

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технології виготовлення коробки клапанної**  
**УН 41 112 з вдосконаленням методики вибору технологій та**  
**дослідження ефективності виготовлення гвинтових заготовок**

Виконав: студент VI курсу, групи МТм-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

**131 Прикладна механіка**

(шифр і назва спеціальності)

|                   |                                   |   |
|-------------------|-----------------------------------|---|
|                   | <u>Ткач С. М.</u><br>(підпис)     | <u>Ткач С. М.</u><br>(прізвище та ініціали)     |
| Керівник          | <u>Радик Д. Л.</u><br>(підпис)    | <u>Радик Д. Л.</u><br>(прізвище та ініціали)    |
| Нормоконтроль     | <u>Ткаченко І. Г.</u><br>(підпис) | <u>Ткаченко І. Г.</u><br>(прізвище та ініціали) |
| Завідувач кафедри | <u>Окіпний І. Б.</u><br>(підпис)  | <u>Окіпний І. Б.</u><br>(прізвище та ініціали)  |
| Рецензент         | <u>Дзюра В.О.</u><br>(підпис)     | <u>Дзюра В.О.</u><br>(прізвище та ініціали)     |

Тернопіль  
2020

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Окіпний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 28 » вересня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ткачу Святославу Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення коробки клапанної УН 41 112 з вдосконаленням методики вибору технологій та дослідження ефективності виготовлення гвинтових заготовок.

Керівник роботи Радик Дмитро Леонідович, к. т. н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» вересня 2020 року № 4/7-686

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес виготовлення коробки клапанної УН 41 112, річна програма випуску 80000 шт., наукова література, присвячена методиці вибору технологій та дослідженню ефективності виготовлення гвинтових заготовок.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Плакати для ілюстрації результатів наукових досліджень – 2А1. Карта наладки на операцію 010-агрегатна – А1. Пристрій на операцію 005-карусельно-фрезерна – А1. Пристрій на операцію 010-агрегатна – 2А1. Пристрій для контролю – А1. Фреза ротаційна – А2.

### 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                  | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---|---|----------------|------------------|
|   |   | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Охорона праці</i>                    | <i>Ткаченко І. Г., доц. каф. МТ</i>       |                |                  |
| <i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i> | <i>Клепчик В. М., ст. викл. каф. ОХ</i>   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |
|   |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання 28 вересня 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                      | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
|       | <i>Зміст</i>   | <i>17.12.2020</i>              |          |
|       | <i>Реферат</i>   | <i>17.12.2020</i>              |          |
|       | <i>Вступ</i>   | <i>02.11.2020</i>              |          |
|       | <i>Аналітична частина</i>                                | <i>09.11.2020</i>              |          |
|       | <i>Науково-дослідна частина</i>                          | <i>16.11.2020</i>              |          |
|       | <i>Технологічно-конструкторська частина</i>              | <i>30.11.2020</i>              |          |
|       | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i> | <i>07.12.2020</i>              |          |
|       | <i>Перелік посилань</i>                                  | <i>17.12.2020</i>              |          |
|       | <i>Висновки</i>  | <i>17.12.2020</i>              |          |
|       | <i>Графічний матеріал</i>                                | <i>17.12.2020</i>              |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |
|       |  |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Ткач С. М.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Радик Д. Л.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Темою кваліфікаційної роботи є “Розроблення технології виготовлення коробки клапанної УН 41 112 з вдосконаленням методики вибору технологій та дослідження ефективності виготовлення гвинтових заготовок”.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 77 аркушів формату А4 основної частини і 30 аркушів додатків, 35 літературних джерел, графічна частина містить 7,5 аркушів формату А1.

За базовий варіант ТП механічного оброблення коробки клапанної приймаємо згідно завдання існуючий технологічний процес на підприємстві, де її виготовляють.

В аналітичній частині проведено аналіз за літературними та патентними джерелами, встановлено актуальність теми кваліфікаційної роботи. Також визначені методи вирішення поставленої проблеми, сформульовані висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.

У науково-дослідній частині дана характеристика об'єкту дослідження, оброблені результати досліджень, проведено аналіз й узагальнення отриманої інформації та зроблені висновки, розроблені пропозиції щодо впровадження отриманих результатів досліджень.

Технологічно-конструкторська частина присвячена розробці технології виготовлення даної деталі, зокрема описано службове призначення деталі, проведено аналіз її технологічності, визначено тип й організаційної форми виробництва, проведено аналіз існуючого (базового) ТП виготовлення деталі, вибрано метод одержання заготовки та технологічні бази, здійснено структурний аналіз і синтез 2-х варіантів технологічного маршруту механічного оброблення деталі, визначено припуски та між операційні розміри, забезпечено вибір ріжучого й вимірювального інструментів, обчислено режими різання, проведено технічне нормування розробленого ТП. На основі розрахованої річної трудоемності механічної обробки й виробничої програми дільниці визначено кількість основного й допоміжного обладнання та встановлено число працюючих

за категоріями, розроблено плани компонування цеху й розташування обладнання на ділянці.

В технологічно-конструкторській частині також здійснено конструювання технологічного оснащення, а саме описано принцип дії пристосувань, проведено їх розрахунок на точність, вибір структурної схеми і компоновки, зроблено розрахунки сили затиску й параметрів привода та розрахунок на міцність. Крім того розроблено спеціальний ріжучий інструмент – ротаційну фрезу. Проведено вибір та розрахунок транспортних й вантажопіднімальних засобів на ділянці механічного оброблення деталі.

У розділі охорона праці й безпека у надзвичайних ситуаціях приведена характеристика механічного оброблення деталі з точки зору ОП, санітарно-гігієнічних умов праці на ділянці й порівняння їх з нормативними, зроблено аналіз конструкції верстатів, пристосіблень за умови безпеки їх експлуатації, передбачені заходи безпеки при виконанні вантажопідіймальних робіт й транспортування вантажів, описана дія електромагнітного імпульсу на елементи виробництва і передбачені міри захисту.

За результатами виконання кваліфікаційної роботи зроблені загальні висновки. Також приведено перелік посилань та додатки до основної частини пояснювальної записки.

# ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 7  |
| <b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>  |    |
| 1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи.   | 9  |
| 1.2 Методи вирішення поставленої проблеми.   | 14 |
| 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.   | 15 |
| <b>2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>  |    |
| 2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження.   | 17 |
| 2.2 Оброблення результатів досліджень.   | 19 |
| 2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації.  | 29 |
| 2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень.   | 29 |
| <b>3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА</b>  |    |
| 3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз його технологічності.   | 31 |
| 3.1.1 Службове призначення деталі. Аналіз технічних умов.  | 31 |
| 3.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.   | 32 |
| 3.1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва.   | 33 |
| 3.1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення деталі.  | 35 |
| 3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу з вибором заготовок, технологічного обладнання, оснащення, інструментів. | 36 |
| 3.2.1 Вибір методу отримання заготовки.  | 36 |
| 3.2.2 Вибір технологічних баз.   | 36 |
| 3.2.3 Структурний аналіз і синтез 2 – ох варіантів технологічного маршруту механічної обробки.   | 37 |
| 3.2.4 Визначення припусків та між операційних розмірів.  | 37 |
| 3.2.5 Вибір ріжучого і вимірювального інструменту.   | 41 |
| 3.2.6 Розрахунок режимів різання.  | 42 |
| 3.2.7 Технічне нормування розробленого технологічного процесу  | 44 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3. Визначення кількості обладнання. Розроблення планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці.                             | 48        |
| 3.3.1 Визначення річної трудоемності механічної обробки та виробничої програми ділянці.   | 48        |
| 3.3.2 Розрахунок кількості основного та допоміжного обладнання  | 49        |
| 3.3.3 Визначення числа працюючих за категоріями.  | 50        |
| 3.3.4 Розробка компоновочного плану ділянці та плану розміщення обладнання.   | 53        |
| 3.4 Конструювання спеціального оснащення, інструментів  | 57        |
| 3.4.1 Пристрій на операцію 005 – карусельно-фрезерна (принцип дії, розрахунок на точність).   | 57        |
| 3.4.2 Пристрій на операцію 010 – агрегатна (установ А) (вибір структурної схеми, структурний аналіз і компоновка).                          | 58        |
| 3.4.3 Розрахунок пристосування на точність операції 010 – агрегатна (установ Б).  | 59        |
| 3.4.4 Розрахунок сили затиску, параметрів привода.  | 61        |
| 3.4.5 Загальний опис конструкції пристосування на операцію 010 – агрегатна і його техніко-економічне обґрунтування, розрахунок на міцність. | 62        |
| 3.4.6 Розробка спеціального ріжучого інструмента.   | 64        |
| 3.4.7 Вибір і розрахунок транспортних і вантажопіднімальних засобів.  | 66        |
| <b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>  | <b>68</b> |
| 4.1 Характеристика ділянці механічного оброблення деталі з точки зору охорони праці.  | 68        |
| 4.2 Дія електромагнітного імпульсу на елементи виробництва і міри захисту.  | 72        |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>  | <b>74</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>   | <b>75</b> |
| <b>ДОДАТКИ</b>  | <b>78</b> |

## ВСТУП

Головним завданням на сьогоднішній день перед машинобудівною промисловістю є виготовлення машин високої якості з мінімальною собівартістю та забезпеченням високої продуктивності технологічних процесів, які вони виконують. Процес виготовлення таких машин стає все складнішим і трудомістким, а потреба швидкого оновлення продукції машинобудування вимагає скорочення термінів освоєння її виробництва. Тому одним з найголовніших шляхів розв'язку цієї задачі це – технічне переозброєння машинобудівного виробництва й упровадження передових технологій для випуску нових високопродуктивних машин.

Сучасне сільське господарство тяжко уявити без широкого застосування новітніх хімічних засобів боротьби із багаточисельними хворобами і шкідниками рослин, без використання гербіцидів, а також внесення рідких мінеральних добрив. Успішно вирішувати дані задачі неможливо без широкого застосування механізації цих процесів. Тому перед машинобудівним виробництвом стоїть завдання модернізації діючих і випуску нових машин.

Одною з машин, які широко використовуються в сільському господарстві для боротьби із шкідниками, хворобами культурних рослин є причіпні оприскувачі. Одним із основних вузлів цих машин є агрегат насосний, в склад якого і входить коробка клапанна УН 41.112, для якої необхідно розробити технологічний процес його виготовлення.

В даній кваліфікаційній роботі при рішенні питання механічної обробки коробки клапанної УН 41.112 ставляться наступні задачі:

- підвищення продуктивності праці;
- зниження трудоемкості механічної обробки;
- зниження собівартості продукції;
- підвищення якості і надійності виробів.

Все це намічається здійснити за рахунок підвищення точності одержання вихідної заготовки, застосування високопродуктивних ріжучих інструментів і технологічної оснастки, за рахунок застосування агрегатних верстатів, прогресивних режимів різання, організації праці й концентрації технологічних операцій.



В створенні матеріально-технічної бази держави, у сучасних умовах ринкової економіки, велике значення належить питанню: упровадження наукових досягнень, в технологічні процеси, з метою підвищення економічної ефективності виробництва, важливими чинниками якого є: зниження матеріаломісткості виробів й собівартості продукції, економія сировини і матеріалів, зростання продуктивності праці, а також забезпечення високої якості та надійності виробів машинобудівного виробництва.

Вирішення цих проблем потребує глибокого вивчення уже відомих технологічних процесів, їх аналізу й створення передових високоефективних ресурсощадних технологій для виготовлення деталей машин із високими показниками якості, надійності й довговічності.

Серед зазначених проблем, важливе місце посідають питання по виготовленню заготовок деталей машин, зокрема з гвинтовими профілями:

- дослідження та розробка прогресивних ресурсощадних технологічних процесів формоутворення нових типів заготовок для деталей із гвинтовими елементами, що вирізняються хорошими технологічними характеристиками та розширеними функціональними можливостями;

- оптимізація технологічності конструкції гвинтових деталей шляхом зменшення обсягу механічної обробки та питомих матеріально-енергетичних витрат і, відповідно, вартості деталей;

- обґрунтування економічної доцільності виробництва гвинтових деталей з навивних заготовок при різних типах виробництв;

- забезпечення економічної ефективності виготовлення виробів та їх експлуатації.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи.

З літературних джерел відомі методи навивання спіралей шнеків, проте, як свідчать результати аналізу, використання їх обмежене через відсутність науково обґрунтованих технологій навивання і конструкцій устаткування для виготовлення гвинтових стрічок зі зведеною висотою більше 10.

Існуючі методи формоутворення навивних заготовок (НЗ) відрізняються кінематичними схемами, формою робочих елементів і характером їх контакту із заготовкою. Оптимальний вибір методу навивання заготовок і раціональної конструкції формотвірного інструменту визначається такими чинниками: розмірами та формою навиваної заготовки, її фізико-механічними та технологічними властивостями, вимогами до точності заготовок та якості їх поверхні.

Аналізуючи існуючі методи формоутворення НЗ за даною багатоваріантною структурою класифікації розглянуто конструктивні схеми, за якими можна здійснити ТП виготовлення гвинтових заготовок (ГЗ). Проведений синтез схем формоутворення НЗ дав змогу створити ряд нових конкурентоспроможних конструктивних схем технологічних процесів формоутворення (ТПФ) цих заготовок (рис. 1.1).

Для проектування ТП формоутворення ГЗ, які є різними по конфігурації, а також з різним функціональними можливостями, згідно зі зведеною класифікацією та спорядженням, розроблено структуру технологічних і кінематичних схем, яка є багатоваріантною [32]. За даною структурою для навивання необхідної конструкції заготовки можна вибрати такі види навивання: неперервний технологічний процес формоутворення; навивання ребристого профілю; навивання Г-подібного профілю; навивання конусних спіралей; навивання широкосмугових спіралей.

На підставі поданих варіантів розроблені схеми формоутворення ГЗ за окремими видами, а також комплексну схему кінематики механізмів формоутворення ГЗ, використавши яку можна конструювати необхідну конструкцію для різних способів формоутворення ГЗ.

| Вид навивання                                  | Кінематика перехідного ТПФ | Кінематика стабільного ТПФ |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Неперервний ТПФ навивання ребристого профілю   |                            |                            |
| Навивання Г-подібного профілю                  |                            |                            |
| Навивання конусних спіралей                    |                            |                            |
| Навивання широкосмугових спіралей              |                            |                            |
| Комплексна кінематична схема формоутворення ГЗ |                            |                            |

Рисунок 1.1 – Кінематика формоутворення ГЗ:

1 – осьова сила початкового притиску  $D_{оп}$ ; 2 – радіальний напрямок сили притиску стрічки в процесі формоутворення  $D_R$ ; 3 – напрямок обертання оправи, на якій здійснюється процес формоутворення  $D_K$ ; 4 – напрямок подавання формувального ролика  $D_S$ ; 5 – осьова сила стабільного технологічного процесу  $D_{ос}$ .

Створення нових типів спорядження для навивання ГЗ вимагає розроблення математичних моделей процесу та дослідження закономірностей руху формотвірних інструментів. Правильний розрахунок, вибір конструктивних й технологічних параметрів пристроїв для навивання заготовок дає змогу підвищити надійність і довговічність деталей, виготовлених з них, і досягнути значного економічного ефекту.

Різноманітність вимог до технологічного виконання ГЗ призводить до необхідності упорядкування різних варіантів технологічного процесу (ТП). Проте незважаючи на те, що ТП в основному визначають параметрами деталей машин (ДМ), які виготовляють із ГЗ, необхідно відзначити існування спільних ознак. Це дає можливість розрізняти конструкції інструментів по типу кінематичного зв'язку системи “ГЗ-інструмент” [31] та виділити 14 основних технологічних маршрутів (ТМ), які є диференційованими за характерними ознаками основної операції формоутворення ГЗ та визначені на основі особливостей топології формозмінних й обмежуючих конструктивних параметрів робочих елементів ТС, основної операції формоутворення, а також котрі є найпоширенішими чи перспективними для промисловості України:

М1 – виготовлення ГЗ із листової заготовки, який містить операції отримання кільцевої заготовки штампуванням, її розрізу за радіусом і формування секції ГЗ із заданим кроком з наступними операціями зварювання секцій ГЗ та їх механічною обробкою різними технологічними методами.

М2 – виготовлення ГЗ шляхом їх профілювання вальцюванням смуги валками з подальшою обробкою різними методами.

М3 – виготовлення ГЗ із плоскої кільцевої заготовки, яка містить операції одержання кільцевої заготовки, розріз її в радіальному напрямку та розвертання отриманої заготовки у виток шляхом вальцювання її між валками, профілі робочих поверхонь яких відповідають профілю витка. Остаточну форму ГЗ формують шляхом зварювання секцій.

М4 – виготовлення ГЗ із заготовки, що кристалізується із розплавленого металу за допомогою кристалізатора, встановленого перед формувальними валками і виконаного у вигляді лійки та пари конічних валків з подальшою обробкою різними методами.

М5 – виготовлення ГЗ шляхом навивання спіралі зі стрічки на ребро за допомогою ТС, що містять оправу з фіксатором кінця стрічки, направляючий вузол, що містить деформуючо-обмежуючі елементи (характерна особливість технологічних схем – значна величина плеча прикладання зусилля згину).

М6 – виготовлення ГЗ шляхом навивання стрічки на оправу внаслідок прикладання змінних зусиль до площини стрічки, розміщеної у початковому стані паралельно до осі обертання, тобто стрічку при навиванні піддають поперечному згину в горизонтальній площині з одночасним крученням.

М7 – виготовлення ГЗ методами неперервного навивання з наступним одночасним калібруванням на крок виконуваної заготовки.

М8 – виготовлення ГЗ шляхом навивання на оправу суцільних пакетів витків за допомогою ступеневого ролика, вісь якого розміщена перпендикулярно або ж під кутом до осі оправу, та при необхідності, наступним калібруванням на крок, за допомогою клинового пристрою розгину або (при невеликій різниці мінімальної і максимальної ширини смуги) прикладанням розтягуючої сили до кінця спіралі. Потім спіраль калібрують на обертових роликах.

М9 – виготовлення ГЗ шляхом навивання на оправу на заданий крок або суцільного пакета витків спіралі за допомогою ступеневого ролика, вісь якого розміщена паралельно до осі оправу і, при необхідності, операції калібрування смуги операціями аналогічними, що відображені у маршруті М8.

М10 – виготовлення ГЗ шляхом навивання на оправу суцільного пакету витків за допомогою складеного ступеневого ролика, оснащеного підтискною калібруючою співвісною частиною, вісь якого розміщена перпендикулярно до осі оправу, і (при необхідності) наступними операціями калібрування на крок складеними кільцевими клиновими елементами.

М11 – виготовлення ГЗ, який містить операцію навивання на оправу суцільного пакета витків або спіралі певного кроку за допомогою складеного ролика, вісь якого розміщена паралельно чи перпендикулярно до осі оправу і який встановлено у жорсткій взаємодії з підтискними елементами, розміщеними на оправі, та операцію калібрування, аналогічну М10.

М12 – виготовлення ГЗ, який містить операції вирубування у стрічці вікон та операції наступного навивання й калібрування отриманої заготовки (операції калібрування аналогічні маршруту М8).

М13 – виготовлення ГЗ із стрічкової заготовки, який містить операції вирубування у ній вікон та операцію вальцювання стрічки валками з подальшими операціями калібрування на крок і механічною обробкою різними методами.

М14 – група ТМ виготовлення ГЗ із використанням спеціальних методів і способів, наприклад: виготовлення ГЗ, який містить операції навивання стрічки з незначним співвідношенням висоти поперечного перерізу до його ширини (менше

трюх), пресування навитого пакету, розтягування спіралі на крок і калібрування; виготовлення ГЗ із пруткового матеріалу шляхом застосування операцій попереднього отримання гвинтової спіралі методами навивання, її вальцювання та калібрування; виготовлення ГЗ із розплаву металу, який містить операції формування стрічкової заготовки, її штампування та навивання з наступними операціями механічної обробки отриманої заготовки і т. п.

Заготовки ДМ із гнутих профілів (ГП) також отримують із використанням таких технологій як лиття, пресування, штампування, різання круглого прокату з подальшою обробкою робочих поверхонь різними технологічними методами тощо.

У результаті систематизації ТП виготовлення ГЗ визначено основну структуру узагальненого ТМ, що дозволяє детальніше проаналізувати існуючі технології та синтез інших альтернативних варіантів.

Вирішення завдання проектування ТП виготовлення ГЗ призводить до необхідності виявлення характеристичних ознак елементів запропонованої класифікації у формі систематизованої сукупності значень визначених показників конструктивної та технологічної складностей.

Вирішення важливих народногосподарських проблем – це є, в першу чергу, покращення технологічних параметрів сільськогосподарських машин і механізмів, також зменшення питомих матеріально-енергетичних витрат, підвищення ефективності виробництва, поліпшення якості продукції, зменшення собівартості її виготовлення – вимагає подальшого розвитку та впровадження високоефективних ресурсощадних технологій та надійного устаткування для виготовлення деталей й зокрема із гвинтовими елементами, що є актуальним завданням на сьогоднішній день.

Завдяки високій продуктивності праці, відносній простоті конструкції, зручності в експлуатації, механізми із гвинтовими елементами, широко застосовують в різних галузях народного господарства, як у дискретних технологічних схемах, так і у складі високопродуктивних автоматичних ліній неперервної дії, транспортно-технологічних системах. Тому технологія виготовлення ГЗ потребує подальшого вивчення та вдосконалення, із метою підвищення їх ефективності.

## 1.2 Методи вирішення поставленої проблеми.

Економічна ефективність застосування із варіантів конструкції заготовок і технологій їх формоутворення у кожному конкретному випадку повинні визначатися техніко-економічними розрахунками. Їх реалізують використанням показників технологічності, яким у машинобудуванні завжди приділяється значна увага.

Однак серед існуючих типів і видів заготовок деталей машин (ДМ) застосування ГЗ для виготовлення деталей класу “тіла обертання” вимагає необхідності обґрунтування структури оцінювання технологічності їх конструкцій та технологій виготовлення.

