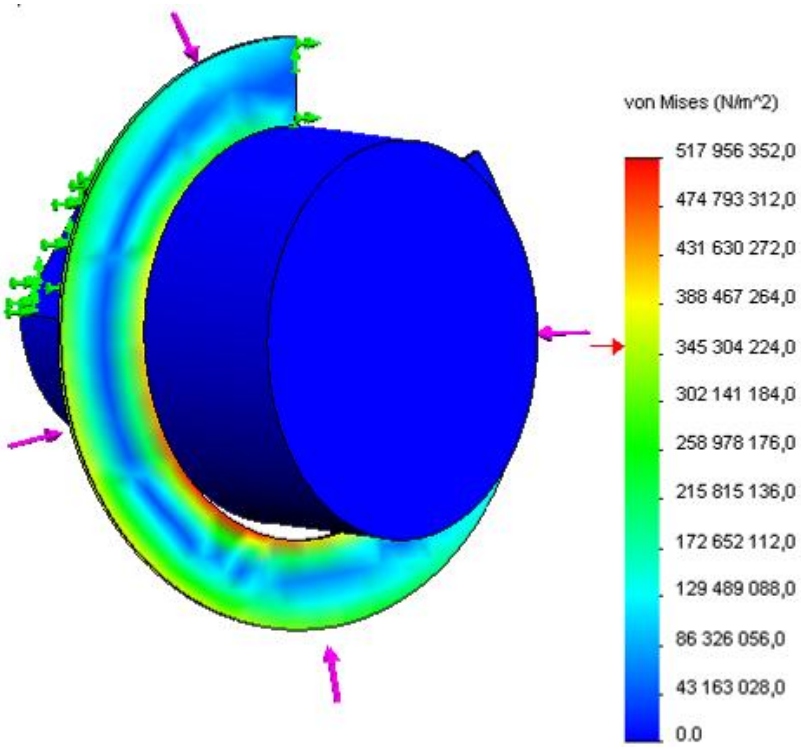


Рисунок 5.9 – Напруження, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки під дією прикладеного зусилля

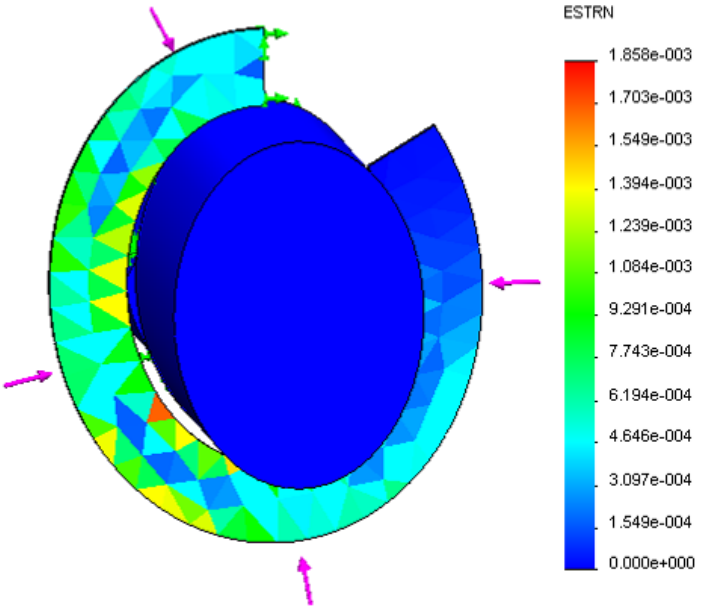


Рисунок 5.10 – Деформації, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки під дією прикладеного зусилля

На основі побудованої комп'ютерної моделі можемо побудувати графічну залежність (рис. 5.11) зміни напружень, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки від радіуса кривизни гнуття.

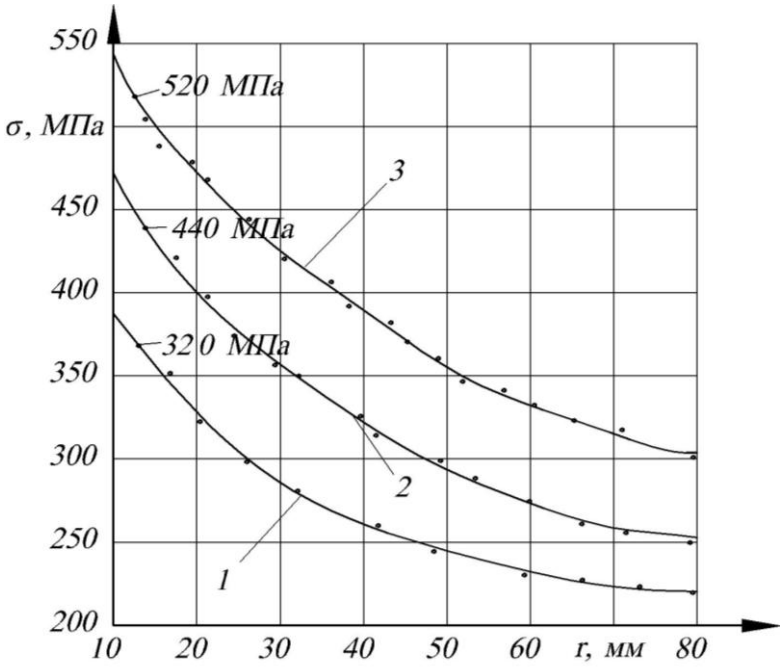
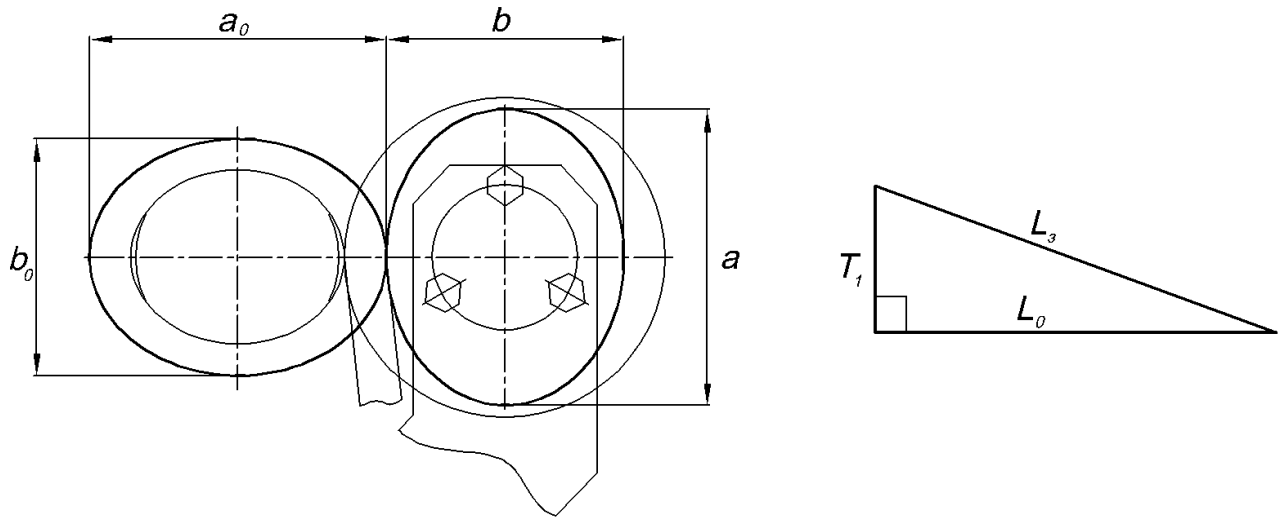


Рисунок 5.11 – Графічна залежність зміни напружень, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки від радіуса кривизни гнуття: 1 – Ст 3, $\sigma_в$=440МПа; 2 – Сталь 08кп, $\sigma_в$=340МПа; 3 –Алюмінієвий сплав Д16, $\sigma_в$=520МПа

З графічної залежності видно, що при збільшенні радіуса гнуття стрічки напруження, що виникають в її матеріалі зменшуються, а при значенні радіуса *r*=16мм набувають недопустимо великих значень, що призводить до руйнування матеріалу. Отже, доцільно вибирати еліпсну оправку з мінімальним радіусом кривизни не менше 20 мм.

5.3 Інженерна методика проектування технологічного устаткування для навивання еліпсних гвинтових заготовок

Вихідними параметрами для розрахунку пристрою (рис. 3.2) є необхідні геометричні параметри еліпсної гвинтової заготовки, а саме велика і мала осі еліпсного профілю гвинтової заготовки a_0 *і* b_0, та її крок T_1 (рис. 5.12а). Ексцентриситет еліпса має бути в межах $e = 0{,}45 - 0{,}52$.



а) б)

Рисунок. 5.12 – а) Розрахункова схема для визначення параметрів формуючої змінної втулки; б) розгортка гвинтової лінії одного витка ЕГЗ

Один виток еліпсної гвинтової заготовки можна розглянути як розгорнуту гвинтову лінію (рис. 5.12б) з периметром еліпса в ролі більшого катета, і кроком в ролі меншого катета. Довжину одного витка еліпсної гвинтової заготовки знаходимо за формулою:

$$L_3 = \sqrt{L_0^2 + T_1^2} \qquad (5.1)$$

де L_0 – периметр еліпсного профілю гвинтової заготовки, $L_0 = \pi \cdot (a_0 + b_0)$.

Периметр змінної формуючої шайби має бути рівним довжині одного витка гвинтової еліпсної заготовки, і визначається за формулою периметра еліпса:

$$L = \pi \cdot (a + b) \tag{5.2}$$

Оскільки дані довжини рівні, то праві частини рівнянь 5.1 і 5.2 можна прирівняти:

$$\pi \cdot (a + b) = \sqrt{(\pi a_0 + \pi b_0)^2 + T_1^2} \tag{5.3}$$

Відношення більшої осі еліпса до меншої в профілі змінної формуючої втулки і профілі витка еліпсної гвинтової заготовки повинні бути одинакові, приймемо 1:1,5 і після скорочень отримаємо:

$$\begin{cases} a = kb \\ b = \sqrt{b_0^2 + \dfrac{T_1^2}{(k+1)^2 \pi^2}} \end{cases}, \tag{5.4}$$

де k – коефіцієнт, що характеризує відношення більшої осі еліпса до меншої.

Товщину змінної формуючої втулки обираємо більшою за товщину стрічкової заготовки на 1 мм, для вільного входження стрічки в зазор між направляючим шківом і притискним диском.

Формувальну змінну стулку доцільно виготовляти із якісних сталей, та на зовнішній крайці виконувати насічки для підвищення коефіцієнта тертя, для запобігання проковзування та заклинювання.

5.4 Техніко-економічне обґрунтування

Основою для розрахунку річної економії є застосування нового технологічного процесу виготовлення деталей еліпсних гвинтових робочих органів.

Згідно діючого (базового) технологічного процесу виготовлення деталей еліпсних гвинтових робочих органів виконується за наступною послідовність операцій:

1. Розкрій стрічок.

2. Вирубування диска.

3. Пробивання центрального отвору.

4. Розтягування на крок.

5. Зварювання.

Усі вище вказані переходи виконуються на пресах в спеціальних штампах, а розкрій стрічки – на спеціальному обладнанні дисковими ножами.

Впровадження нового (проектного) технологічного процесу виготовлення дископодібних деталей із фасонними впадинами включає наступну послідовність операцій:

1. Розкрій стрічок.

2. Навивання стрічки із заданим кроком на еліпсну оправу.

3. Нарізання ЕГЗ на задану довжину.

Річний економічний ефект для цього випадку розраховується шляхом порівняння технологічної собівартості двох варіантів [6]:

$$C_m = \left(M_0 + З_0 + P_0 + P_i\right) \cdot П_P + \left(З_{П-З} + C_{oc}^{p}\right), \qquad (5.5)$$

де M_0 – витрати на матеріал, який використовується для виготовлення однієї деталі, грн;

$З_0$ – заробітна плата основних робітників на одну деталь, грн;

P_0 – витрати на утримання та експлуатацію обладнання, які приходяться на виготовлення однієї деталі, грн;

P_i – витрати на експлуатацію інструментів, які необхідні для виготовлення однієї деталі, грн;

$П_p$ – річна програма випуску деталей, шт;

$З_{П-З}$ – оплата наладчикам за підготовчо-заключним часом, грн;

C_{oc}^{p} – річні витрати на оснащення, грн.

Витрати на матеріал, який використовується для виготовлення однієї деталі:

$$M_0 = m_1 \cdot M_1 - m_2 \cdot M_2, \qquad (5.6)$$

де m_1 – вага заготовки, кг;

M_1 – вартість одного кілограма матеріалу заготовки, грн;

m_2 – вага відходів, кг;

M_1 – вартість одного кілограма відходів, грн.

Заробітна плата основних робітників за виготовлення однієї деталі дорівнює сумі годинної основної і додаткової (з відрахуванням на соціального страхування) зарплати робітника $З_o^г$ розряду помножену на норму штучного часу $T_{шт}$ на всіх операціях:

$$З_0 = \sum З_o^г \cdot T_{шт}. \qquad (5.7)$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання P_o, відносять на одну деталь, визначаються множенням собівартості машино-годин $C_{м-г}$ використаного обладнання на норму штучного часу $T_{шт}$:

$$P_0 = \sum C_{м-г} \cdot T_{шт}. \qquad (5.8)$$

Витрати на експлуатацію інструменту, який використовується при виробництві однієї деталі P_i рівні добутку годинних витрат на утримання інструменту P_i на норму машинного часу T_o:

$$P_i = \sum P_i^г \cdot T_o. \qquad (5.9)$$

Заробітна плата наладчика за підготовчо-заключний час $З_{П-З}$ дорівнює добутку числа партій (переналагоджень) за рік n на годинну (основну і допоміжну з відрахуванням на соцстрах), зарплату наладчиків $З_н$ і норму підготовчо-заключного часу:

$$З_{П-З} = n \cdot \sum З_н^г \cdot T_{н.з.} \quad (5.10)$$

Річні витрати на оснащення $C_{ос}^р$ визначаються добутком вартості оснащення $C_{ос}$ за всіма операціями на коефіцієнт амортизації:

$$C_{ос}^р = к \cdot C_{ос}. \quad (5.11)$$

Вихідні дані, які використовуються заводом для розрахунку річної економії приведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Вихідні дані

Елементи розрахунку	Базовий варіант. Операції					Проектний варіант. Операції		
	1	2	3	4	5	1	2	3
$T_{шт}$, с	3	15	10	15	15	3	30	5
$З_о^г$, грн	9,2					9,2		
$C_{м-г}$, грн	11,2	10,4	10,4	10,4	10,4	11,2	10,4	10,4
T_0, с	3	5	5	5	5	3	15	19
$P_i^г$, грн	2,7	2,6	2,6	2	2	2,7	1	2
n	12					12		
$T_{п.з.}$,год	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2
$З_н^г$, грн	9,2					9,2		
$C_{ос}$, грн	600	3500	3500	4500	4500	600	2500	3500
$П_р$, шт	20000					20000		

Заробітна плата основних робітників базового і проектного варіантів:

$$З_0^б = 9{,}2 \cdot 0{,}00084 + 4 \cdot 9{,}2 \cdot 0{,}0042 = 0{,}16 \text{ грн};$$

$$З_0^п = 9{,}2 \cdot 0{,}00084 + 3 \cdot 9{,}2 \cdot 0{,}0042 + 0{,}007 \cdot 9{,}2 + 9{,}2 \cdot 0{,}0028 = 0{,}21 \text{ грн}.$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$P_0^б = 10{,}2 \cdot 0{,}00084 + 4 \cdot 9{,}4 \cdot 0{,}0042 = 0{,}17 \text{ грн};$$

$$P_0^п = 10{,}2 \cdot 0{,}00084 + 8 \cdot 0{,}0028 + 3 \cdot 2 \cdot 0{,}0042 + 8{,}5 \cdot 0{,}007 + 9{,}4 \cdot 0{,}0042 = 0{,}10 \text{ грн.}$$

Витрати на інструмент:

$$P_i^б = 2{,}2 \cdot 0{,}00084 + 2{,}1 \cdot 0{,}0014 \cdot 2 + 1{,}5 \cdot 0{,}00084 \cdot 2 = 0{,}01 \text{ грн};$$

$$P_i^п = 2{,}2 \cdot 0{,}00084 + 1{,}5 \cdot 0{,}0028 + 0{,}4 \cdot 0{,}0019 + 0{,}0042 + 0{,}0021 + 0{,}0013 = 0{,}02 \text{ грн.}$$

Витрати по підготовчо-заключному часу:

$$З_{П-З}^б = 12 \cdot (9{,}2 \cdot 0{,}3 + 9{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 4) = 121{,}44 \text{ грн};$$

$$З_{П-З}^п = 12 \cdot (2 \cdot 9{,}2 \cdot 0{,}3 + 3 \cdot 9{,}2 \cdot 0{,}2 + 9{,}2 \cdot 0{,}1) = 143{,}52 \text{ грн.}$$

Витрати на оснащення:

$$C_{ос}^{р.б} = 1{,}3 \cdot (600 + 3500 + 3500 + 4500 + 4500) = 21580 \text{ грн};$$

$$C_{ос}^{р.п} = 1{,}3 \cdot (600 + 2500 + 3500) = 8580 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал:

$$M_0^б = 0{,}15 \cdot 5 - 0{,}05 \cdot 1 = 0{,}7 \text{ грн};$$

$$M_0^п = 0{,}10 \cdot 5 = 0{,}5 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість:

$$C_m^б = (0{,}7 + 0{,}16 + 0{,}17 + 0{,}01) \cdot 20000 + 121{,}44 + 21580 = 42501{,}44 \text{ грн};$$

$$C_m^п = (0{,}5 + 0{,}21 + 0{,}1 + 0{,}02) \cdot 20000 + 127{,}9 + 12480 = 29207{,}9 \text{ грн}.$$

Річна економія, яка одержується від застосування проектного технологічного процесу виготовлення дископодібних деталей з фасонними впадинами:

$$E = 42501{,}44 - 29207{,}9 = 13293{,}54 \text{ грн}.$$

5.5 Висновки

1. Представлено ряд способів, та конструкцій пристроїв для розширення технологічних можливостей. А саме: люнет для відрізання профільних заготовок, який дає змогу пришвидшити процес відрізання профільних заготовок на задану довжину з точністю 0,5мм; пристрій для формування і зміцнення зовнішнього профілю гвинтових робочих органів, який дає змогу зміцнити зовнішню кромку гвинтового робочого органу, та надати їй необхідного профілю; спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей; спосіб ротаційного профілювання еліптичних пустотілих заготовок, який дає можливість отримати еліпсні оправи з круглого товстостінного трубного прокату.

