

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 корпусу КС6В-48.101**  
**з дослідженням впливу параметрів спеціального покриття**  
**на стійкість різальних інструментів**

Виконали: студенти VI курсу, групи МТм-61

спеціальності 131 прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Денєга В. І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Одлижук С. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І. Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дзюра В. О.

(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

Завідувач кафедри

Окіпний І. Б.  
(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 Одлижку Сергію Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-48.101 з дослідженням впливу параметрів спеціального покриття на стійкість різальних інструментів

Керівник роботи Ткаченко Ігор Григорович, 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 корпусу КС6В48.101, річна програма випуску 10000 шт., наукова література, присвячена підвищенню стійкості різальних інструментів зі спеціальним покриттям

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)

Плакат для ілюстрації результатів наукових досліджень – А1. Пристосування для фрезерування двох поверхонь – 2А1. Пристосування для розточування основних отворів – А1. Кондуктор для свердління 2-х отворів і нарізання різі – А1. Технологічна наладка на операцію підготовки базових поверхонь – 2А1.



## РЕФЕРАТ

Денег Василь Іванович, Одлижук Сергій Михайлович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-48.101 з дослідженням впливу параметрів спеціального покриття на стійкість різальних інструментів». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МТм-61. Керівник – канд. техн. наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

Працездатність різальних інструментів може бути підвищена шляхом надання поверхневим шарам контактних ділянок властивостей, які дозволять ефективно протидіяти зношуванню, в тому числі за умов високих температур. При цьому інструментальний матеріал повинен мати достатній запас міцності при згині, зминанні, прикладанні ударних впливів і знакозмінних напружень. Такі властивості матеріалу, зазвичай, є такими, що суперечать одна одній. Тому створення інструментального матеріалу, який володітиме вищезгаданими властивостями і дослідження його працездатності є актуальним завданням.

Мета роботи – розроблення технології виготовлення корпусу КС6В-48.101, а також оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів зі спеціальним покриттям.

Завдання досліджень: визначити перспективні способи підвищення стійкості різальних інструментів зі спеціальним покриттям; розробити математичну модель для оцінювання і прогнозування стійкості; провести експериментальні дослідження стійкості; розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення корпусу КС6В-48.101; розробити план компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці; спроектувати спеціальне технологічне оснащення; розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення корпусу КС6В-48.101, а також стійкість різальних інструментів зі спеціальним покриттям.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні математичної моделі для оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів при одночасній наявності явищ зносу та раптових поломок.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено раціональний технологічний процес виготовлення корпусу КС6В-48.101, спроектовано спеціальне технологічне оснащення; результати експериментальних досліджень ріжучих властивостей швидкорізальних свердел зі зносостійкими комплексами свідчать про істотні переваги швидкорізальних інструментів з перспективними складами покриттів не тільки в порівнянні з контрольними свердлами без покриттів (стійкість до 10 разів вища), але і зі свердлами із стандартними покриттями (стійкість до 3,5-5 разів вища); результати експериментальних досліджень ріжучих властивостей кінцевих фрез зі зносостійкими комплексами дозволяють відзначити підвищення періоду стійкості фрез до 4 разів в порівнянні з періодом стійкості фрез без покриття і в 2...2,5 рази в порівнянні з аналогічним показником для фрез із різними варіантами стандартних покриттів.

Апробація. Основні результати роботи доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 25-26 листопада 2020 року.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 21 найменування та додатків. Обсяг основної частини становить 106 сторінок, 22 рисунки, 20 таблиць, додатків – 41 сторінка. Графічна частина включає 14 аркушів формату А1.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	10
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи .....	10
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми .....	14
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу .....	16
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	17
2.1 Способи підвищення стійкості різальних інструментів .....	17
2.2 Прогнозування стійкості різальних інструментів .....	20
2.3 Експериментальні дослідження стійкості різальних інструментів .....	27
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень .....	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	31
3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз технологічності виробу .....	31
3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу .....	39
3.3 Визначення кількості обладнання .....	70
3.4 Конструювання спеціального оснащення .....	81
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
4.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці механічної обробки .....	94
4.2 Оцінка механоскладального цеху виходячи з пожежної безпеки .....	97
4.3 Стійкість роботи механоскладального цеху у надзвичайних ситуаціях .....	100
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	104
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	105
ДОДАТКИ .....	107



## ВСТУП

Незважаючи на надзвичайну різноманітність нових виробів, їх створення здійснюється в результаті виконання певного комплексу пов'язаних між собою робіт, спрямованих на реалізацію загальної мети.

При створенні будь-якого нового виробу необхідно розробити конструкцію, технологію і організувати виробництво. Кожен із процесів розробки має, як правило, певні стадії, від науково-дослідних робіт до промислового освоєння. Науково-дослідні роботи конструкторського напрямку є базою для створення нового виробу, а технологічні організаційні науково-дослідні роботи в цьому комплексі спрямовані на розробку нових і вдосконалення існуючих матеріалів, технологічних процесів, форм і методів організації виробництва. Проектні роботи представляють собою послідовне вирішення конструкторських, технологічних і організаційних завдань, що стоять перед технологом машинобудування.

Оброблення різанням у виготовленні переважної більшості виробів машинобудування є досить значною. При цьому, лезова обробка впевнено витісняє абразивну в технологічних процесах різання твердих матеріалів, наприклад, загартованих сталей та на фінішних операціях, яким притаманні високі вимоги до точності розмірів, форми і шорсткості. Прогрес в обробці різанням нерозривно пов'язаний з досягненнями у сфері вдосконалення інструментальних матеріалів.

Працездатність різальних інструментів може бути підвищена шляхом надання поверхневим шарам контактних ділянок властивостей, які дозволять ефективно протидіяти зношуванню, в тому числі за умов високих температур. При цьому інструментальний матеріал повинен мати достатній запас міцності при згині, зминанні, прикладанні ударних впливів і знакозмінних напружень. Такі властивості матеріалу, зазвичай, є такими, що суперечать одна одній.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

#### Актуальність теми роботи

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

Різальні інструменти працюють в умовах високих контактних напружень і температур. Контактні напруження, що діють на поверхні інструментів при обробленні низьколегованих сталей знаходяться в межах 700-1000 МПа, а при обробленні високолегованих сталей можуть сягати 4000 МПа і більше. Температура в зоні різання складає 200-1100 °С. При цьому контактні ділянки інструментів інтенсивно зношуються внаслідок абразивного впливу, протікання корозійно-окислювальних адгезійно-втомних та дифузійних процесів [3].

Працездатність різальних інструментів може бути підвищена шляхом надання поверхневим шарам контактних ділянок властивостей, які дозволять ефективно протидіяти зношуванню, в тому числі за умов високих температур. При цьому інструментальний матеріал повинен мати достатній запас міцності при згині, зминанні, прикладанні ударних впливів і знакозмінних напружень. Такі властивості матеріалу, зазвичай, є такими, що суперечать одна одній. Тому створення інструментального матеріалу, який володітиме вищезгаданими властивостями і дослідження його працездатності є актуальним завданням.

На сьогодні інструментальна промисловість оперує двома основними матеріалами. Найбільш широко застосовується твердий сплав, частка якого при виготовленні інструментів сягає 50 %. На другому місці – швидкорізальна сталь, з якої виготовляють 40 - 45 % інструментів. Решта 5 - 10 % належать кераміці і надтвердим матеріалам. Хоча з середини ХХ століття частка швидкорізальних інструментів знизилася приблизно в два рази, їх роль в промисловості досить велика, і швидкорізальна сталь надалі зберігатиме вагомий статус завдяки високій міцності на згин, можливості отримання малорозмірних інструментів з гострими крайками, а також меншій в порівнянні з твердим сплавом вартості.

Інструменти із швидкорізальної сталі добре зарекомендували себе при малих і середніх швидкостях та середній і великій глибині різання. Це пояснюється тим, що швидкорізальна сталь має відносно невелику теплостійкість, середню твердість та високі міцність при згині, ударну в'язкість, а також хорошу витривалість.

Покращення властивостей швидкорізальних сталей можливе за рахунок оптимізації хімічного складу і використання методів порошкової металургії, які сприяють вдосконаленню структури швидкорізальних інструментів. Значну роль в розвитку швидкорізальних інструментів зіграли і зносостійкі покриття, що отримують з використанням технологій фізичного осадження покриття (ФОП). Саме застосування покриттів дозволяє швидкорізальним інструментам успішно конкурувати з інструментами, виготовленими з твердого сплаву. Принципова схема отримання ФОП зображена на рис. 1.1.

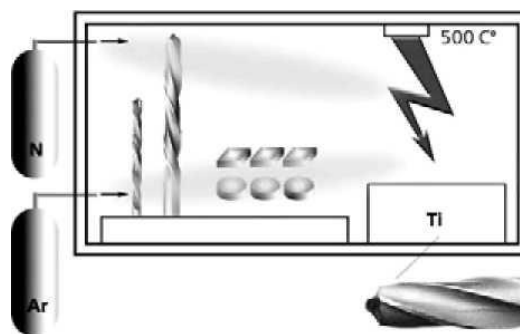


Рисунок 1.1 – Принципова схема отримання ФОП

Умови роботи ріжучого інструменту такі, що він одночасно повинен бути міцним (щоб витримувати навантаження при різанні), твердим (щоб чинити опір контактним деформаціям і заглиблюватися в оброблюваний матеріал) і теплостійким (щоб зберігати твердість при високій температурі) (табл. 1.1) [4].

Таблиця 1.1 – Властивості основних інструментальних матеріалів

Матеріал	Твердість HRA, не менше	Границя міцності при згині, МПа	Ударна в'язкість, Дж/м <sup>2</sup>	Тепло- стійкість, град	Модуль пружності, МПа
Швидкорізальна сталь	до 80	до 4000	до 588	до 700	210000
Твердий сплав	87-92	до 1800	24,5-58,8	800-1000	500000

Вимоги до інструментальних матеріалів надто суперечливі і, разом з тим, властиві лише гіпотетичному «ідеальному інструментальному матеріалу», до створення якого рухається інструментальна промисловість.

Серед інструментальних матеріалів швидкорізальна сталь володіє найбільшою міцністю і тріщиностійкістю, що дозволяє без ризику поломки застосовувати виготовлені з неї інструменти в умовах низької жорсткості технологічної системи (робота з великими вильотами інструменту, а також в умовах виникнення вібрацій). Висока міцність також дозволяє виготовляти з швидкорізальної сталі малорозмірні інструменти (наприклад, свердла діаметром від 0,05 мм) або потенційно нежорсткі інструменти (наприклад, свердла для глибокого свердління).

Однак, твердість швидкорізальної сталі відносно невисока, а контактні поверхні інструментів схильні до інтенсивного зносу, в результаті якого ріжучий клин притупляється, а в зоні контакту із стружкою утворюється лунка (рис. 1.2).

Застосування зносостійких покриттів дозволяє істотно підвищити твердість поверхневих шарів інструменту. Причому твердість покриттів (стосовно тонких плівок або шарів зазвичай використовують параметр мікротвердість), що в 1,5-3 рази вища ніж твердість поверхневих шарів твердого сплаву (табл. 1.2) [3].

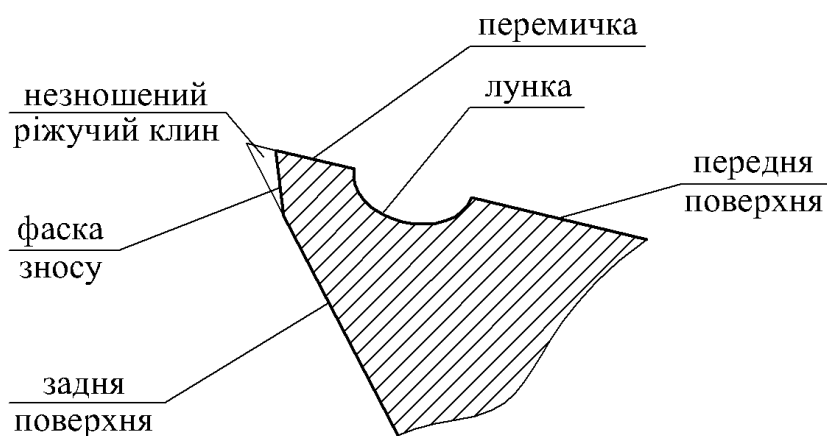


Рисунок 1.2 – Локалізація осередків зносу швидкорізального інструменту

Відповідно, використання зносостійких покриттів дозволяє в 1,5-3 рази підвищити зносостійкість інструментів із швидкорізальних сталей (рис. 1.3). При цьому, використання такого покриття дозволяє дещо зменшити проблему невисокої теплостійкості швидкорізальної сталі, оскільки, по-перше, покриття знижує тертя, а, отже, і тепловиділення при різанні; по-друге, покриття, володіючи низькою теплопровідністю, змінює тепловий баланс процесу різання: велика частка тепла передається стружці, а менша – інструменту.