З метою вдосконалення методики вибору технологій виготовлення ГЗ проведені аналіз і дослідження показали необхідність сумісного використання як загальноприйнятих в технології машинобудування показників так і спеціальних, а також і необхідність введення нових.

На основі опрацювання вітчизняних і закордонних літературно-патентних матеріалів визначено, що для оцінювання особливостей технологій виготовлення ГЗ, важливим є використання спеціальних показників, зміст деяких з них наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. – Основні показники технологічності й конструктивної складності виконання ГЗ.

| № з/п | Показники технологічності й конструктивної складності                                    | Аналітичний зміст показника    | Зміст складових параметрів  |
|-------|--|--------------------------------|---|
| 1     | Коефіцієнт нерівномірності витягування стрічки, за зовнішнім й внутрішнім краями спіралі | $\psi = \frac{(r_0 + B)}{r_0}$ | $r_0$ – радіус спіралі за внутрішнім краєм;<br>$B$ – ширина стрічки |
| 2     | Коефіцієнт кроку витка ГЗ  | $K_T = T / \pi_0 + B$          | $T$ – крок спіралі  |
| 3     | Питома висота  | $b' = B/H$                     | $H$ – товщина витка   |
| 4     | Відносний радіус згину   | $r' = r_0/B$                   |   |
| 5     | Радіус нейтрального шару деформації  | $\rho_0 = \sqrt{r_0^2 + Br_0}$ |   |
| 6     | Відносна товщина спіралі   | $\delta_h = 1/b'$              |   |

|    |  |  |   |
|----|--|--|---|
| 7  | Відносне видовження  | $\delta_{5np} = 0,5 \sqrt{\psi - 1}$               |   |
| 8  | Стійкість смуги у процесі формоутворення ГЗ:<br>– коефіцієнт стійкості стрічки в процесі згину | $K_{y.u} = \delta_h^3 \sqrt{\psi - 1}$             |   |
|    | – величина критичного зусилля згину стрічки  | $P_{кр}$   |   |
|    | – коефіцієнт стійкості вальцювання   | $K_c = \frac{T\delta_h}{D\psi}$                    |   |
|    | – коефіцієнт стійкості для операції розгину спіралі на крок                                    | $K_{y.p} = \frac{\delta B^2}{l^2 \sqrt{\psi - 1}}$ |   |
| 9  | Коефіцієнт технологічної складності виготовлення НЗ  | $K_{mc} = \sqrt{\psi - 1}^x K_e$                   | $x$ – показник степеня функції;<br>$K_e$ – коефіцієнт |
| 10 | Зведена висота НЗ  | $b_{зв} = \sqrt{\psi - 1}^x K_e b'$                |   |

### 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.

Відсутність достатньої кількості досліджень щодо виготовлення заготовок методами навивання, методологій для запровадження таких технологій, інертність при розв'язанні нових інженерних проблем в галузі створення сучасного устаткування та оснащення, яке здатне забезпечити ТП навивання заготовок із великою зведеною висотою, пригальмовують широке застосування деталей із гвинтовими елементами.

Внаслідок недосконалих технологій, технологічного устаткування й спорядження та відсутності аналізу фізичних і механічних процесів у технологічних процесах відомі методи формоутворення ГЗ не забезпечують умов інженерної практики створення заготовок циліндричних і профільних форм зі стрічок складного поперечного перерізу зі зведеною висотою більше 10. Не забезпечуються ці умови й за відсутності комплексного підходу до вивчення впливу конструктивних й технологічних параметрів, їх послідовної дії під час формоутворення із врахуванням технологічних, фізичних, конструктивних та інших факторів.



Відсутні методи формоутворення нових типів ГЗ з великою зведеною висотою витка, з потовщенням зовнішнього краю ребра, що забезпечує підвищення надійності й довговічності деталей у робочих органах із них.

Отже зважаючи на велику номенклатуру ГЗ, їх функціональне та технологічне призначення, а відповідно велику різноманітність технологічних маршрутів їх виготовлення необхідно розробити методику підбору ефективних технологічних процесів.

За результатами аналізу існуючого (базового) технологічного процесу виявлено ряд недоліків як в самому технологічному маршруті механічного оброблення деталі, так і в організації роботи дільниці.

Для вирішення цих питань в технологічно-конструкторській частині ставляться наступні задачі: підвищення продуктивності праці, за рахунок застосування високопродуктивного технологічного обладнання й ріжучого інструменту; зниження трудоемності механічного обробки, за рахунок зменшення величини припуску; зниження собівартості продукції й підвищення її якості; створення безпечних умов праці на дільниці.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження.

Для вибору ефективного способу виготовлення ГЗ необхідно класифікувати і охарактеризувати основні способи їхнього виготовлення.

За способом формоутворення ГЗ можна поділити на штамповані, вальцьовані та навивні (рис. 2.1).

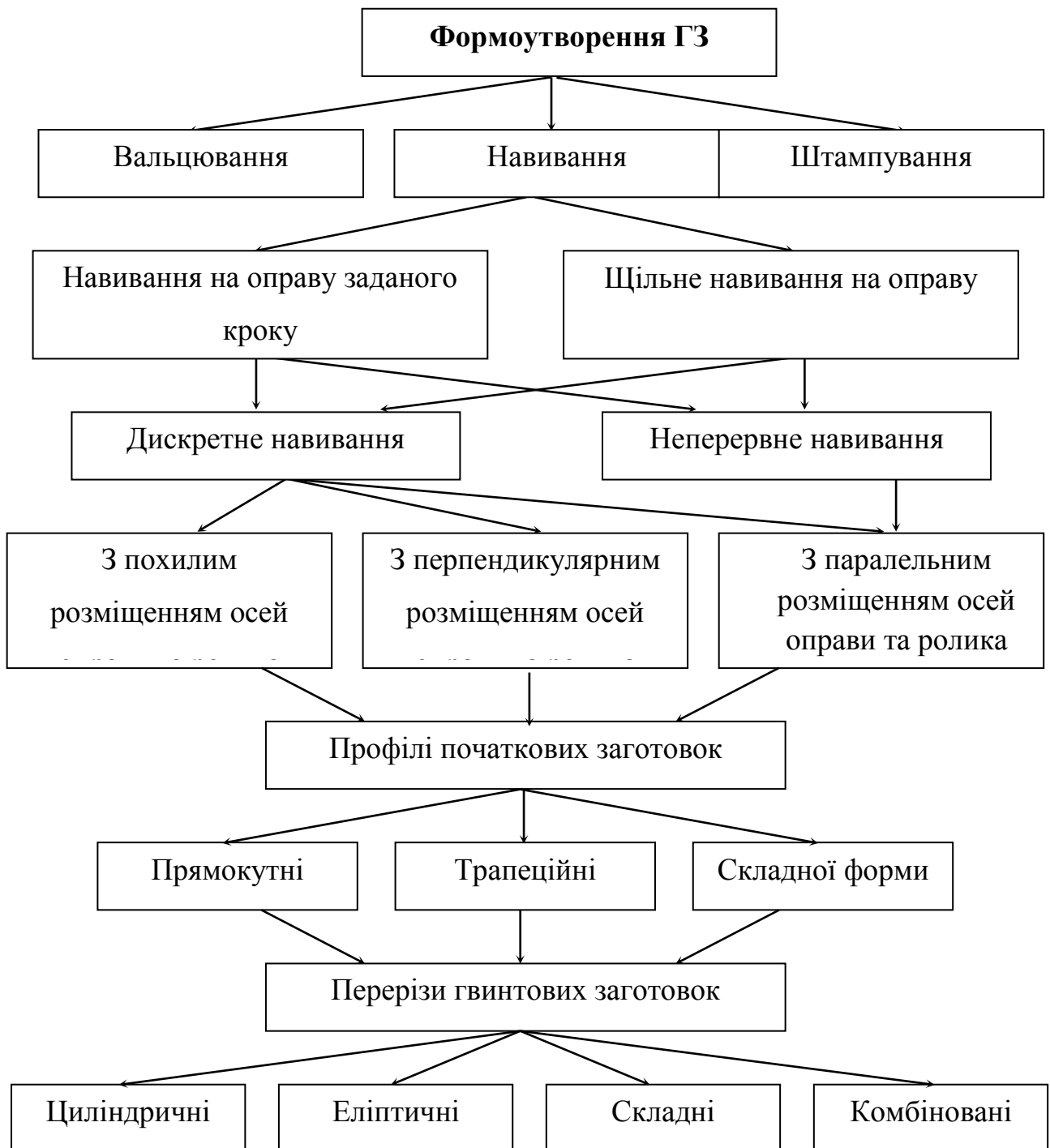


Рисунок 2.1 – Класифікація методів формування гвинтових заготовок

У процесі утворення заготовок методом штампування основним недоліком є значна витрата матеріалу на вирубування кілець. Крім того, якість звареної з кілець ГЗ набагато нижча, ніж суцільна гвинтова поверхня; виробництво характеризується високою трудомісткістю і вимагає значних площ; технологія ускладнює автоматизацію процесів.

Тому більш технологічними є методи, за допомогою яких формоутворення ГЗ здійснюється зі стрічкової заготовки, довжина якої забезпечує одержання хоча б однієї спіралі. Основна складність зазначених методів полягає у тому, що заготовці потрібно надати необхідну величину деформації.

Оскільки в сучасному виробництві використовують ГЗ із великим зовнішнім і малим внутрішнім діаметрами, то коефіцієнт нерівномірності витягування, який характеризує здатність стрічки до операцій пластичного деформування, досягає великих значень, і тому виробництво таких гвинтових заготовок можливе тільки з високопластичних матеріалів зі значними внутрішніми діаметрами.

Зазначені недоліки можна усунути, використовуючи метод отримання ГЗ зі стрічки навиванням на оправу зі щільним розміщенням витків, перевагами якого є низька собівартість виготовлення, високі експлуатаційна надійність, довговічність та точність.

Серед методів навивання відомі такі: навивання заготовки заданого кроку на оправу; щільне навивання стрічки на оправу; навивання стрічки на оправу з безперервним її сходженням із робочої зони; профільне навивання. Зазначеними методами можна отримати гвинтову заготовку в широкому діапазоні зміни її параметрів. Виробництво деталей із гвинтовими елементами з заготовок, виготовлених навиванням, буде економічнішим, ніж одтжимання їх із кільцевих штампованих заготовок за будь-яких обсягів випуску в умовах усіх видів виробництв.

Оскільки процес згинання широких стрічок на ребро нестійкий, то для їх навивання необхідно мати спеціальні пристрої. Дослідження дискретного та неперервного щільного навивання витків із наступним їх розтягуванням, свідчать, що за допомогою цих методів можна отримати спіралі в широкому діапазоні

зміни їх параметрів. Розрізняють такі способи навивання стрічки на оправу: дискретний (на оправу навивають гвинтову стрічку, що дорівнює довжині однієї спіралі) і неперервний (на оправу навивають спіраль, довжина якої регламентується довжиною заготовки або можливостями устаткування). Неперервний спосіб передбачає розрізання виробів на задану довжину за ходом процесу.

Прогресивним є отримання ГЗ з плоского листового прокату, зокрема для конічних і кулачкових спіралей, які можна було б використовувати у гвинтових живильниках, живильниках-дозаторах, змішувачах та інших механізмах із гвинтовими робочими органами.

## 2.2 Оброблення результатів досліджень.

Результатом системного аналізу технологій виготовлення різномірних деталей, по типу шнеків, було розроблено узагальнений технологічний маршрут із виготовлення ГЗ і ШЗ, також бази даних конструкцій для таких заготовок й технологічних операцій для їх виготовлення. Кожна із конструкцій й технологічних операцій охарактеризується рядом таких показників, які описують технологічність ГЗ і ШЗ:

- параметри, які охарактеризовують просторову геометричну форму витків, наприклад, коефіцієнт нерівномірності витягування стрічки  $\psi$ , коефіцієнт кроку витка  $K_T$ ;

- параметри, які охарактеризовують профіль поперечного перерізу безпосередньо гвинтової спіралі; наприклад; коефіцієнт питомої висоти  $b$ , коефіцієнт товщини зовнішньої крайки витка  $h_H$ ;

- параметри, які охарактеризовують геометричну форму початкових заготовок; що використовуються для виготовлення ГЗ й ШЗ, наприклад, питома висота початкової смугової заготовки  $b_z$ , відносний радіус кривини розгортки витка  $r_v$ ;

- параметри, які охарактеризовують технологічні властивості матеріалу спіралі, наприклад, комплексний показник пластичності Гурвіча  $F_m$ , відносно

видовження матеріалу  $\delta_5$  ;

– параметри, які охарактеризовують технологію виготовлення ГЗ й ШЗ, наприклад, відносний радіус згину початкової заготовки  $r'$ , коефіцієнт технологічної складності виготовлення навивних заготовок  $K_{mc}$ , коефіцієнт використання матеріалу  $K_{B.M.}$  ;

– параметри, які охарактеризовують економічність виробництва, наприклад, коефіцієнт уніфікації ТП  $K_{y.тп}$ , коефіцієнт  $t_g$  потужності технологічного маршруту за показниками якості.

В залежності від виду гвинтових й шнекових заготовок, на виробництві, для їх виготовлення застосовують певні технологічні операції:

$$PA295^0_1, PA335^0_1, PA345^0_1, PA355^0_1, PA385^0_1, \\ PA415^0_1, PA425^0_1, PA445^0_1, PA465^0_1, PA495^0_1.$$

Наприклад, для виготовленні широко-виткових ГЗ, з відкритою навивкою, основними технологічними операціями є навивання й калібрування на крок.

Критерій технічно-економічної ефективності для технологічної операції виготовлення ГЗ при даній програмі випуску, можна визначити за формулою

$$F = \alpha_1 m + \alpha_2 \tilde{Z} + \frac{\alpha_3 T_0}{V_{ГЗ}} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де  $m$  – матеріаломісткість заготовки одиничної довжини ГЗ;

$\tilde{Z}$  – затрати на виготовлення ГЗ одиничної довжини;

$T_0$  – основний час виготовлення ГЗ одиничної довжини;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коефіцієнт вагомості кожної із складових;

$V_{ГЗ}$  – об'єм тіла витків ГЗ.

Матеріаломісткість заготовки визначається:

$$m = \pi \rho \frac{D^2 - d^2}{4} \frac{V_{заг}}{V_{ГЗ}}, \quad (2.2)$$

де  $V_{заг}$  – об'єм початкової заготовки, яку використовують для виготовлення ГЗ;

$V_{ГЗ}$  – об'єм тіла витків ГЗ;

$\rho$  – густина матеріалу заготовки.

Як приклад, якщо виготовлення ГЗ здійснюється з прямолінійних смугових заготовок, то у формулах (2.1), (2.2) і (2.6) параметр об'єму тіла витків можна замінити на параметр  $L_{ГЗ}$  – тобто, довжина заготовки.

Основний час, який потрібно затратити на виготовлення ГЗ, одиничного об'єму, визначають за показником часу деформації

$$\frac{T_o}{V_{дет}} = \frac{(V_{заг} - \Delta V)}{V_{заг} V_{ГЗ}}, \quad (2.3)$$

де  $\Delta V$  – об'єм технологічних відходів

$V_{заг}$  – швидкість проходження заготовки через зону деформації.

При виготовленні вальцьованих ГЗ із стрічкових заготовок

$$\frac{T_o}{L_{ГЗ}} = \frac{(L_{заг} - \Delta L)}{V_{заг} L_{ГЗ} (1 + S_h)}, \quad (2.4)$$

де  $\Delta L = 2\delta k + Lk$  ;

$L$  – розрахункова довжина заготовки;

$\delta$  – відходи на обрізання кінців стрічки:  $\delta = 20..30$  мм. На 2-х кінцях відхід буде складати :  $2\delta = 40 - 60$  мм;

$k$  – коефіцієнт, що враховує угар матеріалу.

Для смугової сталі він 5–6%, тобто  $k = 0,05 - 0,06$ ;

$S_h$  – випередження в особливому шарі,

$V_i$  – колова швидкість циліндричного робочого валка, який вальцює вище згаданий шар.

При виготовленні навивних ГЗ

$$\frac{T_o}{L_{ГЗ}} = \frac{(L_{заг} - \Delta L)}{w L_{ГЗ} \sqrt{(r + B)r}}, \quad (2.5)$$

де  $w$  – кутова швидкість обертання оправи;

$\Delta L = \delta_1 + \delta_2$  ;  $\delta_1$  і  $\delta_2$  – відходи на защемлення кінця й недовигин смугової заготовки.

Нормативний коефіцієнт ефективності:

$$\tilde{Z} = Z_n + E_n K, \quad (2.6)$$

де  $Z_n$  – поточні витрати за кожним варіантом;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K$  – капітальні вкладення за кожним варіантом.

Капітальні вкладення за різними варіантами обладнання визначають:

$$K_i = K_{об_i} + K_{прим_i} + K_{спор_i}, \quad (2.7)$$

де  $K_{об_i}$  – балансова вартість обладнання;

$K_{прим_i}$  – вартість приміщення в якому розміщене обладнання;

$K_{спор_i}$  – вартість технологічного спорядження.

Поточні витрати, за різними варіантами обчислення на  $i$ -й операції, для заданої річної програми випуску:

$$Z_{пi} = Z_{зарпл_i} + Z_{ам_i} + Z_{рем_i} + Z_{ел_i} + Z_{спор_i} + Z_{инстр_i} + Z_{прим_i}, \quad (2.8)$$

де  $Z_{зарпл_i}$  – зарплата основних й допоміжних робочих (із відрахуваннями), які є залученими на  $i$ -й операції ТП виготовлення ГЗ;

$Z_{ам_i}$  – амортизаційні відрахування на обладнання;

$Z_{рем_i}$  – витрати на ремонт обладнання;

$Z_{ел_i}$  – витрати на електроенергію;

$Z_{спор_i}$  – витрати, спричинені використанням технологічного спорядження;

$Z_{инстр_i}$  – витрати спричинені використанням інструментів;

$Z_{прим_i}$  – витрати на утримання приміщення, в якому реалізують  $i$ -у операцію.

Приведені витрати при виготовлення ГЗ одиничної довжини, із використанням  $n$ -ої кількості технологічних операцій, та  $j_i$  варіанту обладнання визначають

$$\tilde{Z} = \frac{1}{N_\delta V_{ГЗ}} [Z_{зарпл_i j_i} + Z_{ам_i j_i} + Z_{рем_i j_i} + Z_{ел_i j_i} + Z_{спор_i j_i} + Z_{инстр_i j_i} + Z_{прим_i j_i} + E_n \times (K_{об_i j_i} + K_{прим_i j_i} + K_{спор_i j_i})], \quad (2.9)$$

де  $N_\delta$  – річна програма випуску ГЗ;

$j_i$  – індекс варіанта обладнання.

В залежності від різних виробничих умов для виготовлення однієї й тієї ж заготовки, можна використовувати різні операції й відповідно різні типи обладнання, яке може відрізняється за конструктивними особливостями, видом обробки, ступенем автоматизації, універсальності, точності, типорозміром, видом використовуваного спорядження, вартістю, кількістю необхідних працівників.

ГЗ можна виготовити із використанням кількох варіантів обладнання, кількість яких визначається

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i \quad (2.10)$$

де  $Q$  – к-сть варіантів обладнаних для виготовлення ГЗ;

$q_i$  – к-сть варіантів обладнання, на  $i$ -тій операції;

$n$  – к-сть технологічних операцій, що необхідні для виготовлення заготовки.

У сучасному виробництві доцільно не переобладнання на нове, а дозавантаження уже існуючого обладнання. Тому, вибір варіанту економічно ефективної технологічної операції, необхідно здійснити із урахуванням наявного обладнання або можливостей закупівлі нового й технологічного спорядження.

Тому актуальним завданням - це є вибір раціональної операції виготовлення ГЗ, яка є найбільш економічно доцільною для заданих виробничих умов.

Обмеженням, що суттєво впливає на вибір варіанту обладнання – це є пропускна здатність верстатів, її визначають:

$$P_e = C_e F_d, \quad (2.11)$$

де  $C_e$  – к-сть одиниць обладнання 1-го типу;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання:

$$F_d = DSq(1 - 0,01\beta) t,$$

де  $t$  – планові витрати часу при роботі обладнання в зв'язку з ремонтом, (для механічного обладнання  $\beta = 3-5\%$ );

$D$  – к-сть робочих днів у плановому періоді;

$q$  – середня тривалість зміни;

$S$  – змінність роботи обладнання.



Варіант обладнання вибирається із нерівностей:

$$\sum_{i_1=1}^{z_1} B_{i_1} t_{u.k_1 i_1} \leq P_1, \dots, \sum_{i_l=1}^{z_k} B_{i_l} t_{u.k_l i_l} \leq P_e \quad (2.12)$$

де  $l$  – норма штучного часу на виготовлення ГЗ з застосуванням  $l$ -го типу обладнання;

1,2,.. – індекси типів обладнання, що використовується для виготовлення ГЗ;  
 $z_1, z_2, \dots, z_k$  – к-сть операцій виготовлення ГЗ на обладнанні даного типу;  
 $P_1, P_2, \dots, P_l$  – пропускна здатність обладнання одного типу, яке може використовуватись у виробництві ГЗ.