2. Запропоновано контрольний пристрій «Шнекомір», який дає можливість вимірювати такі параметри ЕГЗ, як зовнішній діаметр у діапазоні 60-200 мм, крок 20-150 мм з точністю 0,1 мм, та шорсткість виготовлених спіралей.

3. Наведена комп’ютерна модель процесу навивання стрічкової заготовки на еліпсну оправу із зображенням початкових умов та переміщень, деформацій і напружень, що виникають в матеріалі стрічкової заготовки після прикладення до неї змодельованого зусилля. Дана модель зобразила зони, де виникають

максимальні напруження розтягу і стиску матеріалу стрічкової заготовки, та дала можливість визначити мінімальний радіус кривизни при навиванні, який доцільна приймати не менше 20 мм.

4. Представлена інженерна методика проектування технологічного оснащення для навивання еліпсних гвинтових заготовок, яка дала можливість встановити взаємозв’язок між необхідними геометричними параметрами еліпсної гвинтової заготовки і конструктивними параметрами технологічного устаткування.

5. Проведено техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного спорядження і проектного технологічного процесу на базі розробленого устаткування. Встановлена економія на річну програму випуску в 20000 шт. буде рівна 13293,54 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі розроблення та практичної реалізації раціональних ТП виготовлення ГЕЗ, які включають формоутворення навиванням на еліпсну оправу, проточування профільних гвинтових канавок і обкочування зовнішньої крайки гвинтових робочих органів, обґрунтування параметрів технологічного спорядження необхідного для визначених операцій створення ГЕЗ. Ця задача вирішена на основі досліджень силових параметрів формоутворення та динаміки проточування профільних гвинтових канавок, що дає можливість розробляти технологію і виготовляти нові робочі органи змішувачів сипучих матеріалів.

1. Отримано аналітичні залежності, які описують зв'язок геометричних параметрів гнуття: внутрішнього r і зовнішнього $R_з$ радіусів гнуття з осями еліпса та їх вплив на енергосилові показники процесу формоутворення, що дозволило виробити рекомендації щодо зменшення енергозатрат. Встановлено що при формуванні заготовок зі стрічки (Ст 3, $\sigma_в$=440МПа) B =15мм; H=2мм на оправу a=50мм; b=40мм: сила гнуття знаходиться в межах $P = 2500 - 2720$ Н, а момент $M_0 = 85 - 88$ Нм. Зусилля і момент формоутворення набувають максимального значення в процесі формування заготовки на частині еліпсної оправи зі сторони великої піввісі і відповідно спадає на малій піввісі еліпса.

2. Досліджено функціональні залежності, що виявляють зв’язки між енергосиловими параметрами виготовлення та необхідними конструктивними параметрами технологічного спорядження, встановлено, що стабільний процес формоутворення еліпсних гвинтових заготовок можливий при ексцентриситеті еліпсної оправи в межах 0,5-0,8. При ексцентриситеті меншим 0,4 проходить розрив зовнішньої крайки заготовки через недопустиме зменшення радіусу навивання.

3. Розроблено динамічну модель проточування профільних гвинтових канавок, на основі динамічних характеристик технологічної системи виведені

залежності для визначення власних і вимушених коливань системи, досліджено процес стружкоутворення, що дозволило оцінити зміну зусиль різання в процесі проточування канавок на еліпсній оправі. Допустима подача S = 0,4 мм, при глибині t = 2,5 мм.

4. Досліджено процес обкочування зовнішньої крайки гвинтових робочих органів в холодному і гарячому станах, виведено розрахункові залежності для визначення силових параметрів процесу, з метою підвищення їх експлуатаційної надійності і довговічності, встановлено, що вирішальним фактором на зміну напруження згину є саме діаметральні параметри заготовки. Виведені також аналітичні залежності для визначення крутного моменту обертання шнека при його обтискуванні в залежно від радіуса ролика: R_1= 50, 60 і 70 мм, при цьому момент змінюється в межах $4{\cdot}10^5$ до $8{\cdot}10^5$ Нмм.

5. Розроблено математичну модель профілювання пустотілих еліпсних заготовок, що дає змогу визначити їх основні параметри. Для однакових значень товщини стінки при D=100 мм значення напруження згину перевищують аналогічні при D=180 мм, більше ніж у 1,8 рази.

6. На основі теоретичних та експериментальних досліджень процесів формоутворення навивних заготовок вперше розроблено методику розрахунку та проектування технологічних процесів формоутворення еліпсних гвинтових заготовок, конструкцій конкурентоздатного устаткування й спорядження з урахуванням технологічних умов формоутворення та забезпечення експлуатаційних вимог, які забезпечують економію матеріально-енергетичних ресурсів на 12–17%.

7. Для проведення експериментальних досліджень параметрів формоутворення гвинтових еліпсних заготовок створено експериментально-дослідну установку на базі токарно-гвинторізного верстата 16Е16КП оснащеного пристроєм для навивання еліпсних гвинтових елементів, Altivar для зняття результатів і ПК для оброблення результатів. Проведено комплекс експериментальних досліджень впливу трьох основних факторів: товщини стрічки H, ширини стрічки B та половини меншої осі еліпса b на сили гнуття

притискним роликом. Встановлено, що на варіацію енергетичних факторів істотний вплив мають ширина *B* стрічки – 43%, товщина *H* стрічки – 32%, і лише 12% половина меншої осі еліпса *b*.

8. Виведено регресійні залежності для визначення сили навивання на еліпсну оправу залежно від товщини H і ширини B стрічки та половини меншої осі еліпса b заготовки для різних матеріалів. Експериментальні дослідження підтвердили адекватність теоретичних напрацювань.

9. Отримано наукові результати підтверджені експериментальними даними (максимальне розходження між результатами теоретичного аналізу і експериментів не перевищує 17%). Розроблено ресурсоощадні технологічні процеси формоутворення еліпсних гвинтових заготовок. Створені конкурентоздатні пристрої для формоутворення еліпсних заготовок, інструмент для контролю параметрів: зовнішній діаметр у діапазоні 60-200 мм, крок 20-150 мм з точністю 0,1 мм, та шорсткість виготовлених спіралей, і пристрій для проточування зовнішніх профільних гвинтових канавок. Розроблені пристрої пройшли дослідно-промислову апробацію (підтверджено 2 актами) та впроваджені у виробництво на підприємствах України з річним економічним ефектом 15,4 тис.грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.с. 1646638 СРСР, МКИ^3 В21 С 37/26 Способ изготовления трубы со спиральным оребрением / Зоз В.Н., Ермаков Г.Н., и др.; заявитель ПМЗ им. Орджоникидзе и КПИ - № 4688808/27; заявл. 12.05.89; опубл. 07.05.91, Бюл. №17.

2. А.с. 1690899 СРСР, МКИ^3 В21 D 11/06 В 21 Н 3/12 Способ изготовления спиралей шнека/ Кузнецов М.В.,Дронов В.Д., Лафазан В.И. и др.; №4725784/27; заявл. 07.08.89; опубл. 15.11.91., Бюл. № 42.

3. А.с. СССР № 1317570. МКИ^3 Н02 К 15/02. Поточная линия для изготовления витіх ленточніх магнитопроводов / Г.П. Аверьянов, В.С. Андрианов и др. заявитель: Институт автомобильного єлектрооборудования и автоприборов; 3933644/24-07 заявл: 26.07.85; опубл. 15.06.87. Бюл. №22.

4. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальних решений / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М. : Наука, 1971. - 215 с.

5. Анилович В.Я., Гринченко А.С., Литвиненко В.А. Надежность машин / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.А. Литвиненко. Харьков. ОННО 2001, – 318с.

6. Барташев Л.В. Технико-экономические расчеты при проектировании и производстве машин / Барташев Л. В. – М. : Машиностроение, 1973. – 354с.

7. Берлинер Ю.И. Технология химического и нефтяного аппаратостроения / Ю.И. Берлинер, Ю.А. Балашов. – М.: Машиностроениие, 1976. – 256 с.

8. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев – М.: Наука, 1981. – 720 с.

9. Васильків В.В. Розвиток науково-прикладних основ розроблення технологій виробництва гвинтових і шнекових заготовок з використанням уніфікації: дисертація доктора технічних наук за спеціальність 05.02.08 –

технологія машинобудування / Васильків Василь Васильович; Тернопільський національний технічний університет. – Тернопіль, 2015. – 600с.

10. Гевко Б. М. Технология изготовления спиралей шнеков / Гевко Б. М. – Львов: Вища школа, 1986. – 128 с.

11. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельськохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатынський. – Львов: Выща школа; изд-во при Львов. ун-те, 1989. – 176 с.

12. Гевко Б.М. Технология изготовления спіралей шнеков / Б.М Гевко. – Львов: Выща школа; изд-во при Львов. гос. ун-те, 1986. – 128 с.

13. Гевко Б.М. Технологія сільськогосподарських машинобудування: підручник / Б.М. Гевко, І.Б. Гевко, Д.Л. Радик. – Київ: Кондор, 2006. – 496 с.

14. Гевко Б.М., Технологія сільськогосподарського машинобудування: підручник / Б.М. Гевко, І.Б. Гевко, Д.Л. Радик. – Київ: Кондор, 2006.– 490с.

15. Гевко БМ. Технологічне оснащення для виготовлення гвинтових елементів теплоагрегатів / Б.М. Гевко, С.В. Пономаренко, А.Я. Палюх // Вісник ТДТУ. – 2010. – Том 15. - №1. – С. 52 – 60.

16. Гевко І. Особливості виготовлення гвинтових гофрованих робочих органів сільськогогосподарських машин / І. Гевко, Б. Гевко, М. Левкович, А. Драган, // Агроінженерні дослідження: зб. наук. Статей – Вип. 15. – Львів: ЛНАУ. – 2011 – С. 349–356.

17. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 307 с.

18. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – 307 с.

19. Гевко І.Б. До питання моделювання гофрованих гвинтових робочих органів машин / І.Б. Гевко // Збірник наукових праць ДДМА: «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем». – 2010. – Вип. 26. – С. 373-377.

20. Гевко І.Б. Результати експериментальних досліджень з визначення впливу технологічних факторів на конструктивні параметри гвинтових деталей

/ І.Б. Гевко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць ДДМА. – Краматорськ: ДДМА. – 2008. – вип. 23. – С. 202 – 207.

22. Главатских Д.В. Автоматизированное моделирование формообразования винтовых поверхностей изделий машиностроения: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. Кандидата наук 05.13.12 / Главатских Дмитрий Вильямович; Москв. гос. горн. Ун-т. – М., 1997. – 16 с.

23. Гурей І.В. Автоматизований розрахунок комплекту мітчиків для нарізання метричної різі / І.В. Гурей, В.І. Гурей // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2013. - №760. – С. – 8 – 13.

24. Гурей І.В. Моделювання гіроскопічних процесів під час фрикційного зміщення деталей машин / І.В. Гурей, В.І. Гурей, П.Р. Дмитренко // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2013. - №760. – С. – 14 – 18.

25. Гурик О.Я. Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів: Автереф. дис.. канд.. техн. наук: 05.05.11 / Гурик Олег Ярославович; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2003. – 20 с.

26. Данильченко Л.М. Технологічне забезпечення точності формоутворення витих заготовок: дис.. канд. техн.. наук 05.02.08 \ Данильченко Лариса Миколаївна. – Львів, 2000. – 175 с.

27. Драган А.П. Теоретичні передумови технологічного процесу виготовлення гвинтових гофрованих заготовок: дис. канд. техн. наук: 05.02.08 / Драган Андрій Петрович; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2007. – 198 с.

28. Душинський В. В. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: навчальний посібник / В. В. Душинський. - К.: НТУУ “КПІ”, 1998. – 408 с.

29. Дячун А.Є. Обгрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення профільних гвинтових заготовок: дис. канд. техн. наук: 05.02.08 / Дячун Андрій Євгенович; Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2008. – 208с.

31. Егоров В.А. Об изготовлении винтовых лент прокаткой / В.А. Егоров // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. - №12. – С. 41 – 43.

32. Зверовщиков В.З. Обработка винтовых поверхностей: учеб. Пособие / В.З. Зверовщиков и др. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. Ун-та, 1999. – 141 с.

33. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / Зубцов М. Е. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.

34. Кучвара И. Н. Исследование силовых параметров формообразования профильных винтовых элементов / И. Б. Гевко, И. Н. Кучвара, А. Е. Дячун, А. Б. Гупка // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17, no 7. – P. 111-116.

35. Кучвара І. М. Морфологічний синтез пристроїв для заміру конструктивних параметрів шнека / А. Є. Дячун, Ю. М. Тарасюк, В. М. Клендій, П. В. Босюк, І. М. Кучвара // Наукові нотатки: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2014. – Вип. 44. − С. 98-103.

36. Кучвара І. М. Підвищення експлуатаційної надійності гвинтових робочих органів / А. Є. Дячун, І. М. Кучвара // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2014. – Вип. 151. − С. 206-212.

37. Кучвара І. М. Підвищення ефективності виготовлення профільних гвинтових заготовок тіл обертання / І. М. Кучвара, М. І. Пилипець // Збірник тез доповідей III наукової конференції МТФ «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті», 21 травня 2015 р. : тези допов. – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – С. 17-18.

38. Кучвара І. М. Пристрій для нарізання зовнішніх гвинтових профільних канавок / І. М. Кучвара // Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних

технологій», 11-12 грудня 2013 р. : тези допов. – Тернопіль : ТНТУ, 2013. – С. 106.

39. Кучвара І. М. Результати експериментальних досліджень з визначення впливу технологічних факторів на конструктивні параметри гвинтових заготовок / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, І. Б. Гевко, І. М. Кучвара // Сільськогосподарські машини: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2013. – Вип. 24. − С. 53-60.

40. Кучвара І. М. Синтез технологічного спорядження для навивання гвинтових заготовок / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, І. М. Кучвара, І. І. Брощак // Наукові нотатки: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2013. – Вип. 40. − С. 37-44.

41. Кучвара І. М. Структурний синтез гвинтових робочих органів механізмів машин / О. Л. Ляшук, Р. О. Любачівський, І. М. Кучвара // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Серія машинобудування. – Київ, 2013. – №2 (68) − С. 25-31.

42. Кучвара І. М. Технологічні передумови виготовлення профільних гвинтових робочих органів сільськогосподарських машин / І. М. Кучвара // Сільськогосподарські машини: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2013. – Вип. 24. − С. 40-52.

43. Кучвара І. М. Технологічні передумови профілювання кожухів гвинтових конвеєрів / Б. М. Гевко, Р. В. Комар, І. М. Кучвара // Наукові нотатки: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2013. – Вип. 43. − С. 65-70.

44. Кучвара І. М. Технологічні передумови формування навивних гвинтових заготовок / М. І. Пилипець, М. Г. Левкович, І. М. Кучвара // Наукові нотатки: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2014. – Вип. 44. − С. 208-212.

45. Кучвара І. М. Технологічність конструкцій механізмів з гвинтовими робочими органами / Б. М. Гевко, А. Є. Дячун, І. М. Кучвара, В. М. Клендій // Сільськогосподарські машини: міжвуз. зб. наук. праць. – Луцьк, 2013. – Вип. 26. − С. 13-19.

46. Кучвара І. М. Формування ремонтних шнекових заготовок гвинтових робочих органів / І. Б. Гевко, В. З. Гудь, І. М. Кучвара // Вісник Харківського

національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2014. – Вип. 146. − С. 164-167.

47. Кучвара І.М. Пристрій для виготовлення гвинтових еліпсних заготовок / І. М. Кучвара, І. Г. Ткаченко, І. Б. Гевко // Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2013 р. : тези допов. – Тернопіль : ТНТУ, 2013. – С. 147-148.

48. Ларшин В.П. Анализ способов определения припуска на механичискую обработку / В.П. Ларшин, Н.В. Лищенко, С.Н. Макаров // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. - №1. – С. 36 – 41.

49. Лысовой М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / М.Н. Лысовой. – М.: Машиностроение, 1966. – 236 с.

50. Ляшук О.Л. Технологічне забезпечення виготовлення деталей типу тіл обертання з профільного прокату: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.02.08 / Ляшук Олег Леонтійович; Тернопільський державний технічний університет ім.І. Пулюя. – Тернопіль, 2006. – 21 с.

51. Мазуровский Б.Я. Изготовление колец гибкой из полосы на ребро / Б.Я. Мазуровский, П.И. Диван // Кухнечно-штамповочное производство. – 1973. -№4. – С. 19-21

52. Механізми з гвинтовими пристроями / Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський, М.І. Пилипець, А.В. Матвійчук. – Львів: Світ, 1993. – 208 с.

53. Новосад І.Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів: автореф. дис. канд. тех. наук: спец. 05.02.08 «Технологія машинобудування» / Іван Якович Новосад; Тернопільський державний технічний університет ім..І. Пулюя. – Тернопіль, 2007. – 22 с.

54. Паньків М.Р. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гвинтово-еліпсного очисника бурякозбиральних машин / Паньків Марія Романівна: дисертація кандидата технічних наук за спеціальністю

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва; Тернопільський національний технічний університет. Тернопіль. – 2003. – 203с.

65. Пат. 81484 Україна, МПК (2006.01) B 23 B 5/48. Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів / Кучвара І.М., Комар Р.В.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Комар Р.В. – № u 2013 02359; заявл. 25.02.13, опубл. 25.06.13, Бюл. № 12.

66. Пат. 83798 Україна, МПК (2013.01) B 01 F 7/00. Гвинтовий двошнековий змішувач / Пилипець М.І., Дячун А.Є., Кучвара І.М., Любачівський Р.О., Гевко І.Б.; заявники та патентовласники Пилипець М.І., Дячун А.Є., Кучвара І.М., Любачівський Р.О., Гевко І.Б. – № u 2013 05436; заявл. 26.04.13; опубл. 25.09.13, Бюл. № 18.

67. Пат. 83805 Україна, МПК (2013.01) B 23 B 5/00. Спосіб одночасного проточування довгомірних деталей складних профілів / Кучвара І.М., Пилипець М.І., Дзюра В.О., Гевко І.Б.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Пилипець М.І., Дзюра В.О., Гевко І.Б. – № u 2013 05520; заявл. 29.04.13, опубл. 25.09.13, Бюл. № 18.