Таблиця 1.2 – Властивості найбільш поширених зносостійких покриттів

Властивості	Покриття		
	TiN	TiCN	TiAlN
Мікротвердість	24,0	37,0	35,0 - 38,0
Коефіцієнт тертя	0,55	0,20	0,50 - 0,80
Товщина, мкм	1 - 5	1 - 4	1 - 4
Максимальна робоча температура, °C	600	400	800
Колір	золотистий	сіро-голубий	фіолетовий

Однак, зносостійке покриття володіє властивостями, які суттєво відрізняються від властивостей інструментальної основи (у нашому випадку – швидкорізальної сталі), що викликає відшаровування покриття внаслідок дії на нього стружки, яка прилипає до передньої поверхні. Крім цього, руйнування

покриття пов'язане з пружними і пластичними деформаціями ріжучого клину при різанні, а також із наявністю в покритті залишкових напружень. Причому, якщо для твердосплавного інструменту проблема підвищення міцності зчеплення покриття з основою вирішується шляхом напилення нижнього шару покриття при підвищеній температурі (600 - 650°C), що сприяє поліпшенню адгезії і зниженню залишкових напружень, то для швидкорізального інструменту такий спосіб неприйнятний через небезпеку структурно-фазових перетворень у сталі.

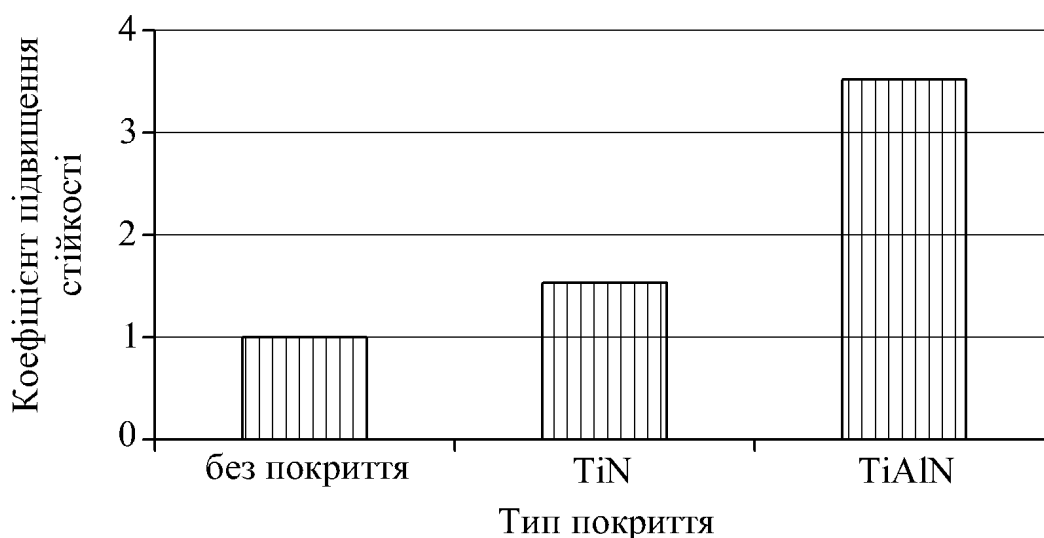


Рисунок 1.3 – Відносна стійкість інструментів, виготовлених із швидкорізальної сталі

## 1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Для підвищення міцності зв'язку зносостійкого покриття з швидкорізальною сталлю користуються спеціальними методами. Враховуючи той факт, що покриття, які отримують фізичним осадженням, мають адгезійний зв'язок з основою, тобто тримаються на її поверхні за рахунок взаємодії атомів матеріалів без взаємного проникнення в кристалічну решітку один одного, можна припустити, що кращим такий зв'язок буде, якщо покриття і основа будуть близькими за хімічним складом. Проте традиційні типи покриттів – нітрид титана

TiN, карбонітрид титану TiCN, нітрид титану і алюмінію TiAlN тощо – не містять компонентів швидкорізальної основи, головним з яких є залізо.

У зв'язку з цим виникла ідея створити покриття, що містить залізо у вигляді його хімічних сполук, наприклад, нітрид заліза FeN [5]. Але внаслідок низьких механічних властивостей він не може бути використаний у якості зносостійкого покриття. Тоді було запропоновано отримати леговане покриття – нітрид титана і заліза TiFeN, який у якості легуючого компоненту містить залізо.

Реалізувати технологію отримання покриття TiFeN виявилось можливим з використанням збірних катодів-випарників металевого компоненту покриття (рис. 1.4). Такий катод зазвичай має титановий корпус і одну або декілька вставок з легуючого металу. В даному випадку у якості вставки використовували декілька циліндрів з неіржавіючої сталі 12X18H10T.

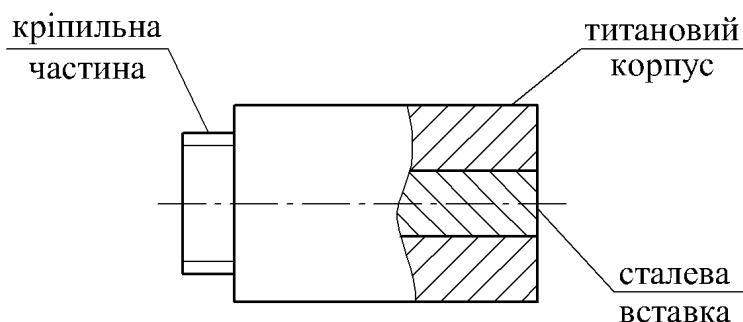


Рисунок 1.4 – Збірний катод для отримання покриття TiFeN

Застосування сталі 12X18H10T обумовлене тим, що матеріал катода повинен бути не магнітним. Це пов'язано з особливостями технології напилення. Додатковою перевагою використання цієї сталі є те, що до складу покриття ввійдуть легуючі елементи – хром і нікель.

Таким чином, було створене покриття TiFeN, що в порівнянні з TiN володіє вищими на 50 % мікротвердістю і міцністю зчеплення з основою. Проте, дане покриття поступалося щодо цих параметрів таким лідерам обробки різанням, як покриття TiAlN і TiZrN. І найголовніше – покриття TiFeN все одно відшаровувалося від швидкорізальної інструментальної основи.

### 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

В результаті аналізу завдання на кваліфікаційну роботу, а також літературних джерел щодо різальних інструментів зі спеціальним покриттям встановлено, що питання оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів потребують подальшого вивчення. Тому, можемо окреслити наступні задачі, які потрібно вирішити в процесі виконання кваліфікаційної роботи:

- визначити перспективні способи підвищення стійкості різальних інструментів, що передбачають використання спеціального покриття;
- розробити математичну модель для оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів;
- провести експериментальні дослідження стійкості різальних інструментів зі спеціальним покриттям;
- розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення корпусу КС6В-48.101;
- розробити план компонування цеху та розміщення обладнання на ділянці;
- спроектувати спеціальне технологічне оснащення для розробленого технологічного процесу виготовлення деталі;
- розробити заходи з охорони праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях.



## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Способи підвищення стійкості різальних інструментів

В ході вдосконалення технології нанесення іонно-плазмових покриттів було запропоноване покриття  $\text{TiFeTiFeN}$ , в якому нижній перехідний адгезійний шар (ПАШ)  $\text{TiFe}$  наносили без подачі азоту в камеру установки, що дозволило додати йому в'язкості, достатньої для надійного зчеплення із швидкорізальною сталлю. Верхній шар  $\text{TiFeN}$  при цьому володів достатньо високою мікротвердістю і зносостійкістю. Отже, проблема «нижньої межі» покриття – збільшення міцності зчеплення з основою – була вирішена: покриття практично перестало відшаровуватися як при випробуваннях втискуванням діамантовим індентором, так і при різанні [5].

В той самий час нове покриття  $\text{TiFeTiFeN}$  залишало невирішеною проблему «верхньої межі» покриття – мікротвердість і зносостійкість його була не достатньою. Для вирішення цієї проблеми застосували складніший комплекс легування верхнього шару, для чого використовували два різних збірних катода: один, що містить сталеві вставки, і другий, що містить цирконієву вставку. Третій катод був суцільно титановим і застосовувався для іонного розігрівання інструментів в процесі напилення. У конструкцію самого покриття також були внесені корективи, тепер воно стало тришаровим (рис. 2.1) і включало шари наступного складу і призначення:

- нижній перехідний адгезійний шар  $\text{TiZrFe}$ , що служить для зв'язку з основою;
- верхній шар  $\text{TiZrN}$ , що відповідає за мікротвердість і зносостійкість;
- проміжний шар  $\text{TiZrFeN}$ , що служить для зв'язку верхнього і нижнього шарів і створення плавного переходу властивостей від твердої поверхні до міцної і в'язкої основи.

Нове тришарове покриття  $\text{TiZrFe-TiZrFeN-TiZrN}$  окрім високої мікротвердості і міцності зчеплення з основою володіє змінним по товщині залишковими



Серед перерахованих напрямів вдосконалення функціональних покриттів найбільш багатообіцяючою є концепція багатошарових покриттів з нанорозмірними зернами і товщиною шарів, оскільки такі покриття відповідають більшості суперечливих вимог (забезпечення низького тертя, високої зносостійкості, бар'єрних функцій дифузії, тепловим потокам в системі різання при дотриманні високої міцності міжшарової адгезії, зниження рівня внутрішніх напружень, збалансованості твердості та в'язкості тощо). Крім того, з'являється можливість формування комбінованих покриттів, що включають метастабільні і багатокомпонентні структури, що чергуються, поєднують різні властивості окремих шарів в одному покритті [6].

В даний час провідні виробники ріжучого інструменту до 90 - 95 % інструменту з твердого сплаву і до 60 % інструменту з швидкорізальної сталі виготовляють з композиційно-багатошаровими покриттями останнього покоління. При виробництві інструменту все ширше використовують композиційні наноструктуровані покриття. Зокрема, компанія Sandvik Coromant, яка в 1970 році однією з перших в світі освоїла серійний випуск змінних багатогранних пластин (ЗБП) з покриттям ТІС (серія GC, метод нанесення CVD) і в даний час є одним зі світових лідерів виробництва ЗБП з твердих сплавів з покриттям, розробила нове композиційно-багатошарове покриття TiN-TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiCN для пластин серії GC 2025, в якому шар TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> складається з субшарів нанорозмірної товщини з нанокристалічними зернами. Пластини GC 2025 мають стійкість до 2-2,5 разів вищу ніж стійкість пластин із стандартним багатошаровим покриттям [6]. Провідні розробники покриттів, що отримують методами фізичного осадження PVD (Balzers, Semicon, Metaplas, Leybold, Platit та ін.), розробили гамму наноструктурованих покриттів для нанесення на ріжучі інструменти, які пропонуються споживачам для широкого застосування. Зокрема, фірма Platit (Швейцарія) розробила двофазні наноструктуровані покриття з розмірами зерен до 5 нм, у яких основну функцію щодо зносостійкості виконують зерна (Al,Cr)N або (Ti,Al)N (основна нанокристалічна фаза) на межах яких розташовується друга нанокристалічна (або аморфна) фаза Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, що стримує коагуляцію зерен основної

фази як при осадженні покриття (вакуумно-дугова технологія), так і при експлуатації інструментів. Аналогічні дослідження з розробки наноструктурованих покриттів нового покоління проводять фірми Balzers, Metaplas, Cimicon та ін.

Таким чином, створення покриттів для ріжучого інструменту нового покоління найефективніше здійснювати на основі інноваційної концепції багатошарово-композиційних архітектур з нанометричною структурою і шарами нанорозмірної товщини різного композиційного складу і функціонального призначення, що чергуються між собою.

## 2.2 Прогнозування стійкості різальних інструментів

Процес різання і умови функціонування ріжучого інструменту супроводжується впливом великої кількості випадкових факторів. Випадковою величиною є стійкість інструменту, яка найчастіше визначається або випадковим процесом зношування, або поломками, пов'язаними з виникненням випадкових руйнівних силових впливів на інструмент.

При цьому, безвідмовність інструменту може бути кількісно визначена ймовірністю того, що стійкість перевищить заданий рівень, або стійкістю, яка не буде нижче заданої із ймовірністю  $P$  (гарантована стійкість).

Причини виникнення відмов інструменту при різанні можуть бути описані наступними теоретичними схемами [7]:

– «схема пошкоджень, що накопичуються». Відмова утворюється внаслідок поступової зміни значень одного чи кількох параметрів об'єкта (зношування, старіння);

– «схема миттєвих пошкоджень», при якій відмова настає незалежно від того, скільки часу до цього інструмент перебував в експлуатації (раптова поломка інструменту);

– «схема релаксації». Поступове накопичення пошкоджень може бути не прямою, а лише опосередкованою причиною відмови, при цьому характерне поєднання

поступового накопичення пошкоджень ізстрибоподібною зміною стану інструменту (характерний для процесів утворення наросту і його зриву з ріжучого леза);

– «схема дії декількох незалежних причин», яка на практиці є найбільш типовою, аленайскладніше описується математично.