Обмеження, які суттєво впливають на вибір варіанту технологічної операції:

$$\begin{aligned} \psi_{\min}^* \leq \psi \leq \psi_{\max}^*, K_{\psi \min}^* \leq K_{\psi} \leq K_{\psi \max}^*, K_{f \min}^* \leq K_f \leq K_{f \max}^*, K_{\lambda \min}^* \leq K_{\lambda} \leq K_{\lambda \max}^* \\ , K_{ж \min}^* \leq K_{ж} \leq K_{ж \max}^*, K_{T \min}^* \leq K_T \leq K_{T \max}^*, c_{\min}^* \leq c \leq c_{\max}^*, R_{T \min}^* \leq R_T \leq R_{T \max}^*, \\ K_{\Gamma \min}^* \leq K_{\Gamma} \leq K_{\Gamma \max}^*, g_{b \min}^* \leq g_b \leq g_{b \max}^*, A_{\phi \min}^* \leq A_{\phi} \leq A_{\phi \max}^*, P_{roz \min}^* \leq P_{roz} \leq P_{roz \max}^*, \\ b_{B \min}^* \leq b_B \leq b_{B \max}^*, b_{H \min}^* \leq b_H \leq b_{H \max}^*, b_{\min}^* \leq b \leq b_{\max}^*, \delta_{h \min}^* \leq \delta_h \leq \delta_{h \max}^*, \\ h_{H \min}^* \leq h_H \leq h_{H \max}^*, K_{\phi \min}^* \leq K_{\phi} \leq K_{\phi \max}^*, b_{z \min}^* \leq b_z \leq b_{z \max}^*, \delta_{z \min}^* \leq \delta_z \leq \delta_{z \max}^*, \\ r_{v \min}^* \leq r_v \leq r_{v \max}^*, A'_{\phi \min}^* \leq A'_{\phi} \leq A'_{\phi \max}^*, P_{z \min}^* \leq P_z \leq P_{z \max}^*, \delta_{5 \min}^* \leq \delta_5 \leq \delta_{5 \max}^*, \\ \lambda_{b \min}^* \leq \lambda_b \leq \lambda_{b \max}^*, \lambda_{B \min}^* \leq \lambda_B \leq \lambda_{B \max}^*, F_{m \min}^* \leq F_m \leq F_{m \max}^*, \Pi_{\min}^* \leq \Pi \leq \Pi_{\max}^*, \\ r'_{\min}^* \leq r' \leq r'_{\max}^*, D_{H \min}^* \leq D_H \leq D_{H \max}^*, X_{0 \min}^* \leq X_0 \leq X_{0 \max}^*, l_{S \min}^* \leq l_S \leq l_{S \max}^*, \\ \varepsilon_{cp \min}^* \leq \varepsilon_{cp} \leq \varepsilon_{cp \max}^*, e_{\min}^* \leq e \leq e_{\max}^*, \mu_{\min}^* \leq \mu \leq \mu_{\max}^*, K_{mc \min}^* \leq K_{mc} \leq K_{mc \max}^*, \\ K_{CT.ГЗ \min}^* \leq K_{CT.ГЗ} \leq K_{CT.ГЗ \max}^*, K_{T \min}^* \leq K_T \leq K_{T \max}^*, V_{\min}^* \leq V \leq V_{\max}^*, \\ K_{y.m \min}^* \leq K_{y.m} \leq K_{y.m \max}^*, K_{m \min}^* \leq K_{m \min} \leq K_{m \max}^*, K_{y.u \min}^* \leq K_{y.u} \leq K_{y.u \max}^*, \\ K_{u \min}^* \leq K_u \leq K_{u \max}^*, K_{H \min}^* \leq K_H \leq K_{H \max}^*, K_{B.M. \min}^* \leq K_{B.M.} \leq K_{B.M. \max}^*, \\ T_{np \min}^* \leq T_{np} \leq T_{np \max}^*, K_{O.P. \min}^* \leq K_{O.P.} \leq K_{O.P. \max}^*, K_{O.T. \min}^* \leq K_{O.T.} \leq K_{O.T. \max}^*, \\ K_{M.O. \min}^* \leq K_{M.O.} \leq K_{M.O. \max}^*, K_{m.c \min}^* \leq K_{m.c} \leq K_{m.c \max}^*, K_{y.u \min}^* \leq K_{y.u} \leq K_{y.u \max}^*, \\ P_{kp \min}^* \leq P_{kp} \leq P_{kp \max}^*, K_{c \min}^* \leq K_c \leq K_{c \max}^*, K_{y \Pi \min}^* \leq K_{y \Pi} \leq K_{y \Pi \max}^*, \\ K_{y.p. \min}^* \leq K_{y.p.} \leq K_{y.p. \max}^*, K_{v \min}^* \leq K_v \leq K_{v \max}^*, K_{np.c \min}^* \leq K_{np.c} \leq K_{np.c \max}^*, \\ f_{c \min}^* \leq f_c \leq f_{c \max}^*, \Delta h_{\min}^* \leq \Delta h \leq \Delta h_{\max}^*, \beta_{yu \min}^* \leq \beta_{yu} \leq \beta_{yu \max}^*, S_{\min}^* \leq S \leq S_{\max}^*, \\ \beta_{yc \min}^* \leq \beta_{yc} \leq \beta_{yc \max}^*, K_{Д \min}^* \leq K_{Д} \leq K_{Д \max}^*, F_{ГЗ \min}^* \leq F_{ГЗ} \leq F_{ГЗ \max}^*, \chi_{1 \min}^* \leq \chi_1 \leq \chi_{1 \max}^*, \\ \chi_{2 \min}^* \leq \chi_2 \leq \chi_{2 \max}^*, \chi_{3 \min}^* \leq \chi_3 \leq \chi_{3 \max}^*, tg \gamma_{\min}^* \leq tg \gamma \leq tg \gamma_{\max}^*, \eta_{\min}^* \leq \eta \leq \eta_{\max}^*, \\ \eta_{p \min}^* \leq \eta_p \leq \eta_{p \max}^*, \lambda_{\min}^* \leq \lambda \leq \lambda_{\max}^*, K_{p \min}^* \leq K_p \leq K_{p \max}^*, K_{N \min}^* \leq K_N \leq K_{N \max}^*, \\ K_{y.II \min}^* \leq K_{y.II} \leq K_{y.II \max}^*, K_{II \min}^* \leq K_{II} \leq K_{II \max}^*, K_{CT \min}^* \leq K_{CT} \leq K_{CT \max}^*, \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$K_{ПОВТ\ min\ i}^* \leq K_{ПОВТ} \leq K_{ПОВТ\ max\ i}^*, K_{П.МАТ\ min\ i}^* \leq K_{П.МАТ} \leq K_{П.МАТ\ max\ i}^*,$$

$$K_{СОБ\ min\ i}^* \leq K_{СОБ} \leq K_{СОБ\ max\ i}^*, t_{g\ min\ i}^* \leq t_g \leq t_{g\ max\ i}^*, e_{g\ min\ i}^* \leq e_g \leq e_{g\ max\ i}^*, ek_{g\ min\ i}^* \leq ek_g \leq ek_{g\ max\ i}^*,$$

$$K_{ушн\ min\ i}^* \leq K_{ушн} \leq K_{ушн\ max\ i}^*, K_{\vartheta\ min\ i}^* \leq K_{\vartheta} \leq K_{\vartheta\ max\ i}^*$$

де для  $i$ -ої технології символом “\*” позначено граничні значення конструктивно-технологічних показників ГЗ.

Для технологічних операцій формування та вальцювання, що забезпечують отримання цільних ГЗ  $K_{T\ max\ i}^* = 1,2$ . Перевищення цього значення призведе до значного відхилення твірної гелікоїдної поверхні від перпендикуляра до осі спіралі й спричинить ефект «завалу витка».

У випадку, коли використовуються різні технологічні операції виготовлення неперервно-секційних ГЗ й неперервно-секторних заготовок  $K_{T\ max\ i}^* = 2,2$ .

Операція вальцювання кільцевих секторних заготовок забезпечує отримання ГЗ із  $K_{T\ max\ i}^* > 1,8$ .

Граничні значення коефіцієнтів діапазону при зміні кроку ГЗ із змінним міжвитковим об’ємом  $K_{T\ min\ i}^*$  та  $K_{T\ max\ i}^*$  визначають по технологічним можливостям обладнання, зокрема для НЗ – визначаються діапазоном поздовжньої подачі супорта на токарному верстаті.

На основі такої моделі розроблено методику із вибору ефективних ТП (рис. 2.2). Вихідними даними при виборі найраціональнішого варіанту виготовлення ГЗ й розрахунках конструктивних та технологічних параметрів ГЗ є:

- к-сть заходів гвинтових ребер на шнековій деталі –  $K_{зах}$  ;
- геометричні параметри спіралі шнекової деталі:  $D, d, T, \theta, i, L_{oc}, H_c$  й допустиме відхилення витка  $\theta$  ;
- матеріал деталі та її фізико-механічні властивості :  $\sigma_T, \sigma_{\vartheta}, \delta_s$  ;
- програма випуску  $N_B$ , маса ГЗ:  $G_{ГЗ}$  ;
- орієнтовна форма профілю поперечного перерізу витка.

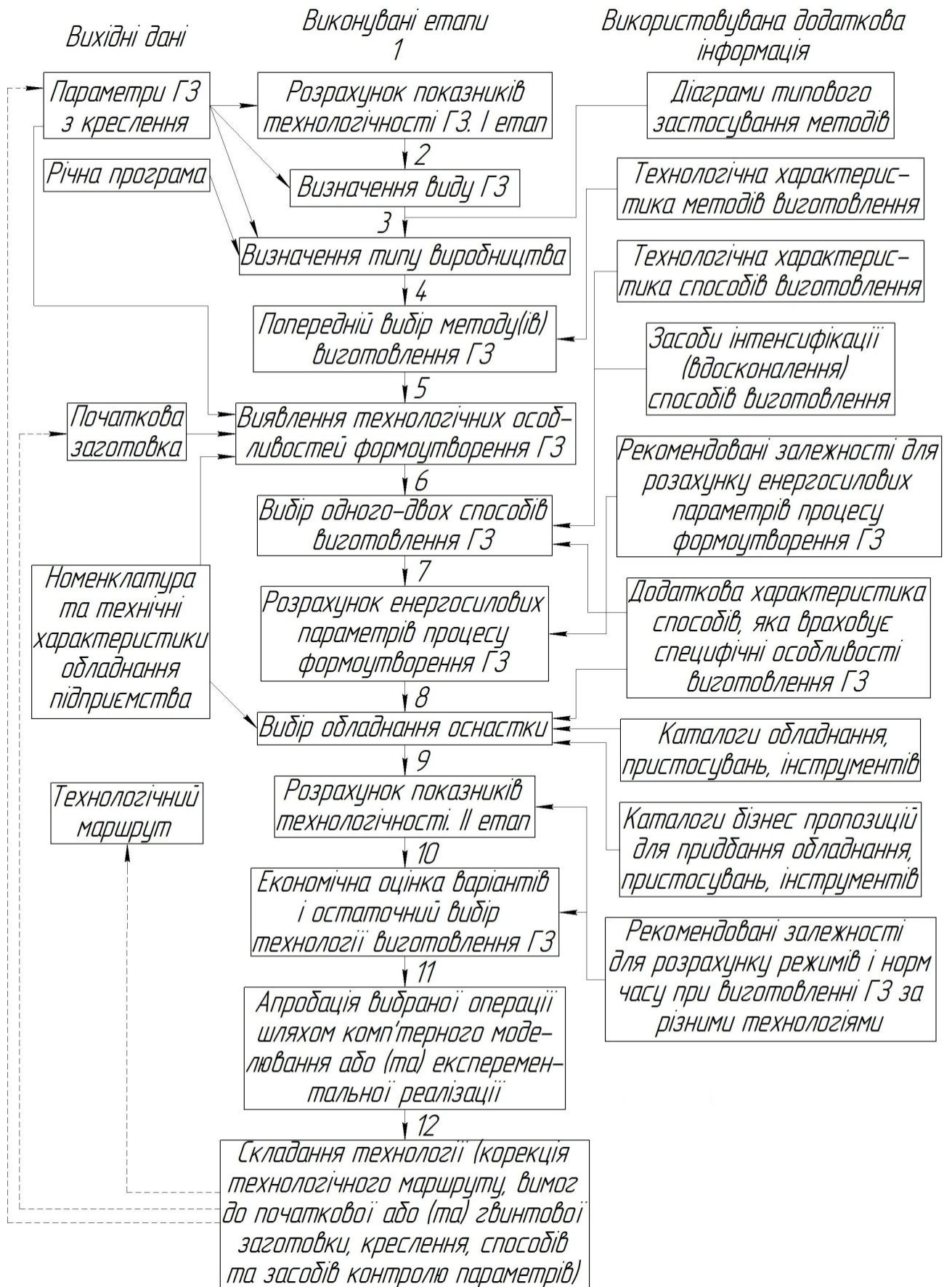


Рисунок 2.2 – Методика вибору раціональної технології виготовлення ГЗ.

На основі даної методики визначають групу параметрів, що охарактеризовують просторову геометричну форму ГЗ, тобто коефіцієнт нерівномірності витягування  $\psi$ , коефіцієнт гнучкості  $K_f$ , коефіцієнт осадки ГЗ  $K_\lambda$ , коефіцієнт кроку витка  $K_T$  - показник індексу навивки витка  $c$ , коефіцієнти габаритності ГЗ й витка відповідно  $K_r$  та  $g_b$ , жорсткість ГЗ  $A$ , жорсткість при крученні  $Z_0$ .

Потім визначають групу параметрів, що охарактеризовують профіль поперечного перерізу витка  $A_\phi$ , коефіцієнт висоти витка  $b_B$ , коефіцієнт товщини витка  $b_H$ , коефіцієнт питомої висоти  $b$ , відносна товщина спіралі  $\delta_h$ , коефіцієнт відносної товщини крайок витка  $h_H$ , вид ГЗ за величиною  $H_c$ .

Реалізації такої методики складається із наступних пунктів:

1. Вибору технологічного маршруту з бази даних.
2. Вибору варіантів технологічних методів реалізації операції із виготовлення ГЗ і ШЗ.
3. Обчисленні показників технологічності ГЗ та ШЗ за вибраними методами.
4. Вибору з бази даних граничних значень показників, що охарактеризовують інтервали реалізації різних методів.
5. Порівнянні розрахункових й граничних значень показників технологічності.
6. Визначенні варіантів обладнання для реалізації розглянутих операцій.
7. Розрахунку поточних витрат й значенні цільової функції.
8. Виборі варіантів, які найкраще забезпечать реалізацію цільової функції.

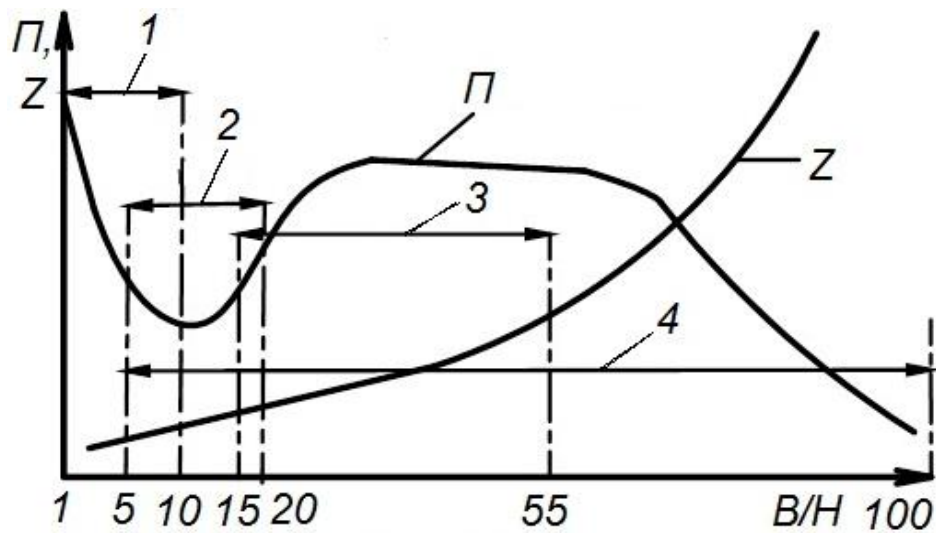


Рисунок 1.3 – Зміна продуктивності  $\Pi$  й витрат  $Z$  виготовлення ГЗ в залежності від коефіцієнту зведеної висоти  $B/H$  витка для різних технологічних методів у процесі формоутворення в межах зон їх реалізації : 1 – неперервне навивання; 2 – дискретне навивання; 3 – вальцювання; 4 – листове штампування

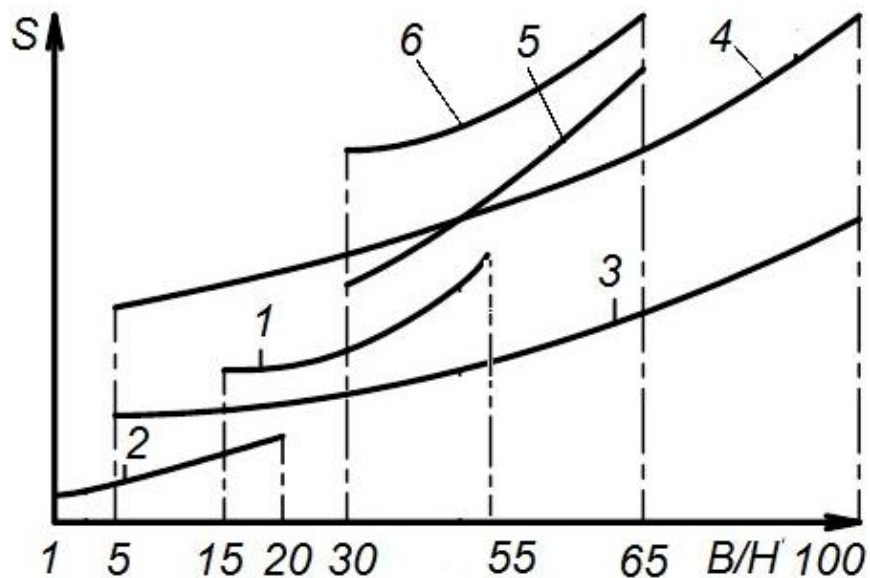


Рисунок 1.4 – Порівняльні залежності при собівартості виготовлення від коефіцієнта зведеної висоти  $B/H$  ГЗ: 1 – вальцьованих неперервних ГЗ,  $T/D \in [0,8; 1,2]$ ; 2 – навивні ГЗ,  $T/D \in [0,1; 2,6]$ ; 3 – листоштампованих СГЗ,  $T/D \in [0,1; 1,2]$ ; 4 – секційно-зварних листоштампованих,  $T/D \in [0,1; 1,2]$ ; 5 – вальцьовані СГЗ,  $T/D \in [1,2; 1,8]$ ; 6 – секційно-зварних листоштамповано-вальцьованих ГЗ,  $T/D \in [1,2; 1,28]$

### **2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації.**

В результаті проведених узагальнень слід відзначити важливу особливість, притаманну ГЗ (особливо НЗ): за умови максимізації коефіцієнта використання матеріалу застосування заходів щодо збільшення показників конструктивної складності таких заготовок (наприклад,  $b'$ ,  $\psi$ ) сприяє розширенню технологічних можливостей та загалом технологічності виробництва. Детальні дослідження технологічності ГЗ розглянуто у роботі [33].

З метою розробки теоретичних рекомендацій проектування ТП існує необхідність у здійсненні порівняльного аналізу та оцінювання стану й перспектив розвитку технологій шляхом виявлення значень таких основних груп ознак оцінювання рівня раціональності відомих технічних рішень: ступеня науково-практичної актуальності технологій та географії їх розміщення у структурі карти етапів розвитку й рівня функціонування технічних систем; величини діапазонів забезпечення відповідних параметрів технологічності й конструктивної складності виготовлення ГЗ.

### **2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень.**

Розробка технологічних процесів для виготовлення ГЗ вимагає необхідності системного вирішення таких питань:

1. Створення науково-обгрунтованої автоматизованої методики пошуку за визначеними критеріями раціональних технологій виготовлення ГЗ й відповідного ТС на основі використання сучасних підходів до синтезу інноваційних технічних систем.
2. Проведення автоматизованого синтезу інноваційних схем і відповідного ТС для виготовлення НЗ.
3. Проведення автоматизованого синтезу інноваційних ТМ та розроблення відповідної методики автоматизованого проектування різнопрофільних ГЗ.
4. Розроблення структури розрахунку режимів формотворення НЗ.
5. Розроблення методичних рекомендацій для проектування НЗ на основі використання результатів досліджень процесу усадки стрічки.

6. Розроблення методичних рекомендацій для автоматизованого проектування конструкцій ТС.

7. Розроблення методик проведення експериментальних досліджень.

8. Проведення вартісного оцінювання одержаних ТР.

Одним із можливих напрямків ефективної реалізації першого пункту є використання концепції так званих синтезованих технологій, сутність якої зводиться до відбору характеристичних параметрів відомих найпоширеніших і найефективніших ТР, оцінювання їх позитивного змісту та синтезу елементів із комбінованим об'єднанням основних ознак у новому варіанті з метою отримання максимальної ефективності.

Необхідною передумовою подальшої реалізації вказаного підходу є аналіз й дослідження суттєвих технічних протиріч, які доводиться вирішувати у процесі створення ТС. Ефективність ТП визначається успішністю розв'язку цього питання. Узагальнені протиріччя стосовно виготовлення ГЗ й експлуатації ДМ, одержаних на їх основі, подано у роботі [34]. Пошук нових ТР на базі методик синтезу призводить до необхідності системного відзначення та конкретизації їх відносно інструментів відповідних технологічних схем групи, яка розглядається з метою побудови функцій обмежень.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз його технологічності

#### 3.1.1 Службове призначення деталі. Аналіз технічних умов

Коробка клапанна УН 41.112 – складова частина машини ОПВ – 2000. Дана машина є оприскувачем вентиляційного типу, причепним (тракторним), який призначений для хімічної обробки шкідників і хвороб садів, зернових, овочевих, технічних та інших культур.

Оприскування проводиться водяними розчинними отрутохімікатами, суспензіями, мінерально-масляними емульсіями. Оприскувач може застосовуватись у всіх зонах, крім районів гірського землеробства.

Коробка клапанна УН 41.112 є складовою частиною агрегату насосного, що складається із насоса УН 41.112 і редуктора. В самій клапанній коробці розміщуються три всмоктуючі і три нагнітаючі клапанні групи.

Коробка клапанна УН 41.112 – це деталь корпусного типу. Її механічне оброблення складається із обробки плоских поверхонь і отворів.

Аналізуючи основні пункти технічних вимог можемо зробити наступні висновки. Поверхні деталі, крім 3 отв. Ø38,5 Н10 не потребують високого класу точності та шорсткості. Тільки ці отвори виконуються з шорсткістю  $\sqrt{2,5}$ . Інші поверхні з шорсткістю  $\sqrt{Rz40}; \sqrt{Rz80}$ , що досягається обробкою за один прохід. Непаралельність осей 3 отв. Ø38,5 Н10 контролюється спеціальним контрольним пристосуванням. Чистота поверхонь 3 отв. Ø38,5 Н10 досягається чистовим розверстуванням.