68. Пат. 98902 Україна, МПК (2015.01) B 23 D 15/00. Люнет для відрізання профільних заготовок / Кучвара І.М., Гевко І.Б., Білик С.Г., Диня В.І., Фльонц О.В.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Гевко І.Б., Білик С.Г., Диня В.І., Фльонц О.В. – № u 2014 12902; заявл. 02.12.14, опубл. 12.05.15, Бюл. № 9.

69. Пат. 98903 Україна, МПК (2006.01) B 21 D 11/06. Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок / Кучвара І.М., Гудь В.З., Дячун А.Є., Саранчук Л.І., Гевко І.Б.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Гудь В.З., Дячун А.Є., Саранчук Л.І., Гевко І.Б. – № u 2014 12903; заявл. 02.12.14, опубл. 12.05.15, Бюл. № 9.

70. Пат. 98974 Україна, МПК (2006.01) G 01 B 3/20. Шнекомір / Кучвара І.М., Дячун А.Є., Тарасюк Ю.М., Навроцька Т.Д., Клендій В.М.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Дячун А.Є., Тарасюк Ю.М., Навроцька Т.Д., Клендій В.М. – № u 2014 13360; заявл. 12.12.14, опубл. 12.05.15, Бюл. № 9.

71. Пат. 99015 Україна, МПК (2006.01) B 21 D 11/06. Універсальний пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок / Кучвара І.М., Гудь В.З., Дячун А.Є., Гевко І.Б.; заявники та патентовласники Кучвара І.М., Гудь В.З., Дячун А.Є., Гевко І.Б. – № u 2014 13725; заявл. 22.12.14, опубл. 12.05.15, Бюл. № 9.

73. Пилипець М.І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: дис.. д-ра техн. наук: 05.02.08 / Михайло Ількович Пилипець; Нац. Ун-т «Львівськ аполітехніка». – Львів, 2002. – 445 с.

74. Пилипець М.І. Проектування секційних гвинтових заготовок / М.І. Пилипець, В.В. Васильків. – Тернопіль: видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2013. – 180с.

75. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней / Попов Е.П. – М.: Наука, 1986. – 296 с.

76. Римен В.Х. Изготовление фланцов методом спиральной навивки / В.Х. Римен, Ю.И. Глушко // Технология и организация производства. – 1986. - №2. – С. 33 – 38.

77. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: дис.. докт. техн.. наук 05.20.01, 05.05.05 \ Роман Михайлович Рогатинський; Тернопільський держ. ун.-т. ім. І. Пулюя. – Тернопіль, 1997. – 454 с.

78. Рогатинський Р.М. Основи оптимального проектування гвинтових конвеєрів сільськогосподарських машин: дис.. кан. техн.. наук 05.20.04 / Роман Михайлович Рогатинський; Тернопільський приладобудівний ін.-т. – Тернопіль, 1993. – 184 с.

79. Технологические процессы изготовления деталей приборов / Под. Ред. В.А. Остафьева. – К: Вища школа. – 1983. – 208 с.

80. Технологічне забезпечення виготовлення нежорстких гвинтових заготовок: дис. канд. тех. наук: спец. 05.02.08 / Гудь Віктор Зіновійович; Тернопільський державний технічний університет ім..І. Пулюя. – Тернопіль, 2006. – 212 с.

81. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей: монографія / Б.М. Гевко, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, А.П. Драган, І.Я. Новосад - Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2008. – 367 с.

82. Тимошенко С.П. Прочность и колебания елементов конструкции / Тимошенко С.П. – М.: Наука, 1975. – 704 с.

83. Ухватов Н.Н. Гибка полос из титановых сплавов на ребро с электронагревом // Н.Н. Ухватов, М.И. Лысов, И.М. Закиров, В.П. Сквордяков, С.Х. Гатауллин / Кузнечно-штамповочное производство. – 1972. - №5. – С. 40 – 43.

84. Черный В.В. Технологические процессы в машиностроении. Ч. II: Технология изготовления типовых деталей пищевого машиностроения: лекции к курсу / Черный В.В., Богуш В.А. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. Техн. ун-та, 2004. – 64 с.

85. Fraas A.S. Heat exchanger design // Arthur P. Fraas, M. Necati Osisic. JOHN WILEY & SIONS.INC – New York – London – Sydey – 1971 – 358p.

86. Pat CA2252127 GlaSification international: B21D11/06; B21K5/04; B23K37/047; B65G33/24; Method apparatus for forming reinforced auger flighting and a detachable reinforced auger flight / Plett Benjamin; applicant: WESTFIELD IND LTD; application number: 19982252127 19981030; -'priority numbers): CA19982252127 19981030; publication date: 2000-04-30.

87 Pat DE19956716 Also published as: US6308549(B1) Classification international: H02K15/02; H02K15/022 Classification european: H02K15/02C1 Arrangement for making spiral stator core for rotating field machine has stopper limiting distance between rollers that gradually reduce magnetic strip thickness from one side to the other / Tokizawa Takashi; Nagasaka Katsumi; Asano Masahiro; Fujimoto Toshihiko; Matsumoto Katsumi; Shiraishi Katsuyoshi; Maeda Kazutaka; Applicant: DENSO CORP; application number DE19991056716 19991125; priority numbers: JP19980336156 19981126; JP19990224501 19990806; JP19990223588 19990806; publication date: 2000-05-31. I

88. Pat JP2001054260 Classification international: H02K15/02; H02K15/02; Manufacture of molding paired roller spiral ring plate and manufacturing apparatus thereof / Nagasaka Kalsumi; Asano Masahiro; Matsumoto Katsumi; Shiraishi Katsuyoshi; application: DENSO CORP; application number: JP19990223532 19990806; priority number: JP19990223532 19990806; publication date: 2001-02-23

89. Pat JP2013215772 Classification international: B21D11/06; B21D53/00; [E02D5/281, E02D5/56 Method for manufacturing thickened spiral blade, steel pipe pile with thickened spiral blade using the same, and apparatus for manufacturing the thickened spiral blade; applicant: HOKKAI BANE KK; Application number: JP20120088320 20120409 priority number: JP20120088320 20=120409; publication date: 2013-10-24.

90. Pat KR20050088800 Also published as: EP1709721(A3) Classification international:D06F37/30;H02K1/18; Classification european: D06F37/30C; M2Kl/l4bl; Structure and manufacturing method for spiral core / Ahn Byung Hwan. Bppiicant: LG ELECTRONICS INC (KR); application number: KR20040014311 120040303; priority number: KR20040014311 20040303; publication date: 2005-09-07.

91. Pat RU2058845 Classification international: B21C37/26; B21C37/15. Method of finning tubes by helical winding of belt and apparatus for performing the same / Cherpillo Eduard P; Buneev Boris G; Golovin Vladimir S.; applicant: NI PI T KHIM I NEFTYANOGO AP.; Application number: SU19904823435 19900514; priority number: 51) 19904823435 19900514; publication date: 1996-04-27.

92. Pat SU606664 (Al) Also published as: US4341845 (Al). Classification international: B21H3/12; B21H3/00; Classification european: Helical metallic ribbon for continuous edge winding application / BELOUSOV NJ; Safronov V.G. Applicant: Belousov N.F; Safionov V.G; application number: SU19762329294 19760302; priorily number SU19762329294 19760302; publication date: 1978-05-15.

93. Pat W00038854 Classification intemational: B21C37/26; B23K2602; IC37/15; Classification european: B21C37/26: B23K26/32 Method of fabricating fins

on heat exchanger tubes / Gibbons Thomas B; Teigan Bard C; Borden Michael P; applicant: ABB ALSTOM POWER INC; application number: W01999US30599 19991221; priority number: US19980221743 19981228; publication date: 2000-07-06.

94. Pat W00131765 Also published as:- EP1222730 (Al) Classification international: H02K1/18; H02K15/02; H01F41/02; H02K1/18; Classification european: H02K15/02C1 Method for production of a band / Shen Jinxing; Oesterlein Roland; Porteous Tom; Vedsted Flemming; Jacobsen Mogens F; Ikonen Ilkka Applicant: ABB RESEARCH LTD; Shen Jinxing; Oesterlein Roland; Porteous Tom; Vedsted Flemming; Jacobsen Mogens F; Ikonen Ilkka; application number: W02000EP10184 20001017; Priority number: DE19991051180 19991023; publication date: 2001-05-03.

95. Pat. CN 1627596 Classification international: H02K1/00; H02K1/12; External tooth type stator core in spiral curve / Li Shengyuan; applicant: LG ELECTRONICS TIANJIN; application number: CN200331107355 20031212 priorily number: CN20031107355 20031212; publication date: 2005-06-15.

96. Pat. CN 200976532Y/ Classification international: H02K15/02; H02K15/02; Iron core spiral winding apparatus for motor outward tooth / Chen Yiyan He; applicant: FUJIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOG; application number: CN20062095377U 20060221 priorily number: CN CN20062095377U 20060221; publication date: 2007-11-14.

97. Pat. DD214307 Classification international: B21C37/26; B21C37/15; Vorrichtung zur herstellung spiralfoermig auf rohroberflaechen angeordneter metallrippen / Rosin Erwin; Kaufmann Hans; Kauschinger Martin Applicant: LEIPZIG CHEMIEANLAGEN; application number: DD19830248880 19830317; priority number: DD19830248880 19830317; publication date: 1984-10-10.

98. Pat. DE1402779 Also published as: Classification international: B21C37/B21C37/15; (IPC1-7): B21C37/26; Classification- european: Rippenrohr/ GIDEON MAX. Applicant: SCHWEISSWERK BUELACH AG — Application

number: CH19590075734 19590714; Priority number(s): DENDAT1402779 00000000; Publication date: 1969-01-30;

99. Pat. DE3320235 Also published as: Classification international: B21C37/26; B21C37/15; (IPC1-7): B21C37/26 Classification- european: B21C37/26 Method and apparatus for the helical winding of strip on to tubes / DENNER PETER; JOEKEL ALFRED; HERRMANN WOLFGANG Applicant: BALCKE DUERR AGA pplication number: DE19833320235 19830603 Prioritynumber(s):DE19833320235 19830603Publicationdate:1984-11-22

100. Pat. EP0871282 Also published as: US5986377 (Al) Classification international: H02K1/14; H02K3/18; Classification european: H02K15/06D3B; H02K1/14D1; H02K3/18; Stator for dynamoelectric machine and method of making the same / Yamada Toyonobu; Kawamura Tsutomu; Mizutani Naoki; Sato Toshikazu; Miyaoka Kingo; Mochizuki Motoyasu; Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO; application number: EP19980106585 19980409; priority numbers: JP19970093761 19970411; JP19970326478 19971127; publication date: 1998-10-14.

102. Pat. GB821046 Also published as: Classification international: B21C37/24; B21C37/26; B21C37/15; Classification - european: B21C37/24; B21C37/26: Ribbed pipes for heat exchangers / VITS ELEKTRO GMBH; HILMAR VITS Application number: GB19550028884 19551011Publication date: DEX821046 19541013

103. Pat. GR3003609T Classification international: B21C37/26; B21C37/15; Classification european: B21C37/26-Verfahren und Vorrichtung zum wendelfoermigen Aufwickeln von Metallband auf Rohre; application number: GR19920400054T19920121; priority' number: DE19873729859 19870905; publication date: 1993-03-16.

104. Pat. GR3003609TAlsopublishedas: Classificationinternational:B21C37/26; B21C37/15;Classification- european: B21C37/26 Verfahrenund Vorrichtungzumwendelfoermigen Aufwickelnvon Metallbandauf Rohre / Applicant: Applicationnumber: GR19920400054T 19920121 Priority number(s): DE19873729859 19870905 Publication date:1993-03-16

105. Pat. JP2000129326 Classification international: C21B13/10; B65G33/26; F27B9/16; Classification european: B21D11/06; B21F3/04 Device for dischaiging reduced iron / Unfleki Takao; applicant: KOBE STEEL LTD; application number JP19980305328 19981027; priority number: JP19980305328 19981027; publication date: 2000-03-15.

113. Pat. JP2003130568 Classification international: B^3P15/26; B21D11/10; 821D11/14; Manufacturing method for tube with spiral fin, manufacturing apparatus for tobe with spiral fin and tube with spiral fin / Tsukahara Hirekazu; Mori Katsunori Applicant: MITSUBISHI HEAVY END LTD; application number JP20010327204 2001025; priority number JP200ld327204 20011025; publication date: 2003-05-08.

114. Pat. JP2006254645 Classification international: H02K1/18; H02K15/02; I H02K1/18; H02K15/02; Manufacturing method of inner spiral rotary machine core / I Kaido Tsutomu; Tanaka Osamu; applicant: NIPPON STEEL CORP; NITTETSU I PLANT DESIGNING CORP; -application number: JP20050070645 20050314; I priority number; JP20050070645 20050314; publication date: 2006-09-21.

115. Pat. JP50080954 Also published as: Classification international: B21F31/00; B21D11/06; B21F27/00; E04C5/06; B21F31/00; B21D11/00; B21F27/00; E04C5/01; (IPC1-7): B21D11/06; B21F27/00; E04C5/06 Classification - european: Notitleavailable / Application number: JP19730132016 19731122 Priority number(s): JP19730132016 19731122 Publication date: 1975-07-01

116. Pat. JP5076949 Alsopu blushed as: Classification international: B21C47/02; B21D11/06; B21D13/08; B21D53/00; B21F35/00; F16F1/02; B21C47/02; B21D11/00; B21D13/00; B21D53/00; B21F35/00; F16F1/02; (IPC1-7): B21C47/02; B21D13/08; F16F; Classification- european: DEVICE FOR FORMING WAVEFORM SPRING/ MIYAZAKI KATSUNORI. Applicant: SANKOOLE KK — Application number: JP19910244020 19910925; Priority number(s): JP19910244020 19910925; Publication date: 1993-03-30;

117. Pat. JP59130013 Also published as: Classification international: H01F6/04; B21D11/06; B21F17/00; G21B1/00; G21B1/11; H01B5/00; H01B12/00; H01B12/10; H01B12/12; H01B12/16; H01B13/00; H01F6/00; B21D11/00;

B21F17/00; G21B1/00; G21B1/11; H01B5/00; H01B12/00; H01B12/10; H01B12/12; H01B12/16; H01B13/00; (IPC1-7): G21B1/00; H01B5/00; H01B12/00; H01B13/00; H01F5/08 Classification - european: METHOD OF FORMING SEPARATOR IN FORCIBLY COOLING SUPERCONDUCTIVE CONDUCTORSADAKATA NOBUYUKI; IKENO YOSHIMITSU; KOUNO TSUKASA; NAGANUMA YOSHIHIRO Applicant: FUJIKURA LTD Application number: JP19830007103 19830118 Priority number(s): JP19830007103 19830118 Publication date: 1984-07-26

118. Pat. JP60006221Alsopublishedas: Classificationinternational:B21C37/26; B21C37/15; (IPC1-7): B21C37/26Classification- european:B21C37/26METHOD AND APPARATUS FOR SPIRALLY WINDING STRIP PEACE AROUNDPIPE/ PEETERU DENNERU; ARUFUREETO IEEKERU; BUORUFUGANGU HERUMAN Applicant:BALCKE DUERR AGApplicationnumber:JP19840111097 19840601Prioritynumber(s):DE19833320235 19830603Publicationdate:1985-01-12

119. Pat. JPH09191588 Classification international: H02K1/18; H02K1/14; I Classification european: Rotating electric apparatus / Nakahara Yuji; Nishinaka I Hiroyuki; Matsumoto Masaru; Kawamura Koji; Miyake Nobuaki; Azuma Kenichi; I Okawa Yoshimitsu; Shimizu Toshio; Yamaoka Hiromi; applicant: MITSUBISHI I ELECTRIC CORP; application namber: JP19960109986 19960430; priority numbers: JP19960109986 19960430; JP19950285802 19951102; publication date: 1997-07-22.

120. Pat. KR100208040B.Classification international B21C37/26; F16C13/00; F16013/00; F28F1/12; Also published as: CN1147612 (A), CN1093249C (C) Classification european: Finned tube and method of fabricating the same; applicant: USUI KOKUSAI SANGYO KK; Application number: KR19960029660 19960723; priority number: JP19950208335 19950724; publication date: 1999-07-15

121. Pat. KR20050116051; Classification international: B21C37/20;B21C37/26; F28F1/24; B21C37/15; F28Fl/24; Classification european: B21C37/20D; B B21C37/26 Form rolling forming disk and high capability high efficiency fin tube/ IM I KWAN HO (US); applicant: FIN TÜBE TECHNOLOGY

CO LTD (KR); application number: KR20040040949 20040604; priority number: KR20040040949 20040604;publication date: 2005-12-09.

122. Pat. RO110916. Classification international: B21H3/12; B22D11/06; B21H3/00; B22D11/06; Continuous casting plant / Voicu Dragos. Applicant: Voicu Dragos- application number: R019910146784 19910123; priority number: R019910146784 19910123; publication date: 1996-05-30.

123. Pat. RU2257977 Classification international: B21F3/04; B21F3/00;(IPCl-7): B21F3/04: Spiral forming APPARATUS / GIL FANOVA R G (RU); application number: RU20040116176 20040527; priority number: RU20040116176 20040527; publication date: 2005-08-10.

124. Pat. SG87745 Also published as: JP9136111 (A) Classification National:F28F1/36; B21C37/26; F28F1/12; B21C37/15; B21C37/26; Classification european: B21D11/06; B21F3/04 Finned tube and method of fabricating same / URE TORUNEGORUDO; applicant: PLAT MANUFAKTUR AB; application | number: SG19960010320 19960723; priority numbers: JP19950208335 19950724; JP 19960204313 19960715; publication date: 2002-04-16.

125. Pat. US2005005432 Also published as: W02005001367 (A3) Classification international: B21C37/26; F28F1/36; F28F13/12; B21C37/15; F28F13/00; Classification european: B21C37/26; F28F1/36; F28F13/12 Finned tube with vortex generators for a heat exchanger / Sohal Manohar S; O'brien James E; application number: US20040901268 20040727; priority numbers: US2004090126820040727; US20030463901 20030617; publication date: 2005-01-13.