При моделюванні надійності інструменту, вибір схеми виникнення відмов обумовлюється варіантом поєднанням інструментального та оброблюваного матеріалів, режимів оброблення, конкретним етапом технологічного процесу тощо.

Слід зазначити, що працездатним вважається такий стан інструменту, при якому виконуються вимоги до точності і якості оброблюваних виробів, а також дотримуються обмеження щодо продуктивності та вартості обробки.

Випадкові коливання припуску і твердості оброблюваної заготовки є причинами дії «пікових» навантажень на ріжучий елемент інструменту.

Приведена схема виникнення раптової відмови може бути описана експоненціальним законом розподілу ймовірності безвідмовної роботи (гарантійна стійкість)

$$P(\tau \geq T) = e^{-\lambda T}, \quad (2.1)$$

де  $P(\tau \geq T)$  – ймовірність того, що час безвідмовної роботи інструменту більший ніж задана величина стійкості  $T$ ;

$\lambda$  – величина, обернена до середнього часу безвідмовної роботи.

Для моделювання поступових відмов, пов'язаних із зносом інструменту, застосуємо випадкову функцію, для якої закон розподілу напрацювання на відмову нормальний

$$P(\tau \geq T) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{T-C}{\sigma}} e^{-\frac{U^2}{2}} dU, \quad (2.2)$$

де  $C$  і  $\sigma$  – математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення часу безвідмовної роботи.

Під час процесу різання кожен з видів відмов діє незалежно і паралельно один до одного. Окремо взятій причині відмови інструменту  $P_i$  відповідає час безвідмовної роботи  $\tau_i$ . Для визначення часу безвідмовної роботи  $\tau$  при одночасній дії  $K$  причин вважаємо, що з того моменту, коли одна з причин викликала відмову, дія інших причин не може змінити положення. Звідси випливає, що час безвідмовної роботи інструменту є мінімальним з усіх можливих значень  $\tau_i$ .

Якщо  $F_i(T)$  – функція розподілу часу  $\tau_i$  при ізольованій дії  $i$  – ї причини відмови, то функція розподілу часу  $\tau$  при одночасній дії  $K$  причин відмов виражається формулою

$$F(T) = 1 - [1 - F_1(T)][1 - F_2(T)] \dots [1 - F_k(T)]. \quad (2.3)$$

При дії «раптових» і «поступових» відмов функцію  $F(T)$  можна представити рівнянням

$$F(T) = 1 - \lambda^{-\lambda T} \left[ 1 - \Phi \left( \frac{T - C}{\sigma} \right) \right], \quad (2.4)$$

де  $\Phi \left( \frac{T - C}{\sigma} \right)$  – інтеграл Лапласа.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи буде визначатися залежністю

$$P(\tau \geq T) = \lambda^{-\lambda T} \left[ 1 - \Phi \left( \frac{T - C}{\sigma} \right) \right]. \quad (2.5)$$

Для оцінки і прогнозування надійності інструменту необхідно скласти модель процесів різання типу «параметр – поле допуску». В даному випадку працездатний стан інструменту в основному характеризує величина допустимого зносу ріжучого леза. Швидкість зносу, а відповідно і, час досягнення інструментом граничного стану, залежить від значної кількості факторів (виду зносу, режиму різання, характеристики оброблюваного та інструментального матеріалів тощо).

Врахувати усі ці фактори досить складно, тому важко заздалегідь призначити допустимий рівень зносу інструменту. Тому виникає задача

визначення допустимого рівня зносу теоретично, на підставі моделі надійності інструменту, а також експериментальних і довідкових даних про середню стійкість різних інструментів.

Оцінку параметрів  $C$  і  $\sigma$  інтеграла Лапласа можна здійснити або за даними про напрацювання інструментів на відмову, або – за реалізаціями процесу зносу.

В першому випадку використовують дані про час напрацювання на відмову  $\tau_1 \dots \tau_N$ , за якими знаходять емпіричне середнє значення і дисперсію часу безвідмовної роботи:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{1}{N} \sum_1^N \tau_i ; \\ S_\tau^2 &= \frac{1}{N-1} \sum_1^N (\tau_i - \bar{\tau})^2 .\end{aligned}\tag{2.6}$$

Параметр  $C$  прирівнюємо до математичного сподівання часів  $\tau$ , тобто  $M(\tau) = \tau = C$ . Дисперсія дорівнює  $\sigma^2 = D(\tau) = S_\tau^2$ .

У другому випадку необхідно формалізувати процес зносу інструменту. Нехай у випадкові моменти часу виникають одиничні пошкодження ріжучого клину однакової величини, при накопиченні  $r$  пошкоджень – інструмент виходить з ладу (наступає його відмова). Пошкодження полягає в тому, що знос стрибкоподібно збільшується на деяку величину  $y$ .

Нехай  $[h]$  – це граничний допустимий рівень зносу, при якому настає відмова. Звідси витікає, що число пошкоджень рівне  $r = [h]/y$ , а середня швидкість зносу  $\lambda$  визначається з рівняння

$$\lambda = \frac{1}{y} \cdot \frac{dM[h(T)]}{dT},\tag{2.7}$$

де  $M[h(T)]$  – математичне сподівання величини зносу за час  $T$ .

Для даної реалізації зносу обчислюється середня величина приросту зносу  $\Delta h_i$  за інтервал спостережень  $\Delta t$

$$\Delta h_i = \frac{1}{m}, \quad (2.8)$$

де  $m$  – число інтервалів спостережень;

$\Delta h_i$  – приріст величини зносу в  $i$  – у інтервалі.

Дисперсія величин  $\Delta h_i$  визначається з рівняння

$$S_h^2 = \frac{1}{1-m} \sum_1^m (\Delta h_i - \Delta \bar{h}_i)^2. \quad (2.9)$$

Обчислимо значення  $y$  і  $\lambda$ :

$$y = \frac{S_h^2}{\Delta h_i}; \quad (2.10)$$

$$\lambda = \frac{\overline{\Delta h^2}}{S_h^2} \cdot \frac{1}{\Delta t}.$$

Визначимо величини  $C$ ,  $\sigma$  і  $r$ :

$$C = \frac{r}{\lambda}; \quad (2.11)$$

$$\sigma^2 = \frac{r}{\lambda^2};$$

$$r = \frac{[h]}{y} = \frac{[h] \cdot \Delta \bar{h}_i}{S_h^2}. \quad (2.12)$$

Величину одиничних пошкоджень  $r$  при зносі також можна визначити за даними про час безвідмовної роботи



$$r = \frac{\overline{\tau^2}}{S_\tau^2}, \quad (2.13)$$

де  $\tau^2$  і  $S^2$  визначають за рівняннями (2.6).

Прирівнюючи праві частини рівнянь (2.12) і (2.13), отримаємо:

$$\frac{[h] \cdot \Delta \overline{h}_i}{S_h^2} = \frac{\overline{\tau^2}}{S_\tau^2},$$

звідси

$$[h] = \frac{\overline{\tau^2} \cdot S_h^2}{S_\tau^2 \cdot \Delta \overline{h}_i}. \quad (2.14)$$

Таким чином, для визначення допустимого зносу  $[h]$  необхідні дані про реалізацію (розвиток) зносу інструменту через проміжки часу  $\Delta t$  і дослідні, або довідкові дані про час напрацювання на відмову конкретних інструментів.

При прогнозуванні стійкості ріжучого інструменту вирішується імовірнісна задача, в якій поведінка інструменту в майбутньому визначається з тією чи іншою мірою достовірності. Для прогнозування стійкості інструменту використовуються дані лабораторних випробувань інструментів при різних режимах, а також довідкова інформація про відмови і середню стійкість інструментів.

Етапи вирішення задачі наступні:

а) в результаті випробувань конкретних видів ріжучого інструменту визначаються значення  $y$  і  $\lambda$  (розрахунок за рівняннями (2.10));

б) з рівняння (2.6) визначаються середній час напрацювання на відмову і його дисперсія;

в) потім визначається час досягнення інструментами допустимого зносу  $[h]$  із заданим рівнем вірогідності  $\lambda$ , інакше кажучи, гарантійна стійкість.

З рівняння (2.2) знайдемо ймовірність безвідмовної роботи інструменту

$$P(\tau \geq T) = 1 - \Phi\left(\frac{T - C}{\sigma}\right). \quad (2.15)$$

Позначимо

$$\frac{T - C}{\sigma} = X. \quad (2.16)$$

Значення аргументу  $X$  функції Лапласа табульоване і залежить від величини  $\Phi(x) - \gamma$ , яку задають при випробуваннях.

$$T = \sigma X + C \quad (2.17)$$

Підставимо в (2.17) значення  $C$  і  $\sigma$  з (2.11) отримаємо:

$$T_\gamma = \sqrt{\frac{r}{\lambda^2}} \cdot X + \frac{r}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} (\sqrt{r} \cdot X + r). \quad (2.18)$$

Підставивши в (2.18) значення  $r$  з (2.12) і  $\lambda$  з (2.11), отримаємо:

$$T_\gamma = \frac{\Delta t \cdot S_h^2}{\Delta h^2} \left( \sqrt{\frac{[h]\Delta\bar{h}}{S_h^2}} \cdot X + \frac{[h]\Delta\bar{h}}{S_h^2} \right). \quad (2.19)$$

Таким чином, за залежністю (2.19) розраховується  $\gamma$  – процентна (гарантійна) стійкість інструменту.

Прогнозування стійкості інструменту при одночасній наявності явищ зносу і раптових поломок здійснюється чисельним вирішенням рівняння (2.5) щодо  $T$ .

### 2.3 Експериментальні дослідження стійкості різальних інструментів

Результати досліджень структури зносостійкого шару TiAlN та параметрів покриття представлена в таблиці 2.1. У таблиці прийнято наступні умовні позначення:  $h_a$  – товщина адгезійного підшару;  $h_z$ ;  $h_n$  – товщина зносостійкого і проміжного шарів;  $h_c$  – товщина субшарів зносостійкого і проміжного шарів.

Таблиця 2.1 – Архітектура і параметри зносостійкого комплексу

Елементи покриття	Склад, %; товщина
Адгезійний підшар Ti	$h_a = 0,1$ мкм
Зносостійкий шар TiAlN	50% Ti-50% Al; $h_z = 2,0$ мкм; $h_c = 25$ нм
Проміжний шар TiN	$h_n = 1,8$ мкм $h_c = 15$ нм

Аналіз даних, представлених в таблиці 2.1 дозволяє відзначити наступне. Середнє значення співвідношення Ti і Al в TiAlN-шарі покриття склало 2,6. Світло-сірі підшари вказують на високий вміст Al. Основний TiAlN-шар має темно-сірій колір і стовпчасту структуру, орієнтовану перпендикулярно до площини підшару TiN, яка чергується зі світлими шарами. Товщина субшарів як зносостійкого TiAlN, так і проміжних шарів TiN складає 15-25 нм, що дозволяє класифікувати покриття як нанорозмірне.

Були проведені також лабораторні дослідження різних типів ріжучого інструменту зі зносостійкими покриттями.

Отримані дані випробувань покриттів показали їх високу ефективність не лише при поздовжньому точінні сталі 45, але і при точінні та фрезеруванні важкооброблюваних хромонікелевих сплавів типу ХН77ТЮР [8]. Зокрема, застосування покриттів з нанорозмірними субшарами як при сухому різанні, так і при різанні з рідкими ЗОР дозволяє підвищити стійкість інструменту в 2...5 разів

при точінні конструкційних сталей (на прикладі сталі 45) і важкооброблюваних матеріалів (на прикладі хромонікелевого сплаву ХН77ТЮР).

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

Аналогічні результати були отримані при сухому фрезеруванні легованої сталі 20MnCr5 торцевими фрезами  $\varnothing 63$  мм, оснащеними пластинами з швидкорізальною сталлю, з режимами різання  $V = 89$  м/хв,  $S_z = 0,28$  мм/зуб,  $t = 1,5$  мм представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати випробувань стійкості торцевих фрез

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

Дані, приведені в таблиці 2.2, дозволяють відзначити підвищення періоду стійкості фрез з A-Ti-TiN-(Ti,Al,Cr)N до 4 разів в порівнянні з періодом стійкості фрез без покриття і в 2...2,5 рази в порівнянні з аналогічним показником для фрез із різними варіантами стандартних покриттів. Отримані результати свідчать про суттєві переваги швидкорізального інструменту з перспективними складами

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

Графічні залежності зносу задньої поверхні зубів фрез з різними типами покриттів від часу їх роботи представлено на рис. 2.2.