Для механічного оброблення деталі є зручні базові поверхні: площина основи і 2 отв. Ø14 Н9, виконані технологічно, що дає можливість використовувати універсальні багатопозиційні і спеціальні агрегатні верстати, а також застосовувати високопродуктивні методи оброблення.

Важкодоступних місць для обробки деталі не має. Жорсткість деталі достатня. Рациональним є одержання заготовки методом лиття.



### 3.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Проведення технологічності деталі включає аналіз її конструкції з метою максимальної уніфікації конструктивних елементів, правильний вибір і постановку розмірів, оптимальних допусків й шорсткості поверхні, дотримання всіх вимог стосовно отримання заготовки та ін.

Для визначення технологічності деталі проведемо кількісну та якісну оцінку.

Кількісна оцінка. Рівень технологічності конструкції, характеризується, за шорсткістю поверхонь, коефіцієнтом шорсткості, який визначається [3, стор.33]:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш_{im}} = 0,8 \quad (3.1)$$

$$\text{де } Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_{im}}{\sum n_{im}} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{14}} = \frac{20 \cdot 7 + 80 \cdot 11 + 40 \cdot 6 + 10 \cdot 6}{7 + 11 + 6 + 6} = 44;$$

$$Ra = 11$$

Рівень технологічності конструкції за точністю характеризується коефіцієнтом точності, який визначають за формулою:

$$K_{Т.В.} = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i} = 1 - \frac{1}{9} = 0,88 \quad (3.2)$$

де  $T_{ср}$  – середній клас точності обробки

$$T_{ср} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} = \frac{4 \cdot 9 + 4 \cdot 7 + 3 \cdot 10 + 3 \cdot 12}{4 + 4 + 3 + 3} = 9$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{M_d}{M_з} = \frac{5,5}{5,8} = 0,95 \quad (3.3)$$

де  $M_d = 5,5$  кг – маса деталі;  $M_з = 5,8$  кг – маса заготовки.

Рівень технологічності конструкції за трудомісткістю виготовлення характеризується коефіцієнтом трудомісткості

$$K_{Тр} = \frac{T_{нр}}{T_б} = \frac{5,46}{10,86} = 0,5 \quad (3.4)$$

де  $T_{нр}$  і  $T_б$  – відповідно проектна та базова трудомісткість виготовлення деталі.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Якісна оцінка.

| <i>Позначення Поверхні</i>             | <i>Зміст технічних Вимог</i>   | <i>Методи і засоби досягнення</i> | <i>Методи і засоби контролю</i>   |
|--|--|-----------------------------------|---|
| Н, Н <sub>1</sub> , Н <sub>2</sub> , М | Забезпечити паралельність 3-х отворів  | Одночасне розвертування           | Шаблон 76,75±05т3<br>Пробка 38,5 Н10 8133-0959<br>ГОСТ 14810-69   |
| Л, З, Ж, К                             | Забезпечити точність отворів та їх взаєморозміщення                            | Одночасне свердління              | ЩЦ І – 125 – 0,1<br>ГОСТ 166 – 89<br>Пробка М10 – 7Н 8221 – 3053<br>ГОСТ 17758 – 72<br>Пробка G1 ½-В М – 4950<br>Пробка G1 – В М-4954 |
| Д, Д <sub>1</sub> , Є, Є <sub>1</sub>  | Забезпечити задану форму, точність поверхонь, співвісність, перпендикулярність | Одночасне свердління              | Пробка 14 Н9 8133 – 0928<br>ГОСТ 14810-69<br>Пробка 14 Н12 8133 – 0930<br>ГОСТ 14810 – 69   |
|  | Забезпечити задану шорсткість оброблюваних поверхонь                           |                                   | Зразки шорсткості ГОСТ 9378 – 75 (зразкова деталь)  |

Задана деталь відповідає всім вимогам технологічності, тому вона є технологічною для її виготовлення.

### **3.1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва**

Тип виробництва залежить від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також від технічних й економічних умов здійснення виробничого процесу. Тип та організаційна форма виробництва повинні бути обґрунтовані техніко-економічним розрахунком.

Тип виробництва, згідно ГОСТ 21118-82 , характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ .

Значення коефіцієнту закріплення операцій приймають для планового періоду часу, рівному одному місцю й обчислюють [3, стор. 35]

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P} \quad (3.5)$$

де  $O$  – число різних операцій;

$P$  – число робочих місць з різними операціями.

Число операцій закріплених за одним робочим місцем знаходимо за формулією

$$O_{р.м.} = \frac{60 \cdot F_M \cdot k_e \cdot \eta_M}{T_{ум} \cdot N_M} \quad (3.6)$$

де  $F_M = 4015:12 = 334,5$  – місячний фонд часу роботи для обладнання, враховуючи що, двозмінний режим роботи .

$k_e = 1,3$  – середній коефіцієнт виконання норм.

$\eta_M = 0,8$  – коефіцієнт завантаження верстата.

$T_{ум}$  – штучний час виконання операцій на даному верстаті.

$$N_M = \frac{80000}{12} = 6667 \text{ ум}$$

$$\begin{aligned} O_1 &= \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,67 \cdot 6667} = 1,17; & K_{31} &= \frac{1,17}{1} = 1,17 \\ O_2 &= \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,73 \cdot 6667} = 1,15; & K_{31} &= \frac{1,15}{1} = 1,15 \\ O_3 &= \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,73 \cdot 6667} = 1,15; & K_{31} &= \frac{1,15}{1} = 1,15 \\ O_4 &= \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,73 \cdot 6667} = 1,15; & K_{31} &= \frac{1,15}{1} = 1,15 \end{aligned}$$

$$K_c = \frac{1,17 + 1,15 + 1,15 + 1,15}{4} = 1,16$$

Тип виробництва – великосерійний, так як  $1 \leq K_{з.о} < 10$ .

Визначимо такт випуску:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{80000} = 3 \text{ хв.} \quad (3.7)$$

Організаційна форма виробництва – прямоточна, яка характерна для даного типу виробництва. В ній верстати розміщуються у послідовності технологічних операцій, закріплених за даними верстатами і деталі від верстату до верстату передаються поштучно.

### **3.1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення деталі**

Базовий технологічний процес механічного оброблення коробки клапанної УН 41.112 складається з 4-х операцій. Операції 010, 015, 020 агрегатні здійснюються на агрегатних верстатах. Верстати не дуже складної конструкції і тому обробки на них не досить чутливі. Операція 005 – вертикально-фрезерна здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті. Загрузка верстатів із-за незначної ваги деталі здійснюється вручну.

В існуючому ТП – чорнові й чистові технологічні бази були вибрані правильно. Технологічні операції в існуючому ТП поставлені в основному послідовно.

Існуючий ТП і використовувані в ньому інструменти і обладнання забезпечують задану точність і чистоту оброблюваних поверхонь деталі. При здійсненні фрезерної обробки застосовують вертикально-фрезерні верстати. Верстати мало виробничі, тому ефективніше було б застосовувати карусельно-фрезерний верстат мод. 621 М.

На всіх операціях використовуються стандартні ріжучі інструменти. Тому режими різання відповідають рекомендованими величинами. Не застосовується в існуючому технологічному процесі і високопродуктивний ріжучий інструмент. Таким інструментом в запропонованому технологічному процесі є ротаційна фреза.

Технологічні операції в існуючому технологічному процесі диференційовані, трудоемність виготовлення деталі суттєва.

Хотілось б відмітити і той факт, як збирається стружка з дільниці. Стружку збирають біля верстатів вручну в тару і вивозять із цеху на автопогрузчику або електрокарі. Ця праця малопродуктивна і трудоемна. Це також передбачає додаткову площу дільниці для збору стружки, як займає місце біля верстата, що в свою чергу створює певні незручності в роботі верстатника та обслуговуванні робочого місця.

На рахунок організації роботи дільниці. На дільниці верстати розміщені в порядку розміщення операцій. Це зручно, так як знижує вантажопотік на дільниці.

## **3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу з вибором заготовок, технологічного обладнання, оснащення, інструментів**

### **3.2.1 Вибір методу отримання заготовки**

Заготовкою деталі Коробка клапанна УН 41.112 є відливка складної форми, яка виконується з пролитими отворами. Матеріал деталі – сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412 – 85, її розміри і конфігурація, а також програма випуску, яка складає 80000 шт. в рік, дозволяє одержати заготовку литтям. Приймаємо спосіб одержання заготовок – відливку в земляні форми з машинною формовкою.

Форма і розміри відливки повинні відповідати прийнятому кресленню. Відливка повинна виконуватися в згоді з ГОСТ 2670 – 73. Литі формовочні уклони встановлюємо по ГОСТ 2670 – 73. Відливка повинна бути очищена від формовочної рідини. Відлиті поверхні повинні бути без спаїв, недоливів, заусенець. На всіх поверхнях відливки не повинно бути тріщин, рихлості та інше.

На невідповідальних місцях відливки допускаються раковини глибиною до 1 мм при товщині її стінок до 8 мм, та не більше 2 мм при товщині її стінок не більше 8 мм. Розміри раковини допускаються не більше зведеної глибини, при чому загальна їх поверхня не повинна перевищувати 5% від загальної площі поверхні, на якій вони розміщені. Твердість відливки в місцях, що належать механічній обробці повинна відповідати НВ 170...241 кгс/мм<sup>2</sup>. Відбілені місця допускаються лише на місцях що не належать механічній обробці. Допускаються виправлення відливок шляхом зварювання на поверхнях.

### **3.2.2 Вибір технологічних баз**

Для базування заготовок при механічному обробленні необхідно вибрати таку схему базування, яка б забезпечила найменшу похибку базування, а також застосовувати принцип суміщення і постійності баз.

При зміні баз в ході технологічного процесу точність обробки знижується із-за похибки взаємного розміщення нових і застосовуваних раніше базових поверхонь.

Для установки заготовки на першій операції ТП використовують необроблені поверхні, що називають чорновими базовими поверхнями. Такою базовою поверхнею на першому переході операції 005 є поверхня основи. Цю чорнову базову поверхню використовуємо одноразово, так як повторна установка на необроблену поверхню може привести до значних похибок у взаємному положенні оброблених при цих установчих поверхнях. Вибрана чорнова базова поверхня забезпечує рівномірний розподіл припуски при дальшій обробці і найбільш точне взаємне положення оброблених та необроблених поверхень у готовій деталі.

На другому переході (установ №2) даної операції за базову використовується оброблена на установі 1 поверхню 3 бобишок Ø50 і площину 4 – ох вух під отв. Ø14. В подальшому при обробці на цій же операції на установках 3 і 4 використовуються оброблені площини на установках 2 і 1 відповідно.

На перших операціях технологічного процесу обробляють базові поверхні (площини основ, отвори деталі), це і робиться на першому установі операції. 010 – агрегатна, де обробляються базові 2 отвори Ø14 Н9 (технологічні), які і використовуються разом з площиною основи за основну базу. Чистоти оброблюваної поверхні  $\sqrt{Ra2,5}$ .

### **3.2.3 Структурний аналіз і синтез 2 – ох варіантів технологічного маршруту механічної обробки**

Для розробки маршрутно-операційного ТП виготовлення виробу бо запропоновано два варіанти технологічного маршруту механічного оброблення даної деталі та вибрано оптимальний.

Структурний аналіз та синтез обох варіантів технологічного маршруту механічного оброблення наведений в табл. 3.1 і 3.2 Додаток А.

### **3.2.4 Визначення припусків та між операційних розмірів**

Розрахуноково-аналітичний метод для визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при певних умовах виконання заготовок і їх обробки, визначення величини елементів, що складають припуск і їх сумування. Розрахунок припусків обумовлює оптимальні розміри заготовок по всім технологічним переходам як від чорнової заготовки так і до готової деталі,

мінімальне число технологічних переходів, які забезпечують задану якість оброблених деталей, раціональний вибір установчих баз і методів обробки, а також правильне рішення ряду інших технологічних задач, які підвищують рівень технологічної культури виробництва.

В порівнянні з дослідно-статистичними величинами припусків, розрахунок забезпечує економію металу (від 6 до 15%) чистої ваги деталі, зниження трудоемності процесів механічного оброблення, зменшення розходу ріжучого інструмента.

Асиметричний мінімальний припуск при послідовному обробленні протилежних поверхонь: [17. стр. 163]

$$Z_{i\min} = R_{zi-1} + T_{ai-1} + \rho_{ai-1} + \varepsilon_i \quad (3.8)$$

Симетричний мінімальний припуск при обробленні зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання: [17. стр. 163]

$$2Z_{i\min} = 2 \left( R_{zi-1} + T_{ai-1} + \sqrt{\rho_{ai-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

$R_{zi-1}$  – висота мікронерівностей поверхні ще на попередньому переході згідно з

ГОСТ 2309-79

$T_{ai-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару, одержаного на попередньому переході.

$\varepsilon_i$  - похибка установки заготовки на верстаті при виконанні переходу.

Розрахунковим методом визначимо припуски та міжопераційні розміри на отвір  $\varnothing 38,5 \text{ H}10^{(+0.1)}$ . Загальне значення просторових відхилень слід визначати за формулою при базуванні відливки на отворі [17. стр. 174. табл. 19]

$$\rho_{нф} = \sqrt{\rho_{інф}^2 + \rho_{см}^2} \quad (3.9)$$

Короблення литих заготовок визначають [17, ст. 179, табл. 19]

$$\rho_{нф} = \Delta_{\kappa} \cdot L \quad (3.10)$$

$\Delta_{\kappa}$  - питоме значення короблення в *мкм/мм*

$L = 252 \text{ мм}$  – найбільший розмір заготовки

$$\Delta_{\text{кор}} = 0,7 \div 1,0 \text{ мкм/мм} \quad (3.11)$$

Величину остаточного короблення після технологічних переходів слід визначити за формулою:

$$\rho_{i_{кф}} = k_{y_i} \cdot \rho_{кф} - [17. \text{ стр. } 175, \text{ табл. } 15] \quad (3.12)$$

$k_{y_i}$  - коефіцієнт уточнення

1. Остаточне короблення відливки:

$$\rho_{кф} = \Delta_{к} \cdot L = 1 \cdot 252 = 252 \text{ мкм} \quad (3.13)$$

2. Остаточне короблення після чорнової обробки:

$$\rho'_{кф} = k_{y'} \cdot \rho_{кф} = 0,06 \cdot 252 = 16 \text{ мкм} \quad (3.14)$$

3. Остаточне короблення після напівчистового оброблення [17. стр. 181, табл. 22]

$$\rho''_{кф} = k_{y''} \cdot \rho_{кф} = 0,04 \cdot 252 = 10 \quad (3.15)$$

Зміщення стержнів, які утворюють отвір у внутрішній поверхні відливок приймають рівним допуску на номінальний розмір від осі отвору до вимірювальної бази. По I класу точності відливки по ГОСТ 1855 – 55  $\delta_{2 \pm 600} \text{ мкм}$ .

Тоді:

1. Величина зміщення осі відливки рівна  $\rho_{см} = \delta_{2 \pm 600} \text{ мкм}$ .

Величину зміщення осі після технологічних переходів слід визначити по формулі: [17. стр. 177, табл. 17]

$$\rho_{см} = k_{y_i} \cdot \rho_{см} \quad (3.16)$$

2. Зміщення осі після чорнової обробки:

$$\rho'_{см} = 0,05 \cdot 600 = 30 \text{ мкм}$$

3. Заміщення осі після напівчистої обробки:

$$\rho''_{см} = 0,005 \cdot 600 = 3 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення.

Похибка установки  $\varepsilon$  для багатопозиційної обробки визначаємо за формулою: [8. стр.75]

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} \quad (3.17)$$

$\varepsilon_{\delta}$  – похибка при базуванні;

$\varepsilon_3$  – похибка при закріпленні;

$\varepsilon_n$  – похибка положення заготовки.

Похибка установки для однопозиційної обробки визначають:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} \quad (3.18)$$



Тоді похибки установки для переходів:

1. Для чорнового розточування

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} = \sqrt{300^2 + 190^2 + 50^2} = 359 \text{ мкм} \quad (3.19)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot \delta = 0,5 \cdot 600 = 300 \text{ мкм}$$

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_3 = 190 \text{ мкм} \\ \varepsilon_n = 50 \text{ мкм} \end{array} \right\} - [8, \text{ стр. } 82, 83. \text{ табл. } 40] \quad (3.20)$$

2. Для чистового зенкерування:

$$\varepsilon' = 50 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{\delta} = 0; \quad \varepsilon_3 = 0; \quad - \text{ оброблення з однієї установки}$$

$$\varepsilon_n = 50; \text{ мкм} - [8, \text{ стр. } 83] \quad (3.21)$$

3. Розвертування:

$$\varepsilon'' = 50 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_{\delta} = 0; \quad \varepsilon_3 = 0; \quad - \text{ обробка з однієї установки}; \quad \varepsilon_n = 50; \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск.

1. Чорнове розточування:

$$2Z_{\min} = 2 \left( R_z + T_a + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \right) = 2 \cdot \left( 600 + \sqrt{651^2 + 359^2} \right) = 2,688 \text{ мм} \quad (3.22)$$

$$R_z + T_a = 600 \text{ мкм} - [17. \text{ стр. } 174. \text{ табл. } 14] \quad (3.23)$$

2. Напівчистове зенкерування:

$$2Z'_{\min} = 2 \left( R'_z + T'_a + \sqrt{\rho'^2 + \varepsilon'^2} \right) = 2 \cdot \left( 25 + 25 + \sqrt{34^2 + 50^2} \right) = 340 \text{ мкм}; \quad (3.24)$$

$$R'_z = 25 \text{ мкм}; \quad T'_a = 25 \text{ мкм} - [17. \text{ стр. } 175] \quad (3.25)$$

3. Чистове розвертування:

$$2Z''_{\min} = 2 \left( R''_z + T''_a + \sqrt{\rho''^2 + \varepsilon''^2} \right) = 2 \cdot \left( 10 + 20 + \sqrt{11^2 + 50^2} \right) = 162 \text{ мкм}; \quad (3.26)$$

$$R''_z = 10 \text{ мкм}; \quad T''_a = 25 \text{ мкм} - [17. \text{ стр. } 175] \quad (3.27)$$

Максимальний припуск

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + \delta \quad (3.28)$$

1. Чорнове розточування :

$$2Z_{\max} = 2698 + 620 = 3308 \text{ мкм}$$

де  $\delta = 620 \text{ мкм}$  – допуск по Н14.

2. Напівчистове зенкерування:

$$2Z'_{\max} = 340 + 340 = 680 \text{ мкм}$$

де  $\delta' = 340 \text{ мкм}$  – допуск по Н12

3. Розвертування:  $2Z''_{\max} = 162 + 100 = 262 \text{ мкм}$

де  $\delta'' = 100 \text{ мкм}$  - допуск по Н10.

На інші оброблювані поверхні припуски і допуски встановлюємо табличним методом. Дані заносимо в табл. 3.3 і 3.4 Додаток Б.

Схема графічного розміщення припусків та допусків на оброблення отвору  $\text{Ø}38,5 \text{ Н}10^{(+0,1)}$  зображена на рис. 3.1.

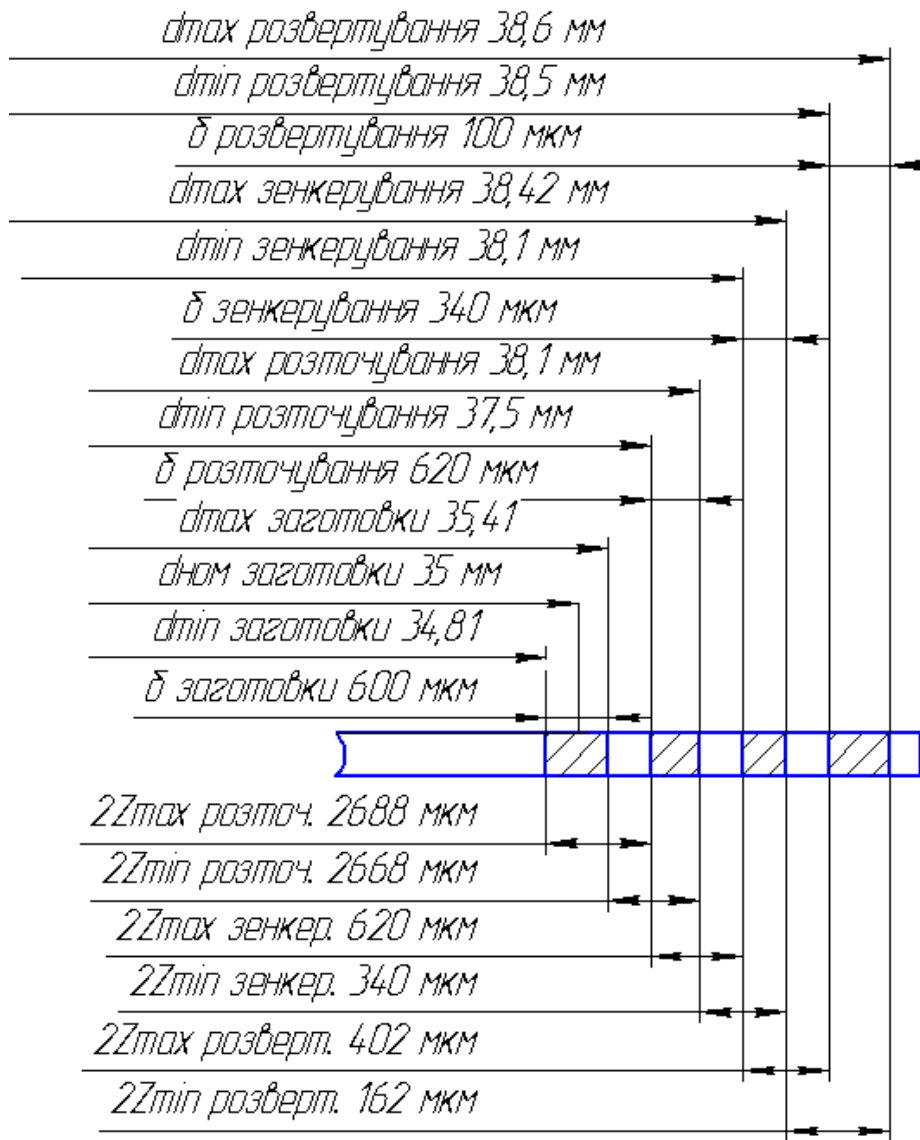


Рисунок 3.1 – Схема графічного розміщення припусків та допусків.