126. Pat. US2870999 Also published as: Classification international: B21C37/26; F28F1/36; B21C37/15; F28F1/12 Classification - european: B21C37/26; F28F1/36 Heat exchange element / HILDING SODERSTROM STEN Application number: US19560566593 19560220 Priority number(s): SEX2870999 19550224 Publication date: 1959-01-27

127. Pat. US3161944 Also published as: Classification international: B21C37/26; B21C37/15; Classification - european: B21C37/26 Combination fin-forming and fin-attaching methods and apparatus / SCHULER OTTO Applicant: CALUMET & HECLA Application number: US19610122703 19610710 Priority number(s): US19610122703 19610710 Publication date: 1964-12-22

128. Pat. US4236299 Also published as: Classification international: B21C37/26; B31C3/00; F28F1/36; B21C37/15; B31C3/00; F28F1/12; (IPC1-7): B23P15/26 Classification - european: B21C37/26; B31C3/00; F28F1/36 Application number: US19780923169 19780710 Publication date: US19780923169 19780710; DE19732313436 19730317; DE19742436768 19740731;

129. Pat. US4969255 Classification international: B21C37/26; B23K26/30; B21C37/15; B23K26/00; Classification european: B21C37/26; B23K26/30B Apparatus for producing heat exchanger tubes / Schmidt Martin; Mayr Kari-Heinz; Fobbe Fritz; applicant: SCHMOELE GMBH KM; application number. US19890345019 19890428 priority number: DE19873726677 19870811; publication date: 1990-11-13.

130. Pat. US6308549 Classification international: H02K15/02; H02K15/02;Classification european: H02K15/02C1 Apparatus and method for forming spirally wound stator core or rotary electric / Tokizawa Takashi; Nagasaka Katsumi; Asano asahiro; Fujimoto Toshihiko; applicant: DENSO CORP; application number: US9990440511 19991115;priority numbers:JP19980336156 19981126; 90223588 19990806; publication date: 2001-10-30.

131. Takahashi Toshikazu; Okuno Toshikazu; applicant: MITSUBISHI STEEL MFG; I OKUNO MACHINE CO LTD; application number: JP20000070398 20000314; I priority number: JP20000070398 20000314; publication date: 2001-09-25.

Додаток А

Патенти на корисні моделі

УКРАЇНА

(19) UA (11) 81484 (13) U

(51) МПК
B23B 5/48 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 02359**
(22) Дата подання заявки: **25.02.2013**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.06.2013**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.06.2013, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):
Комар Роман Васильович (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA)

(73) Власник(и):
Комар Роман Васильович,
вул. В. Великого, 3/6, м. Тернопіль, 46016 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA)

(54) СПОСІБ РОТАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ ЕЛІПТИЧНИХ КОЖУХІВ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

(57) Реферат:

Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів включає закріплення кінця циліндричної труби у шпинделі калібрувального верстата і обтискування її по зовнішньому діаметру необхідного поперечного перерізу при її переміщенні в осьовому напрямку ротаційними обтискними бойками, які встановлені у пазах шпинделя верстата ротаційного типу з можливістю вільного радіального переміщення. Бойки в робочій зоні обтискування мають еліптичну або іншу необхідну форму оброблювальної заготовки з можливістю радіального переміщення за рахунок взаємодії півкруглих вершин з роликами різних діаметрів, які встановлені в циліндричній обоймі з можливістю їх провертання і які рівномірно збільшуються з двох півкіл ротаційної обойми, причому ролики виконані різного діаметра зі рівномірним збільшенням їх діаметра в межах двох півкіл обтискної обойми.

UA 81484 U

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського, піднімально-транспортного та іншого машинобудування і може мати використання в інших галузях народного господарства для виготовлення еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів, прокатних трубчатих профілів, та інше.

Відомий спосіб ротаційного обтискування валів, який включає закріплення кінця заготовки у шпинделі профільного верстата та обтискуванні її по зовнішньому діаметру необхідного поперечного перерізу при її осьовому переміщенні і її ротаційному обтискуванні обтискними бойками, які встановлені у пазах шпинделя ротаційного верстата з можливістю вільного радіального переміщення. (Безпалов Б.Л. и др. Технология машиностроения. М.: Изд. Машиностроение, 1973, рис. 116).

Основний недолік способу ротаційного профілювання зовнішніх профілів є мала продуктивність праці і низька якість оброблення.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення продуктивності праці і якості оброблювальних поверхонь шляхом ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів шляхом виконання способу, який включає закріплення кінця циліндричної заготовки у шпинделі профільного верстата та обтискуванні їх по зовнішньому діаметру обтискними бойками необхідного поперечного перерізу, які встановлені у пазах шпинделя ротаційного типу з можливістю вільного радіального переміщення, причому бойки в зоні обтискування мають еліптичну або іншу необхідну форму оброблювальної заготовки з можливістю радіального переміщення за рахунок їх взаємодії півкруглих вершин бойків, які розміщені в діаметрально протилежних місцях і знаходяться співвісно на лінії діаметра обойми шпинделя обтискного верстата, причому ролики виконані різного діаметра і розміщені рівномірно по колу обойми по мірі їх збільшення від мінімального до максимального діаметрів на обох половинах обойми.

Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів реалізується спеціальною конструкцією ротаційної головки, яка зображена на фіг. 1 - механізм подачі заготовки, фіг. 2 - переріз по А-А на фіг. 1, фіг. 3 - переріз по Б-Б на фіг. 1 і фіг. 4 - вид по В на фіг. 1.

Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів здійснюється наступним чином.

Циліндрична заготовка 1 у вигляді труби закріпляється у затискний патрон 2 ротаційного верстату відомим способом і здійснює осьовий рух подачі парою профільних валків 3, які встановлені в підшипники з можливістю рівномірної подачі циліндричної заготовки в ротаційну головку. Остання виконана у вигляді циліндричної обойми 4 в якій рівномірно по колу виконана на двох половинках серія однотипних отворів 5 від d_1 - самих малих діаметрів з рівномірним їх збільшенням до d_8 максимального значення. В ці отвори встановлені ролики 6 відповідних діаметрів з можливістю кругового переміщення з однаковою величиною припуску обтискування на один ролик. Ролики 6 є у періодичній взаємодії з головками 7 бойків 8 при їх круговому провертанні. Бойки 8 встановлені у шпиндель 9 ротаційного верстата з можливістю радіального переміщення, а циліндрична обойма 4 жорстко закріплена відомим способом до станини верстата (на кресленні не показано). Робоча поверхня 10 бойків має необхідний профіль еліптичної труби 11.

Профілювання еліптичних кожухів здійснюється наступним чином. Циліндрична заготовка 1 закріпляється в патрон 2 верстата і встановлюється між подаючими профільними роликами 3, які обертаються в напрямку її подачі в зону формоутворення ротаційної головки. При цьому при обертанні шпинделя 9 під дією відцентрових сил бойки 8 розходяться і, коли вони находять на симетричні ролики з двох сторін ротаційної головки, під дією удару з роликами вони сходяться до середини головки і обтискують заготовку - циліндричну трубу 1. Ротаційне кування може здійснюватися як у гарячому, так і холодному стані. За рахунок осьової подачі заготовки роликами 3 проходить профілювання її по всій довжині.

Приклад виконання способу.

Попередньо відрізана циліндрична труба довжиною кожуха гвинтового конвеєра встановлюється між профільними валками 3 і закріплюють у патроні 2 верстата.

Таблиця

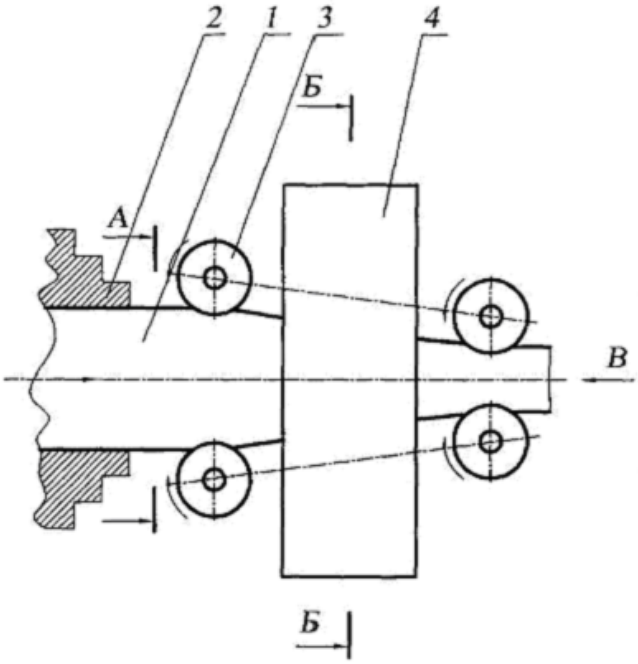
№п/п	Параметри поперечного перерізу циліндричної труби мм	Діаметри поперечного перерізу еліпсного кожуха а х в мм	Величина одностороннього обтискування (мм)	К-сть ударів бойків на хвилину
1	Ø 75	85×65	10	20
2	Ø 100	112×88	12	16
3	Ø 125	140×110	15	12
де а і в - відповідно більший і менший діаметри еліпса.				

Результати профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів представлені і в таблиці.

До переваг способу профілювання еліптичних труб гвинтових конвеєрів належить підвищення продуктивності праці і якості профілювання.

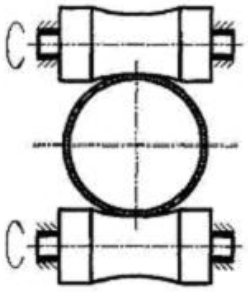
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб ротаційного профілювання еліптичних кожухів гвинтових конвеєрів, який включає закріплення кінця циліндричної труби у шпинделі калібрувального верстата і обтискування її по зовнішньому діаметру необхідного поперечного перерізу при її переміщенні в осьовому напрямку ротаційними обтискними бойками, які встановлені у пазах шпинделя верстата ротаційного типу з можливістю вільного радіального переміщення, який **відрізняється** тим, що бойки в робочій зоні обтискування мають еліптичну або іншу необхідну форму оброблювальної заготовки з можливістю радіального переміщення за рахунок взаємодії півкруглих вершин з роликами різних діаметрів, які встановлені в циліндричній обоймі з можливістю їх провертання і які рівномірно збільшуються з двох півкіл ротаційної обойми, причому ролики виконані різного діаметра з рівномірним збільшенням їх діаметра в межах двох півкіл обтискної обойми.



Фіг. 1

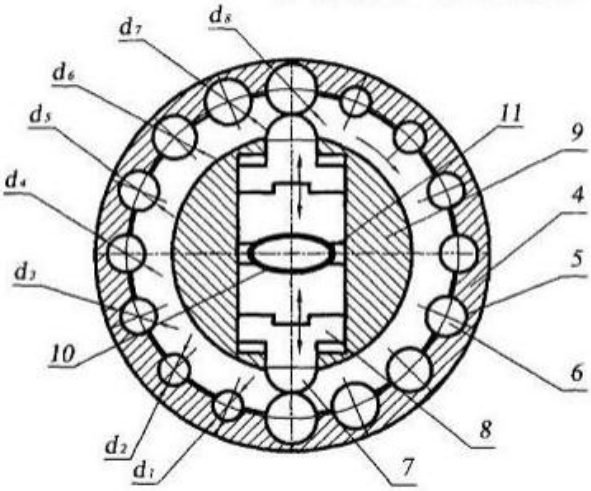
А-А



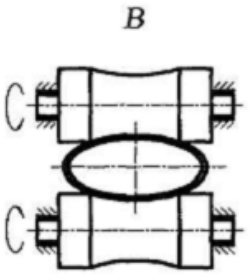
Фіг. 2

Б-Б

$d_1<d_2<d_3<d_4<d_5<d_6<d_7<d_8$



Фіг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 83798

ГВИНТОВИЙ ДВОШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.09.2013.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України М.В. Ковіня

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 83798 (13) U

(51) МПК (2013.01)
B01F 7/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 05436

(22) Дата подання заявки: 26.04.2013

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2013

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2013, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):
Пилипець Михайло Ількович (UA),
Дячун Андрій Євгенович (UA),
Любачівський Роман Орестович (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Гевко Ігор Богданович (UA)

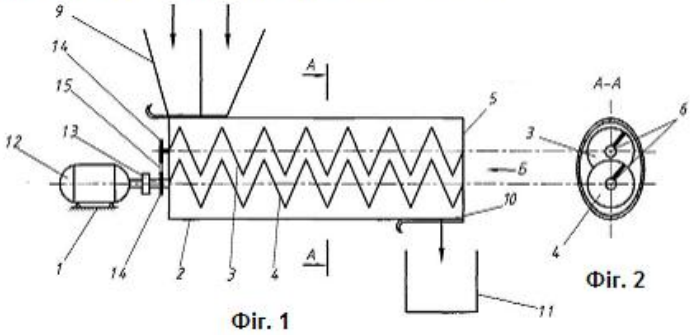
(73) Власник(и):
Пилипець Михайло Ількович,
пр. С. Бандери, 106, кв. 84, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Дячун Андрій Євгенович,
вул. Сонячна, 3, с. Нижні Луб'янки, Збаразький р-н, Тернопільська обл., 47361 (UA),
Любачівський Роман Орестович,
вул. Довженка, 7/19, м. Тернопіль, 46020 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Гевко Ігор Богданович,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46020 (UA)

UA 83798 U

(54) ГВИНТОВИЙ ДВОШНЕКОВИЙ ЗМІШУВАЧ

(57) Реферат:

Гвинтовий двошнековий змішувач містить раму, кожух, гвинтовий робочий орган, завантажувальні і вивантажувальні елементи, бункер, привід, пульт керування, ємності для збору змішувального матеріалу, додаткові гвинтові робочі органи, вали, шнеки, регулювальні пази, елементи регулювання. Кожух виконано еліпсної форми.



Фіг. 1

Фіг. 2

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може мати використання в технологічних процесах змішування сипких матеріалів.

Найближчим аналогом є змішувач гвинтовий з замкнутим циклом роботи, який виконано у вигляді рами, на якій змонтовано кожух з гвинтовими робочими органами з завантажувальними і розвантажувальними елементами, бункерами, приводом, пульта керування, ємності для збору змішувального матеріалу (Патент № 34056 Україна "Змішувач гвинтовий з замкнутим циклом роботи" Гевко І.Б. та інші. Бюл. № 4, 2008).

Основний недолік найближчого аналогу - обмежені технологічні можливості і низька якість змішування.

В основу корисної моделі поставлено задачу розширення технологічних властивостей змішувача і підвищення якості змішування.

Поставлена задача вирішується шляхом виконання гвинтового двошнекового змішувача у вигляді рами, на якій встановлено кожух гвинтовим робочим органом, завантажувальні і вивантажувальні елементи з бункером, приводу і пульта керування, ємності для збору змішувального матеріалу, причому кожух виконано еліпсної форми, більша вісь якого встановлена вертикально і в середині паралельно горизонтально встановлено два ідентичні гвинтові робочі органи з паралельним розміщенням їх осей, причому гвинтові елементи верхнього шнека встановлені у міжвитковий простір нижнього з зазорами з можливістю обертового провертання в одну сторону, крім цього з двох торців кожуха в зоні встановлення кінців валів шнеків виконано регулювальні пази і елементи регулювання в міжцентрових віддалях валів відомої конструкції.

Гвинтовий двошнековий змішувач зображено на фіг. 1, фіг. 2 - розріз по А-А на фіг. 2 і фіг. 3 - вид по стрілці Б на фіг. 1.

Гвинтовий двошнековий змішувач виконано у вигляді рами 1, на якій змонтовано еліпсний кожух 2, більша вісь якого встановлена вертикально. В середині цього бункера паралельно горизонтально встановлено два ідентичні гвинтові робочі органи - верхній 3 і нижній 4. Причому гвинтові елементи верхнього гвинтового робочого органу 3 встановлені у міжвитковий простір нижнього гвинтового робочого органу 4 з зазором з можливістю обертового провертання в одну сторону - ліву чи праву. Крім цього з двох торців 5 кожуха 2 в зоні встановлення кінців валів 6 шнеків виконано регулювальні пази 7 і елементи регулювання і кріплення шнеків 3 і 4 відомої конструкції.

На торцях 5 жолоба напроти регулювального паза 7 виконані мітки 8 для регулювання величини зазору між гвинтовими робочими органами 3 і 4 відомим способом. Конвеєр оснащений бункером 9 з заслонкою і вивантажувальним вікном 10, під яким встановлена ємність 11 для збору змішаних матеріалів. Крім цього конвеєр оснащений приводом 12 з запобіжною муфтою 13, приводними зірочками 14, ланцюговою передачею 15 з натяжним механізмом відомої конструкції.

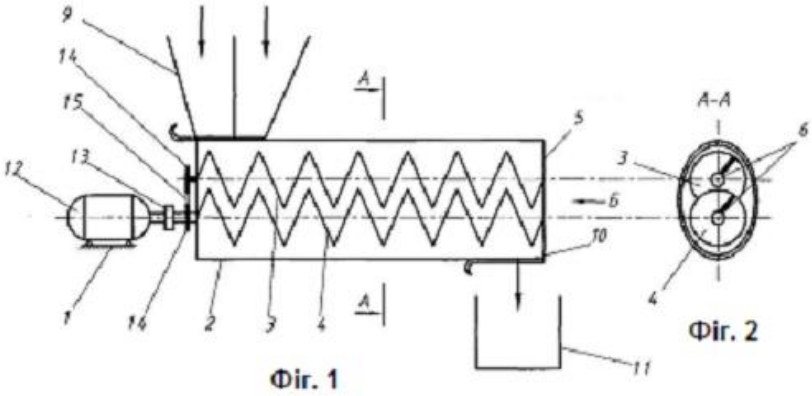
Робота гвинтового двошнекового змішувача здійснюється наступним чином. Сипучі матеріали засипають в бункер 9 в певних об'ємах, запускають конвеєр, відкривають заслонку бункера і сипкі матеріали надходять в зону змішування еліпсного кожуха 2 і за допомогою гвинтових робочих органів 3 і 4 змішуються. При закінченні процесів змішування готова продукція вивантажується в ємність 11.

В разі потреби здійснюється регулювання міжцентрової віддалі між гвинтовими органами 3 і 4 відомим способом і в разі потреби провертання еліпсного кожуха 2 навколо осі він може бути оснащений механізмом провертання на певний кут відомої конструкції.

До переваг конвеєра належить розширення технологічних можливостей і підвищення якості змішування.

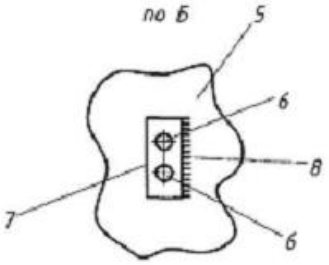
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Гвинтовий двошнековий змішувач, який виконано у вигляді рами, на якій встановлено кожух з гвинтовим робочим органом, завантажувальні і вивантажувальні елементи з бункером, приводу і пульта керування, ємності для збору змішувального матеріалу, який **відрізняється** тим, що кожух виконано еліпсної форми, більша вісь якого встановлена вертикально і в середині паралельно горизонтально встановлено два ідентичні гвинтові робочі органи з паралельним розміщенням їх осей, причому гвинтові елементи верхнього шнека встановлені у міжвитковий простір нижнього з зазорами з можливістю обертового провертання в одну сторону, крім цього з двох торців кожуха в зоні встановлення кінців валів шнеків виконано регулювальні пази і елементи регулювання міжцентрових віддалей валів відомої конструкції.