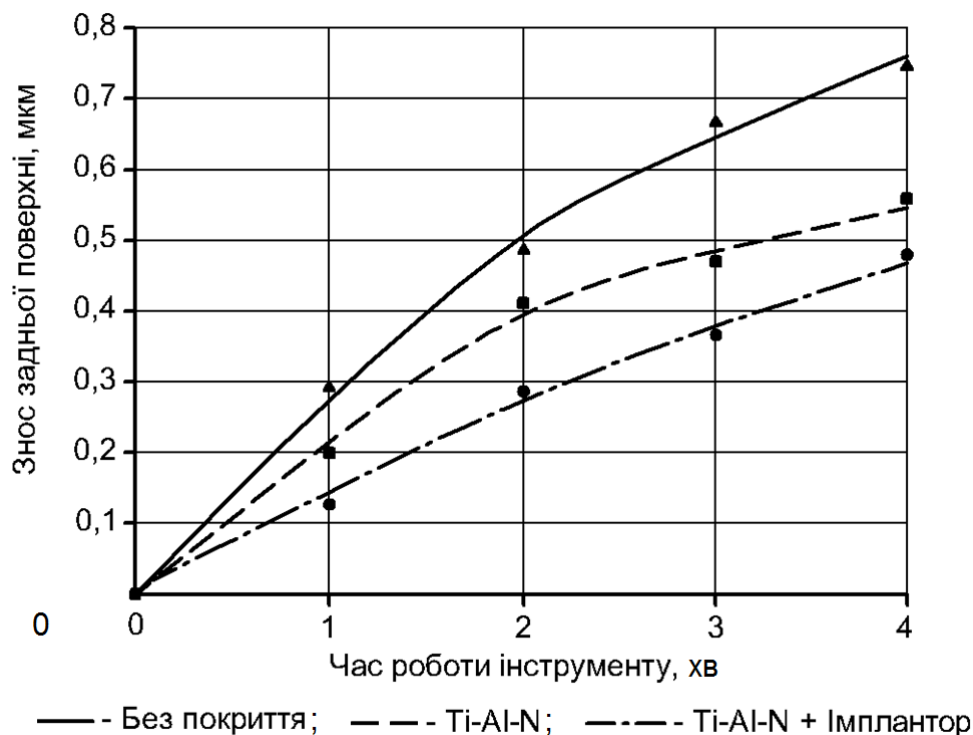


Рисунок 2.2 – Залежність зносу інструменту від часу його роботи

## 2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

1. Встановлено, що створення покриттів для ріжучого інструменту нового покоління найефективніше здійснювати на основі багат шарово-композиційних архітектур з нанометричною структурою і шарами нанорозмірної товщини різного композиційного складу і функціонального призначення, що чергуються між собою.

2. Розроблена математична модель дозволить здійснювати оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів при одночасній наявності явищ зносу та раптових поломок.

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

4. Результати експериментальних досліджень ріжучих властивостей кінцевих фрез зі зносостійкими комплексами дозволяють відзначити підвищення періоду стійкості фрез до 4 разів в порівнянні з періодом стійкості фрез без покриття і в 2...2,5 рази в порівнянні з аналогічним показником для фрез із різними варіантами стандартних покриттів.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

##### Аналіз технологічності виробу

Корпус КС6В-48.101 є базовою деталлю верхнього редуктора приводу шнеків КС6В-48.010 шестирядної самохідної коренезбиральної машини КС-6Б.

Корпус 11 редуктора (рис. 3.1) призначений для розміщення в ньому складальних одиниць і деталей редуктора.

Ведучий вал 12 являє собою вал-шестерню, на вхідний кінець якого насаджена півмуфта 13 глухої фланцевої муфти. Крутний момент від півмуфти до вала-шестерні передається через призматичну шпонку. Монтується вал-шестерня в корпусі на радіальних кулькових підшипниках.

Зубчасте колесо 14 косозубої циліндричної передачі насаджується на ведений вал 7, обладнаний запобіжною кулачковою муфтою, що складається із двох зубчастих шайб 8 і шліцевої втулки 9, насадженої на вал. До однієї із зубчастих шайб втулка притискається за допомогою стержня 10 з шайбою 15. Стержень 10 розміщується в порожнині вала 7. На іншому кінці вала між двома втулками 6 розміщені гвинтові циліндричні пружини стиску 1 і 2, деформацію яких змінюють за допомогою регулювальної гайки 5. Фіксацію гайки виконують за допомогою стопорного штифта 4 і контргайки 3.

Дана муфта призначена для запобігання руйнувань елементів передачі при перевантаженнях і відрегульована на момент спрацьовування  $M_{сп} = 800^{+50}$  Н·м.

Як було сказано вище корпус є базовою деталлю редуктора. Він повинен забезпечувати постійність відносного положення розміщених в ньому деталей як в статичному стані, так і при експлуатації машини. Саме тому він повинен володіти достатньою жорсткістю.

Корпус КС6В-48.101 являє собою чавунну відливку коробчастої форми (рис. 3.2) з габаритними розмірами  $345 \times 258 \times 148$  мм.

Даний корпус має основні базові поверхні у вигляді площин (поверхні А). Цими поверхнями він встановлюється на рамі викопуючого пристрою.

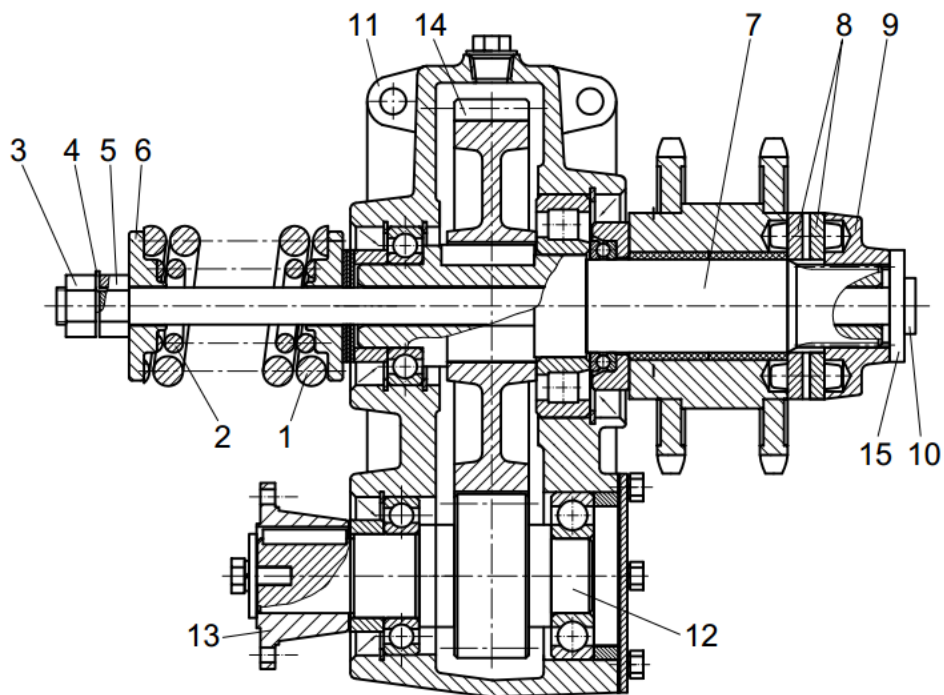


Рисунок 3.1 – Редуктор верхній приводу шнеків КС6В-48.010

Допоміжними базовими поверхнями є поверхні отворів  $E$  і  $E_1$ , за допомогою яких він кріпиться до рами.

Як і кожен з подібних корпусів корпус КС6В-48.010 характеризується наявністю точно оброблених отворів  $B$ ,  $B$ ,  $\Gamma$  і  $D$  скоординованих між собою і відносно базових площин. В даних отворах, що називають основними, на підшипниках монтується вали редуктора.

Крім цього, до основних слід віднести поверхні  $K_1$ ,  $K_2$ , і  $K_3$ , що служать для монтажу стопорних кілець, оскільки точність їх виконання визначає взаємне розміщення деталей у складеному редукторі.

Отвори  $O$  і  $O_1$  є допоміжними, і служать для контролю за рівнем мастила. До допоміжних отворів відносяться також різьбові отвори  $C$  і  $T$ , що служать для кріплення до корпусу бокової і верхньої кришок.

Поверхня  $P$  – це площина, на якій монтується верхня кришка редуктора.

Поверхня  $H$  – це площина, на якій виконані різьбові отвори для контролю рівня мастила.

Решта поверхонь – допоміжні і призначені для побудови контуру деталі, виконання базових елементів та інше.



Після ознайомлення з конструктивними особливостями деталі проводимо аналіз технічних вимог, під час якого виявляємо технологічні задачі обробки деталі. Визначивши найвідповідальніші поверхні вибираємо методи викінчувальної обробки і методи контролю технічних вимог.

Результати аналізу зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Поверхня	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
<i>Б, В, Г, Д</i>	Виготовити основні отвори по 7 квалітету, шорсткість поверхні $Ra\ 2,5$	Розточування тонке, забезпечує 7 квалітет з шорсткістю $Ra\ 1,25$	Пробка згідно ГОСТ 1485–69, зразки шорсткості
<i>А, Н, Р, М</i>	Забезпечити шорсткість плоских поверхонь $Ra\ 25; Ra\ 12,5$	Фрезерування чорнове торцевою фрезою, забезпечує $Ra\ 12,5 \dots 6,3$	Зразки шорсткості
<i>Б, Д, В, Г</i>	Забезпечити співвісність отворів в межах допуску (0,06 мм на діаметр)	Обробка співвісних отворів за один установ інструментом достатньої жорсткості	Пристрій спеціальний для контролю співвісності, паралельності і перпендикулярності
<i>Б, Д, В, Г</i>	Забезпечити паралельність осей отворів в межах допуску (0,08 мм на довжині 140 мм)	Обробка за один установ інструментом достатньої жорсткості	
<i>М, Д</i>	Забезпечити перпендикулярність торця до осі отвору в межах допуску (0,2 мм)	Точність установки деталі на верстаті і точність самого верстату	Спеціальний пристрій для контролю співвісності, паралельності і перпендикулярності
<i>О, С, Т</i>	Забезпечити точність розміщення отворів в межах позиційного допуску (0.3 мм на діаметр)	Точність виготовлення направляючих елементів пристосувань	Спеціальні калібри

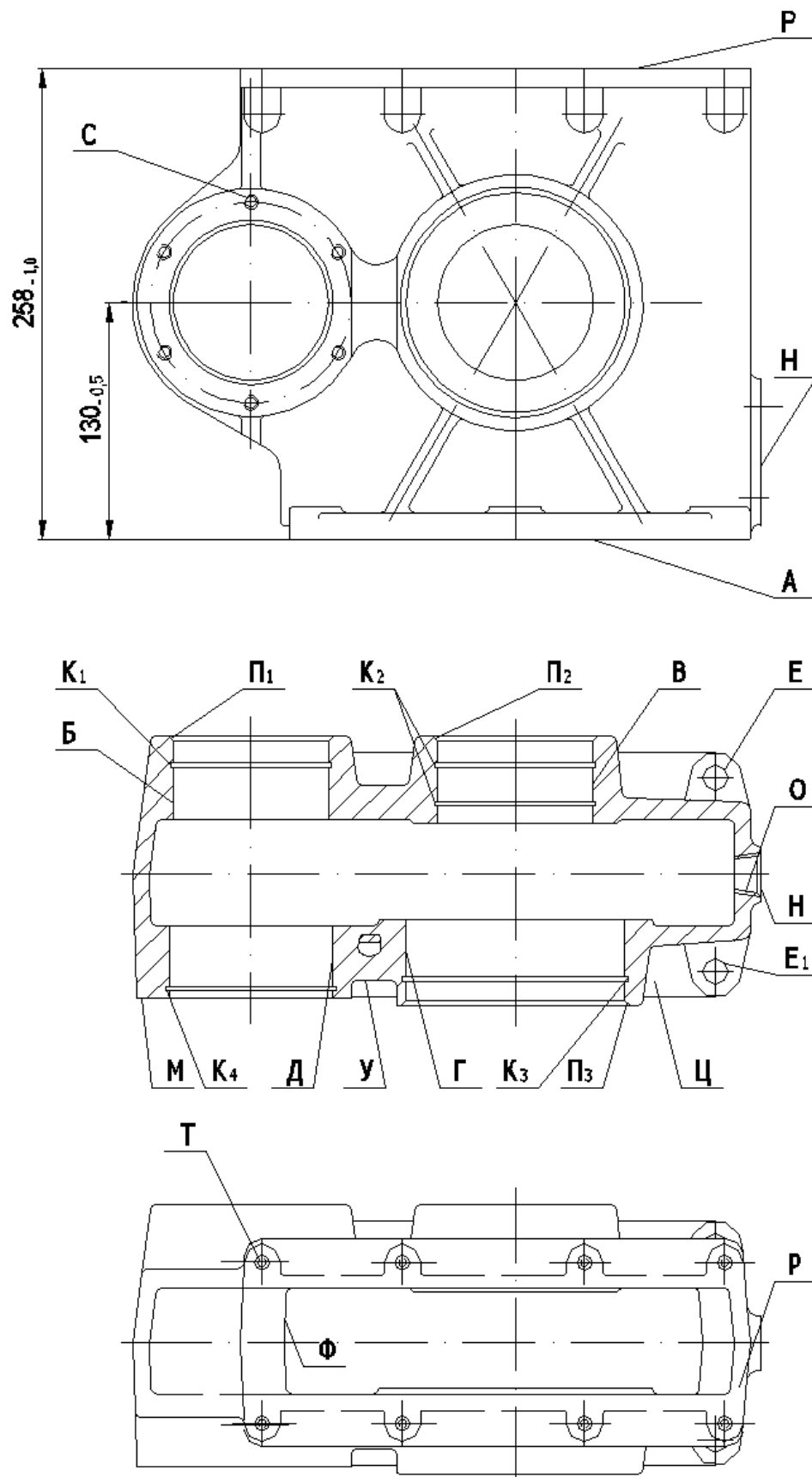


Рисунок 3.2 – Позначення поверхонь корпусу КС6В-48.101

Одним з факторів, які суттєво впливають на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції виробу та його складових частин. При конструюванні виробів необхідно не тільки забезпечити експлуатаційні вимоги, а й вимоги до їх найбільш економічного виготовлення. Чим менша трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше він вважається технологічним. Тому проектуванню технологічного процесу передують відпрацювання виробу на технологічність.