### 3.2.5 Вибір ріжучого і вимірювального інструменту

Для інструментального забезпечення операцій технологічного процесу механічного оброблення деталі проводимо вибір ріжучого і вимірювального інструменту, дані заносимо в табл. 3.5 Додаток В.

### 3.2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок операції 005 – карусельно-фрезерна.

В даній операції застосовуємо ротаційне фрезерування, що здійснюється за допомогою ротаційної фрези.

За останні роки було створено велике число різновидностей ріжучих інструментів для виконання різних технологічних операцій. Однак усі ці інструменти працюють по принципі проковзування між його ріжучою частиною і збігаючою стружкою і обробленою поверхнею.

Очевидність переваги кочення перед проковзуванням при взаємодії твердих тіл очевидна. В ротаційному різанні відмічається значне збільшення стійкості інструмента, в десятки і навіть сотні разів перевищуючи стійкість традиційного інструмента, що дозволяє при збереженні періоду стійкості на попередньому рівні збільшити допустиму швидкість різання від 2 до 10 разів. Ротаційне різання здійснюється на звичайних металорізальних верстатах спеціальним ротаційним інструментом, ріжуча частина якого має форму конічної частини і встановлена в його корпус на підшипниках з можливістю обертання навколо своєї осі. В процесі різання неперервність вказаного обертання, що проходить вслід взаємодії з оброблюваним матеріалом, забезпечується відповідно установою ріжучої частини відносно оброблюваної поверхні. [15, стр. 5-6]

Перехід 1: Фрезерувати площину 3-х бобишок  $\text{ШБ0}$  витримуючи розмір  $25,5 \pm 0,5$ .

Перехід 2: Фрезерувати площину основи витримуючи розмір  $55_{-0,5}$ .

Перехід 3: Фрезерувати торець бобишок  $\text{Ø48}$  витримуючи розмір  $92_{-0,2}$ .

Перехід 4: Фрезерувати торець бобишок  $\text{Ø60}$  витримуючи розмір  $117 \pm 0,2$ .

Інструмент – фреза ротаційна:

$$D_{max} = 280\text{мм}; D_{min} = 250\text{мм}; Z = 5 - \text{кількість головок (зубів)}.$$

Тоді:

1. Глибина фрезерування:  $t_1 = 1,5\text{мм}; t_2 = 0,5\text{мм}$

де  $t$  – глибина різання на 1 зуб рівна

$$t_{z1} = 1,5 : 5 = 0,3\text{мм/зуб}; t_{z2} = 0,5 : 5 = 0,1\text{мм/зуб}$$

2. Подача на зуб:  $S_z < 1\text{мм/зуб}$  [15]. Приймаємо:  $S_z = 0,36\text{мм/зуб}$

### 3. Швидкість різання

$$V = \frac{48 \cdot 10^2}{T^{0,57} \cdot t_z^{0,31} \cdot S_z^{0,58}}, \text{ м/хв.}$$

Стійкість ротаційної фрези приймаємо рівною стійкості звичайної торцевої фрези.

$T = 400 \text{ хв}$  – [18. стр. 44. табл. 38]. Тоді:

– Швидкість різання чорнової фрези:

$$V'_1 = \frac{48 \cdot 10^2}{400^{0,57} \cdot 0,3^{0,31} \cdot 0,36^{0,58}} = 414,5 \text{ м/хв.}$$

– Швидкість різання чистової фрези:

$$V'_2 = \frac{48 \cdot 10^2}{400^{0,57} \cdot 0,1^{0,31} \cdot 0,36^{0,58}} = 582,6 \text{ м/хв.}$$

### 4. Оберти шпинделя:

$$n'_1 = \frac{1000 \cdot 414,5}{3,14 \cdot 280} = 471,2 \text{ об/хв.}; \quad n'_2 = \frac{1000 \cdot 582,6}{3,14 \cdot 280} = 662,3 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспорта верстата назначаємо:  $n_1 = 500 \text{ об/хв.}; \quad n_2 = 630 \text{ об/хв.}$

### 5. Фактична швидкість різання, відповідно

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 280 \cdot 500}{1000} = 440 \text{ об/хв.}; \quad V_2 = \frac{3,14 \cdot 280 \cdot 630}{1000} = 554 \text{ об/хв.}$$

### 6. Хвилинна подача

Розміщення найбільш віддаленої точки фрезерної поверхні від центра стола 720 мм. Тобто  $R = 720 \text{ мм. } D_{max} = 2 \cdot R_{max} = 2 \cdot 720 = 1440 \text{ мм}$

Розрахунок хвиливної подачі виконаємо по чорновому шпинделю, як більш навантаженого. Тоді попередня хвилинна подача для цієї точки рівна:

$$S'_{m1440} = z \cdot S_z \cdot n = 5 \cdot 0,36 \cdot 500 = 900 \text{ мм/хв}$$

Для точки, розміщеної на  $\varnothing 1000$  маємо:

$$S'_{m1000} = S'_{m1440} \cdot \frac{1440}{1000} = 900 \cdot \frac{1440}{1000} = 625 \text{ мм/хв}$$

Згідно паспорта верстата назначаємо  $S_{m1000} = 630 \text{ мм/хв.}$

Тоді:  $S_{m1440} = 630 \cdot \frac{1440}{1000} = 907,2 \text{ мм/хв.}$

Уточняємо подачу на зуб:

$$S_{z_11440} = \frac{907,2}{5 \cdot 500} = 0,363 \text{ мм/зуб}; \quad S_{z_21440} = \frac{907,2}{2 \cdot 630} = 0,288 \text{ мм/зуб}$$

Рекомендована швидкість різання

$$V_p = \left( \frac{1}{5} \right) V_H \text{ [15. стр. 249]}$$

$V_H$  – нормативна швидкість різання для стандартного інструмента.

$$V_H = 158 \text{ м/хв.}$$
$$V_p = \left( \frac{1}{5} \right) 158 = 316 \div 790 \text{ м/хв.}$$

Як видно, що врахована швидкість різання

$$V_1 = 440 \text{ м/хв. ; } V_2 = 554 \text{ м/хв.}$$

$$V_H < (V_1; V_2) < V_{p.max}, \text{ тобто}$$

$$158 < (440; 554) < 790 \text{ м/хв.}$$

7. Потужність різання [15. стр. 140 ]

$$N = 0,71 \cdot V^{0,425} \cdot t^{0,46} \cdot S_z^{0,36}$$

Тоді:

$$N_1 = 0,71 \cdot 440^{0,425} \cdot 1,15^{0,46} \cdot 0,363^{0,36} = 7,9 \text{ кВт}$$

$$N_2 = 0,71 \cdot 554^{0,425} \cdot 0,5^{0,46} \cdot 0,288^{0,36} = 4,8 \text{ кВт}$$

8. Необхідна потужність електродвигуна:

$$N_e = \frac{N}{\eta} = \frac{7,9}{0,8} = 9,9 \text{ кВт} < [N] = 13 \text{ кВт}$$

9. Завантаження верстата по потужності:

$$k_N = \frac{N_e}{[N_e]} \cdot 100\% = \frac{9,9}{13} \cdot 100\% = 76\%$$

10. Основний час оброблення

За один оберт стола одночасно обробляються дві деталі. Час оберту стола рівний:

$$T_{стол} = \frac{1}{n_{стол}} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ хв.}$$

де при:  $S_m = 630 \text{ мм/хв.}$ ,  $n_{ст} = 0,2 \text{ об/хв.}$  Тоді:

$$t_o = \frac{T_{cm}}{n} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ хв.}$$

### 3.2.7 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Операція 005 – карусельно-фрезерна

I Основний час

$$t_0 = 2,5 \text{ хв}$$

## II Допоміжний час:

1. Встановити, закріпити і зняти деталь [25. стр. 34. Карта - 12],  $t_1 = 0,11xв$

2. Час на вимірювання [25. стр. 90. Карта - 32],  $t_2 = 0,09xв$

Звідси:  $t_{оон} = t_1 + t_2 = 0,11 + 0,09 = 0,2xв$  – перекривається основним

III Оперативний час  $t_{он} = t_0 = 2,5xв$

IV Час на обслуговування робочого місця

1. Технічне обслуговування [25. стр. 100]

$$t_{mex} = \frac{t_0 \cdot t_{cm}}{\sum T_i \cdot k}$$

$t_0 = 2,5xв$  – основний час;

$t_{cm} = 6,8xв$  – час зміни інструмента і на переналадку верстата [25, стр.99. ];

$T = 400xв$  – стійкість фрези;

$k = 0,85$  – поправочний коефіцієнт стійкості [25, стр.100];

Тоді:  $t_{mex} = \frac{2,5 \cdot 6,8}{(400 + 400) \cdot 0,85} = 0,025 xв.$

2. Організаційне обслуговування

$t_{ops} = 0,030 \cdot t_{он} = 0,030 \cdot 2,5 = 0,075xв$

Звідси:  $t_{обс} = 0,025 + 0,075 = 0,1xв$

V Час перерв на віддих:

$$t_{відх} = 0,05 \cdot t_{он} = 0,05 \cdot 2,5 = 0,130xв$$

VI Штучний час:

$$t_{ум} = t_{он} + t_{обс} + t_{відх} = 2,5 + 0,1 + 0,13 = 2,73xв$$

Необхідна кількість верстатів і завантаження обладнання

$$C' = \frac{t_{ум}}{t_e} = \frac{2,73}{3} = 0,91; \text{ Приймаємо } C = 1,0$$

$$kt = \frac{C'}{C} \cdot 100\% = \frac{0,91}{1,0} \cdot 100\% = 91\%$$

Операція 010 – агрегатна

I Машинний час

1. Швидкий підвід головки,  $t_1 = 0,05xв$

2. Видержка  $t_2 = 0,02xв$

3. Механічна обробка  $t_3 = t_{0max} = 2,0xв$   
 4. Швидкий відвід головки  $t_4 = 0,06xв$   
 5. Переміщення з позиції на позицію заготовки  $t_5 = 0,2xв$   
 6. Видержка на упорі  $t_6 = 0,07xв$

Тоді:  $t_M = \sum t_i = 0,05 + 0,02 + 2,0 + 0,06 + 0,2 + 0,07 = 2,4 xв.$

#### II Допоміжний час

1. Встановити, закріпити і зняти деталь - [25. стр. 34. Карта - 12],  $t_1 = 0,28xв$   
 2. Час на вимірювання - [25. стр. 78.],  $t_2 = 0,12xв$

Звідси:  $t_{oon} = t_1 + t_2 = 0,28 + 0,12 = 0,4xв$

#### III Оперативний час

$t_{on} = t_0 = 2,4xв$  – так як основний час перекривається основним

#### IV Час на обслуговування робочого місця

1. Технічне обслуговування

$$t_{mex} = 0,04 \cdot t_0 = 0,04 \cdot 2,4 = 0,1xв \text{ – [25. стр. 134]}$$

2. Організаційне обслуговування – [25. стр. 134]

$$t_{ops} = 0,037 \cdot t_{on} = 0,037 \cdot 2,4 = 0,09xв$$

Звідси:  $t_{оос} = 0,1 + 0,09 = 0,19xв$

V Час перерв на віддих:  $t_{вiдix} = 0,06 \cdot t_{on} = 0,06 \cdot 2,4 = 0,14xв$

VI Штучний час:  $t_{um} = t_{on} + t_{оос} + t_{вiдix} = 2,4 + 0,19 + 0,14 = 2,73xв$

Необхідна кількість верстатів і загрузка обладнання

$$C' = \frac{t_{um}}{t_g} = \frac{2,73}{3} = 0,91; \text{ Приймаємо } C = 1,0$$

$$kt = \frac{C'}{C} \cdot 100\% = \frac{0,91}{1,0} \cdot 100\% = 91\%$$

Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання в часі. З цією метою поряд з іншими техніко-економічними показниками визначають критерії, що показують степені використання кожного верстату і всіх разом по розробленому технологічному процесі.

На основі проведених розрахунків будуємо графіки завантаження і використання обладнання за основним часом і потужністю (рис. 3.2).

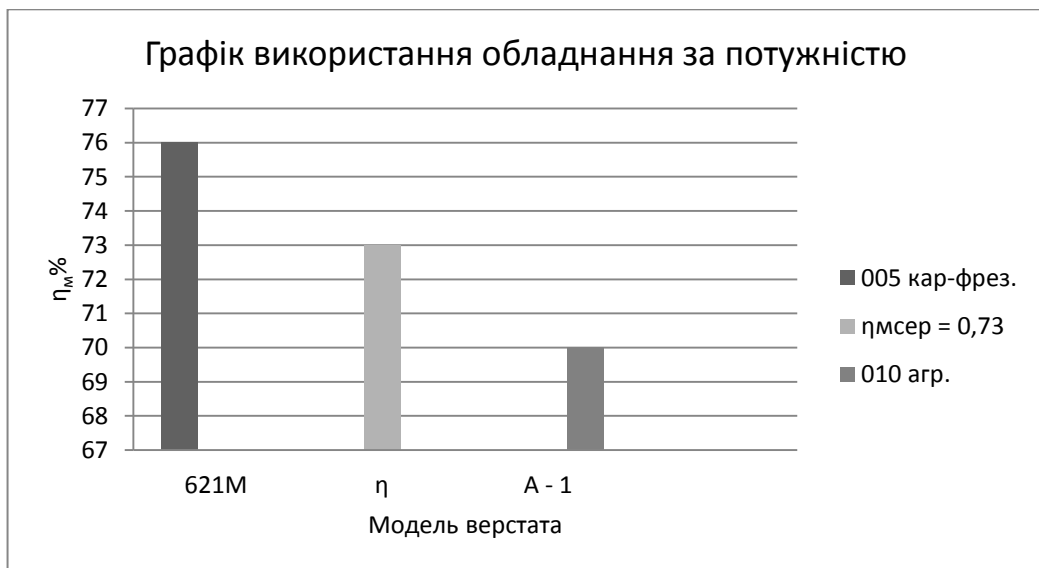
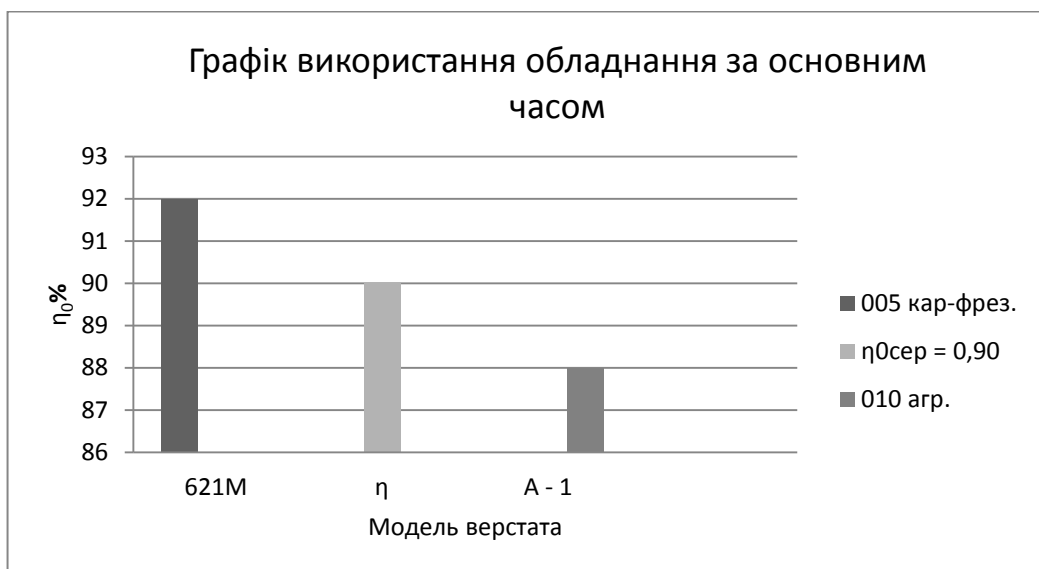
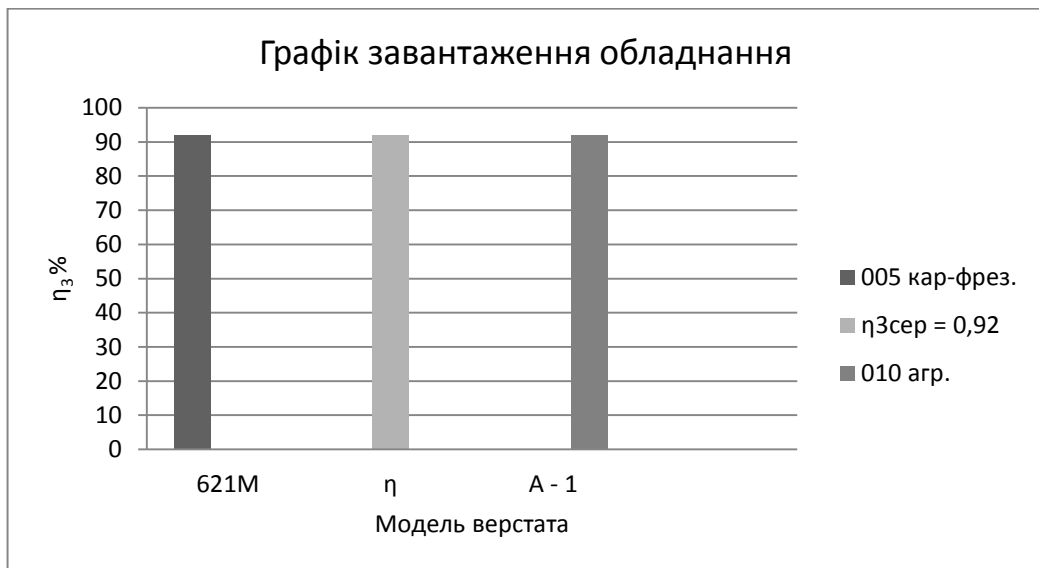


Рисунок 3.2 – Графіки завантаження й використання обладнання.



Коефіцієнт використання обладнання по основному часі  $\eta_0$  показує долю машинного часу в загальному часі верстата. Він визначається: відношенням основного часу до штучного.

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{шт}} \quad \eta_{01} = \frac{2,5}{2,73} = 0,92; \quad \eta_{02} = \frac{2,4}{2,73} = 0,88$$

Використання верстата за потужністю характеризується коефіцієнтом використання обладнання  $\eta_m$ , тобто відношення необхідності потужності на приводі  $N_{пр}$  до потужності електродвигуна на верстаті  $N_{вер}$ :

$$\eta_m = \frac{N_{пр}}{N_{вер}} \quad \eta_{m1} = \frac{9,9}{13} = 0,76; \quad \eta_{m2} = \frac{13,9}{19,6} = 0,71$$

### 3.3. Визначення кількості обладнання. Розроблення планів компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці.

#### 3.3.1 Визначення річної трудоемності механічної обробки та виробничої програми ділянки

Для визначення кількості обладнання із метою забезпечення ТП для виготовлення даної деталі, при заданій програмі випуску  $N = 80000$  шт. необхідно обчислити річну трудоемність її механічної обробки, дані наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Трудоемність механічного оброблення деталі для базового й проектного технологічного маршруту.

| №<br>п/п             | Операція             | Річна<br>програма<br>випуску | Норма часу,<br>хв. |          | Трудоемність, Н/год. |                | Розряд<br>роботи |
|----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------|------------------|
|                      |                      |                              | $T_0$              | $T_{шт}$ | На<br>одержу         | На<br>програму |                  |
| 1) базовий варіант   |                      | 80000                        |                    |          |                      | 14480          |                  |
| 1.1                  | Вертикально-фрезерна |                              | 1,7                | 2,67     | 0,0445               | 3560           | 3                |
| 1.2                  | Агрегатна            |                              | 1,3                | 2,73     | 0,0445               | 3640           | 3                |
| 1.3                  | Агрегатна            |                              | 1,75               | 2,73     | 0,0445               | 3640           | 3                |
| 1.4                  | Агрегатна            |                              | 0,47               | 2,73     | 0,0445               | 3640           | 3                |
| 2) проектний варіант |                      | 80000                        |                    |          |                      | 7280           |                  |
| 2.1                  | Карусельно-фрезерна  |                              | 2,5                | 2,73     | 0,0445               | 3640           | 3                |
| 2.2                  | Агрегатна            |                              | 2,4                | 2,73     | 0,0455               | 3640           | 3                |

### 3.3.2 Розрахунок кількості основного та допоміжного обладнання

Кількість основного технологічного обладнання дільниці визначається за технологічним процесом у відповідності з вибраним типом виробництва і формою організації виробництва.

Крім основного на дільниці розміщується допоміжне обладнання: верстак для зняття заусениць; установка для промивання деталей; контрольний стіл.

Коефіцієнт завантаження робочого місяця:

$$K_3 = \frac{B_B \cdot T_{ум}}{60 \cdot \Phi_\partial} \quad (3.29)$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти завантаження робочих місць.

| №<br>n/n             | Операція             | Коефіцієнт завантаження |                   |
|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
|                      |                      | Базовий варіант         | Проектний варіант |
| 1) базовий варіант   |                      |                         |                   |
| 1.                   | Вертикально-фрезерна | 0,89                    | –                 |
| 2.                   | Агрегатна            | 0,91                    | –                 |
| 3.                   | Агрегатна            | 0,91                    | –                 |
| 4.                   | Агрегатна            | 0,91                    | –                 |
| 2) проектний варіант |                      |                         |                   |
| 1.                   | Карусельно-фрезерна  | –                       | 0,91              |
| 2.                   | Агрегатна            | –                       | 0,91              |

Специфікація основного технологічного обладнання на дільниці механічного цеху для виготовлення деталі наведена в табл. 3.3.

Розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$M_P = \frac{T_{ум} \cdot B_B}{\Phi_\partial \cdot 60 \cdot K_B} \quad (3.30)$$

де  $\Phi_\partial = 4015 \text{ год}$

Затрати на монтаж і перевезення:

$$Z_{mn} = C \times 0,53 + C \times 0,1 \quad (3.31)$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Необхідної кількості обладнання по операціях.

| №<br>п/п             | Операції             | Модель<br>верстату | Кількість | Потужність<br>в<br>електродви-<br>гунів, кВт |      | Вартість<br>верстату,<br>тис. грн. |      | Затрати на монтаж<br>та перевезення, тис.<br>грн. | Сума затрат,<br>тис. грн. |
|----------------------|----------------------|--------------------|-----------|--|------|------------------------------------|------|---|---------------------------|
|                      |                      |                    |           | одного                                       | всіх | одного                             | всіх |   |                           |
| 1) базовий варіант   |                      |                    |           |  |      |                                    |      |   |                           |
| 1.                   | Вертикально-фрезерна | 6Н12               | 1         | 10   | 10   | 750                                | 750  | 473   | 1223                      |
| 2.                   | Агрегатна            | АБ2210             | 1         | 10   | 10   | 1200                               | 1200 | 756   | 1956                      |
| 3.                   | Агрегатна            | АБ2211             | 1         | 7,5  | 7,5  | 1000                               | 1000 | 630   | 1630                      |
| 4.                   | Агрегатна            | 11А407             | 1         | 7,5  | 7,5  | 950                                | 950  | 599   | 1549                      |
| 2) проектний варіант |                      |                    |           |  |      |                                    |      |   |                           |
| 1.                   | Карусельно-фрезерна  | 621М               | 1         | 27   | 27   | 950                                | 950  | 599   | 1549                      |
| 2.                   | Агрегатна            | А-1                | 1         | 30   | 30   | 2800                               | 2800 | 1764  | 4564                      |
| Всього:              | базовий              | –                  | 4         | –  | 35   | –                                  | 3900 | 2458  | 6358                      |
|                      | проектний            | –                  | 2         | –  | 57   | –                                  | 3750 | 2363  | 6113                      |

### 3.3.3 Визначення числа працюючих за категоріями.

На ділянці, яка проектується, при виконанні виробничого процесу задіяні наступні категорії працюючих.

Розрахунок кількості робітників основного виробництва проводимо за формулою:

$$Q_{cn} = \frac{\sum_{i=1}^{K_a} \cdot \sum_{j=1}^{K_g} \cdot B_j \cdot T_{um}}{60 \cdot \Phi_{E\Phi} \cdot K_B \cdot K_{Mo}} \quad (3.32)$$

де,  $B_j$  – програма випуску деталей  $j$ -го найменування;

$K_g$  – кількість найменувань деталей;

$K_a$  – кількість операцій;

$\Phi_{E\Phi}$  – ефективний річний фонд часу робітника.  $\Phi_{E\Phi} = 1860 \text{ год}$ ;

$K_B$  – коефіцієнт виконання;

$K_{Mo}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

| Базовий варіант  | Проектний варіант  |
|--|--|
| Фрезерувальники  |  |
| $U_{cn}^{\delta} = \frac{3560}{1860 \cdot 1,15} = 1,7$ приймаємо 2 чол.  | $U_{cn}^{np} = \frac{3560}{1860 \cdot 1,5} = 1,7$ приймаємо 2 чол. |
| Агрегатники  |  |
| $U_{cn}^{\delta} = \frac{10920}{1860 \cdot 1,15} = 5,1$ приймаємо 6 чол. | $U_{cn}^{np} = \frac{3640}{1860 \cdot 1,5} = 1,7$ приймаємо 2 чол. |

Визначаємо середній коефіцієнт  $K_C$ .

$K_C$  – визначаємо як середнє арифметичне величин з тарифних коефіцієнтів враховуючи число робітників в кожному розряді:

$$K_C = \frac{\sum K_P}{P} \quad (3.33)$$

де  $K_P$  – тарифний коефіцієнт відповідного розряду;

$P$  – кількість робітників відповідних розрядів.

Фрезерувальники:  $K_c^{\delta} = \frac{2 \cdot 4,98}{2} = 4,98$        $K_c^{np} = \frac{2 \cdot 4,98}{2} = 4,98$

Агрегатники:  $K_c^{\delta} = \frac{2 \cdot 4,98}{2} = 4,98$        $K_c^{np} = \frac{2 \cdot 4,98}{2} = 4,98$

Середній тарифний розряд визначають за відомим середнім тарифним коефіцієнтом:

$$P_c^{\delta} = P_M^{\delta} + \frac{K_C - K_M}{K_{\delta} - K_M} = 3 \quad (3.34)$$

$$P_c^{np} = P_M^{np} + \frac{K_C - K_M}{K_{\delta} - K_M} = 3 \quad (3.35)$$

$P_M$  – тарифний розряд ближнього меншого тарифного коефіцієнта;

$P_{\delta}$  – тарифний розряд ближнього більшого тарифного коефіцієнта;

$K_{\delta}$ ,  $K_M$  – відповідно більший і менший у 2-х суміжний тарифних коефіцієнтів між якими знаходиться сер. тарифний коефіцієнт.

Дані розрахунку заносимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Тарифні розряди робітників верстатників.

| №<br>n/n | Професія        | Кількість<br>робітників | В тому числі по розрядах |     |      |      |      |      | Середній<br>розряд | Середній<br>тарифний<br>коєфіцієнт |
|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-----|------|------|------|------|--------------------|------------------------------------|
|          |                 |                         | I                        | II  | III  | IV   | V    | VI   |                    |                                    |
|          |                 |                         | 4,14                     | 4,5 | 4,98 | 5,61 | 6,39 | 7,41 |                    |                                    |
| 1.       | Фрезерувальники |                         |                          |     |      |      |      |      |                    |                                    |
|          | базовий         | 2                       |                          |     | 2    |      |      |      | 3                  | 4,98                               |
|          | проектний       | 2                       |                          |     | 2    |      |      |      | 3                  | 4,98                               |
| 2.       | Агрегатники     |                         |                          |     |      |      |      |      |                    |                                    |
|          | базовий         | 6                       |                          |     | 6    |      |      |      | 3                  | 4,98                               |
|          | проектний       | 2                       |                          |     | 2    |      |      |      | 3                  | 4,98                               |
| 3.       | Всього:         |                         |                          |     |      |      |      |      |                    |                                    |
|          | базовий         | 8                       |                          |     |      |      |      |      | 3                  | 4,98                               |
|          | проектний       | 4                       |                          |     |      |      |      |      | 3                  | 4,98                               |

Кількість допоміжних робітників – 25% від основних:

$$P_{дон}^{\delta} = 0,25 \cdot 8 = 2 \text{ чол.}$$

$$P_{дон}^{np} = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ чол.}$$

Допоміжні робітники, що обслуговують верстати (75%):

$$P_{дон}^{\delta} = 0,75 \cdot 2 = 1,5 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 2 чол.}$$

$$P_{дон}^{np} = 0,75 \cdot 1 = 0,75 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

Кількість ІТР (12% від основних)

$$P_{ІТР}^{\delta} = 0,12 \cdot 8 = 0,96 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

$$P_{ІТР}^{np} = 0,12 \cdot 4 = 0,48 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

Службові (3% від основних робітників)

$$P_{скп}^{\delta} = 0,03 \cdot 8 = 0,24 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

$$P_{скп}^{np} = 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

Молодший обслуговуючий персонал (2% від основних робітників):

$$P_{МОП}^{\delta} = 0,02 \cdot 8 = 0,16 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

$$P_{МОП}^{np} = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ чол.} \quad \text{приймаємо 1 чол.}$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Кількість працюючих.

| № з/п | Назва               | Кількість, чол. | По змінах |    | В % від виробничих працівників |
|-------|---------------------|-----------------|-----------|----|--------------------------------|
|       |                     |                 | I         | II |                                |
| 1.    | Виробничі робітники |                 |           |    | 100                            |
|       | Базовий             | 8               | 4         | 4  |                                |
|       | Проектний           | 4               | 2         | 2  |                                |
| 2.    | Допоміжні робітники |                 |           |    | 25                             |
|       | Базовий             | 2               | 1         | 1  |                                |
|       | Проектний           | 1               | 1         | –  |                                |
| 3.    | ІТР                 |                 |           |    | 12                             |
|       | Базовий             | 1               | 1         | –  |                                |
|       | Проектний           | 1               | 1         | –  |                                |
| 4.    | СКП                 |                 |           |    | 3                              |
|       | Базовий             | 1               | 1         | –  |                                |
|       | Проектний           | 1               | 1         | –  |                                |
| 5.    | МОП                 |                 |           |    | 2                              |
|       | Базовий             | 1               | 1         | –  |                                |
|       | Проектний           | 1               | 1         | –  |                                |
|       | Всього:             |                 |           |    |                                |
|       | Базовий             | 13              | 8         | 5  |                                |
|       | Проектний           | 8               | 6         | 2  |                                |

### 3.3.4 Розробка компоновочного плану дільниці та плану розміщення обладнання.

Знаходження загальної площі дільниці механоскладального цеху базується на даних про трудомісткість робіт за розробленим технологічним процесом виготовлення деталі в умовах виробництва базового підприємства.

Виробнича площа дільниці що визначається по питомій площі на одиницю обладнання по нормах технологічного проектування.

$$S_m = N \cdot S_n, \quad (3.36)$$

де  $N$  – кількість верстатів, шт;

$S_n$  – питома площа на 1 верстат,  $S_n = 18...25 \text{ м}^2$ .

$$S_m = 4 \cdot 25 = 100 \text{ м}^2.$$

Допоміжна площа складається із площ, зайнятих допоміжними відділеннями:

– відділення заточування інструменту;

Кількість заточувальних верстатів – 1, питома площа – 8...10 м<sup>2</sup>.

Отже площа заточного відділення = 10 м<sup>2</sup>.

– цехова ремонтна база;

Кількість верстатів ЦРБ – 2, питома площа – 20 м<sup>2</sup>, отже загальна площа рівна 40 м<sup>2</sup>.

– контрольне відділення;

Площа відділення визначається із розрахунку 5...6 м<sup>2</sup> на одного контролера, отже площа контрольного відділення – 1×6 = 6 м<sup>2</sup>.

– склади матеріалів і заготовок;

Площа складу матеріалів та заготовок визначається залежністю:

$$F_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (3.37)$$

де  $M_{\Sigma}$  – маса матеріалу й заготовок річного об'єму випуску,  $M_{\Sigma} = 6.23 \text{ т}$ ;

$t$  – к-сть робочих днів зберігання заготовок на складі,  $t = 12$ ;

$q$  – допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги складу,  $q = 1.5 \text{ т/м}^2$ ;

$k_B$  – коефіцієнт використання площі складування,  $k_B = 0.3...0.4$ .

$$F_3 = \frac{6.23 \cdot 12}{260 \cdot 1.5 \cdot 0.3} = 11.46 \text{ м}^2.$$

– відділення для приготування і роздачі охолоджуючих рідин, склад масел;

Площу цього відділення визначають за рекомендаціями в залежності від кількості верстатів і приймається рівною 30 м<sup>2</sup>.

– відділення для збирання й переробки стружки;

Площа цього відділення визначається аналогічно до попереднього і приймається рівною 30 м<sup>2</sup>.

– інструментально-роздавальна комора;

Норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення. Приймаємо площу рівною 24 м<sup>2</sup>.

Для ділянки механічного оброблення коробки клапанної УН 41.112 проектуємо виробничу одноповерхову будівлю. Форму виробничої будівлі приймаємо у вигляді квадрата.

На основі планівки обладнання, залежно від розмірів оброблюваних деталей, застосовуваного обладнання і засобів транспорту, приймаємо наступні параметри ділянки: ширину прольоту – 18 м, крок колони – 12 м, висота будівлі – 6 м.

При каркасній конструкції будівлі використовується збірний залізобетонний фундамент стаканного типу. На нього опираються колони та фундаментні балки.

Підлога виконана з полімерцементним покриттям, яке допускає технологічне навантаження 3...5 т/м<sup>2</sup>, використання води, мінеральних масел та емульсії і має низьку трудомісткість очищення.

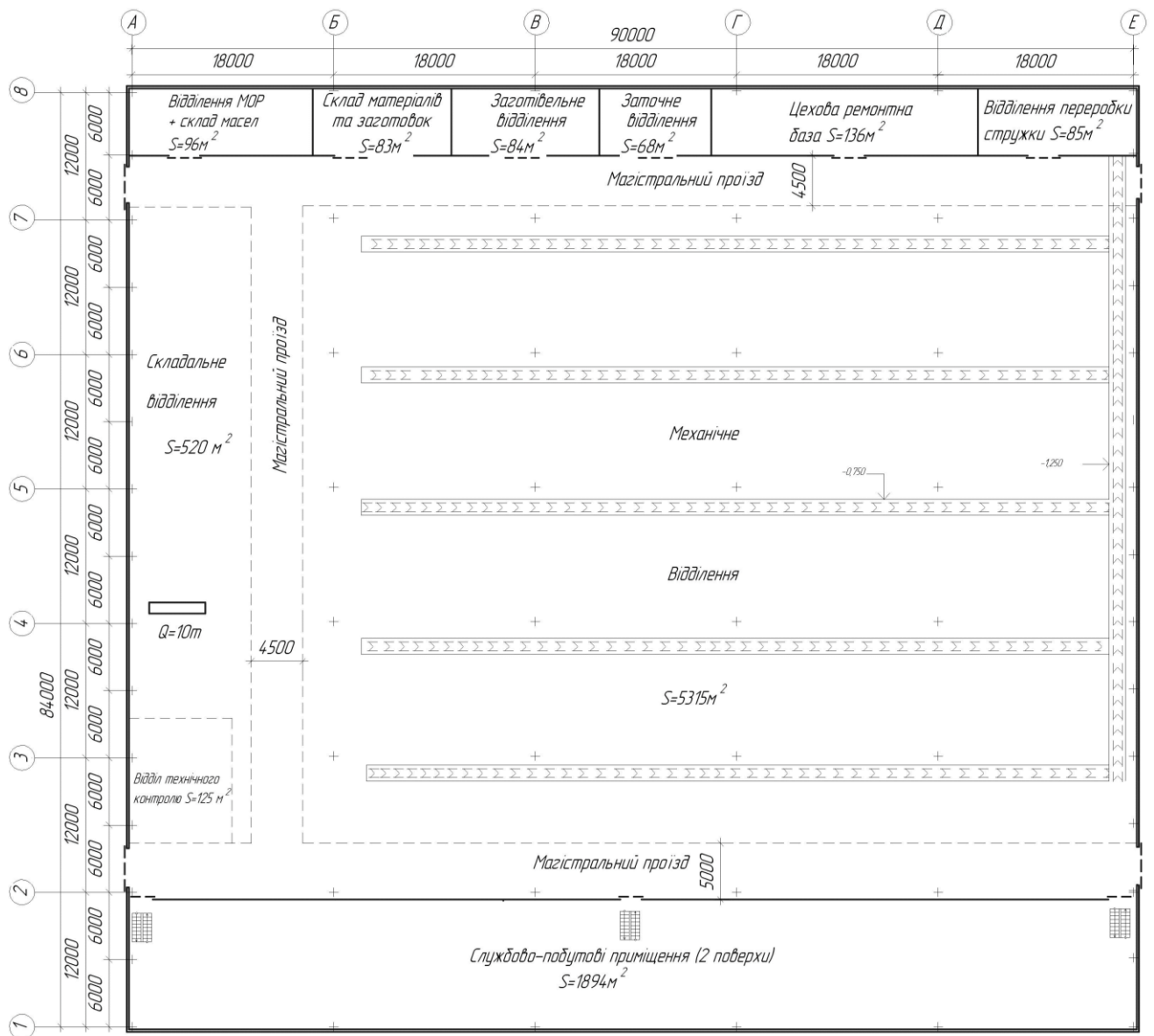


Рисунок 3.3 – Компонувальний план цеху.



На дільниці верстати розміщуються в порядку технологічних операцій, в один ряд (поточна лінія). Верстати проектованої дільниці розміщені вздовж кроку колон і займають площу в розмірі 5000×18000 мм. Відстань між верстатами приймаємо 800 мм, а між верстатом і колоною – 600 мм.

Ширину проїзду приймаємо 2000 мм. Для безпечного проїзду відстань між проїздом і границею роботи машини приймаємо рівною 500 мм. Відстань між вантажонесучим конвеєром і верстатом – 1500 мм.

Подача заготовок на дільниці здійснюється за допомогою похилих катків.

Так як вага деталі не перевищує 8 кг, то знімання заготовки з конвеєра, а також завантаження та розвантаження верстатів, здійснюють вручну.

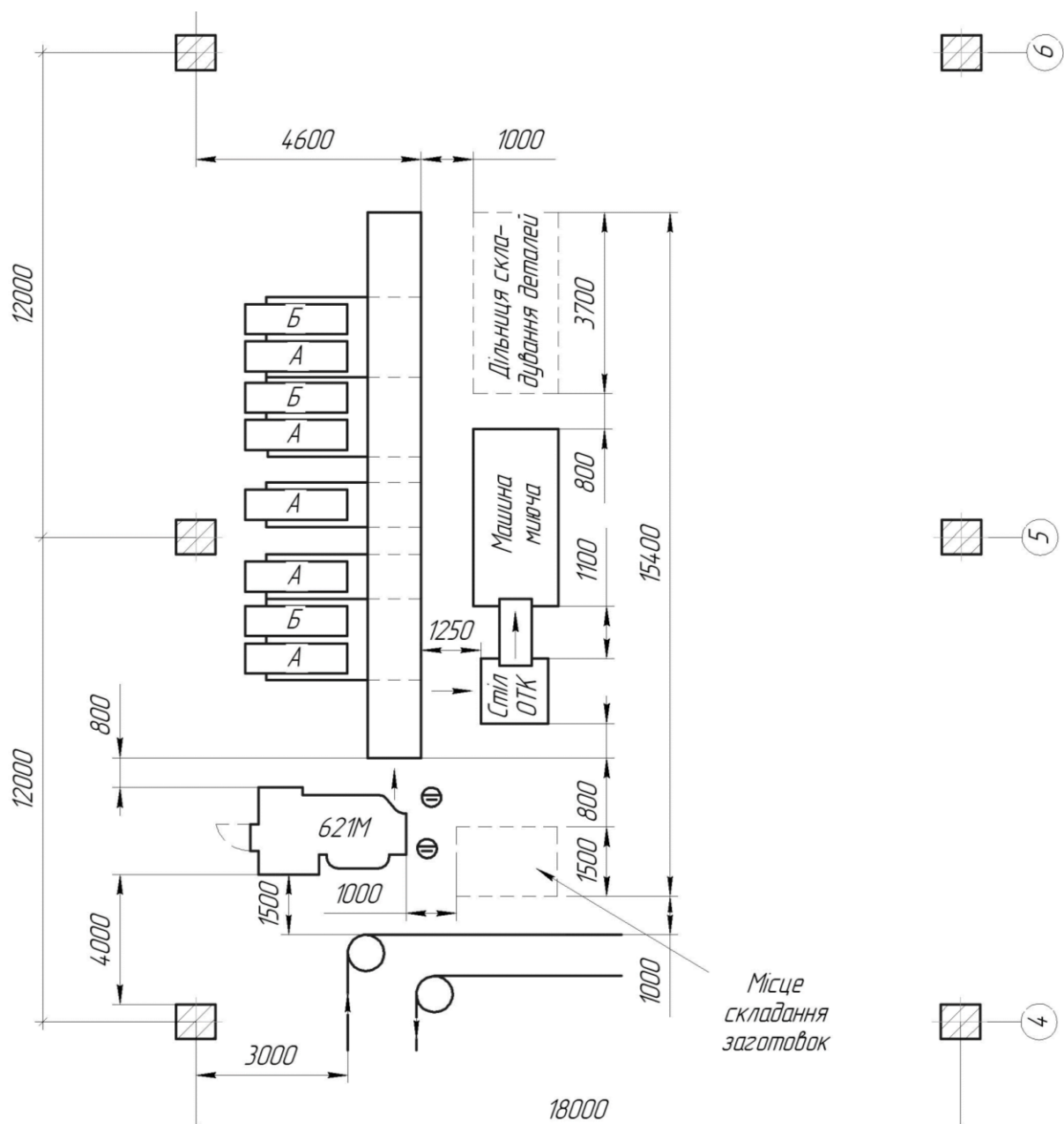


Рисунок 3.4 – План розміщення обладнання на дільниці.

### 3.4 Конструювання спеціального оснащення, інструментів

#### 3.4.1 Пристрій на операцію 005 – карусельно-фрезерна (принцип дії, розрахунок на точність)

Зусилля від штоки силового приводу передається на ричак (поз. 7). Звідси через вісь (поз. 8) на прижим (поз. 2). Закріплення заготовки здійснюється цими прижимами.

Виконаємо розрахунок на точність приспособлення фрезерного для фрезерування площин стику в розмір  $55_{-0,3}$  (площина основи).

Добове завдання  $300 \text{ шт}$ , матеріал СЧ20, довжина фрезерування з врахуванням врізанням і перебігу фрези  $L = 565 \text{ мм}$ , ширина фрезерування  $B = 55 \text{ мм}$ .  $P_y = 165 \text{ кг}\cdot\text{с}$ .

Умови обробки: жорсткість верстата  $15000 \text{ Н/мм}$ , фреза оснащена ножами з твердосплавними пластинами – чашками  $\varnothing 32 \text{ мм}$  марки ВК8; припуск –  $1,5 \text{ мм}$ , подача –  $1,8 \text{ мм/об}$ . Налаштування на розмір по установам приспособленні з пневматичним зажимом; установочна площина являється також вимірною базою.