Фіг. 1

Фіг. 2



Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 83805

СПОСІБ ОДНОЧАСНОГО ПРОТОЧУВАННЯ ДОВГОМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНИХ ПРОФІЛІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.09.2013.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України М.В. Ковіня

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 83805 (13) U

(51) МПК (2013.01)
B23B 5/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 05520

(22) Дата подання заявки: 29.04.2013

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2013

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2013, Бюл.№ 18

(72) Винахідник(и):
Пилипець Михайло Ількович (UA),
Дзюра Володимир Олексійович (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Гевко Ігор Богданович (UA)

(73) Власник(и):
Пилипець Михайло Ількович,
пр. С. Бандери, 106, кв. 84, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Дзюра Володимир Олексійович,
вул. Д. Галицького, 16/29, м. Тернопіль, 46013 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Гевко Ігор Богданович,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46020 (UA)

(54) СПОСІБ ОДНОЧАСНОГО ПРОТОЧУВАННЯ ДОВГОМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНИХ ПРОФІЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей, при якому оброблюваній деталі надають обертовий рух навколо осі, а різцеві радіальне поступове переміщення паралельно осі оброблювальної деталі в заданих параметрах зміни радіусів еліпсного профілю копіра вальним профілем копіра, який в поперечному перерізі має форму складного симетричного профілю, наприклад, еліпса, який синхронно обертається з точним співпаданням однотипних осей еліпсних поверхонь деталі і копіра, а в патроні шпинделя жорстко закріплюють, наприклад, кулачковий вал з періодичним рівномірним розміщенням еліпсних кулачків по довжині вала, наприклад чотири, а другий кінець кулачкового вала жорстко закріплюється в задній бабці, а із зовнішнім діаметром еліпсного кулачкового вала взаємодіє різальна кромка різця, яка жорстко закріплена у різцетримачі верстата, осьове переміщення супорта здійснюють ходовими гвинтами повздовжнього супорта, різцетримач задньою торцевою поверхнею знаходиться в постійному контакті з поверхнею еліпсного копіра.

UA 83805 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може мати практичне застосування при обробці зовнішніх, періодичних, складних довгомірних симетричних профілів деталей, вимірювальних інструментів, калібрів, контралібрів, шаблонів, пуансонів, матриць та інше.

Відомий спосіб проточування перервних еліпсних гвинтових поверхонь, при якому оброблюваній деталі надають обертовий рух навколо своєї осі, а різцеві - радіальне поступове переміщення паралельно осі оброблюваної деталі в заданих параметрах зміни радіусів еліпсного профілю копірувальним профілем копіра, який в поперечному перерізі має форму складного симетричного профілю, наприклад, еліпса, який синхронно обертається з точним співпаданням однотипних осей еліпсних поверхонь деталі і копіра, а в патроні шпинделя жорстко закріплюють, наприклад, кулачковий вал з періодичним рівномірним розміщенням еліпсних кулачків по довжині вала, наприклад чотири, а другий кінець кулачкового вала жорстко закріплюється в задній бабці, а із зовнішнім діаметром еліпсного кулачкового вала взаємодіє радіальна кромка різця, яка жорстко закріплена у різцетримачі верстата, осьове переміщення супорта здійснюють ходовими гвинтами повздовжнього супорта, різцетримач задньою торцевою поверхнею знаходиться в постійному контакті з поверхнею еліпсного копіра (Патент № 56639 Україна "Спосіб проточування перервних еліпсних гвинтових поверхонь" Гевко І.Б. та інші. Бюл. № 5, 2003).

Основний недолік прототипа - низька якість оброблювання складних симетричних профілів довгомірних деталей за рахунок їх відтиску проточними різцями.

Задача корисної моделі зменшення відтиску поверхні складного профілю при їх проточуванні чи шліфуванні і підвищення якості оброблення шляхом виконання пристрою для проточування складних профілів довгомірних деталей, наприклад кулачкових валів автомобілів, при якому оброблюваній деталі надають обертовий рух навколо осі, а різцеві радіальне поступове переміщення паралельно осі оброблювальної деталі в заданих параметрах зміни радіусів еліпсного профілю копірувальним профілем копіра, який в поперечному перерізі має форму складного симетричного профілю, наприклад, еліпса, який синхронно обертається з точним співпаданням однотипних осей еліпсних поверхонь деталі і копіра, а в патроні шпинделя жорстко закріплюють, наприклад, кулачковий вал з періодичним рівномірним розміщенням еліпсних кулачків по довжині вала, наприклад чотири, а другий кінець кулачкового вала жорстко закріплюється в задній бабці, а із зовнішнім діаметром еліпсного кулачкового вала взаємодіє різальна кромка різця, яка жорстко закріплена у різцетримачі верстата, осьове переміщення супорта здійснюють ходовими гвинтами повздовжнього супорта, різцетримач задньою торцевою поверхнею знаходиться в постійному контакті з поверхнею еліпсного копіра, причому проточування, наприклад, чотирьох профільних кулачків кулачкового вала, які розміщені під певними кутами один до одного, здійснюється одночасно прохідними різцями, які жорстко закріплені в різцетримачах поперечних супортів, осьове переміщення цих супортів здійснюється ходовим гвинтом поздовжнього супорта, а різцетримачі задніми торцевими поверхнями знаходяться в постійному контакті з поверхнями еліпсних копірів за рахунок їх притискання пружинами, крім цього, на оброблюваній заготовці кулачкового вала між двома крайніми кулачками з двох кінців проточені циліндричні опорні шийки, які є у взаємодії з циліндричними виступами люнета, який встановлений паралельно заготовці кулачкового вала з протилежної сторони від різців з можливістю взаємного провертання.

На фіг. 1 зображена конструкторсько-технологічна схема і на фіг. 2 - переріз по А-А на фіг. 1.

Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей здійснюється на верстаті, що складається із станини, шпинделя, двох механізмів головного приводу і двох механізмів подачі, задньої і передньої бабок, двох поперечних і двох поздовжніх супортів, які розміщені паралельно з двох сторін оброблювальної деталі. При цьому в патроні шпинделя 1 жорстко закріплюють довгомірний вал 2 з кулачками 3 еліпсної симетричної форми, які розміщені рівномірно по довжині деталі і під певним кутом один до одного. Другий кінець цього вала жорстко закріплюють в задній бабці 4. Із зовнішнім діаметром кулачків 3 взаємодіють ріжучі кромки різців 5, які жорстко закріплюють в різцетримачах поперечних супортів 6, які розміщені з однієї сторони від оброблювальної деталі 2. Осьове переміщення цих супортів здійснює ходовий гвинт 7, який вкручений в гайку повздовжніх супортів 8, а його кінці встановлюють в опори 9 з можливістю осьового переміщення на задану величину $S=r_1-r_2$, де r_1, r_2, відповідно максимальні значення радіусів великого і малого еліпсів кулачків довго мірного вала 2. До поздовжніх супортів 8 спереду жорстко закріплюють прохідні різці 5, які підтискують у вихідне положення пружинами 10, які розміщують у тілі супортів. Заднім торцем поздовжній супорт 8 є в контакті з еліпсними копірами 11, привід яких з'єднають ходовими гвинтами супортів 8 і еліпсними симетричними поверхнями 3 через головний привід верстата за допомогою зірочок 12 ланцюгової передачі 13 зірочками 14 приводу ходових гвинтів 7,

зірочками 15 приводу головного руху і зірочками 16 натяжного пристрою. Ходові гвинти 7 і еліпсні копіри 11 своїми кінцями встановлюють в опори ковзання.

Крім цього, на оброблюваній заготовці кулачкового вала 2 між двома крайніми кулачками з двох кінців проточені циліндричні опорні поверхні 17, які є у взаємодії з циліндричними виступами 18 люнета 19, який встановлено паралельно заготовці кулачкового вала 2 з протилежної сторони від різців 5 з можливістю взаємного прокручування.

Еліпсні копіри 10 мають поперечні перерізи форми кулачків 3 готової деталі, встановлюють таким чином, щоб однотипні осі кулачків копірів 10 і кулачків 3 кулачкового вала мали однакове вихідне положення. Вибирають необхідну довжину різців 5 і їх жорстко закріплюють до поперечних супортів 6. Задня поверхня супортів повинна знаходитися у постійному контакті з еліпсними копірами 11.

Після цих підготовчих робіт включають верстат і налагоджують на відповідні режими роботи. Поперечні супорти 6 з різцями 5 здійснюють процеси проточування кулачків 3 еліпсної форми з необхідним поперечним перерізом, які задають еліпсні копіри 11 різцем 5 пружинами 9.

Приклад виконання процесу.

Кулачковий вал 2 з кулачками 3 встановлюють одним кінцем в 3-х кулачковий патрон токарного копіровального верстата 1А730, а другим кінцем в задню бабку 4.

Матеріал вала Ст…45, 40х та інші. Різці прохідні, матеріал ріжучих пластинок Т15К6, режими представлені в таблиці, вони однакові для кожного кулачка.

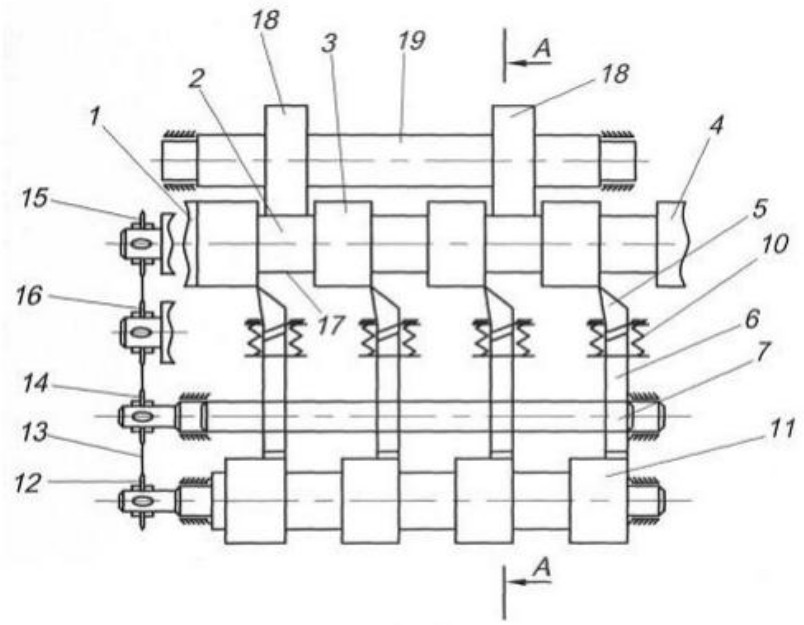
Таблиця

№ пп	Швидкість V, різання м/кв	Глибина t, різання мм	Подача Sмм/об	Шорсткість R_z, мікрон
1	110	2	0,2	3,6
2	130	1,5	0,15	2,8
3	150	1,2	0,1	1,7

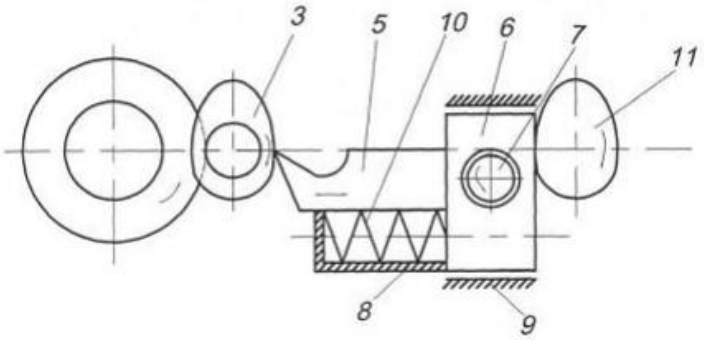
Даний спосіб може мати застосування для оброблення зовнішніх складних профілів деталей машин, вимірювальних інструментів, пуансонів, матриць та інше.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб одночасного проточування складних профілів довгомірних деталей, наприклад кулачкових валів автомобілів, при якому оброблюваній деталі надають обертовий рух навколо осі, а різцеві радіальне поступове переміщення паралельно осі оброблювальної деталі в заданих параметрах зміни радіусів еліпсного профілю копіра вальним профілем копіра, який в поперечному перерізі має форму складного симетричного профілю, наприклад, еліпса, який синхронно обертається з точним співпаданням однотипних осей еліпсних поверхонь деталі і копіра, а в патроні шпинделя жорстко закріплюють, наприклад, кулачковий вал з періодичним рівномірним розміщенням еліпсних кулачків по довжині вала, наприклад чотири, а другий кінець кулачкового вала жорстко закріплюється в задній бабці, а із зовнішнім діаметром еліпсного кулачкового вала взаємодіє різальна кромка різця, яка жорстко закріплена у різцетримачі верстата, осьове переміщення супорта здійснюють ходовими гвинтами повздовжнього супорта, різцетримач задньою торцевою поверхнею знаходиться в постійному контакті з поверхнею еліпсного копіра, який **відрізняється** тим, що проточування, наприклад, чотирьох профільних кулачків кулачкового вала, які розміщені під певними кутами один до одного, здійснюють одночасно прохідними різцями, які жорстко закріплені в різцетримачах поперечних супортів, осьове переміщення цих супортів здійснюють ходовим гвинтом поздовжнього супорта, а різцетримачі задніми торцевими поверхнями знаходяться в постійному контакті з поверхнями еліпсних копірів за рахунок їх притискання пружинами, крім цього, на оброблюваній заготовці кулачкового вала між двома крайніми кулачками з двох кінців проточені циліндричні опорні шийки, які є у взаємодії з циліндричними виступами люнета, який встановлений паралельно заготовці кулачкового вала з протилежної сторони від різців з можливістю взаємного провертання.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 98902

ЛЮНЕТ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ЗАГОТОВОК

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **12.05.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 98902 (13) U

(51) МПК (2015.01)
B23D 15/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 12902

(22) Дата подання заявки: 02.12.2014

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9

(72) Винахідник(и):
Гевко Ігор Богданович (UA),
Білик Стефанія Григорівна (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Диня Володимир Іванович (UA),
Фльонц Олег Володимирович (UA)

(73) Власник(и):
Гевко Ігор Богданович,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Білик Стефанія Григорівна,
вул. Крушельницької, 17а/60, м. Бережани, Тернопільська обл., 47500 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Диня Володимир Іванович,
с. Криве, Козівський р-н, Тернопільська обл., 47670 (UA),
Фльонц Олег Володимирович,
вул. П. Мирного, 5, м. Бережани, Тернопільська обл., 47501 (UA)

(54) ЛЮНЕТ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ЗАГОТОВОК

(57) Реферат:

Люнет для відрізання профільних заготовок виконано у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора. Вузол переміщення люнета виконано у вигляді кронштейна, в якому жорстко встановлено радіально-упорний підшипник, а у внутрішньому його діаметрі встановлено втулку профілем, аналогічним поперечному перерізу профільної заготовки (наприклад восьмигранник) з можливістю осьового переміщення з циліндричними тілами кочення, які є у взаємодії з поверхнею заготовки по чотирьох гранях по її довжині, причому на вході профільної втулки виконано фаску для вільного заходу заготовки, крім цього в кронштейні встановлено маслянка відомої конструкції.

UA 98902 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і металорізальних верстатів і може використовуватись для відрізання циліндричного профільного прокату.

Відомий люнет для відрізання тонких заготовок від прутка, який виконано у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора [Семинский В.К. та інші "Приспособления и инструменты для токарных работ". - К.: Техника, 1977. - рис. 37].

Основний недолік люнета - обмежені технологічні можливості і складність в роботі.

Задачею корисної моделі є розширення технологічних можливостей і спрощення процесу роботи.

Поставлена задача вирішується шляхом виконання люнета для відрізання профільних заготовок у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора, згідно з корисною моделлю, вузол переміщення люнета виконано у вигляді кронштейна, в якому жорстко встановлено радіально-упорний підшипник, а у внутрішньому його діаметрі встановлено втулку профілем аналогічним поперечному перерізу профільної заготовки (наприклад восьмигранник) з можливістю осьового переміщення з циліндричними тілами кочення, які є у взаємодії з поверхнею заготовки по чотирьох гранях по її довжині, причому на вході профільної втулки виконано фаску для вільного заходу заготовки, крім цього в кронштейні встановлено маслянка відомої конструкції.

Люнет для відрізання профільних заготовок зображено на фіг. 1 і фіг. 2 - переріз по А-А на фіг. 1, і фіг. 3 - переріз по Б-Б на фіг. 1.

Люнет для відрізання профільних заготовок виконано у вигляді плити-основи 1, кронштейна 2, на якому за рахунок кришки 3, болтами жорстко встановлено радіально-упорний підшипник 4, а у внутрішньому його діаметрі встановлена профільна втулка 5, аналогічна профілю поперечного перерізу профільної заготовки 6 - наприклад восьмигранник з можливістю осьового переміщення завдяки циліндричним тілам кочення 7, які є у взаємодії з поверхнею заготовки 6 по її довжині. Причому на вході профільної втулки 5 виконано фаску 8 для вільного заходу заготовки. Крім цього в кронштейні 2 встановлено маслянку 9 відомої конструкції.