Оцінка технологічності конструкції може бути двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено, на підставі досвіду виконавця і проводиться на всіх стадіях проектування, як попередня. Її характеризують показники: добре, або погано.

Конструкція деталі «Корпус КС6В–48.101» (надалі просто корпус) дозволяє проводити обробку плоских поверхонь на прохід. Оброблювані площини розташовані паралельно (поверхні  $A$  і  $P$ , рис.3.2) або перпендикулярно (поверхні  $H$  і  $M$ ).

Форма і розміри основних отворів дозволяють обробляти їх на прохід за один установ. Причому два з них ( $B$  і  $B$ ) можна обробляти одним інструментом. Осі всіх отворів розташовані перпендикулярно до площини входу (виходу).

Деталь містить 14 глухих різьбових отворів ( $T$  і  $C$ ). Їх розміри уніфіковані, а рівномірне розміщення дозволяє проводити їх одночасну обробку стандартизованим інструментом.

Жорсткість деталі є достатньою, вона не обмежує режимів різання. Форма деталі забезпечує можливість надійного її базування та закріплення при обробці. До всіх поверхонь є вільний доступ інструментів.

Всього деталь містить 38 оброблюваних поверхонь, інші поверхні виготовляються на заготівельному етапі (поверхні, що не контактують з поверхнями інших виробів).

Матеріал, з якого виготовляється деталь (сірий чавун) і спосіб отримання заготовки є типовими для деталей даної групи.

На основі вищесказаного можна зробити висновок: дана деталь з точки зору якісної оцінки є технологічною.

Кількісна оцінка базується на визначенні відношення досягнутих показників до базових. У ГОСТ 14.201–83 наведено типовий перелік показників технологічності, з якого розробник повинен приймати мінімальну, але достатню їх кількість.

Найчастіше використовуються наступні показники [9].

Рівень технологічності конструкції деталі за трудомісткістю виготовлення

$$K_T = \frac{T_\partial}{T_\partial} , \quad (3.1)$$

де  $T_\partial$  і  $T_\partial$  – досягнута і базова трудомісткість виготовлення, хв

$$T_\partial = \sum_{i=1}^p T_{um.i} , \quad (3.2)$$

де  $t_{um.i}$  – штучний час  $i$ -ї операції, хв.;

$p$  – кількість технологічних операцій;

$T_\partial$  – трудомісткість виготовлення, хв..

Рівень технологічності конструкції за собівартістю

$$K_C = \frac{C_\partial}{C_\partial} , \quad (3.3)$$

де  $C_\partial$  і  $C_\partial$  – досягнута і базова собівартість виготовлення виробу, грн.

$$C_\partial = C_m + C_3 + C_{об} , \quad (3.4)$$

де  $C_m$  – вартість початкового матеріалу, грн.;

$C_3$  – вартість виготовлення заготовки (з накладними витратами заготівельного цеху), грн.;

$C_{об}$  – вартість оброблення заготовки (з накладними витратами механічного цеху), грн.;

Технологічність конструкції деталі за трудомісткістю і технологічною собівартістю остаточно визначаються лише після розробки та нормування технологічного процесу.

Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу.

$$K_m = \frac{K_{в.мб}}{K_{в.мд}}, \quad (3.5)$$

де  $K_{в.мб}$  і  $K_{в.мд}$  – базовий і досягнутий коефіцієнти використання матеріалу.

$$K_{в.м} = \frac{M_d}{M_m}, \quad (3.6)$$

де  $M_d$  – маса готової деталі, кг;

$M_m$  – маса матеріалу, витраченого на виготовлення деталі, кг;

$K_{в.м}$  – коефіцієнт використання матеріалу.

Технологічність конструкції деталі за використанням матеріалу остаточно визначається після добору способу виготовлення заготовки й розрахунку припусків на обробку.

Рівень технологічності конструкції за точністю обробки

$$K_{точ} = \frac{IT_{бс}}{IT_{дс}}, \quad (3.7)$$

де  $IT_{бс}$  і  $IT_{дс}$  – базовий та досягнутий середній квалітет точності групи порівнюваних поверхонь деталі.

$$IT_{дс} = \frac{\sum IT_i n_i}{\sum n_i}, \quad (3.8)$$

де  $IT_i$  – квалітет точності;

$n_i$  – число розмірів відповідного квалітету точності.

Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхонь

$$K_{ш} = \frac{Ш_{\delta c}}{Ш_{\delta c}} , \quad (3.9)$$

де  $Ш_{\delta c}$  і  $Ш_{\delta c}$  – базовий та досягнутий середній клас шорсткості групи порівнюваних оброблюваних поверхонь.

$$Ш_{\delta c} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i} , \quad (3.10)$$

де  $Ш_i$  – клас шорсткості;

$n_i$  – число поверхонь відповідного класу шорсткості.

Показники технологічності за шорсткістю і точністю можуть бути визначені зразу після внесення в креслення відповідних змін.

Вважаємо, що без суттєвих втрат експлуатаційних характеристик у конструкцію деталі можна внести певні зміни (табл. 3.2), для покращення її технологічності.

Проводимо розрахунок показників технологічності

$$IT_{\delta c} = \frac{7 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 13 \cdot 5}{4 + 5 + 5} = 10,928;$$

$$IT_{\delta c} = \frac{8 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 13 \cdot 4}{4 + 4 + 4} = 11;$$

$$K_{точ} = \frac{10,928}{11} = 0,993;$$

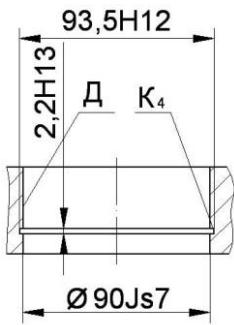
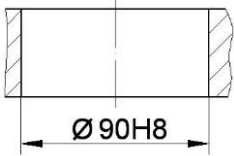
$$Ш_{\delta c} = \frac{7 \cdot 4 + 4 \cdot 10 + 3 \cdot 5}{4 + 10 + 5} = 4,368;$$

$$Ш_{\delta c} = \frac{5 \cdot 4 + 4 \cdot 8 + 3 \cdot 4}{4 + 8 + 4} = 4;$$

$$Ш_{\delta c} = \frac{4}{4,368} = 0,916.$$

Згідно ГОСТ 14.202–83 розроблені конструкції вважаються технологічними, якщо числові значення рівнів технологічності менші за одиницю.

Таблиця 3.2 – Запропоновані зміни в кресленні та їх мета

Було	Стало	Мета зміни
Ø85Js7 (2 отв.) <i>Ra</i> 0,8 (7 клас) Ø90Js7 <i>Ra</i> 0,8 (7 клас) Ø120Js7 <i>Ra</i> 0,8 (7 клас)	Ø85H8 (2 отв.) <i>Ra</i> 2,5 (5 клас) Ø90H8 <i>Ra</i> 2,5 (5 клас) Ø120H8 <i>Ra</i> 2,5 (5 клас)	Замість чорнового, напівчистового, чистового і тонкого розточування буде виконуватись лише чорнове, напівчистове і чистове розточування
		Відпаде необхідність виготовлення канавки, що зменшить трудомісткість оброблення деталі

Існує також ряд інших показників, котрі дають змогу конкретизувати ті чи інші конструктивні недоліки і намітити шляхи підвищення технологічності. До них належать рівні уніфікації деталей та їх конструктивних елементів, марок матеріалів, сортаментів матеріалів, різьб, посадок тощо.

### 3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

#### 3.2.1 Вибір заготовки

При виборі способу одержання заготовки необхідно враховувати:

- конфігурацію, розміри, масу і матеріал заготовки;
- необхідну кількість заготовок;
- необхідну точність отримання заготовки;
- шорсткість і якість поверхневих шарів заготовки;
- бажаний напрям волокон.

Вибраний спосіб отримання заготовки повинен забезпечувати найменшу собівартість деталі. При цьому важливе значення має економія металу, що йде в стружку. Тому слід прагнути до того, щоб прийнятий спосіб забезпечував отримання заготовки, що максимально наближена за формою і розмірами до готової деталі.

Заготовкою для деталі «Корпус КС6В-48.101» служить вилівок із сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Завдяки хорошим технологічним властивостям (ливарним, оброблюваням різанням) і відносно невисокій вартості чавун є найпоширенішим матеріалом, що використовується для відливок.

Фізичні та механічні властивості СЧ20 [10] наступні: густина  $\rho = (7,2-7,3) \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; границя міцності на розтяг  $\sigma_{\text{ВР}} = 200$  МПа; границя міцності на згин  $\sigma_{\text{ВЗГ}} = 400$  МПа; границя міцності на стискання  $\sigma_{\text{ВС}} = 700$  МПа; Твердість 170 –241 НВ.

Хімічний склад СЧ20 [10] такий: вуглець 3 – 3,5 %; кремній 1,3 – 2,5 %; марганець 0,6 – 1,2 %; фосфор до 0,3 %; сірка до 0,15 %.

Розглядаємо два варіанти отримання заготовки для деталі «Корпус КС6В»:

- 1) литво в піщані форми при машинному формуванні за дерев'яними чи металевими моделями;
- 2) литво в кокіль.

Розглядувані методи отримання заготовки є подібними, застосування кожного з них не викликати змін в технологічному процесі механічної обробки.

Перевагу слід надавати заготовці, яка характеризується кращим використанням металу і меншою вартістю.

Вартість заготовок, отриманих литвом можна з достатньою для дипломного проектування точністю визначити за формулою [11]

$$C_3 = \left( \frac{C_i}{1000} M_3 k_T k_C k_B k_M k_{II} \right) - (M_3 - M_o) \frac{C_{\text{сiодx}}}{1000}, \quad (3.11)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;



$k_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності;

$k_C$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$k_B$  – коефіцієнт, що залежить від маси;

$k_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу;

$k_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму випуску заготовок;

$M_3$  – маса заготовки, кг;

$M_\partial$  – маса деталі, кг;

$C_{відх}$  – ціна однієї тони відходів, грн.

Вихідні дані для розрахунку вартості заготовок для обох запропонованих варіантів зведено к таблицю 3.3.

Базова вартість однієї тони заготовок і відходів прийнята станом на 10.11.2020 решта даних з літератури [9].

Таблиця 3.3 – Дані для розрахунку вартості заготовок

Назва показників	Варіант		
	Перший	Другий	
Вид заготовки	Литво в піщані форми	Литво в кокіль	
Клас точності	3	1	
Група складності	IV	IV	
Маса заготовки $M_3$ , кг	20,4	19,8	
Маса деталі $M_\partial$ , кг	17,4		
Базова вартість однієї тонни заготовок $C_i$ , грн.;	45550	47200	
Базова вартість однієї тонни відходів $C_{відх}$ , грн.;	7000		
Коефіцієнти	$k_T$	1,0	1,06
	$k_C$	1,2	1,2
	$k_B$	0,8	0,84
	$k_M$	1,09	1,09
	$k_{II}$	0,76	0,76

Економічний ефект для порівняння способів отримання заготовки, якщо технологічний процес механічної обробки не змінюється, може бути розрахований за формулою

$$E = (C_{32} - C_{31}) \cdot N, \quad (3.12)$$

де  $C_{31}$  і  $C_{32}$  – вартості порівнюваних заготовок, грн.;

$N$  – річна програма випуску, шт.