Сумарна похибка обробки:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_U + \sqrt{\Delta_{\text{СЛ}}^2 + \Delta_H^2 + \varepsilon_y^2}$$

1. Величина похибки, обумовлена розмірним спрацьовуванням ножів фрези:  
[3. Стр. 147]

$$\Delta_U = \frac{U_0 \cdot l}{1000} = \frac{14 \cdot 8004}{1000} = 112 \text{ мкм} \quad (3.38)$$

$U_0 = 14 \text{ мкм/км}$  – відносне спрацьовування ріжучої частини де шлях різання при обробці даної партії деталей

$$l = \frac{L \cdot B \cdot n}{1000 \cdot S_{\text{np}}} = \frac{565 \cdot 85 \cdot 300}{1000 \cdot 1,8} = 8004 \text{ м} \quad (3.39)$$

Відносне спрацьовування ножів фрези.

$$U_{0, \text{фр}} = \left(1 + \frac{100}{B}\right) \cdot U_0 = \left(1 + \frac{100}{85}\right) \cdot 14 = 30,5 \text{ мкм/км} \quad (3.40)$$

2. Значення миттєвої похибки обробки для розміру  $55_{-0,3}$  знаходимо по 3,8;  
 $\Delta_{\text{СЛ}} = 50 \text{ мкм}$

3. Похибка налагодження:

$$\Delta_H = \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{уст.ін}}^2} = \sqrt{9^2 + 6^2 + 10^2} = 14,7 \text{ мкм} \quad (3.41)$$

По таблиці 3.17 [3], визначаємо точність виготовлення: висотного установи розміром  $8 \div 12$  (поле допуску по  $h6$ ); плоского щупа розміром  $1 \div 3$  мм (поле допуску по  $h6$ ). Потім по таблиці допусків і посадки знаходимо граничні відхилення цих розмірів в системі отвору, відповідно 9 і 6 мкм. Похибка встановлення інструменту при статичній настройці по табл. 3.14 [3];  $\Delta_{\text{уст.ін}} = 10$  мкм.

4. Похибка установки деталі в пристосувань:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3 \quad (3.42)$$

У зв'язку з цим, що технологічна і вимірні бази суміщені,  $\varepsilon_{\delta} = 0$ . Похибка закріплення визначаємо по табл. 3.24 [3];  $\varepsilon_3 = 150$  мкм.

Сумарна похибка обробки

$$\Delta\varepsilon = 112 + \sqrt{50^2 + 14,7^2 + 150^2} = 271 \text{ мкм}$$

При порівнянні величини заданого поля допусків і поля розсіювання розмірів в прийнятих умовах фрезерування видно, що потрібна точність обробки забезпечується.

### **3.4.2 Пристрій на операцію 010 – агрегатна (установ А) (вибір структурної схеми, структурний аналіз і компоновка)**

Для заданої деталі вибираємо декілька схем затискання заготовки і проведемо розрахунковий аналіз для вибору оптимальної. Аналіз конструктивних схем виконуємо на основі сумарних коефіцієнтів:

$$K_{\sum n} = K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + K_3 \cdot n_3 + K_4 \cdot n_4 + K_5 \cdot n_5 \quad (3.43)$$

де:  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  – ваги критеріїв.

$K_1$  – коефіцієнт наявності умови самоторможення;

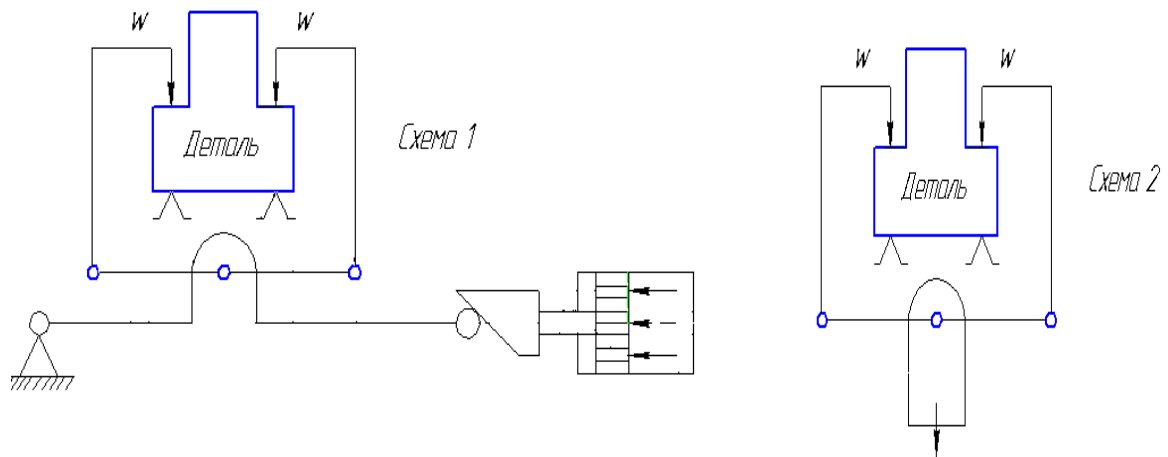
$K_2$  – коефіцієнт кількості передаючих механізмів;

$K_3$  – оптимальний коефіцієнт зусилля;

$K_4$  – коефіцієнт наявності проміжних ланок;

$K_5$  – коефіцієнт компактності.

Для пристосування на операцію агрегатна пропонується наступні схеми установки і зажима заготовки.



| № схеми | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ | $K_5$ | $K_{\Sigma i}$ |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 1       | 0     | 3     | 3     | 4     | 0     | 0,1            |
| 2       | 0     | 1     | 1     | 3     | 2     | 0,3            |
| $n_i$   | 0,5   | -0,1  | 0,4   | -0,2  | 0,3   | -              |

Рисунок 3.5 – Схеми установки і затиску заготовки на агрегатну операцію.

Схема 1:  $K_{\Sigma 1} = 0 \cdot 0,5 + 3 \cdot \langle 0,1 \rangle + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot \langle 0,2 \rangle + 0 \cdot 0,3 = 0,1$

Схема 2:  $K_{\Sigma 2} = 0 \cdot 0,5 + 1 \cdot \langle 0,1 \rangle + 1 \cdot 0,4 + 3 \cdot \langle 0,2 \rangle + 2 \cdot 0,3 = 0,3$

Максимальний коефіцієнт ваги критерія має схема 2, тому розробляємо пристосування за цією схемою.

### 3.4.3 Розрахунок пристосування на точність операції 010 – агрегатна (установ Б)

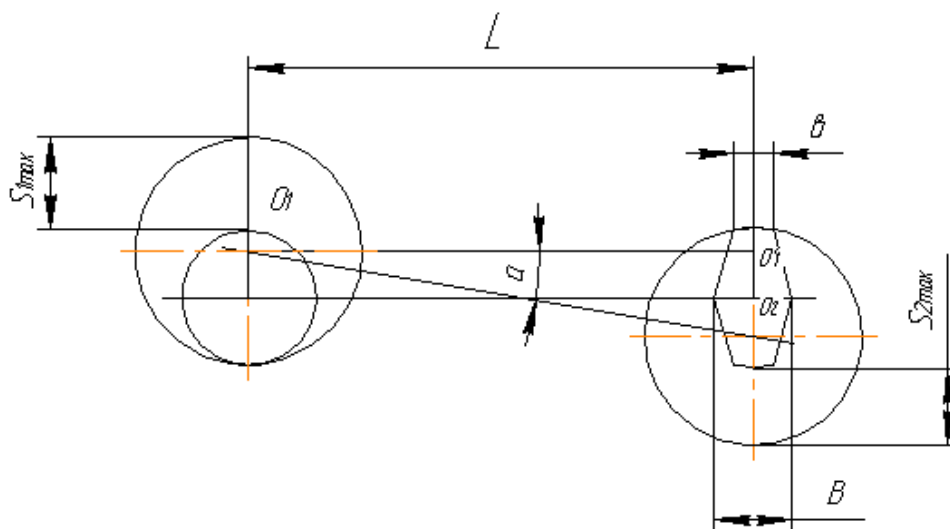


Рисунок 3.6 – Циліндричний і зрізаний палець

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L_{\min}} - [9. \text{ Стр. } 279]$$

$$L_{\min} = \sqrt{220^2 + 65^2} - 0,05 = 229,35 \text{ мкм}$$

$D_0 = 14H9^{+0,043}$  - діаметр отвору.

$D_y = D_{cp} = 14f9^{+0,016}_{-0,059}$  - діаметр зрізаного і циліндричного пальців.

$$S_{1\max} = S_{2\max} = 14,043 - 13,941 = 0,102 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,102 + 0,102}{2 \cdot 229,35} = 0,0004447$$

При малих кутах  $\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = 0,0004447$ ;  $\alpha = 0,025479^\circ = 1'32''$ ;  $O_1O'_1 = 229,35 \text{ мм}$ .

$$O_1O_2 = O_1O'_1 : \cos \alpha = 229,35 : 0,99999 = 229,352 \text{ мм}$$

$$\Delta = 229,352 - 229,35 = 0,002 \text{ мм}$$

Так що даний допуск на розмір  $L$  і діаметри пальців задовольняє [9. Стр. 29..31].

По нормам машинобудування МН 337 – 66 приймаємо:  $B = 10 \text{ мм}$ ,  $v = 4 \text{ мм}$ .

Визначаємо висоту установочних пальців:

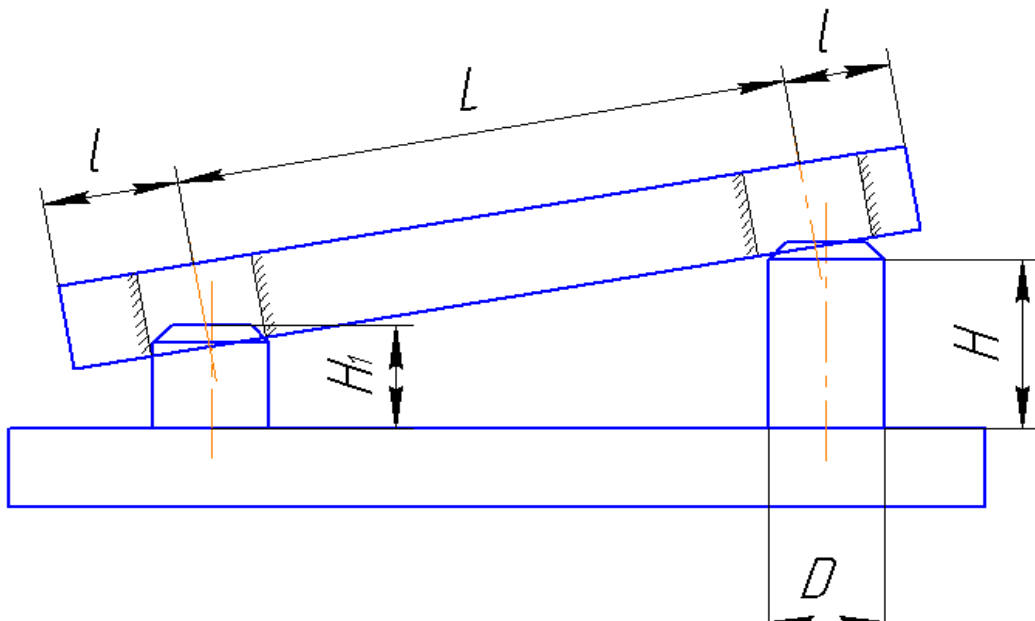


Рисунок 3.7 – Схема для визначення похибки встановлення деталі на два пальці.

$$H = \frac{l + L + 0,5 \cdot D}{L + D} \cdot \sqrt{2 \cdot (C + D) \Delta_{\min}} - [9. \text{ Стр. 83}]$$

$$\Delta_{\min} = 14,000 - (4,000 - 0,016) = 0,016 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді: } H = \frac{16 + 229,4 + 0,5 \cdot 14}{229,4 + 14} \cdot \sqrt{2 \cdot (29,4 + 14) \cdot 0,016} = 2,9 \text{ мм}$$

Назначаємо:  $H_1 = 2,9 \text{ мм}$ ;  $H = 5 \text{ мм}$ ;  $C = 2,1 \times 45^\circ$  - фаска.

### 3.4.4 Розрахунок сили затиску, параметрів привода

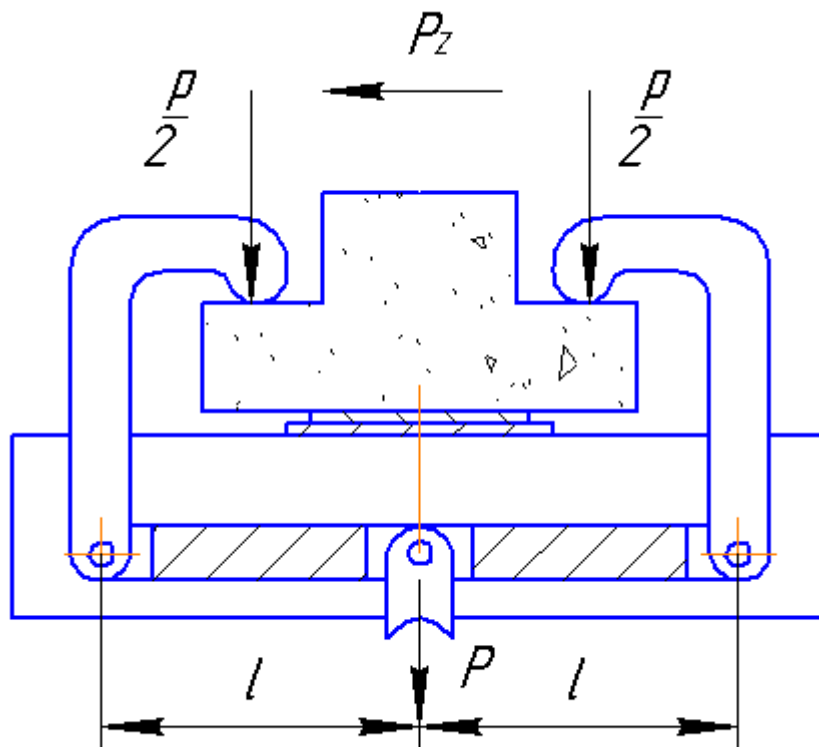


Рисунок 3.8 – Пристосування для затиску

$$l = 175 \text{ мм}; \quad P_z = 1299 \text{ мм.}$$

$P_z < F_{mp}$  – сила тертя, що здержує заготовку під час обробки

$$F_{mp} = P \cdot f_{mp}; \quad f_{mp} = 0,16 \text{ – коефіцієнт тертя}$$

Звідси:

$$P = \frac{F_{mp}}{f_{mp}} = \frac{1299}{0,16} = 8118 \text{ Н} \quad (3.44)$$

Визначимо зусилля на поршні гідроциліндра:

$$Q = k \cdot \frac{P}{\eta} = \frac{5,832 \cdot 8118}{0,95} = 49,836 \text{ Н} \quad (3.45)$$

де  $\eta = 0,95$  – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра;

$k$  – коефіцієнт запасу затиску [3. Стр. 266].

$$K = k_0 \cdot (k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6) \quad (3.46)$$

Змінної сторони:

$$Q = 0,25 \cdot p \cdot \pi \cdot D^2 \quad (3.47)$$

$p = 9,8 \text{ Н/мм}^2$  – тиск масла в гідросистемі

$D$  – діаметр поршня гідроциліндра.

Звідси:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 49,836}{9,8 \cdot 3,14}} = 80,47 \text{ мм} \quad (3.48)$$

Приймаємо  $D = 100 \text{ мм}$

Визначаємо дійсне зусилля затиску

$$p = 9,8 \cdot 3,14 \cdot 100^2 \cdot 0,25 = 76,969 \text{ Н}$$

При цьому допустиме максимальне зусилля різання:

$$p_{z \max} = f_{mp} \cdot p = 0,16 \cdot 76,969 = 12,315 \text{ Н} \quad (3.49)$$

### **3.4.5 Загальний опис конструкції пристосування на операцію 010 – агрегатна і його техніко-економічне обґрунтування, розрахунок на міцність**

Зусилля від штока гідроциліндра передається на болт спеціальний (поз.3). Звідси через вісь (поз. 21) на коромисло (поз. 4). На коромислі за допомогою двох осей (поз. 20), кріпляться два спеціальних болта (поз. 8) на яких встановлені прихвати (поз. 10). Затиск деталі здійснюється цими прихватами.

Для автоматичного відводу прихвати (повороту прихвата навколо осі болта) в ньому розміщений байонетний паз. Поворот затискача здійснюється за допомогою байонетного механізму.

Виконаємо техніко-економічне обґрунтування даного пристосування.

Розрахунок економічної цілесвідомості застосування пристосування ґрунтується на співставленні затрат і одержання економії.

Умова ефективного застосування пристосування виражається формулою: -  
[8. Стр. 151]

$$E_n \geq P \quad (3.50)$$

де  $E_n$  – річна економія (без врахування річних затрат на пристосування), *грн.*

$P$  – річні затрати на пристосування, *грн.*

Річна економія у свою чергу визначається: – [8. Стр.151]

$$E_n = C_{ум} - T_{ум}^n \cdot \frac{C_{ч.з} \cdot N}{60}, \text{ грн.} \quad (3.51)$$

де  $T_{ум}$  – штучний час при обробці деталі без пристосування або в універсальних пристосуваннях.

$T_{ум}^n$  - штучний час на операції після впровадження проектованого пристосування, *хв.*

$C_{ч.з}$  – годинні затрати по експлуатації робочого місця, *грн./год*

$N$  – річна програма, *шт.*

Річні затрати на пристосування.. – [8. Стр.151 ]

$$= S_{пр} \cdot (A + B), \text{ грн} \quad (3.52)$$

де  $S_{пр}$  – вартість пристосування, *грн.*

$A$  – коефіцієнт амортизації:

– при окупності в два роки  $A = 0,5$ ;

– при окупності в три роки  $A = 0,33$ .

$B$  – коефіцієнт враховуючий ремонт і зберігання пристосування;  $B = 0,1 \div 0,2$ .

Економічний ефект від застосування пристосування представляє собою різницю між річною економією і річними затратами на пристосування:

$$\Delta_n = E_n - P$$

Із технологічного процесу механічного оброблення деталі маємо:

$$T_{ум} = 2,79 \text{ хв};$$

$$T_{ум}^n = 2,73 \text{ хв};$$

$$C_{ч.з} = 43,9 \text{ грн/год} - [8. Стр. 43] \quad (3.53)$$

Тоді:

$$E_n = 2,79 - 2,73 \cdot \frac{43,9 \cdot 8000}{60} = 3512 \text{ грн..}$$

$$S_{пр} = 215 \text{ грн}$$



$$A = 0,5; B = 0,2$$

Тоді: 
$$P = 215 \cdot (0,5 + 0,2) = 151 \text{ грн}$$

$$\Delta_n = E_n - P = 3512 - 151 = 3361 \text{ грн}$$

Розрахунок на міцність

Найбільш слабкою ланкою пристосування є вісь (поз. 21), працюючи на зріз.

Матеріал осі – сталь 45 × ГОСТ 4543 – 71

$$\sigma_{cp} \leq 0,4 \cdot \sigma_T = 0,4 \cdot 833 = 333 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.54)$$

$$\tau_{cp} = \frac{P}{2 \cdot F} = \frac{4 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq \sigma_{cp} \quad (3.55)$$

Звідси:

$$d' = \sqrt{\frac{2 \cdot 76,969}{3,14 \cdot 333}} = 12,13 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо  $d = 20 \text{ мм}$

Визначаємо діаметр  $d_1$  двох осей (поз. 20)

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (3.56)$$

Звідси:

$$d_1' = \frac{d'}{\sqrt{2}} = \frac{12,13}{\sqrt{2}} = 8,58 \text{ мм}$$

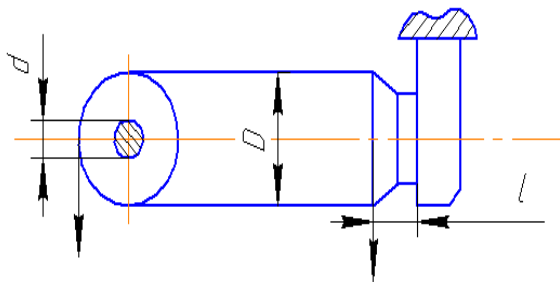
Конструктивно приймаємо  $d_1 = 16 \text{ мм}$ .

### 3.4.6 Розробка спеціального ріжучого інструмента

На операції 005 використовується спеціальна ротаційна фреза, що складається з наступних основних частин. В корпусі (поз. 5) – [див. креслення 08-138.06.00] – встановлюють п'ять різцевих вузлів. Різцевий вузол складається із державки (поз. 4), в яку встановлюється вісь (поз. 2). На осі встановлюється шайба (поз. 1) і ріжуча чаша (поз. 3), що вільно обертається навколо даної осі. В процесі різання  $P_z$  обертає дану чашку. В цьому випадку лінійні швидкості ріжучої кромки чашки і збігаючої стружки практично рівні. Різцеві вузли встановлюються на різних віддальях від осі корпусу.

Осі ріжучих чашок від нижнього торця корпусу фрези розміщених на різних відстанях. Це зроблено для того, щоб кожна чашка знімала тільки свій заданий припуск металу. Таке розміщення різцевих вузлів дозволяє збільшити подачу та швидкість різання. При цьому стійкість фрези збільшується, а зусилля різання і, відповідно, використовувана потужність різання знижується.

Розрахуємо на міцність ротаційну фрезу. При цьому використовуємо дані, одержані на операції 005.



$D = 24$  мм – діаметр ріжучої чашки.

$d = 10$  мм – діаметр осі чашки.

$l = 18$  мм – виліт ріжучої кромки чашки

$R_z = 1077$  – зусилля різання

Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку ротаційної фрези

Крутний момент:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot D \cdot R_z = 0,5 \cdot 24 \cdot 1077 = 12924 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Згинальний момент:

$$M_{зг} = R_z \cdot l = 1077 \cdot 18 = 19386 \text{ Н}\cdot\text{мм} \quad (3.57)$$

В найбільш жорстких умовах знаходиться вісь (поз. 2) ріжучої частини.

Розрахуємо дану вісь на міцність. Матеріал осі – сталь 20Х ГОСТ 4543 – 71;  $[\sigma_k] = 560 \text{ Н/мм}^2$ ;  $[\tau_{кр}] = 320 \text{ Н/мм}^2$ .