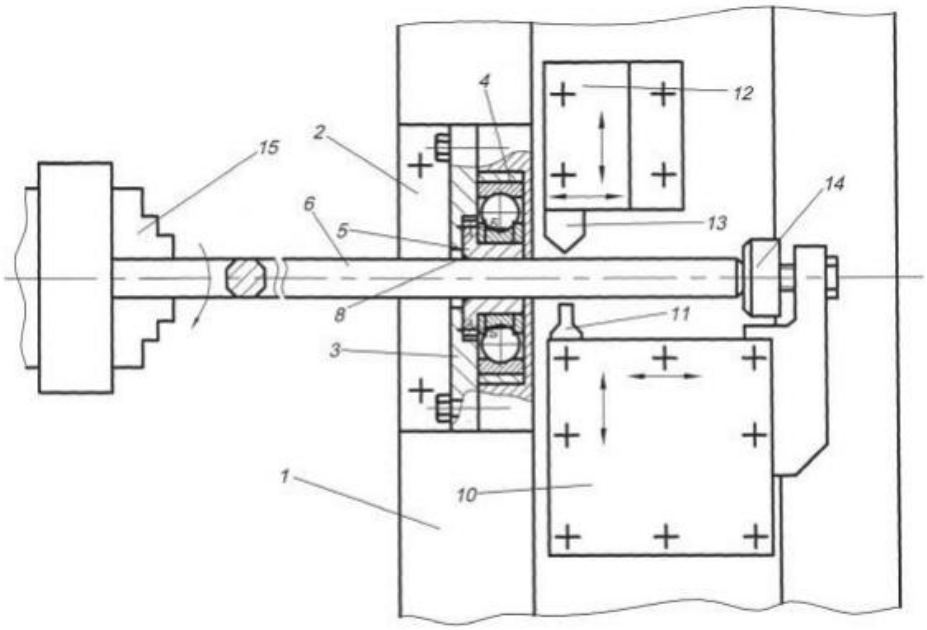
Кронштейн 2 жорстко встановлений на плиту-основу 1, яка встановлена на направляючі верстата (на кресленні не показано) з можливістю осьового переміщення. З правої сторони плити-основи жорстко встановлено різцетримач 10 з відрізним різцем 11, а навпроти нього з другої сторони заготовки 6 на плиті-основі жорстко встановлено додатковий різцетримач 12 з спеціальним фасонним різцем 13. З правої сторони каретки встановлено упор 14, на якому встановлюється довжина відрізної заготовки. Профільна заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15 верстата з можливістю кругового провертання.

Робота верстата з люнетом запропонованої конструкції відбувається наступним чином. Восьмигранна заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15 і її кінець, який є у взаємодії з тілами кочення 7, які значно зменшують сили тертя, просовується через отвір профільної втулки 5 до упора 14. Після чого включають верстат, підводять відрізний різець 11 з основним різцетримачем 10 і надрізають заготовку 6 на глибину 3-4 мм. Після чого фасонним різцем 13 знімають фаску на заготовці, після чого відрізають заготовку.

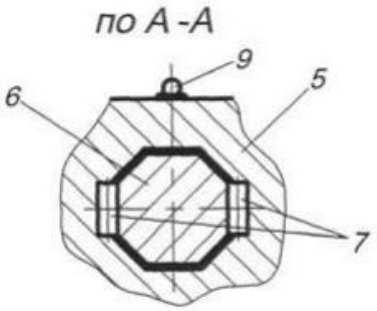
До переваг люнета належить підвищення технологічних можливостей і покращення умов праці.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Люнет для відрізання профільних заготовок, який виконано у вигляді плити-основи, кронштейна, різцетримачів основного і допоміжного, самоцентрувального патрона, упора, який **відрізняється** тим, що вузол переміщення люнета виконано у вигляді кронштейна, в якому жорстко встановлено радіально-упорний підшипник, а у внутрішньому його діаметрі встановлено втулку профілем, аналогічним поперечному перерізу профільної заготовки (наприклад восьмигранник) з можливістю осьового переміщення з циліндричними тілами кочення, які є у взаємодії з поверхнею заготовки по чотирьох гранях по її довжині, причому на вході профільної втулки виконано фаску для вільного заходу заготовки, крім цього в кронштейні встановлено маслянка відомої конструкції.



Фіг. 1



Фіг. 2

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 98903

ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАВИВАННЯ ЕЛІПСНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **12.05.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 98903 (13) U

(51) МПК
B21D 11/06 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 12903

(22) Дата подання заявки: 02.12.2014

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9

(72) Винахідник(и):
Гудь Віктор Зеновійович (UA),
Дячун Андрій Євгенович (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Саранчук Лілія Іванівна (UA),
Гевко Ігор Богданович (UA)

(73) Власник(и):
Гудь Віктор Зеновійович,
вул. Б. Лепкого, 8, смт Гусятин, Тернопільська обл., 48200 (UA),
Дячун Андрій Євгенович,
вул. Сонячна, 3, с. Нижчі Луб'янки, Збаразький р-н, Тернопільська обл., 47361 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Саранчук Лілія Іванівна,
вул. Г. Гишки, 22, м. Бучач, Тернопільська обл., 48400 (UA),
Гевко Ігор Богданович,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46000 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАВИВАННЯ ЕЛІПСНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

(57) Реферат:

Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок складається зі станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування. Оправка виконана еліпсної форми, з розміром, меншим по параметрах навивної заготовки з врахуванням її відпружинення, і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3°. Механізм радіального підтиску стрічкової заготовки діє за рахунок притискного ролика, за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми, яка відповідає еквідистанті еліпсної оправки і яка за внутрішнім діаметром є у взаємодії з зовнішнім діаметром копірувального ролика, і який з можливістю осьового переміщення встановлено вертикально на станині в зоні заходу полоси, який встановлений на одній осі з притискним роликом. Останній встановлений в осьовий паз коромисла з можливістю вертикального переміщення по направляючих станин і кругового провертання на осі, а з діаметрально протилежної сторони притискний ролик є у взаємодії з торцем смуги, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної еліпсної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з осі.

UA 98903 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може мати використання для виготовлення еліпсних гвинтових заготовок і відповідно робочих органів.

Відомий пристрій для навивання спіралей змінної ширини, який виконано у вигляді станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискання [Гевко Б.М. та інші. Механізми з гвинтовими пристроями. - Львів. Видавництво 1991,"Світ", 1993. - рис. 6.2].

Основний недолік найближчого аналога - обмежені технологічні можливості навивання еліпсних гвинтових заготовок і мала продуктивність праці.

Задачею корисної моделі є розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

Поставлена задача вирішується шляхом виконання пристрою для навивання еліпсних гвинтових заготовок, що складається зі станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування, в якому, згідно з корисною моделлю, оправка виконана еліпсної форми з розміром, меншим по параметрах навивної заготовки з врахуванням її відпружинення, і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3°, а механізм радіального підтиску стрічкової заготовки діє за рахунок притискного ролика, за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми, яка відповідає еквідистанті еліпсної оправки і яка за внутрішнім діаметром є у взаємодії з зовнішнім діаметром копірувального ролика, і який з можливістю осьового переміщення встановлено вертикально на станині в зоні заходу полоси, який встановлений на одній осі з притискним роликом, останній встановлений в осьовий паз коромисла з можливістю вертикального переміщення по направляючих станин і кругового провертання на осі, а з діаметрально протилежної сторони притискний ролик є у взаємодії з торцем смуги, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної еліпсної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з осі.

Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок зображено на фіг. 1 і фіг. 2 - вид по А на фіг. 1.

Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок складається зі станини 1, ступінчастої оправки 2, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні 3 з кроком, рівним товщині смуги 4, еліпсної форми 5. Посередині ступінчастої оправки 2 жорстко закріплено торцевий копір-кулачок 6, з правого торця якого виконана [-подібна виточка 7, яка відповідає еквідистанті еліпсної оправки 5. В торцевій частині копір-кулачка 6 виконано осьовий паз 8, який є у взаємодії з зігнутим кінцем 9 смуги 4.

Параметри (радіуси) еліпсної оправки 5 виконані розміром, меншим по параметрах навивної еліпсної заготовки 10 з врахуванням її відпружинення. Крім цього еліпсна оправка 5 виконана конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3° для зручності її знімання з оправки.

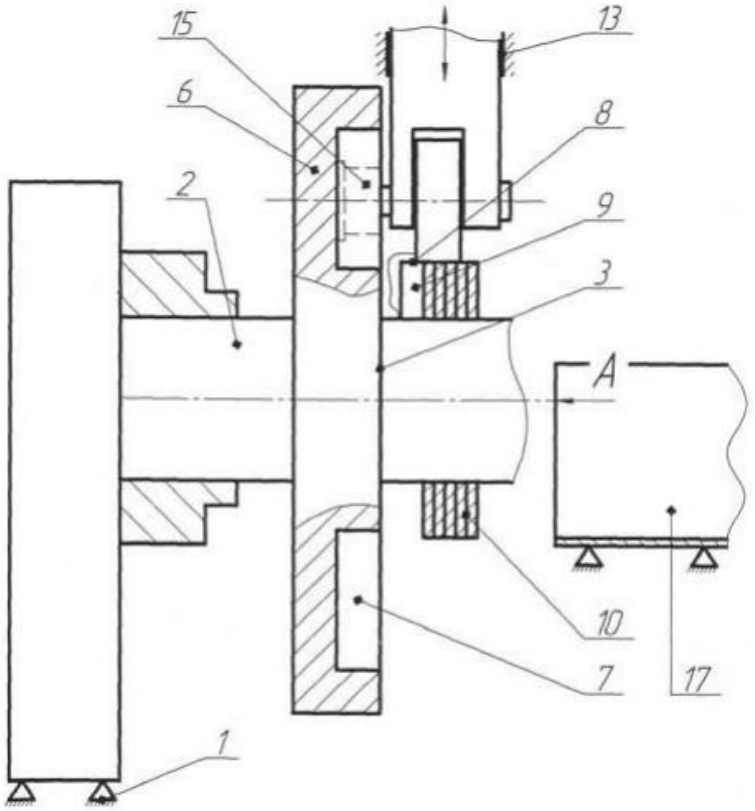
Радіальне притискання смуги 4 здійснюється притискним роликом 11, який встановлено на осі 12 в осьовий паз 13 штока 14, а з лівої сторони притискного ролика на цій же осі встановлено копірувальний ролик 15, який зовнішнім діаметром є у взаємодії з внутрішнім діаметром виточки 7, форма якої відповідає еквідистанті еліпсної оправки 5 в направляючих 13 станини 1, з можливістю його осьового переміщення разом з направляючим штоком 14, і разом з притискним роликом 11 здійснює осьові переміщення при формуванні еліпсної гвинтової заготовки 10.

Робота пристрою для навивання еліпсних заготовок здійснюється наступним чином. Заготовка у вигляді смуги 4 встановлюється в направляючі 16 і зігнутим кінцем 9 фіксується в пазу 8 копір-кулачка 6 і зверху смуга притискується притискним роликом 11. Включається привід, еліпсна оправка 5 провертається і здійснює процес навивання гвинтової еліпсної заготовки 10. Після закінчення технологічного процесу навивання еліпсної заготовки прокручування еліпсної оправки продовжується, і за допомогою гвинтової насічки на зовнішньому діаметрі притискного ролика 11 і конусного виконання еліпсної оправки 5 навивна еліпсна заготовка 10 знімається з оправки. У випадку значної її довжини вона розміщається в направляючому жолобі 17, який жорстко кріпиться до рами 1.

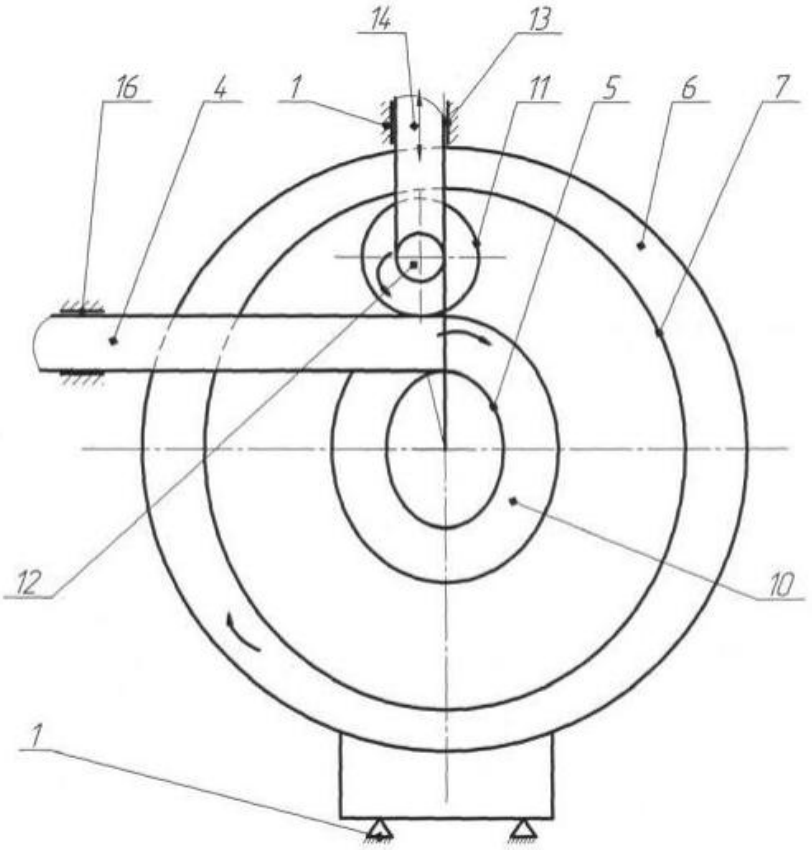
До переваг пристрою належить розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для навивання еліпсних гвинтових заготовок, який складається зі станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування, який **відрізняється** тим, що оправка виконана еліпсної форми, з розміром, меншим по параметрах навивної заготовки з врахуванням її відпружинення, і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3°, а механізм радіального підтиску стрічкової заготовки діє за рахунок притискного ролика, за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми, яка відповідає еквідистанті еліпсної оправки і яка за внутрішнім діаметром є у взаємодії з зовнішнім діаметром копірувального ролика, і який з можливістю осьового переміщення встановлено вертикально на станині в зоні заходу полоси, який встановлений на одній осі з притискним роликом, останній встановлений в осьовий паз коромисла з можливістю вертикального переміщення по направляючих станин і кругового провертання на осі, а з діаметрально протилежної сторони притискний ролик є у взаємодії з торцем смуги, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної еліпсної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з осі.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 98974

ШНЕКОМІР

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **12.05.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 98974 (13) U

(51) МПК
G01B 3/20 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 13360**

(22) Дата подання заявки: **12.12.2014**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **12.05.2015**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **12.05.2015, Бюл.№ 9**

(72) Винахідник(и):
Дячун Андрій Євгенович (UA),
Тарасюк Юрій Миколайович (UA),
Навроцька Тетяна Дем'янівна (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Клендій Володимир Миколайович (UA)

(73) Власник(и):
Дячун Андрій Євгенович,
вул. Сонячна, 3, с. Нижчі Луб'янки, Збаразький р-н, Тернопільська обл., 47361 (UA),
Тарасюк Юрій Миколайович,
вул. Данила Нечая, 19, с. Бохоники, Вінницький р-н, Вінницька обл., 23233 (UA),
Навроцька Тетяна Дем'янівна,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Клендій Володимир Миколайович,
вул. Шашкевича, 18, м. Бережани, Тернопільська обл., 47501 (UA)

(54) ШНЕКОМІР

(57) Реферат:

Шнекомір виконано у вигляді штанги з масштабною лінійкою, нерухомої і рухомої губок, рами зі шкалою ноніуса, стопорного гвинта, а знизу рухомої рамки виконана рейка. Товщина нерухомої і рухомої губок є більшою кроку шнека. Посередині довжини рухомої ніжки в сторону вимірювальної деталі встановлено прямокутну базуючу призму, при вершині якої встановлено плаваючий вимірювальний елемент, підпружинений в сторону вимірювальної поверхні. Внизу в нерухомій ніжці по її довжині виконано Т-подібний паз, який є у взаємодії з штангою, на якій нанесено шкалу ноніуса для вимірювання кроку шнека з радіальним упором з можливістю осьового переміщення і стопорним гвинтом. При цьому у нерухомій губці виконано наскрізний ступінчастий отвір в зоні зовнішнього діаметра шнека, який є у взаємодії з ніжкою профілометра, яка з нерухомою і рухомою губками під'єднані до аналого-цифрового перетворювача і персонального комп'ютера.

UA 98974 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може мати використання при замірах конструктивних параметрів гвинтових робочих органів.

Відомий мікрометричний штангенциркуль, який виконано у вигляді штанги з масштабною лінійкою, нерухомої і рухомої губок, рами зі шкалою ноніуса, стопорного гвинта, а на штанзі встановлена рухома рамка, знизу якої виконана рейка, яка є у взаємодії з шестірнею з можливістю кругового провертання в рухомій рамці ноніуса (Патент №33178 Україна "Мікрометричний штангенциркуль" Івасем ко Р.Р. та інші. Бюл.№1 1,2008).

Основний недолік - обмежені технологічні можливості і мала продуктивність праці.

Задачею корисної моделі є розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності

Поставлена задача вирішується тим, що шнекомір виконаний у вигляді штанги з масштабною лінійкою, нерухомої і рухомої губок, рами зі шкалою ноніуса, стопорного гвинта, а знизу рухомої рамки викопана рейка, яка є у взаємодії з шестірнею з можливістю кругового провертання в рухомій рамці ноніуса, згідно з корисною моделлю, товщина нерухомої і рухомої губою є більшою кроку шнека, а посередині довжини рухомої ніжки в сторону вимірювальної деталі встановлено прямокутну базуючу призму, при вершині якої встановлено плаваючий вимірювальний елемент, підпружинений в сторону вимірювальної поверхні, а внизу в нерухомій ніжці по її довжині виконано Т-подібний паз, який є у взаємодії з штангою, на якій нанесено шкалу ноніуса для вимірювання кроку шнека з радіальним упором з можливістю осьового переміщення і стопорним гвинтом, при цьому у нерухомій губці виконано наскрізний ступінчастий отвір в зоні зовнішнього діаметра шнека, який є у взаємодії з ніжкою профілометра, крім цього нерухома і рухома губки під'єднані до аналога-цифрового перетворювача і персонального комп'ютера.

Шнекомір зображено на Фіг. 1, Фіг. 2 вид зверху на Фіг. 1, Фіг. 3 - переріз по А-А на Фіг. 1, Фіг. 4 вид h на Фіг. 1 і Фіг. 5 переріз по В-В на Фіг. 1.

Шнекомір виконано у вигляді нерухомої 1 і рухомої 2 губок товщина яких є більшою кроку шнека і штанги 3, яка жорстко з'єднана з нерухомою губкою 1. На штанзі 3 встановлена рухома рамка 4 з ноніусом 5, яка переміщується по штанзі, з низу якої виконана рейка 6, яка є у взаємодії з шестірнею 7 з можливістю кругового провертання. Шестірня 7 центральним отвором 8 жорстко встановлена на вісь 9 разом з конічним ноніусом 5 з можливістю кругового провертання в рухомій рамці 4. Остання на штанзі жорстко кріпиться стопорним гвинтом 10, а між губками 1 і 2 встановлено вимірювальний шнек 11 у вигляді гвинтового робочого органу.