Вартість виливка для першого варіанту

$$C_{31} = \left( \frac{45550}{1000} \cdot 20,4 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,09 \cdot 0,76 \right) - (20,4 - 17,4) \frac{7000}{1000} = 717,98 \text{ грн.}$$

Вартість виливка для другого варіанту

$$C_{32} = \left( \frac{47200}{1000} \cdot 19,8 \cdot 1,06 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,09 \cdot 0,76 \right) - (19,8 - 17,4) \frac{7000}{1000} = 810,41 \text{ грн.}$$

Отже дешевшою виходить виливок, отримана литвом в піщані при машинному формуванні.

Визначимо річний економічний ефект за формулою (3.12)

$$E = (810,41 - 717,98) \cdot 10000 = 924300 \text{ грн.}$$

Отже при виготовленні заготовки за першим варіантом отримаємо економію грошових коштів в сумі 924300 гривень на один рік, тому в якості заготовки корпусу приймаємо відливку, що отримана литвом в піщані форми при машинному формуванні.

### 3.2.2 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз

Оброблення плоских поверхонь корпусу раціонально здійснювати методом фрезерування. Оброблення отворів під підшипники – методом розточування. Виконання різбових отворів – методом свердління з подальшим нарізанням різі [12].

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать:

– фактична точність виконання розмірів;

- правильність взаємного розташування поверхонь;
- ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів;
- загальна продуктивність механічного оброблення.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі; технічні вимоги на її виготовлення; вид заготовки та стан її поверхонь; бажаний ступінь автоматизації.

Завдання, що вирішуються на першій операції, зводяться, до необхідності встановлення зв'язків, які визначають відстані та повороти оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, що залишилися необробленими, і рівномірного розподілу фактичних припусків між поверхнями.

Вибору баз на першій операції передують визначення поверхонь, що будуть використовуватись у якості баз на подальших операціях. Такими поверхнями є основні бази, від яких задана більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь.

В більшості випадків можна реалізувати кілька варіантів базування. Готових рецептів на цей випадок немає, оскільки кожен із варіантів може мати свої позитивні і негативні сторони.

Можливі варіанти базування деталі на першій операції з визначенням переваг і недоліків наведені в таблиці 3.4.

Проаналізувавши всі запропоновані варіанти, приймаємо на першій операції схему базування 3, як найбільш раціональну.

При такій схемі ми вже на першій операції безпосередньо витримаємо розмір  $130_{-0,5}$ . Крім того при обробленні основних отворів (при базуванні по обробленій плоскій поверхні  $A$ ) буде забезпечено рівномірний припуск, тому він може бути мінімально необхідним.

Вибравши базу для першої операції, вирішуємо питання про бази на всіх інших операціях, керуючись при цьому принципом сталості баз.

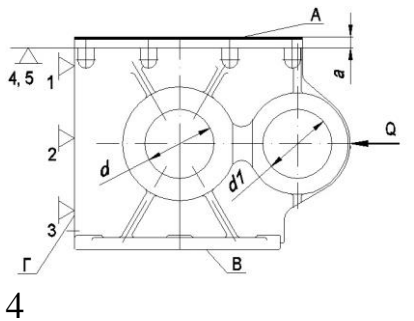
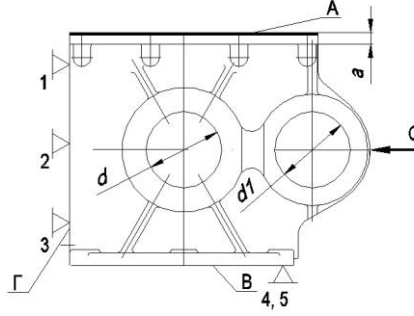
При обробці основних отворів деталей базуємо на площину  $A$  (рис. 3.2) і два отвори  $E$ , що максимально віддалені один від одного.

Таку ж схему базування використовуємо при обробленні плоских поверхонь  $P$ ,  $H$  і  $M$ , також при обробці восьми різьбових отворів  $T$ .

Таблиця 3.4 – Можливі варіанти базування деталі

Схема базування	Переваги	Недоліки
1	2	3
 <p>1</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Безпосередньо витримується розмір <math>A</math>.</li> <li>2. На поверхні <math>A</math> забезпечується рівномірний припуск, що знімається.</li> <li>3. Простота конструкції пристрою.</li> <li>4. Стійке положення деталі при обробці.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На поверхні <math>B</math> не гарантується рівномірний шар металу.</li> <li>2. На поверхні отворів <math>d</math> і <math>d_1</math> не буде забезпечено рівномірний припуск.</li> <li>3. Не забезпечується перпендикулярність оброблюваних поверхонь <math>A</math> і <math>B</math> відносно <math>G</math>.</li> </ol>
 <p>2</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота конструкції пристрою.</li> <li>2. При обробленні поверхні <math>B</math> буде забезпечено рівномірний припуск.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На поверхні <math>B</math> не гарантується рівномірний шар металу.</li> <li>2. Розмір <math>a</math> технологічно безпосередньо не витримується.</li> <li>3. На поверхні <math>A</math> можливий нерівномірний припуск.</li> <li>4. Деталь при обробці менш стійка і можливі вібрації.</li> <li>5. Не забезпечується перпендикулярність оброблюваних поверхонь <math>A</math> і <math>B</math> до необробленої <math>G</math>.</li> </ol>
 <p>3</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При обробці отворів <math>d</math> і <math>d_1</math> буде забезпечено рівномірний припуск.</li> <li>2. Витримується безпосередньо розмір <math>b</math>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При обробці поверхонь <math>A</math> і <math>B</math> не буде забезпечено рівномірний припуск.</li> <li>2. Розмір <math>a</math> технологічно не витримується.</li> <li>3. Складність конструкції пристрою.</li> <li>4. Не забезпечується перпендикулярність оброблюваних поверхонь до необробленої <math>G</math>.</li> </ol>

Кінець таблиці 3.4

1	2	3
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота конструкції пристрою.</li> <li>2. Забезпечення перпендикулярності оброблених поверхонь до необробленої <math>\Gamma</math>.</li> <li>3. Безпосередньо витримується розмір <math>a</math>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не забезпечується рівномірність припусків на оброблених поверхнях <math>A</math> і <math>B</math> і поверхнях отворів <math>d</math> і <math>d_1</math>, внаслідок цього завищення припусків на оброблення.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простота конструкції пристрою.</li> <li>2. Забезпечення перпендикулярності оброблених поверхонь до необробленої <math>\Gamma</math>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Те саме, що й у попередньому пункті.</li> <li>2. Розмір <math>a</math> технологічно не витримується.</li> <li>3. Деталь при обробці менш стійка і можливі вібрації.</li> </ol>

Щоб використати таку схему базування, на початковій операції крім обробки поверхні  $A$ , слід провести обробку отворів  $E$ . Причому два з них, що максимально віддалені один від одного слід обробити точніше (свердління і розвертування). Одним з цих отворів деталь насаджується на циліндричний палець, іншим – на зрізаний.

### 3.2.3 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі

Маршрут обробки корпусу включає наступні основні етапи:

- обробку поверхонь, що використовуються в якості технологічних баз при наступній обробці;
- обробку взаємопов'язаних плоских поверхонь;
- обробку основних отворів;
- обробку кріпильних отворів.

Існує багато різноманітних варіантів механічної обробки кожної з поверхонь корпусу. Так, наприклад, зовнішні плоскі поверхні можна обробляти наступними методами: фрезеруванням, струганням, шліфуванням і протягуванням.

Стругання використовують в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва при обробці крупногабаритних і важких деталей. Тому цей метод є недоцільним при обробці нашої деталі.

Шліфування використовують в основному як викінчувальну обробку, що забезпечує отримання підвищених вимог до точності, шорсткості, геометричної форми оброблених поверхонь (8 – 6 квалітет,  $Ra$  1,6 – 0,8). Наша деталь не потребує такої точності, тому цей метод обробки є неприйнятним.

Протягування використовується в масовому виробництві на спеціалізованих протяжних верстатах горизонтального і вертикального типу. Незважаючи на високу продуктивність процесу протягування він є неприйнятним через високу вартість ріжучого інструменту.

Фрезерування є найпоширенішим методом обробки площин. Висока продуктивність, що отримується внаслідок неперервності процесу різання, дозволяє ефективно використовувати цей метод для обробки нашого корпусу.

При фрезеруванні використовують універсально-фрезерні верстати з вертикальним і горизонтальним розміщенням шпинделів, багатошпиндельні поздовжньо-фрезерні верстати, карусельно- і барарабанно-фрезерні верстати агрегатного типу, а також верстати з ЧПК та багатоопераційні.

Найбільш трудомістким і відповідальним етапом технологічного процесу виготовлення корпусу є обробка основних отворів. На даному етапі забезпечується досягнення комплексу найбільш жорстких технічних вимог, що визначають в цілому параметри геометричної точності отворів і точність їх положення відносно плоских поверхонь або інших отворів деталі.

Обробку основних отворів виконують на розточних, координатно-розточних, свердлильних, агрегатних та інших верстатах, включаючи верстати з ЧПК і багатоопераційні верстати.

При виконанні технологічного процесу необхідні параметри точності основних отворів досягаються шляхом послідовного уточнення по кожному з показників. Це означає вироблене практикою розділення процесу обробки основних отворів на етапи чорнової, чистової і остаточної обробки. При чорновій обробці знімають основний припуск металу, забезпечуючи при цьому точність положення отвору відносно бази і рівномірність припуску під чистову обробку. Чистова обробка забезпечує точність розмірів, геометричної форми і відносного положення отвору. Остаточну обробку використовують при необхідності досягнення підвищених вимог до точності розміру, геометричної форми і шорсткості поверхні оброблюваного отвору.

Кріпильні та інші дрібні отвори в корпусі (під пробки і для кріплення кришок) обробляють на вертикально-свердлильних, радіально-свердлильних, горизонтально-розточних або агрегатних верстатах. При цьому за допомогою відповідного інструменту виконують свердління, розвертання, зняття фасок, нарізання різьб.

На основі базового технологічного процесу і вище проведеного аналізу методів механічної обробки поверхонь корпусу, розробляємо два можливих варіанти маршруту обробки деталі.

Варіант 1

**Операція 005.** Фрезерування площини *A* (рис. 3.2):

1. Фрезерувати поверхню *A*, витримуючи розмір  $130_{-0,5}$ .

**Операція 010.** Свердління отворів *E*, що використовуватимуться в якості баз при подальшій обробці:

1. Центрувати 6 отворів;
2. Свердлити 4 отвори  $\varnothing 14$ ;
3. Свердлити 2 отвори  $\varnothing 13,5$ ;
4. Розвернути 2 отвори  $\varnothing 14H$ .

**Операція 015.** Фрезерування поверхні *P*:

1. Фрезерувати поверхню *P*, забезпечити розмір  $258_{-1,0}$ .

**Операція 020.** Фрезерування поверхонь *M* і *H* послідовно:

1. Фрезерувати поверхню  $M$ , забезпечити розмір  $3 \pm 1,5$ ;
2. Фрезерувати поверхню  $H$ , забезпечити розмір  $135 \pm 2,0$ .

**Операція 025** Розточування основних отворів:

1. Розточування чорнове отворів  $B$  і  $D$  (одночасно);
2. Те саме напівчистове;
3. Розточування фаски  $P_1$ ;
4. Розточування чорнове отворів  $B$  і  $G$  (послідовно);
5. Те саме напівчистове;
6. Розточування фасок  $P_2$  і  $P_3$  (послідовно).

**Операція 030.** Розточування канавок:

1. Розточити канавки  $K_1, K_2, K_3$  (послідовно)

**Операція 035.** Свердління 8 отворів  $T$  і нарізання в них різі:

1. Свердлити послідовно 2 рази по 4 отвори;
2. Нарізання різі послідовно 2 рази одночасно в 4 - х отворах.

**Операція 040.** Свердління 6 отворів  $C$  і нарізання в них різі:

1. Свердлити 6 отворів  $C$  одночасно;
2. Нарізати різь в отворах одночасно.

**Операція 045.** Свердління 2 отворів  $O$  і нарізання в них різі:

1. Свердлити 2 отвори  $O$  послідовно;
2. Нарізати різь в отворах  $O$  послідовно.

**Операція 050.** Чистове розточування основних отворів:

1. Чистове розточування отворів  $B$  і  $D$  (одночасно);
2. Чистове розточування отворів  $B$  і  $G$  (послідовно).

Операції 005 015 і 020 виконуються на універсально-фрезерному верстаті з вертикальною віссю шпинделя по схемі «маятникового» (човникового) фрезерування, що дозволяє підвищити продуктивність праці шляхом суміщення часу виконання робочих і допоміжних ходів.

Оскільки маса заготовки деталі не перевищує 30 кілограмів, то для обробки дрібних отворів приймаємо вертикально-свердлильні верстати (операції 010, 035, 040 і 045).



Оскільки маса заготовки деталі не перевищує 30 кілограмів, то для обробки дрібних отворів приймаємо вертикально-свердлильні верстати (операції 010, 035, 040 і 045).