1. Розрахунок на міцність згинання:

$$\sigma_k = \frac{M_{зг}}{W_0} = \frac{19386}{98,17} = 197,5 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_k] = 560 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.58)$$

$$\text{де } W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 10^3}{32} = 98,17 \text{ мм}^3 \quad (3.59)$$

2. Розрахунок на міцність кручення:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{12924}{196,35} = 65,8 \text{ Н/мм}^2 \leq [\tau_{кр}] = 320 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\text{де } W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 10^3}{16} = 196,35 \text{ мм}^3$$

Тобто дане січення осі забезпечує її міцність.

### 3.4.7 Вибір і розрахунок транспортних і вантажопіднімальних засобів.

Заготовки із цеху лиття поступають а механічний цех за допомогою підвісного вантажонесучого конвеєра.

Подальше транспортування від верстата до верстата здійснюється за допомогою похилих катків. За дослідним даним кут нахилу катка  $\alpha = 5^\circ$ . Для безпеки роботи катка до нього з обох сторін прикріплюють боковини.

Для завантаження та розвантаження верстатів застосовують пневмопідіймач, який приводиться в дію з допомогою пневмоциліндра.

Особливість роботи пневмоциліндрів заключається в тому, що переміщення поршня є повільним.

Для забезпечення зусилля підймання вантажу розраховуємо вхідний і вихідний отвір по діаметру  $d$ . Зусилля підйому пневмоциліндра повинне перевищувати вагу заготовки, штока, поршня, гака і ланцюга разом взятих. Приймаємо зусилля підйому рівним  $500H$ .

$$P_{розр} = \frac{P \cdot k}{\eta} = \frac{500 \cdot 2}{0,8} = \frac{500 \cdot 2}{0,8} = 1250 \text{ H} \quad (3.60)$$

де  $k = 2$  – коефіцієнт запасу затиску

$\eta = 0,8$  – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра.

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot P_p}{P \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1250}{0,4 \cdot 3,14}} = 63,1 \text{ мм} \quad (3.61)$$

де  $P = 0,4 \text{ МПа}$  – тиск повітря в мережі.

Згідно заводських норм приймаємо  $D = 80 \text{ мм}$ .

Визначаємо діаметр вхідного і вихідного отвору:

$$d = \sqrt{\frac{D^2 \cdot L}{t \cdot Vt \cdot 100}} = \sqrt{\frac{80^2 \cdot 500}{4 \cdot 20 \cdot 100}} = 20 \text{ мм} \quad (3.62)$$

де  $L$  – довжина ходу штока пневмоциліндра ( $L = 500 \text{ мм}$ );

$t = 4 \text{ сек}$  – час підймання і опущення вантажу.

$Vt = 20 \text{ м/с}$  – швидкість повітря в пневмережі.

Проведемо розрахунок і вибір канату. Для цього необхідно розрахувати його максимальний натяг і допустиме зусилля на розрив:

$$S_{\max} = \frac{P \cdot g \cdot \left( -\eta_{\text{ол}} \right)^n}{a \cdot \left( -\eta_{\text{ол}}^n \right)} \quad (3.63)$$

де  $P = 500 \text{ Н}$  – зусилля підймання

$\eta = 0,98$  – ККД підшипників кочення блоків.

$$S_{\max} = \frac{500 \cdot 9,8 \cdot \left( -0,98 \right)^2}{1 \cdot \left( -0,98^2 \right)} = 2475 \text{ Н}$$

Допустиме розривне зусилля визначають за формулою

$$F_P \leq S_{\max} \cdot k_n = 2475 \cdot 5 = 12375 \text{ Н} \quad (3.64)$$

де  $k_n = 5$  – коефіцієнт запасу міцності.

По ГОСТ 2688 – 69 вибираємо канат ЛК-Р конструкції  $6 \times 19(1 + 6 + 6/6) + 10.0 \text{ } \varnothing 48 \text{ мм}$  з розривним зусиллям  $S_p = 14200 \text{ Н}$ .

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Характеристика дільниці механічного оброблення деталі з точки зору охорони праці.

4.1.1 Розробка внутрішньої планіровки дільниці з врахуванням вимог безпеки праці, санітарних і пожежних вимог

На дільниці механічного оброблення коробки клапанної УН 41.112 технологічний процес розроблений згідно вимог техніки безпеки.

На дільниці встановлено таке металообробне обладнання: верстат карусельно-фрезерний мод. 621М; верстат агрегатний спеціальний А – 1.

Та як деталь не важка, то немає потреби у між операційному транспортуванні деталі і в спеціальних навантажувальних пристроях для установки деталі на верстат і зняття її із верстата.

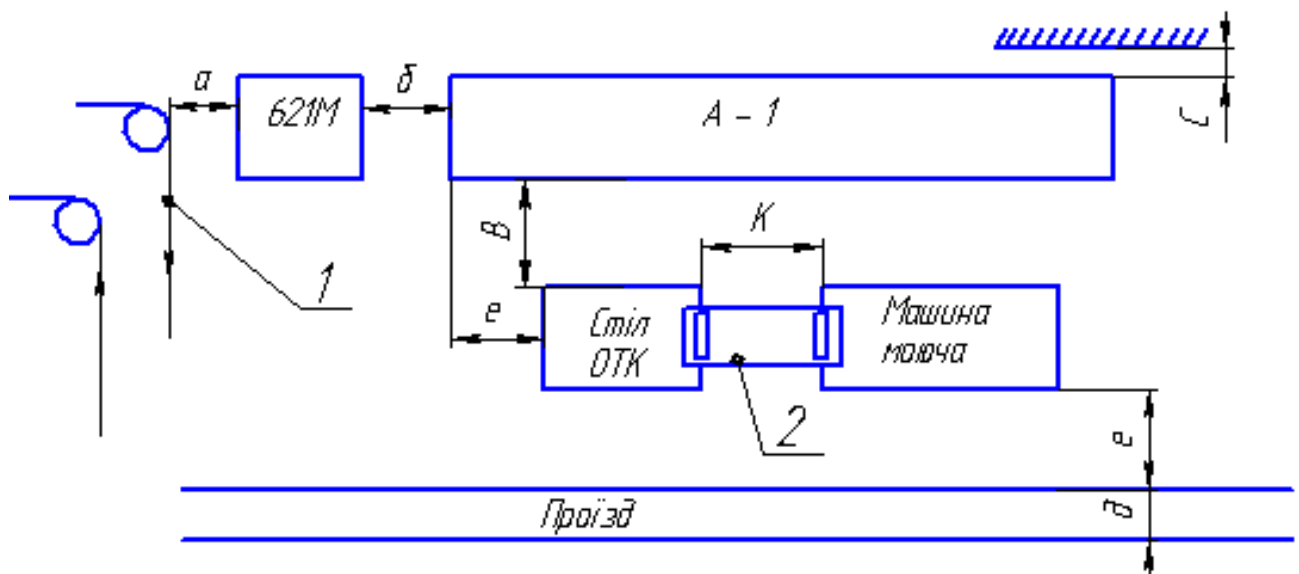


Рисунок 4.1 – Схема планіровки дільниці:

1 – конвеєр підвісний вантажонесучий; 2 – каток похилий, навісний.

Верстати розміщуються по ходу технологічного процесу і звернені до проїзду фронтом. Між верстатами і проїздом не розміщені похилі катки, тому що в їх розміщенні там немає необхідності. Похилий каток навісного типу розміщений тільки між столом ОТК і миючою машиною.

Розміщення основного обладнання проводимо із наступними параметрами:

1. Робоча зона (зона обслуговування) встановлюється в розмірі  $v = 800$  мм. На робочому місці необхідні допоміжні проходи для проходу обслуговуючого персоналу при ремонті і інших роботах.

2. Приймаємо, залежно від габаритів обладнання, відстань між стінкою і тилом верстатів  $C = 800$  мм, між боковими частинами верстатів  $b = 800$  мм і ширину проїзду приймаємо  $d = 2000$  мм. Для безпечного проїзду відстань між проїздом і границею роботи машини миючої приймаємо рівною  $e = 500$  мм. Відстань між конвеєром вантажонесучим і верстатом  $a = 1500$  мм.

4.1.2 Санітарно-гігієнічна характеристика праці на дільниці і порівняння їх з нормативними

Створення поточної лінії по обробці коробки клапанної УН 41.112 дозволяє значно полегшити і покращити умови праці. На проєктованій лінії можна виділити виробничі небезпеки, які визиваються частинами верстатів, відлітаючими частинами оброблюваного матеріалу, забруднення повітря чавунним пилом, виникнення виробничих шумів.

Чавунний пил забруднює повітря, потрапляє в організм дихання людини і вона визиває механічне подразнення дихальних і слухових органів, слизові оболонки очей.

При потраплянні чавунного пилу на деталі верстатів, що працюють на тертя, приводить до прискореного їх зношення, а при потраплянні на обмотки електродвигунів може виникнути коротке замикання. Чавунний пил не токсична і не є вибухонебезпечний.

Згідно ГОСТ 12.105 – 88 встановлені гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, табл. 4.1.

При роботі на дільниці пневматичних пристроїв і приспособлень відпрацьоване повітря виходить назовні, створюючи при цьому різні звуки за характером, що відноситься до класу високочастотних шумів, які шкідливо діють на організм людини. Шум на дільниці також виникає при вібрації пружних деталей машин, опор, ріжучого інструменту. За частотним складом шум на дільниці можна віднести до II класу. Найбільший рівень середньо частотних шумів в спектрі середньо геометричних частот розміщений вище  $800$  Гц.

Таблиця 4.1 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин

| №<br>n/n | Найменування речовин                          | Величина<br>ГДК мг/м <sup>3</sup> | Клас<br>безпеки | Особливості<br>дії на організм |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1        | 2   | 3                                 | 4               | 5                              |
| 1.       | Пил чавунна (чавун)                           | 6                                 | IV              | Ф                              |
| 2.       | Пил з домішками діоксиду кремнію від 2 до 10% | 4                                 | III             | Ф                              |
| 3.       | Пил з домішками діоксиду кремнію від 2 до 10% | 2                                 | III             | Ф                              |
| 4.       | Пил абразиву                                  | 5                                 | IV              | Ф                              |
| 5.       | Пил рослинного і тваринного походження        | 6                                 | IV              | Ф                              |

Згідно ГОСТ 12.1.003 – 83 на дільниці допустимими являються рівні звуку – 80 ÷ 85 дБ.

Організація раціонального освітлення виробничих приміщень і робочих місць являється одним із основних питань охорони праці. Величини нормування освітленості встановлюється в залежності від того, які джерела і система освітлення.

Згідно СН<sub>п</sub>П II-4-79, роботи, які виконуються на дільниці за ступенем точності відносяться до III розряду (висота точність) і при боковому освітленні коефіцієнт освітленості рівний 2,0. Величина максимальної освітленості встановлюються згідно зусилля зорових робіт, яке визначається найменшими розмірами об'єкта розміщення, контрастом об'єкта розміщення, фоном і характером фона [СН<sub>п</sub>П II-4-79, табл. 8.1.5].

На дільниці передбачено аварійне освітлення, виконуване для евакуації людей. Освітленість на лінії проходів повинна бути не менша 0,5 Л<sub>к</sub>. Таке освітлення дозволяє відключити силове обладнання, перестати працювати, і якщо необхідно, залишити робоче приміщення. Це освітлення в неробочий час рекомендується використовувати як охоронне освітлення.

Живлення аварійного освітлення повинно бути надійним і здійснюватися від окремого джерела живлення. Крім того аварійне освітлення повинно мати незалежний ланцюг по всім ланкам.

#### 4.1.3 Аналіз конструкції верстатів, пристосіблень за умови безпеки експлуатації

Наявність рухомих та обертаючихся частин верстатів і пристосіблень складають безпеку для працюючого. Тому на таких верстатах встановлюють огорожувальні та захисні пристрої, які служать для ізоляції робочого від рухомих і обертальних частин верстатів, вузлів і механізмів, місць виділення окремих частинок металу, безпечних зон, що знаходиться під напругою.

На карусельно-фрезерному верстаті для захисту працюючих від відлітаючої стружки встановлюють рухомі щити, що закривають робочу зону.

В агрегатному верстаті застосовують упори, кінцеві вимикачі, різні блокуючі пристрої, попереджувачі аварії та помилки верстата, й інструментів, що може привести до травматизму.

Блокувальні пристрої не дозволяють, наприклад, передчасно ступати у роботу двом протилежним головкам агрегатних верстатів, які в кінці свого ходу можуть дотикатися своїми робочими частинами (часто це ріжучий інструмент) один до одної, це може привести до поломки обладнання (інструменту) і травми працюючого.

Органи керування (важелі, педалі, кнопки і т.д.) при допомозі яких здійснюється запуск, регулювання руху і зупинка машини повинні бути надійними, добре відрізнятися.

Розміщення органів керування повинно забезпечувати економію рухів, виключати незручності, напружені положення тіла працюючого.

#### 4.1.3 Безпека при виконанні вантажопідіймальних робіт і транспортуванні вантажів

Безпека при виконанні вантажопідіймальних робіт, при експлуатації вантажопідіймальних і транспортних пристроїв потребує огороження всіх доступних рухливих або обертаючих частин механізмів.

Слід звернути увагу, що при розвантажувально-розвантажувальних роботах забороняється піднімати вантажі з косим натягом вантажних канатів, розкачувати, також вдаряти їх у землю, переміщувати вантаж над людьми.



Для безпечної роботи підвісного вантажонесучого конвеєра, що подає заготовки із ливарного цеху на дільницю обробки, передбачені наступні дії:

1. Для зупинки конвеєра при аварії передбачені вимикачі, що розміщені в різних місцях самого конвеєра.
2. Для попередження травм при обриві, яка підвішується до низу самого конвеєра.
3. При обриві тягового ланцюга на місцях підйому і спуску встановленні вловлювачі.
4. При заїданні зірка або заклинюванні роликів, або інших причин, збільшується момент опору і електродвигун може вийти із ладу. При цьому можливе виникнення пожежі. Для запобігання цього служить запобіжна муфта, що з'єднує вали електродвигуна і ведучої зірки.

#### **4.2 Дія електромагнітного імпульсу на елементи виробництва і міри захисту**

Електромагнітні випромінювання у вигляді потужного короткого імпульсу (ЕМІ), що поразжає головним чином електричну і електронну апаратуру можуть відбуватися при ядерному вибуху.

Для ЕМІ може привести до згоряння чутливих електронних і електричних елементів, зв'язаних з великими антенами або відкритими проводами (електромережа), а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, звичайно без зворотних змін. Тому слід вплив ЕМІ враховувати для всіх електричних і електронних систем.

Особливо ЕМІ, як уражуючого фактору, являється властивість розповсюдження на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі та по різних комунікаціях (мережах електро- і водопостачання, лініях зв'язку і т.п.). Тому ЕМІ може чинити дію на об'єкти тим, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація гублять своє значення як уражуючі фактори.

При наземних і низьких повітряних вибухах в зоні радіусом в декілька кілометрів від місця вибуху, в лініях зв'язку і електропостачання виникають

напруження, які можуть визвати пробиття ізоляції приводів і кабелів відносно землі, пробій ізоляції елементів апаратури і пристроїв, підключених до повітряних і підземних ліній. Степінь пошкодження залежить в основному від наведеного імпульсу напруги або струму і електричної міцності обладнання.

Найбільш вразливі дії ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління. Застосовувані в цих системах кабелі і апаратура мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсного напруження, тоді як імпульси напруження від ЕМІ ядерного вибуху можуть перевищувати ці значення.

Особливо підвернені дії ЕМІ радіоелектронна апаратура, виконана на напівпровідниках і інтегральних схемах, працюючих на малих струмах і напругах і, тому чутливих до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, визиває коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, стирає магнітний запис, стирає "пам'ять" ЕОМ і т.п.

Встановлено, що при дії ЕМІ на апаратуру найбільша напруга наводиться на вхідних ланцюгах. В транзисторах спостерігається така залежність: чим вищий коефіцієнт посилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, визиває іскріння в їх між контактних з'єднаннях і деяких областях струмопровідної поверхні. Це приводить до локального нагріву і порушення опори покриття.

Найбільшу небезпеку ЕМІ представляє для апаратури, встановленої в особливо міцних спорудах, які видержують великий надлишковий тиск ударної хвилі ядерного вибуху. В цих спорудах апаратура не виходить із ладу від механічних пошкоджень, але ЕМІ може вивести із ладу всю незахищену апаратуру системи зв'язку, сигналізації і управління. Найбільших значень досягають напруги, які наводяться між кабелем і землею. Напруженість електромагнітного поля всередині споруди в ряді випадків недостатня, для того щоб вивести із ладу апаратуру, однак такі поля в стані визвати короткочасний збій роботи радіотехнічних пристроїв.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологію виготовлення коробки клапанної УН 41 112 з вдосконаленням методики вибору технологій та дослідження ефективності виготовлення гвинтових заготовок.

У науково-дослідній частині кваліфікаційної запропоновані параметри технологічності конструктивних параметрів гвинтових заготовок з урахуванням заданих обмежень на конструктивні, технологічні та експлуатаційні параметри, що дасть змогу визначити конструктивно-технологічні параметри заготовок та деталей залежно від навантажень та умов роботи.

Виведена формула для визначення критеріїв технічно-економічної ефективності технологічної операції виготовлення гвинтових заготовок для даної програми випуску. Приведена матеріаломісткість заготовки, встановлено основний час, який необхідно затратити на виготовлення гвинтових заготовок різними технологічними методами, розраховані приведені та поточні затрати, капітальні вкладення. Запропоновані критерії вибору технологічного обладнання.

В результаті запропонована методика вибору раціональної технології виготовлення гвинтових заготовок, а також розрахунок собівартості виготовлення шнекових деталей, одержаних із гвинтових заготовок.

В технологічній частині роботи обрано і обґрунтовано спосіб одержання заготовки. Вибрана заготовка є більш економічна з точки зору використання матеріалу і порівняно дешевша. На основі цієї нової конструкції заготовки розроблено раціональну структуру технологічного процесу виготовлення деталі заданої річної програми випуску, застосовано високопродуктивні верстати, прогресивні ріжучі інструменти і швидкодіюче оснащення, спроектована конструкція верстатних пристроїв для зменшення допоміжного часу на закріплення і установку деталі, та підвищення точності. Розроблено комплект технологічної документації згідно ГОСТ 3.1404-86.

Згідно організаційної форми виробництва розроблено плани компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці.

В роботі також розроблені заходи з охорони праці на ділянці механічного оброблення деталі та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аксимов Н.Ф., Благов Б.Н. Проектитрование литых деталей. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
2. Аистров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 654 с.
3. Бабун В.В. Дипломное проектитрование технологии машиностроение – Минск: Высшая школа, 1979. – 464 с.
4. Бобров В.Д. езание металлов самовращающимися резцами. – М.: Машиностроение, 1972. – 214 с.
5. Власов А.Ф. Удаление пыли и стружки от режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1982. – 240 с.
6. Виноградов Б.В. Безопасность труда и производственная санитария в машиностроение. – М.: Машгиз, 1963. – 264 с.
7. Воротникова В.В. Организация и нормирование труда при многостаночном обслуживании. – М.: Економика, 1975. – 128 с.
8. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектитрование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа, 1975. – 288 с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1979. – 304 с.
10. Демянюк Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированого производства. – М.: Высшая школа, 1986. – 700 с.
11. Добрыднєв И.С. Курсовое проектирование по предмету технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
12. Долин Т.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергия, 1973. – 488 с.
13. Единый тарифно-квалификационный справочник безопасности. – М.: Энергия, 1973. – 448 с.
14. Корсаков, В.С. Основы технологии машиностроения. – М.: Высшая школа, 1974 – 336 с.
15. Коновалов Е.Г. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов. – Минск: Наука и техника, 1972. – 270 с.

16. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки заготовки и припуски в машиностроении. Справочник. – М. Машиностроение, 1976. – 288 с.
17. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.
18. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.2. – 496 с.
19. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1971.
20. Маталин А.Н. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. М.: Машиностроение, 1970.
21. Маталин А.Н. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. М.: Машиностроение, 1972.
22. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. – Минск: Высшая школа, 1986.
23. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
24. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
25. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. – М.: Машиностроение, 1974. – 422 с.
26. Павлице В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
27. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Брановського Ю.В. Издание третье. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
28. Справочник конструктора-машиностроителя / под ред. В.И. Анурьева. – М.: Машиностроение, 1979. – Т1. – 736 с.

29. Справочник конструктора-машиностроителя / под ред. В.И. Анурьева. – М.: Машиностроение, 1979. – Т2. – 736 с.
30. Справочник металлиста / под ред. М.П. Новикова и П.Н. Орлова. – М.: Машгиз, 1964. – Т4. – 720 с.
31. Технологічні основи формотворення різнопрофільних гвинтових заготовок / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. – Тернопіль: Вид-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 457 с. – ISBN 966-305-014-4.
32. Багатоваріантні структури класифікації функціонально конструктивних та технологічних особливостей виконання різнопрофільних гвинтових заготовок / М.І.Пилипець, В.В.Васильків, Д.Л.Радик // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. – Луцьк: ЛДТУ. – 2001.- Вип. 8. - С. 204 - 213.
33. Васильків В.В. Показатель технологичности изготовления винтовых заготовок методом гибки полосы на ребро / В.В. Васильків, М.Д. Радик // Тезисы докладов Всеукраинской научнотехнической конференции “Современные информационные технологии, средства автоматизации и электропривод”. - Донбасская государственная машиностроительная академия.- [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://itp.dn.ua/razdel-8/2012-12-10-07-00-27.html>.
34. Гевко Б.М Дослідження основних технічних протиріч проектування технологічних процесів виготовлення гвинтових елементів [Текст] / Гевко Б.М, В.В. Васильків // Вісник ХДТУСГ: Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. - Харків: ХДТУС. – 2004. – Вип. 23. – С.80 - 84.
35. Ткач С.М. Дослідження ефективності виготовлення гвинтових заготовок деталей машин / С.М. Ткач, Д.Л. Радик // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей ІХ міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листопада 2020.). - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – Ст.135-136.