По середині довжини рухомої губки 2 в сторону вимірювальної деталі 11 встановлено прямокутну базуючу призму 12, при вершині якої встановлено плаваючий вимірювальний елемент 13, який є у взаємодії з зовнішнім діаметром шнека 11. Плаваючий вимірювальний елемент виконано довжиною рівною довжині губки і жорстко кріпиться до штанги 14 яка є у взаємодії з пазом 15 який виконаний внизу рухомої рамки 4 і фіксується стопорним гвинтом 16. Плаваючий вимірювальний елемент має два крайніх положення, в одному з них він повністю ховається для базування вимірювальної деталі 11 у призмі 12, а у іншому він повністю виходить для заміру діаметра вимірювальної деталі 11.

Для заміру кроку шнека 11 служить штанга 17, на якій нанесено шкалу ноніуса 18, яка є у взаємодії з Т-подібним пазом 19, який виконано знизу нерухомої ніжки 1 по її довжині. Індикатор 20 жорстко кріпиться до штанги 17 і є у взаємодії з сусідніми витками шнека при осьовому переміщенні штанги. Остання фіксується стопорним гвинтом 21 і радіальними упорами 22.

Також у нерухомій губці 1 виконано ступінчатий отвір 23, який є у взаємодії з ніжкою 24 профілометра 25, з можливістю підключення разом з нерухомою і рухомою губками до аналогово-цифрового перетворювача 26 і ПК 27 для заміру конструктивних параметрів шорсткості поверхні вимірювальної деталі.

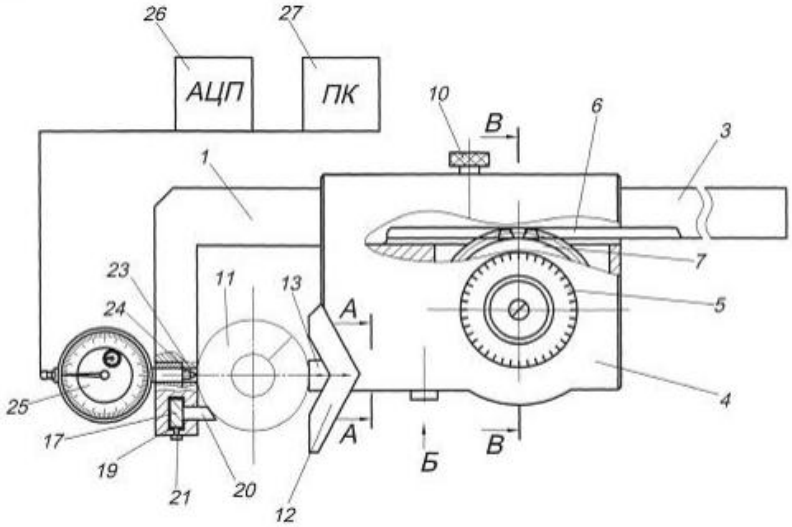
Робота шнекоміра здійснюється наступним чином. Губки 1 і 2 своїми площинами контактують з зовнішнім розміром шнека 11. При цьому останній базується з прямокутною базуючою призмою 12. За допомогою шестірні 7, яка приводить рухому рамку 4 з ноніусом 5 переміщаються вліво для забезпечення контакту губок з зовнішнім діаметром шнека 11. При збільшенні зусилля провертання більше потрібного спрацьовує відомий механізм тріскачки конічного ноніуса 5.

Замір кроку здійснюють штангою 17 за допомогою упора 20, які переміщують штангу і упор між сусідніми витками і стопорним гвинтом 21.

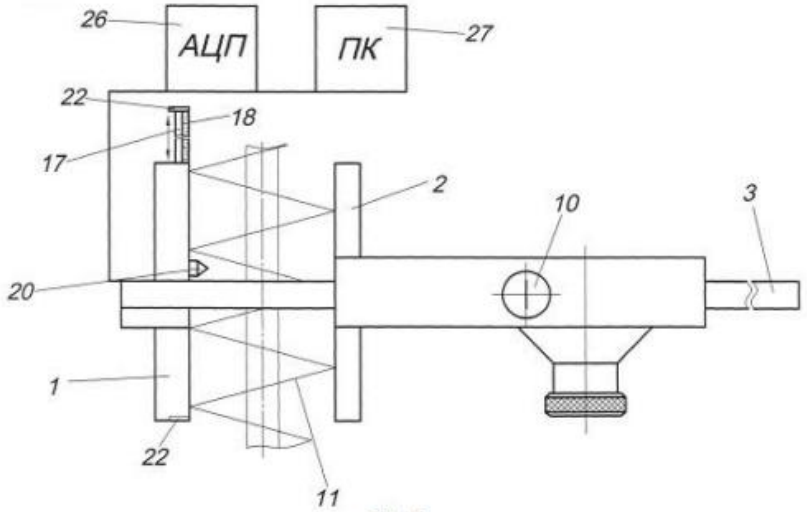
До переваг шнекоміра належить розширення технологічних можливостей і здійснення замірів і кроку шнека.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Шнекомір, який виконано у вигляді штанги з масштабною лінійкою, нерухомої і рухомої губок, рами зі шкалою ноніуса, стопорного гвинта, а знизу рухомої рамки виконана рейка, яка є у взаємодії з шестірнею з можливістю кругового провертання в рухомій рамці ноніуса, який **відрізняється** тим, що товщина нерухомої і рухомої губок є більшою кроку шнека, а посередині довжини рухомої ніжки в сторону вимірювальної деталі встановлено прямокутну базуючу призму, при вершині якої встановлено плаваючий вимірювальний елемент, підпружинений в сторону вимірювальної поверхні, а внизу в нерухомій ніжці по її довжині виконано Т-подібний паз, який є у взаємодії з штангою, на якій нанесено шкалу ноніуса для вимірювання кроку шнека з радіальним упором з можливістю осьового переміщення і стопорним гвинтом, при цьому у нерухомій губці виконано наскрізний ступінчастий отвір в зоні зовнішнього діаметра шнека, який є у взаємодії з ніжкою профілометра, яка з нерухомою і рухомою губками під'єднана до аналого-цифрового перетворювача і персонального комп'ютера.

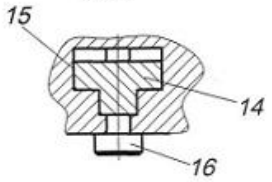


Фіг. 1



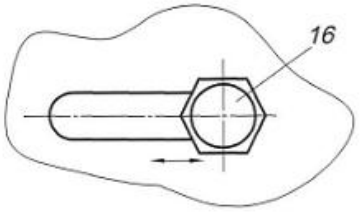
Фіг. 2

А-А

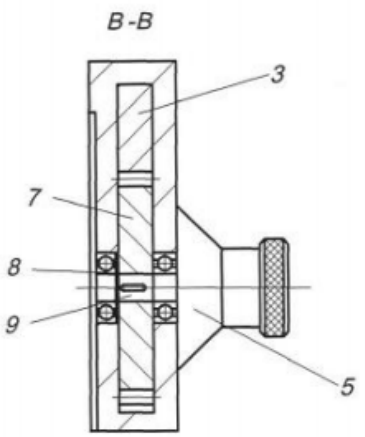


Фіг. 3

по Б



Фіг. 4



Фіг. 5

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

УКРАЇНА

ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 99015

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАВИВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **12.05.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України А.Г. Жарінова

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
№1

УКРАЇНА

(19) UA (11) 99015 (13) U

(51) МПК
B21D 11/06 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 13725

(22) Дата подання заявки: 22.12.2014

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9

(72) Винахідник(и):
Гудь Віктор Зеновійович (UA),
Дячун Андрій Євгенович (UA),
Кучвара Іван Миколайович (UA),
Гевко Ігор Богданович (UA)

(73) Власник(и):
Гудь Віктор Зеновійович,
вул. Б. Лепкого, 8, смт Гусятин, 48200 (UA),
Дячун Андрій Євгенович,
вул. Сонячна, 3, с. Нижчі Луб'янки,
Збаразький р-н, Тернопільська обл., 47361 (UA),
Кучвара Іван Миколайович,
вул. Канадська, 6, м. Тернопіль, 46000 (UA),
Гевко Ігор Богданович,
вул. І. Сірка, 10/2, м. Тернопіль, 46000 (UA)

(54) УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ НАВИВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

(57) Реферат:

Універсальний пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок виконано у вигляді станини, ступінчастої оправки, осьового паза для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування. В торцевій поверхні більшого ступеня оправки по її центру виконано гвинтовий отвір. На правому кінці оправки виконані фаски під ключ для її кріплення чи знімання, а сама оправка по зовнішньому діаметру виконана профільної форми з розміром меншим, ніж параметри навивної заготовки, з врахуванням її відпружинення і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки. Механізм радіального підтиску стрічкової заготовки здійснює притискний ролик за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми. Плече прикладання сили згину знаходиться в зоні деформації стрічкової заготовки на ділянці формування гвинтової заготовки в зоні мінімального радіуса профільної оправки, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної профільної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з оправки.

UA 99015 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може мати використання для виготовлення профільних гвинтових заготовок і відповідно гвинтового робочих органів.

Відомий пристрій для навивання гвинтових спіралей змінної ширини, який виконано у вигляді станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискання (Гевко Б.М. та інші. Механізми з гвинтовими пристроями. - Львів: Видавництво 1991,"Світ", 1993. - рис. 6.2).

Основний недолік найближчого аналога - обмежені технологічні можливості навивання профільних гвинтових заготовок і мала продуктивність праці.

Задачею корисної моделі є розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для навивання профільних гвинтових заготовок у вигляді станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування, згідно з корисною моделлю, в торцевій поверхні більшого ступеня оправки по її центру виконано гвинтовий отвір, який є у жорсткій взаємодії з гвинтовою поверхнею меншого діаметра торця профільної оправки, а на правому кінці оправки виконані фаски під ключ для її кріплення чи знімання, причому ця гвинтова поверхня торця профільної оправки має протилежний напрям напрямку гвинтової навивної заготовки, а сама оправка по зовнішньому діаметру виконана профільної форми з розміром меншим, ніж параметри навивної заготовки з врахуванням її відпружинення і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3°, а механізм радіального підтиску стрічкової заготовки здійснює притискний ролик за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми, яка відповідає еквідистанті профільної оправки, яка по внутрішньому діаметру є у взаємодії з зовнішнім діаметром копірувального ролика, і який з можливістю осьового переміщення встановлено вертикально на станині в зоні заходу полоси, який встановлений на одній осі з притискним роликом, останній встановлений в осьовий паз коромисла з можливістю вертикального переміщення на направляючих станин і кругового провертання на осі, а з діаметрально протилежної сторони притискний ролик є у взаємодії з торцем смуги, плече прикладання сили згину знаходиться в зоні деформації стрічкової заготовки на ділянці формування гвинтової заготовки в зоні мінімального радіуса профільної оправки, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної профільної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з оправки.

Універсальний пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок зображено на фіг. 1 і фіг. 2 - вид по А на фіг. 1.

Універсальний пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок виконано у вигляді станини 1, ступінчастої оправки 2, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні 3 з кроком, рівним товщині смуги 4, профільної форми 5. Посередині ступінчастої оправки 2 жорстко закріплено торцевий копір-кулачок 6, з правого торця якого виконана [-подібна виточка 7, яка відповідає еквідистанті профільної оправки 5. В торцевій частині копір-кулачка 6 виконано осьовий паз 8, який є у взаємодії з зігнутим кінцем 9 смуги 4.

Параметри (радіуси) профільної оправки 5 виконані розміром меншим, ніж параметри навивної профільної заготовки 10 з врахуванням її відпружинення. Крім цього профільна оправка 5 виконана конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3° для зручності її знімання з оправки.

Радіальне притискання смуги 4 здійснюється притискним роликом 11, який встановлено на осі 12 в осьовий паз 13 штока 14, а з лівої сторони притискного ролика на цій же осі встановлено копірувальний ролик 15, який зовнішнім діаметром є у взаємодії з внутрішнім діаметром виточки 7, форма якої відповідає еквідистанті еліпсної оправки 5 з можливістю його осьового переміщення разом з направляючим штоком 14 і разом з притискним роликом 11 здійснює осьові переміщення при формуванні профільної гвинтової заготовки 10.

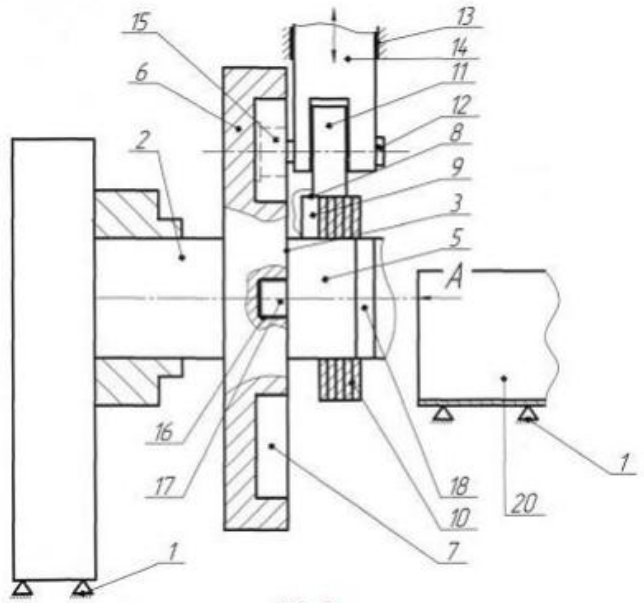
У торцевій поверхні більшого ступеня (копіра-кулачка 6) по її центру виконано гвинтовий отвір 16, який є у жорсткій взаємодії з гвинтовою поверхнею 17 меншого діаметра торця профільної оправки 5. На правому торці профільної оправки 5 виконані фаски 18 S під ключ для її кріплення чи знімання з копір-кулачка 6. При цьому гвинтова поверхня 17 має протилежний напрям гвинтової заготовки 10, а точка прикладання притискного ролика 11 знаходиться в зоні

деформації стрічкової заготовки на ділянці формування гвинтової заготовки 4 в зоні мінімального радіуса профільної оправки.

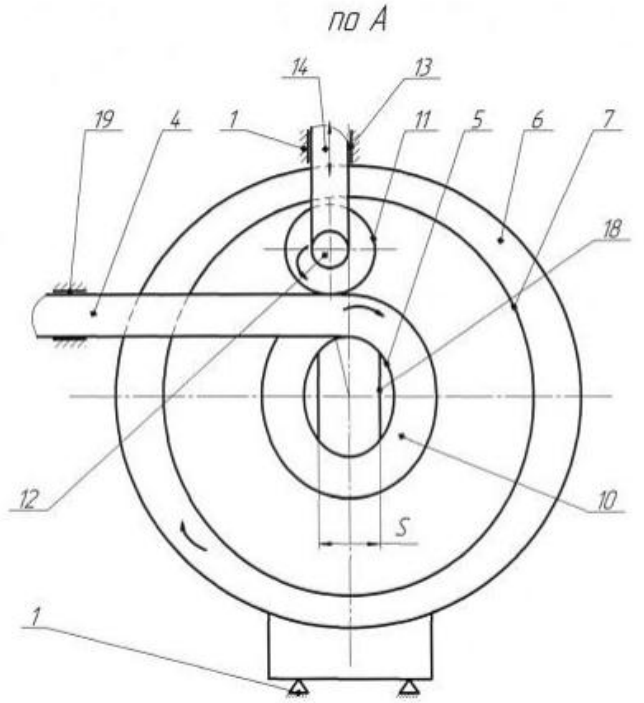
Робота пристрою для навивання профільних заготовок здійснюється наступним чином. Заготовка у вигляді смуги 4 встановлюється в направляючі 19 і зігнутим кінцем 9 фіксується в пазу 8 копір-кулачка 6 і зверху смуга притискується притискним роликом 11. Включається привід, профільна оправка 5 провертається і здійснює процес навивання гвинтової профільної заготовки 10. Після закінчення технологічного процесу навивання профільної заготовки 10 прокручування профільної оправки продовжується і за допомогою гвинтової насічки на зовнішньому діаметрі притискного ролика 11 і конусного його виконання профільної оправки 5 навивна профільна заготовка 10 знімається з оправки. У випадку значної її довжини вона розміщається в направляючому жолобі 20, який жорстко кріпиться до рами 1. До переваг пристрою належить розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Універсальний пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок, який виконано у вигляді станини, ступінчастої оправки, торцева поверхня якої виконана у вигляді гвинтової поверхні з кроком, рівним товщині смуги, а у більшому ступені оправки виконано осьовий паз для фіксації кінця смуги, механізмів радіального і осьового притискування, який **відрізняється** тим, що в торцевій поверхні більшого ступеня оправки по її центру виконано гвинтовий отвір, який є у жорсткій взаємодії з гвинтовою поверхнею меншого діаметра торця профільної оправки, а на правому кінці оправки виконані фаски під ключ для її кріплення чи знімання, причому ця гвинтова поверхня торця профільної оправки має протилежний напрям напрямку гвинтової навивної заготовки, а сама оправка по зовнішньому діаметру виконана профільної форми з розміром меншим, ніж параметри навивної заготовки, з врахуванням її відпружинення і конусної форми в сторону сходження навивної заготовки під кутом 1…3°, а механізм радіального підтиску стрічкової заготовки здійснює притискний ролик за допомогою копіра-кулачка, який виконано циліндричної форми, з правого торця якого виконана ступінчаста виточка [-подібної форми, яка відповідає еквідистанті профільної оправки, яка по внутрішньому діаметру є у взаємодії з зовнішнім діаметром копірувального ролика, і який з можливістю осьового переміщення встановлено вертикально на станині в зоні заходу полоси, який встановлений на одній осі з притискним роликом, останній встановлений в осьовий паз коромисла з можливістю вертикального переміщення на направляючих станин і кругового провертання на осі, а з діаметрально протилежної сторони притискний ролик є у взаємодії з торцем смуги, плече прикладання сили згину знаходиться в зоні деформації стрічкової заготовки на ділянці формування гвинтової заготовки в зоні мінімального радіуса профільної оправки, на зовнішньому діаметрі якого виконана виштовхувальна нарізна гвинтова канавка з кроком, рівним товщині смуги в сторону сходження заготовки з оправки, а напроти навивної профільної оправки на станині встановлено жолоб, для сходження навивної заготовки з оправки.