Операції 025 і 030 виконуються на горизонтально-розточному верстаті.

Операція 050 виконується на алмазно-розточному верстаті.

Варіант 2

**Операція 005.** Обробка площини  $A$  (рис. 3.2) і отворів  $E$ , що використовуватимуться в якості баз при подальшій обробці:

1. Фрезерувати поверхню  $A$ , витримуючи розмір  $130_{-0,5}$ ;
2. Центрувати 6 отворів;
3. Свердлити 4 отвори  $\varnothing 14$ ;
4. Свердлити 2 отвори  $\varnothing 13,5$ ;
5. Розвернути 2 отвори  $\varnothing 14$ .

**Операція 010.** Фрезерування поверхні  $P$  однократне, забезпечити розмір  $258_{-1,0}$ .

**Операція 015.** Фрезерування поверхонь  $M$  і  $H$  однократне (послідовно).

**Операція 020.** Розточування основних отворів:

1. Розточування чорнове отворів  $B$  і  $D$  (одночасно);
2. Те саме напівчистове;
3. Те саме чистове;
4. Розточування чорнове отворів  $B$  і  $G$  (одночасно);
2. Те саме напівчистове;
4. Розточування чистове отворів  $B$  і  $G$  і розточування фаски  $П_3$  (одночасно);

**Операція 025.** Зенкування фасок  $П_1, П_2$  послідовно;

**Операція 030.** Розточування канавок  $K_1, K_2, K_3$  послідовно;

**Операція 035.** Свердління 8 отворів  $T$  (2 рази по 4 отвори) і нарізання в них різі (так само).

**Операція 040.** Свердління 6 отворів  $C$  (одночасно) і нарізання в них різі (одночасно).

**Операція 045.** Свердління 2 отворів  $O$  і нарізання в них різі послідовно.

Операції 005 і 020 виконуються на багатоопераційних верстатах типу оброблюваний центр, операція 010 виконується на універсально-фрезерному верстаті з вертикальною віссю шпинделя по схемі «маятникового» (човникового) фрезерування, що дозволяє підвищити продуктивність праці шляхом суміщення часу виконання робочих і допоміжних ходів. Операція 015 виконується на універсально-фрезерному верстаті з горизонтальним розміщенням шпинделя по схемі групової обробки двох деталей, що дозволяє зменшити машинний час в результаті перекриття відстаней на врізання і вихід фрези.

Оскільки маса заготовки деталі не перевищує 30 кілограмів, то для обробки дрібних отворів приймаємо вертикально-свердлильні верстати (операції 025, 030, 035, 040 і 045).

На всіх операціях використовуємо спеціальну технологічну оснастку. В останніх трьох операціях використовуємо кондуктори, а для підвищення продуктивності операції 035 і 040 виконуються при використанні багатошпиндельних головок.

Вважаємо, що другий варіант є більш прийнятним, для нього і будемо проводити всі подальші розрахунки.

### **3.2.4 Вибір різального, вимірювального та допоміжного інструменту**

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні, точність обробки.

Метод обробки, прийнятий для виконання операцій, визначає тип інструменту. Тип верстата впливає на вибір інструменту в тому відношенні, що він, з одного, боку визначає вид обробки, а з другого – конструктивно обумовлює спосіб закріплення інструменту і тим самим визначає конструкцію його посадочного місця [13].

Паралельно з вибором ріжучого інструменту вибираємо також вимірювальний інструмент.

Результати вибору оформляємо у вигляді таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вибір різального та вимірювального інструменту

Оброблювана поверхня, розмір, мм	Інструмент	
	Різальний	Вимірювальний
<i>A</i> , 130 <sub>-0,5</sub> <i>P</i> , 258 <sub>-1,0</sub> <i>M</i> , 31 <i>H</i> , 135±2	Торцева насадна фреза із вставними ножами, обладнаними пластинами з твердого сплаву (ВК6); Ø160 мм 2214-0275 ГОСТ 24359-80	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ШЦ-ІІІ-315-0,1 ШЦ-ІІ-250-0,05 ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89
<i>C</i> , Ø6,8 <i>T</i> , Ø6,8	Свердло спіральне із швидкорізальної сталі (Р6М5) з нормальним конічним хвостовиком 2301-0189 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
<i>C</i> , М8-7Н <i>T</i> , М8-7Н	Мітчик для нарізання метричної різьби (М8-7Н) 2620-2213 ГОСТ 3265-81	Пробка (М8-7Н) 8221-3036.7Н ГОСТ 17758-72
<i>O</i> , Ø14,75  Фаска <i>O</i> , К 3/8"	Свердло спіральне із швидкорізальної сталі (Р6М5) з нормальним конічним хвостовиком 2301-0197 ГОСТ 10903-77 Зенковка (Р6М5) 2353-0135 ГОСТ 14953-80 Мітчик 2680-0007 ГОСТ 6227-80	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89  Пробка К3/8" 8255-4001 ГОСТ 17758-72
<i>E</i>  <i>E</i> , Ø14  <i>E</i> , Ø13,5 <i>E</i> , Ø14Н9	Свердло спіральне Ø4, 2φ = 90°, Р6М5 2317-0007 ГОСТ 26595-85 Свердло спіральне із швидкорізальної сталі (Р6М5) з конічним хвостовиком 2301-0046 ГОСТ 10903-77 2301-0044 ГОСТ 10903-77 Розвертка (Ø14Н9) 2363-4196.Н9	    Пробка 8133-0928.Н9 ГОСТ 14810-69
<i>П</i> <sub>1</sub> , <i>П</i> <sub>2</sub> , 3×45	Зенковка (Р6М5) 2353-4049 ГОСТ 14953-80	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
<i>B</i> , <i>B</i>	Спеціальний інструмент	Пробка (Ø85) 8136-0015 ГОСТ 1485-69
<i>Г</i>	Спеціальний інструмент	Пробка (Ø90) 8136-0017 ГОСТ 1485-69
<i>Д</i>	Спеціальний інструмент	Пробка (Ø120) 8140-0107 ГОСТ 1485-69

### 3.2.5 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Режим обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Елементи режимів різання повинні підбиратись так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Режим різання встановлюють враховуючи характер обробки, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню – швидкість різання.

Як і припуски на обробку режими різання розраховують двома методами: аналітичним і табличним.

#### 3.2.5.1 Режими різання при обробці основних отворів

Технологічний маршрут обробки основних отворів передбачає наступні переходи:

1. чорнове розточування;
2. напівчистове розточування;
3. чистове розточування.

Розраховуємо режими різання для кожного з переходів паралельно для всіх переходів.

*Глибина різання  $t$* : При однопрохідній обробці на попередньо налагодженому верстаті визначається величиною раніше розрахованого проміжного припуску на обробку (див. п. 2.5.1).

Отже  $t_1 = 1,55$  мм – чорновий перехід;

$t_2 = 0,795$  мм – напівчистовий перехід;

$t_3 = 0,205$  мм – чистовий перехід.

*Подача  $S$* : При чорновій обробці вибирають максимально можливу подачу, виходячи з жорсткості системи ВПД (верстат–приспособлення–інструмент–деталь), потужності приводу верстату та інших обмежуючих факторів; при чистовій обробці – в залежності від необхідного ступеня точності і шорсткості обробленої поверхні [14].

Отже  $s_1 = 1,5$  мм/об – чорновий перехід;

$s_2 = 0,8$  мм/об – напівчистовий перехід;

$s_3 = 0,35$  мм/об – чистовий перехід.

Швидкість різання  $v$ : при розточуванні розраховуємо за емпіричною формулою

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (3.13)$$

де  $T$  – період стійкості інструменту, приймаємо  $T = 60$  хв;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт, що є добутком ряду коефіцієнтів

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (3.14)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу заготовки;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

За таблицями 1 і 2, с. 261–262 для чавуну

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (3.15)$$

де  $HB$  – твердість оброблюваного матеріалу, її величина складає 241 одиниць, отже  $n_v = 1,25$ .

Підставивши значення, отримаємо

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{241} \right)^{1,25} = 0,743.$$

За таблицями 5 і 6 (с. 263) знаходимо значення коефіцієнтів  $K_{nv} = 0,85$  і  $K_{iv} = 1,0$ . Підставивши числові значення, отримаємо

$$K_v = 0,743 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 0,63.$$

Значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степенів приймаємо згідно [14] і зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степенів у формулі 3.13

Вид обробки	Матеріал ріжучої частини	Хракте- ристика подачі	Коефіцієнт і показники степеня			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	ВК6	$S \leq 0,4$ ( $S_3$ )	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,4$ ( $S_1$ і $S_2$ )	243	0,15	0,40	0,20

Отже

$$v_1 = \frac{243}{60^{0,20} \cdot 1,35^{0,15} \cdot 1,5^{0,40}} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 43,382 \text{ м/хв};$$

$$v_2 = \frac{243}{60^{0,20} \cdot 0,795^{0,15} \cdot 0,8^{0,40}} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 38,75 \text{ м/хв};$$

$$v_3 = \frac{292}{60^{0,20} \cdot 0,205^{0,15} \cdot 0,35^{0,20}} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 114,224 \text{ м/хв}.$$

*Сила різання.* Силу різання прийнято розкласти на складові сили, направлені по осях координат верстата (тангенційну  $P_z$ , радіальну  $P_y$  і осьову  $P_x$ ). При розточуванні ці складові визначаються за формулою [14]

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.16)$$

де  $K_p$  – поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{rp}, \quad (3.17)$$

де  $K_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{\varphi p}$ ,  $K_{\gamma p}$ ,  $K_{\lambda p}$ ,  $K_{rp}$ , – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту.

Розрахунок силових факторів достатньо провести для першого (чорнового) переходу.

Згідно [14]

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n;$$

$$K_{mp} = \left( \frac{241}{190} \right)^{0.4} = 1,1.$$

Згідно таблиці [14] при  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\lambda = 10^\circ$  і  $r = 2,0$  мм коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту мають наступні значення:  $K_{\varphi p} = 1,0$ ;  $K_{\gamma p} = 1,0$ ;  $K_{\lambda p} = 1,0$ ;  $K_{rp} = 1,0$ .

Тоді  $K_p = 1,1$  для всіх складових сил різання.

Значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степенів  $x$ ,  $y$  і  $n$  визначаємо з таблиці [14].

Для  $P_z$ :  $C_p = 92$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ .

Для  $P_y$ :  $C_p = 54$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ .

Для  $P_x$ :  $C_p = 46$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,4$ ;  $n = 0$ .

Підставивши відповідні числові значення, отримаємо

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,55^{1,0} \cdot 1,5^{0,75} \cdot 49,382^0 \cdot 1,1 = 2126,085 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 54 \cdot 1,55^{0,9} \cdot 1,5^{0,75} \cdot 49,382^0 \cdot 1,1 = 1194,41 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 1,55^{1,0} \cdot 1,5^{0,4} \cdot 49,382^0 \cdot 1,1 = 922,4 \text{ Н}.$$

Потужність різання розраховуємо за формулою [14]

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (3.18)$$

де  $v$  – швидкість різання, м/хв;

$P_z$  – основна складова сили різання, Н.

$$N = \frac{2126,085 \cdot 49,382}{1020 \cdot 60} = 1,716 \text{ кВт}.$$

Коректуємо розраховані режими різання за паспортними даними верстата. Коректуванню підлягає подача  $s$  і частота обертання  $n$ .

Хвилину подачу визначаємо за формулою

$$s_{xв} = s_0 \cdot n, \quad (3.19)$$

де  $s_0$  – подача, визначена раніше, мм/об;

$n$  – частота обертання, об/хв.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (3.20)$$

де  $v$  – швидкість різання, м/хв;

$d$  – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Коректування режимів різання

Розмір	Подача $s$	Частота обертання		Швидкість різання		Подача хвилинна	
		розрахункова $n$	прийнята $n_{пр}$	розрахункова $v$	прийнята $v_{пр}$	розрахункова $s$	прийнята $s_{xв}$
мм	мм/об	об/хв		м/хв		мм/хв	
Ø83,00	1,5	189	160	49,382	42	240	250
Ø84,59	0,8	259	250	68,750	66	200	200
Ø85,00	0,35	416	400	111,224	107	140	125
Ø88,00	1,5	179	160	49,382	44	240	250
Ø89,59	0,8	244	250	68,750	70	200	200
Ø90,00	0,35	393	400	111,224	113	140	125
Ø118,00	1,5	133	125	49,382	46	187,5	160
Ø119,59	0,8	183	160	68,750	60	128	125
Ø120,00	0,35	295	250	111,224	94	87,5	80



### 3.2.5.2 Режими різання при обробці плоских поверхонь

Розраховуємо режими різання при обробці поверхонь  $A$  і  $P$  (рис. 3.2). дані поверхні обробляються чорновим фрезеруванням. В подальшому при розрахунках режимів різання, параметри, що відносяться до поверхні  $A$ , позначаємо індексом 1, а ті, що стосуються обробки поверхні  $P$  – індексом 2.