15
13
14
6
11
12
2
8
9
3
5
A
16
17
18
10
7
20
1
1

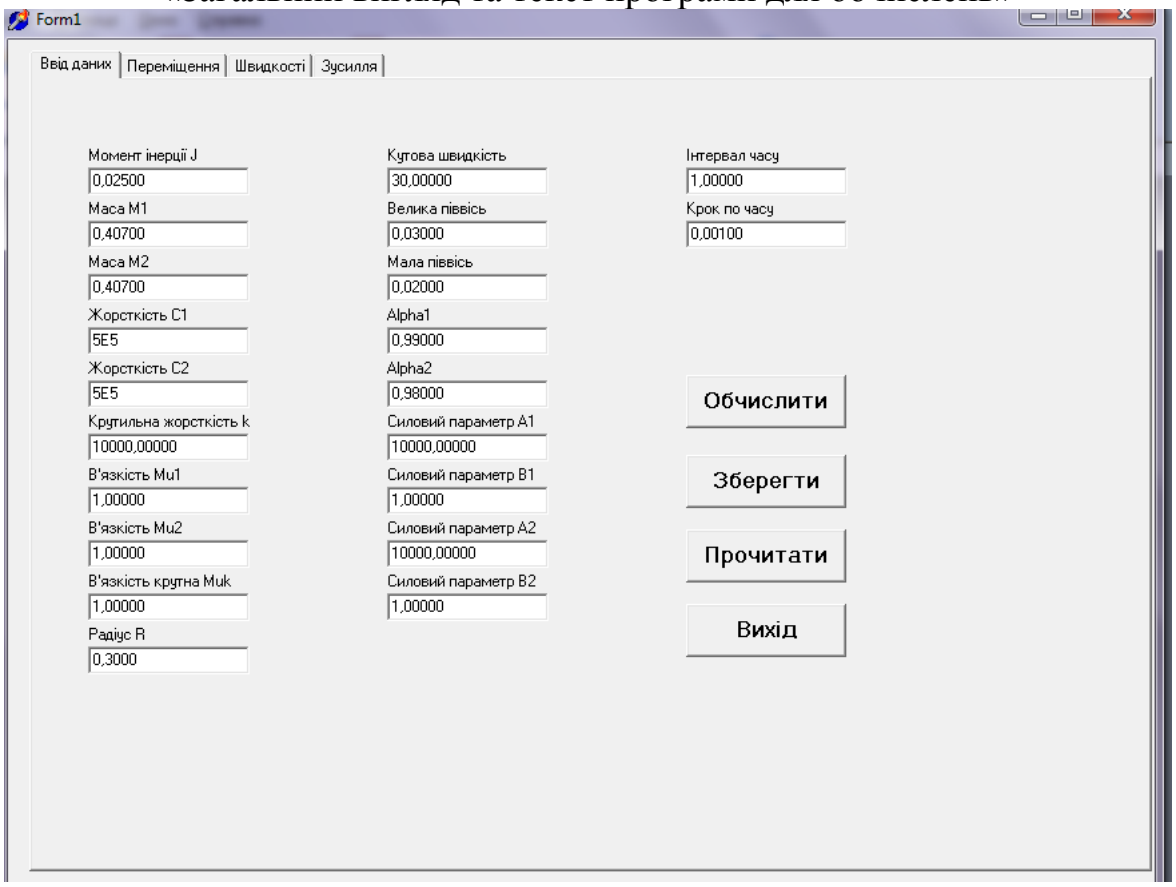
Фіг. 1

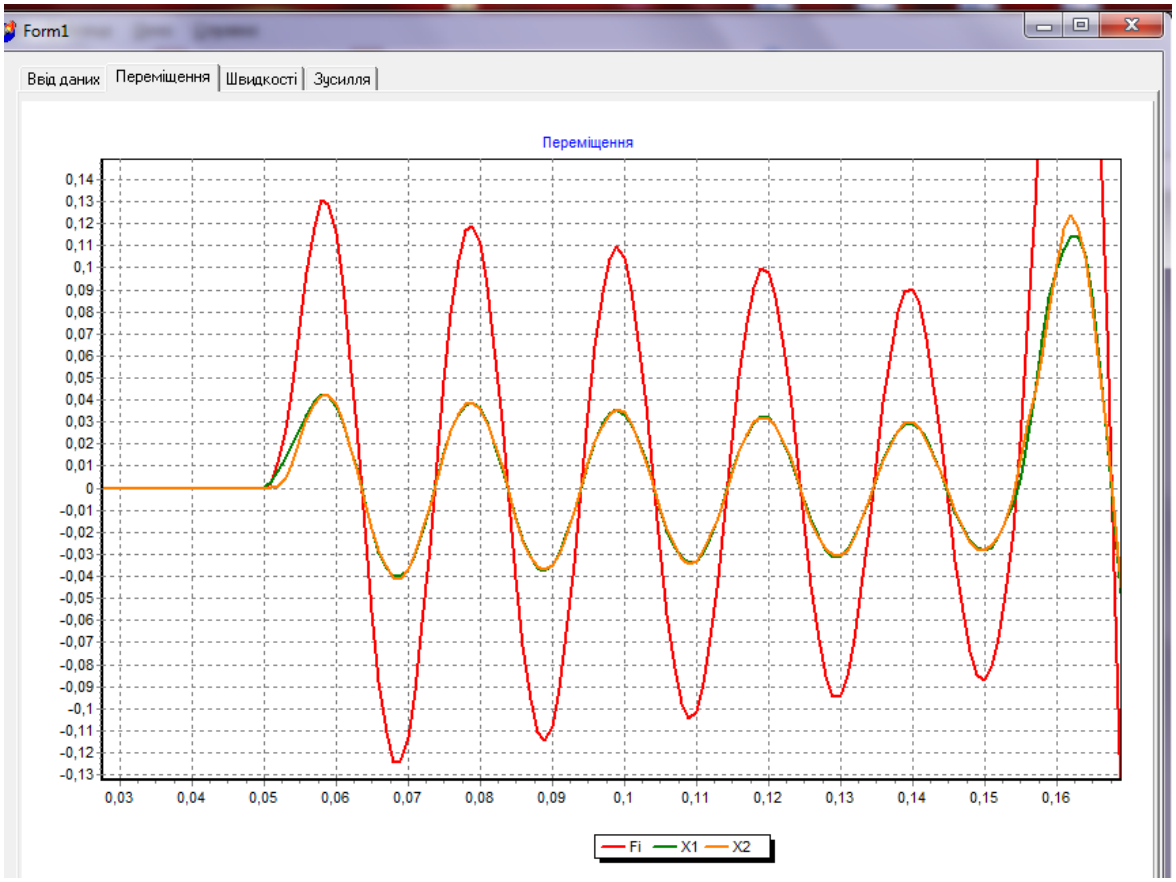

по А
14
13
19
4
1
11
5
6
7
18
12
10
S
1

Фіг. 2

ДОДАТОК Б

«Загальний вигляд та текст програми для обчислень»





```
object Form1: TForm1
  Left = 202
  Top = 121
  Width = 875
  Height = 675
  Caption = 'Form1'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  OldCreateOrder = False
  Position = poScreenCenter
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object PageControl1: TPageControl
    Left = 16
    Top = 8
    Width = 841
    Height = 617
    ActivePage = TabSheet4
    TabOrder = 0
    object TabSheet4: TTabSheet
      Caption = #1042#1074#1110#1076' '#1076#1072#1085#1080#1093
      ImageIndex = 3
      object LabeledEdit1: TLabeledEdit
        Left = 40
        Top = 64
        Width = 121
        Height = 21
        EditLabel.Width = 82
        EditLabel.Height = 13
        EditLabel.Caption = #1052#1086#1084#1077#1085#1090'
'#1110#1085#1077#1088#1094#1110#1111'
        TabOrder = 0
        Text = '1'
      end
      object LabeledEdit2: TLabeledEdit
        Left = 40
        Top = 104
        Width = 121
        Height = 21
        EditLabel.Width = 45
        EditLabel.Height = 13
        EditLabel.Caption = #1052#1072#1089#1072' M1'
        TabOrder = 1
        Text = '1'
      end
      object LabeledEdit3: TLabeledEdit
        Left = 40
        Top = 144
```

```
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 45
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1052#1072#1089#1072' M2'
  TabOrder = 2
  Text = '1'
end
object LabeledEdit4: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 184
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 75
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1046#1086#1088#1089#1090#1082#1110#1089#1090#1100' C1'
  TabOrder = 3
  Text = '100000'
end
object LabeledEdit5: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 224
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 75
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1046#1086#1088#1089#1090#1082#1110#1089#1090#1100' C2'
  TabOrder = 4
  Text = '100000'
end
object LabeledEdit6: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 264
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 121
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1050#1088#1091#1090#1080#1083#1100#1085#1072'
  TabOrder = 5
  Text = '10000'
end
object LabeledEdit7: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 304
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 70
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1042#39#1103#1079#1082#1110#1089#1090#1100' Mu1'
  TabOrder = 6
  Text = '1'
end
```

```
object LabeledEdit8: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 344
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 70
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1042#39#1103#1079#1082#1110#1089#1090#1100' Mu2'
  TabOrder = 7
  Text = '1'
end
object LabeledEdit9: TLabeledEdit
  Left = 40
  Top = 384
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 107
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1042#39#1103#1079#1082#1110#1089#1090#1100'
  TabOrder = 8
  Text = '1'
end
object LabeledEdit10: TLabeledEdit
  Left = 264
  Top = 264
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 111
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1057#1080#1083#1086#1074#1080#1081'
  TabOrder = 9
  Text = '10000'
end
object LabeledEdit11: TLabeledEdit
  Left = 264
  Top = 304
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 111
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1057#1080#1083#1086#1074#1080#1081'
  TabOrder = 10
  Text = '1'
end
object LabeledEdit12: TLabeledEdit
  Left = 264
  Top = 344
  Width = 121
  Height = 21
  EditLabel.Width = 111
  EditLabel.Height = 13
  EditLabel.Caption = #1057#1080#1083#1086#1074#1080#1081'
```

```
      TabOrder = 11
      Text = '10000'
    end
    object LabeledEdit13: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 384
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 111
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1057#1080#1083#1086#1074#1080#1081'
      TabOrder = 12
      Text = '1'
    end
    object LabeledEdit14: TLabeledEdit
      Left = 40
      Top = 424
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 43
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1056#1072#1076#1110#1091#1089' R'
      TabOrder = 13
      Text = '0.03'
    end
    object LabeledEdit15: TLabeledEdit
      Left = 488
      Top = 64
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 69
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1030#1085#1090#1077#1088#1074#1072#1083'
'#1095#1072#1089#1091
      TabOrder = 14
      Text = '1'
    end
    object LabeledEdit16: TLabeledEdit
      Left = 488
      Top = 104
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 65
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1050#1088#1086#1082' '#1087#1086' '#1095#1072#1089#1091
      TabOrder = 15
      Text = '0.001'
    end
    object LabeledEdit17: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 64
      Width = 121
```

```
      Height = 21
      EditLabel.Width = 89
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1050#1091#1090#1086#1074#1072'
      TabOrder = 16
      Text = '30'
    end
    object LabeledEdit18: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 104
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 74
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1042#1077#1083#1080#1082#1072'
'#1087#1110#1074#1074#1110#1089#1100
      TabOrder = 17
      Text = '0.03'
    end
    object LabeledEdit19: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 144
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 64
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = #1052#1072#1083#1072' '#1087#1110#1074#1074#1110#1089#1100
      TabOrder = 18
      Text = '0.02'
    end
    object LabeledEdit20: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 184
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 33
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = 'Alpha1'
      TabOrder = 19
      Text = '0.99'
    end
    object LabeledEdit21: TLabeledEdit
      Left = 264
      Top = 224
      Width = 121
      Height = 21
      EditLabel.Width = 33
      EditLabel.Height = 13
      EditLabel.Caption = 'Alpha2'
      TabOrder = 20
      Text = '0.98'
    end
```

```
 object Button1: TButton
   Left = 488
   Top = 220
   Width = 120
   Height = 40
   Caption = #1054#1073#1095#1080#1089#1083#1080#1090#1080
   Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
   Font.Color = clWindowText
   Font.Height = -16
   Font.Name = 'MS Sans Serif'
   Font.Style = [fsBold]
   ParentFont = False
   TabOrder = 21
   OnClick = Button1Click
 end
 object Button2: TButton
   Left = 488
   Top = 392
   Width = 120
   Height = 40
   Caption = #1042#1080#1093#1110#1076
   Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
   Font.Color = clWindowText
   Font.Height = -16
   Font.Name = 'MS Sans Serif'
   Font.Style = [fsBold]
   ParentFont = False
   TabOrder = 22
   OnClick = Button2Click
 end
 object Button3: TButton
   Left = 488
   Top = 280
   Width = 120
   Height = 40
   Caption = #1047#1073#1077#1088#1077#1075#1090#1080
   Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
   Font.Color = clWindowText
   Font.Height = -16
   Font.Name = 'MS Sans Serif'
   Font.Style = [fsBold]
   ParentFont = False
   TabOrder = 23
   OnClick = Button3Click
 end
 object Button4: TButton
   Left = 488
   Top = 336
   Width = 120
   Height = 40
   Caption = #1055#1088#1086#1095#1080#1090#1072#1090#1080
   Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
```

```
    Font.Color = clWindowText
    Font.Height = -16
    Font.Name = 'MS Sans Serif'
    Font.Style = [fsBold]
    ParentFont = False
    TabOrder = 24
    OnClick = Button4Click
  end
end
object TabSheet1: TTabSheet
  Caption = #1055#1077#1088#1077#1084#1110#1097#1077#1085#1085#1103
  object Chart1: TChart
    Left = 0
    Top = 4
    Width = 833
    Height = 581
    BackWall.Brush.Color = clWhite
    BackWall.Brush.Style = bsClear
    Title.Text.Strings = (
      #1055#1077#1088#1077#1084#1110#1097#1077#1085#1085#1103)
    Legend.Alignment = laBottom
    Legend.ColorWidth = 100
    View3D = False
    Color = clWhite
    TabOrder = 0
    OnDblClick = Chart3DblClick
    object Series1: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clRed
      Title = 'X1'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
    object Series2: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clGreen
      Title = 'X1'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
```

```
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
    object Series3: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = 33023
      Title = 'X1'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
  end
end
object TabSheet2: TTabSheet
  Caption = #1064#1074#1080#1076#1082#1086#1089#1090#1110
  ImageIndex = 1
  object Chart2: TChart
    Left = 0
    Top = 4
    Width = 833
    Height = 581
    BackWall.Brush.Color = clWhite
    BackWall.Brush.Style = bsClear
    Title.Text.Strings = (
      #1064#1074#1080#1076#1082#1110#1089#1090#1100)
    Legend.Alignment = laBottom
    Legend.ColorWidth = 100
    View3D = False
    Color = clWhite
    TabOrder = 0
    OnDblClick = Chart3DblClick
    object LineSeries1: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clRed
```

```
      Title = 'Omega'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
    object LineSeries2: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clGreen
      Title = 'V1'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
    object LineSeries3: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = 33023
      Title = 'V2'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
  end
end
```

```
object TabSheet3: TTabSheet
  Caption = #1047#1091#1089#1080#1083#1083#1103
  ImageIndex = 2
  object Chart3: TChart
    Left = 0
    Top = 4
    Width = 833
    Height = 581
    BackWall.Brush.Color = clWhite
    BackWall.Brush.Style = bsClear
    Title.Text.Strings = (
      #1047#1091#1089#1080#1083#1083#1103)
    Legend.Alignment = laBottom
    Legend.ColorWidth = 100
    View3D = False
    Color = clWhite
    TabOrder = 0
    OnDblClick = Chart3DblClick
    object LineSeries9: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clRed
      Title = 'P1'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      YValues.Order = loNone
    end
    object LineSeries10: TLineSeries
      Marks.ArrowLength = 8
      Marks.Visible = False
      SeriesColor = clGreen
      Title = 'P2'
      LinePen.Width = 2
      Pointer.InflateMargins = True
      Pointer.Style = psRectangle
      Pointer.Visible = False
      XValues.DateTime = False
      XValues.Name = 'X'
      XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
      XValues.Order = loAscending
      YValues.DateTime = False
      YValues.Name = 'Y'
      YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
```

```
          YValues.Order = loNone
        end
      end
    end
  end
  object OpenDialog1: TOpenDialog
    Left = 544
    Top = 16
  end
  object SaveDialog1: TSaveDialog
    Left = 592
    Top = 16
  end
end
```

Додаток В

Акти впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТзОВ "ВМП енергоконструкція "
_____Войт Ю.М.

АКТ
впровадження наукової розробки Гевка Ігора Богдановича, Білик Стефанії Григорівни, Кучвари Івана Миколайовича, Дині Володимира Івановича, Фльонца Олега Володимировича, Кондратюка Олександра Михайловича у виробництво на ТзОВ " ВМП енергоконструкція "

Результати експериментальних досліджень з використання люнета для відрізання довгомірних профільних заготовок, проведених співробітниками Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя і Національного університету водного господарства та природокористування у 2015 році, реалізовані в конструкції люнета, який захищений деклараційним патентом України № 98902 бюл. № 9/2015 р.

Запропоновані технічні рішення забезпечують розширення технологічних можливостей, покращення технічних характеристик відрізання, підвищують продуктивність роботи, зменшують час технологічної операції відрізання і після відповідної конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Економічний ефект від впровадження запропонованого люнета для відрізання профільних заготовок складе 5840 грн.

Голова комісії
головний інженер
ТзОВ " ВМП енергоконструкція " Л.Р. Войтович

Члени комісії:
головний механік
ТзОВ " ВМП енергоконструкція " О.В. Харук

ст. викладач, к.т.н. НУВГП О.М. Кондратюк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТзОВ “ ВМП енергоконструкція “
_____Войт Ю.М.

АКТ
впровадження наукової розробки Гудя Віктора Зеновійовича, Дячуна Андрія Євгеновича, Кучвари Івана Миколайовича, Гевка Ігоря Богдановича, Кондратюка Олександра Михайловича у виробництво на ТзОВ “ ВМП енергоконструкція “ у виробництво

Результати експериментальних досліджень з використання універсального пристрою для навивання профільних гвинтових заготовок, проведених співробітниками Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя і Національного університету водного господарства та природокористування у 2015 році, реалізовані в конструкції пристрою, який захищений деклараційним патентом України № 99015 бюл. № 9/2015 р.

Запропоновані технічні рішення дають можливість виготовлення профільних гвинтових заготовок тіл обертання з покращеними експлуатаційними характеристиками на основі енергозберігаючих технологій. Економічний ефект від впровадження запропонованого універсального пристрою для навивання профільних гвинтових заготовок складе 9580 грн.

Голова комісії
головний інженер
ТзОВ “ ВМП енергоконструкція “ Л.Р. Войтович

Члени комісії:
головний механік
ТзОВ “ ВМП енергоконструкція “ О.В. Харук

ст. викладач, к.т.н. НУВГП О.М. Кондратюк