Глибина різання визначається величиною раніше розрахованого припуску на обробку:  $t_1 = 3,3$  мм (табл. 2.7);  $t_2 = 3,5$  мм.

Ширина фрезерування визначається розмірами оброблюваних поверхонь:  $B_1 = 134$  мм;  $B_2 = 114$  мм.

Подачу приймаємо згідно [14]. Для обох випадків вона рівна  $s_z = 0,24$  мм.

Швидкість різання визначаємо за емпіричною формулою [14]

$$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p}, \quad (3.21)$$

де  $T$  – період стійкості фрези,  $T = 180$  хв [14];

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання і є добутком ряду коефіцієнтів:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (3.22)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу заготовки, [14], табл. 1; 2;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, [14], табл.5;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, [14], табл. 6.

Отже  $K_v = 0,63$  такий самий, як і при обробці основних отворів.

Значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степенів  $m$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $q$ ,  $u$  і  $p$  для обох випадків приймаємо з табл. 39 [14].

$$C_v = 445; \quad q = 0,2; \quad x = 0,15; \quad y = 0,35; \quad u = 0,2; \quad p = 0; \quad m = 0,32.$$

Оскільки обробка обох поверхонь проводиться однаковою фрезою, то кількість зубів  $z$  в обох випадках однакова  $z = 10$ .

Розраховуємо швидкість різання за формулою (3.21).

При обробці поверхні  $A$

$$v_1 = \frac{444 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,63}{180^{0,32} \cdot 3,3^{0,15} \cdot 0,24^{0,35} \cdot 134^{0,2} \cdot 10^0} = 75,956 \text{ м/хв.}$$

При обробці поверхні  $P$

$$v_2 = \frac{445 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,63}{180^{0,32} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,24^{0,35} \cdot 114^{0,2} \cdot 10^0} = 77,768 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя верстата визначаємо за формулою (3.20), в якій  $d$  – діаметр фрези, мм

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 75,956}{3,14 \cdot 160} = 151,11 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 77,763}{3,14 \cdot 160} = 154,704 \text{ об/хв.}$$

Частоту обертання коректуємо по паспортних даних верстатів (п.2.9).

Поверхня  $A$  обробляється на верстаті моделі 2204ВМФ4, тому  $n_{1np} = 125$  об/хв.

Поверхня  $P$  обробляється на верстаті моделі 6540, тому  $n_{2np} = 160$  об/хв.

Подачу коректуємо лише для поверхні  $A$  (на верстаті 6540 регулювання подачі безступінчасте, тому  $s_{2np} = s_2$ ).

При фрезеруванні розрізняють подачу на зуб  $s_z$ , подачу на оберт  $s$  і хвилинну подачу  $s_{хв}$ , що знаходяться в наступному співвідношенні:

$$s_{хв} = s \cdot n = s_z \cdot z \cdot n, \quad (3.23)$$

де  $n$  – частота обертання фрези, об/хв;

$z$  – число зубів фрези.

Оскільки в паспортних даних задана хвилинна подача, визначаємо хвилинну подачу

$$s_{x61} = 0,24 \cdot 10 \cdot 125 = 300 \text{ мм/об.}$$

Верстат забезпечує хвилинну подачу 250 або 315 мм/хв. Приймаємо  $s_{x61} = 315$  мм/хв, оскільки вона перевищує розрахункову не більше ніж на 5%.

Дійсні значення швидкості різання визначаємо за формулою, виведеною з формули (3.20).

$$v_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \quad (3.24)$$

$$v_{d1} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 125}{1000} \approx 63 \text{ м/хв};$$

$$v_{d2} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 160}{1000} \approx 80 \text{ м/хв.}$$

Головну складову сили різання при фрезеруванні – колову силу, визначаємо за емпіричною формулою [14].

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{id}, \quad (3.25)$$

де  $K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу,  $K_{mp} = 1,1$ .

Значення коефіцієнта  $C_p$  та показників степеня приймаємо з табл. 41 [14].

$$C_p = 54,5; \quad x = 0,9; \quad y = 0,8; \quad u = 1,0; \quad q = 0,9; \quad w = 0.$$

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,3^{0,9} \cdot 0,24^{0,8} \cdot 134^{1,0} \cdot 10}{160^{0,9} \cdot 125^0} \cdot 1,1 \approx 6108 \text{ Н};$$

$$P_{z2} = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,24^{0,8} \cdot 114^{1,0} \cdot 10}{160^{0,9} \cdot 160^0} \cdot 1,1 \approx 5479 \text{ Н.}$$

Величини решти складових сили різання визначаємо із співвідношення з головною складовою  $P_z$  за табл. 42.

Горизонтальна складова (сила подачі):

$$P_{h1} = 0,4 \cdot P_{z1};$$

$$P_{h1} = 0,4 \cdot 6108 = 2443 \text{ Н};$$

$$P_{h2} = 0,4 \cdot P_{z2};$$

$$P_{h2} = 0,4 \cdot 5479 = 2192 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова:

$$P_{v1} = 0,95 \cdot P_{z1};$$

$$P_{v1} = 0,95 \cdot 6108 = 5803 \text{ Н;}$$

$$P_{v2} = 0,95 \cdot P_{z2};$$

$$P_{v2} = 0,95 \cdot 5479 = 5205 \text{ Н.}$$

Радіальна складова:

$$P_{y1} = 0,6 \cdot P_{z1};$$

$$P_{y1} = 0,6 \cdot 6108 = 3665 \text{ Н;}$$

$$P_{y2} = 0,6 \cdot P_{z2};$$

$$P_{y2} = 0,6 \cdot 5479 = 3287 \text{ Н.}$$

Осьова складова:

$$P_{x1} = 0,55 \cdot P_{z1};$$

$$P_{x1} = 0,55 \cdot 6108 = 3359 \text{ Н;}$$

$$P_{x2} = 0,55 \cdot P_{z2};$$

$$P_{x2} = 0,55 \cdot 5479 = 3013 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі визначаємо за формулою

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot d}{2 \cdot 1000}, \quad (3.26)$$

де  $d$  – діаметр фрези, мм.

$$M_{кр1} = \frac{6108 \cdot 160}{2 \cdot 1000} = 489 \text{ Н} \cdot \text{м;}$$

$$M_{кр2} = \frac{5479 \cdot 160}{2 \cdot 1000} = 438 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ефективну потужність різання визначаємо за формулою (3.18):

$$N_{e1} = \frac{6108 \cdot 63}{1020 \cdot 60} = 6,287 \text{ кВт};$$

$$N_{e2} = \frac{5479 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 7,162 \text{ кВт}.$$

Розраховані значення не перевищують паспортних даних: 6,3 і 7,5 кВт.

### 3.2.5.3. Режими різання при обробці кріпильних отворів

Розраховуємо режими різання для обробки кріпильних отворів  $C$  і  $T$  (рис. 3.2).

Технологічний маршрут обробки цих отворів передбачає наступні переходи:

1 - свердління; 2 - нарізання різі.

Глибина різання при свердлінні  $t = 0,5d$ , де  $d$  – діаметр свердла.

Згідно рекомендацій [15], діаметр свердла для отримання отворів під нарізання метричної різьби М8–7Н –  $d_{ce} = 6,8$  мм, тоді

$$t = 0,5 \cdot 6,8 = 3,4 \text{ мм}.$$

Згідно рекомендацій [14] приймаємо подачу:  $s_{маб} = 0,24$  мм/об.

Приведена подача використовується при свердлінні отворів не вище 12-го квалітету. Для досягнення вищої якості отвору в зв'язку з наступною операцією нарізання різьби вводять поправочний коефіцієнт  $K_{os} = 0,85$ , тоді

$$s = 0,24 \cdot 0,85 = 0,204 \text{ мм/об}.$$

Розраховане значення подачі коректуємо згідно паспортних даних верстата 2Н135:  $s_{np} = 0,2$  мм/об.

Швидкість різання при свердлінні визначаємо за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (3.27)$$

де  $T$  – період стійкості інструменту,  $T = 35$  хв, [14];

$K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (3.28)$$

де  $K_{mv} = 0,743$ ,  $K_{iv} = 1,0$  – дивись пояснення до формули (3.14);

$K_{lv}$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління,  $K_{lv} = 1,0$ , [14], табл. 31.

$$K_v = 0,743 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,743.$$

Значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степеня для свердління приймаємо з табл. 28 [14]:

$$C_v = 14,7; \quad q = 0,25; \quad x = 0,55; \quad y = 0,35; \quad m = 0,125.$$

$$v = \frac{14,7 \cdot 6,8^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,2^{0,55}} \cdot 0,743 = 27,407 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою (3.20)

$$n = \frac{1000 \cdot 27,407}{3,14 \cdot 6,8} = 1283 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата  $n_{np} = 1000$  об/хв. Тоді дійсна швидкість різання (за формулою (3.24)):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 6,8 \cdot 1000}{1000} = 21,36 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент і осьову силу розраховуємо за формулами

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (3.29)$$

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (3.30)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається виразом  $K_p = K_{MP}$ . Тоді  $K_p = 1,1$  (див. п. 3.2.5).

Значення коефіцієнтів  $C_M$  і  $C_P$  і показників степені визначаємо з табл. 32.

$$C_M = 0,021; \quad q = 2,0; \quad y = 0,8;$$

$$C_P = 42,7; \quad q = 1,0; \quad y = 0,8.$$

Тоді

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 6,8^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,1 = 2,68 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 6,8^{1,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,1 = 801,236 \text{ Н}.$$

Потужність різання визначаємо за формулою

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.31)$$

$$N_e = \frac{2,68 \cdot 1000}{9750} = 0,275 \text{ кВт}.$$

В тій самій послідовності проводимо розрахунки режимів різання при нарізанні різі.

Швидкість різання при нарізанні метричної різьби мітчиком визначаємо за формулою (3.27).

Значення коефіцієнтів  $C_M$  і  $C_P$ , показників степені і період стійкості інструменту [14], табл. 49.

$$C_v = 140; \quad y = 0,3; \quad q = 0,4; \quad m = 0,33; \quad T = 200 \text{ хв}.$$

Подача рівна кроку нарізуваної різі. Для різі М8–7Н крок складає 1,25 мм, отже  $s = 1,25 \text{ мм/об}$ .

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання  $K_v$ , що враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{cr}, \quad (3.32)$$

де  $K_{mv} = 0,743$ ;  $K_{iv} = 1,0$  (див. пояснення до формули (3.14));

$K_{cr}$  – коефіцієнт, що враховує спосіб нарізання різьби,  $K_{cr} = 0,75$ .

Підставивши числові значення, отримаємо

$$K_v = 0,743 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,557;$$

$$v = \frac{140 \cdot 8^{0,4}}{200^{0,33} \cdot 1,25^{0,3}} \cdot 0,557 = 29,16 \text{ м/хв}.$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 29,16}{3,14 \cdot 8} = 1160 \text{ об/хв.}$$

Згідно паспортних даних верстату  $n_{np} = 1000$  об/хв.

Крутний момент визначаємо за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p, \quad (3.33)$$

де  $P$  – крок різьби,  $P = 1,25$  мм;

$K_p = 1,1$  (див. пояснення до формули (2.46)).

Коефіцієнт  $C_M$  і показники степеня визначаємо з табл. 51 [14].

$C_M = 0,027$ ;                       $y = 1,5$ ;                       $q = 1,4$ .

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,027 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,1 = 7,629 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність різання за формулою (3.31)

$$N_e = \frac{7,629 \cdot 1000}{9750} = 0,782 \text{ кВт.}$$

### 3.2.5.4 Розрахунок режимів різання табличним способом

На обробку решти поверхонь режими різання призначаємо табличним способом згідно рекомендацій [9].

До таких поверхонь відносяться (див. рис. 3.2):

- плоскі поверхні  $M$  і  $H$ , що обробляються фрезеруванням;
- отвори  $O$ , обробляються свердлінням і нарізається різь;
- отвори  $E$ , що свердляться (4 отвори), а два отвори крім того розвертаються;
- фаски  $П_1, П_2, П_3$ , що зенкуються;
- канавки  $K_1, K_2, K_3$ , що розточуються.

Результати розрахунків режимів різання табличним методом оформляємо у вигляді таблиці 3.8.



Таблиця 3.8 – Результати розрахунків режимів різання табличним методом

Оброблювана поверхня (рис. 1.3) і вид обробки	Глибина різання	Подача						Швидкість різання		Частота обертання		Сила різання	Крутий момент	Потужність
		$S_z$	$S$	$S_{XB}$	$S_{XB\text{ пр}}$	$V$	$V_{пр}$	$n$	$n_{пр}$	$P$	$M_{кр}$			
		мм	мм/об	мм/хв	мм/хв	м/хв	м/хв	об/хв	об/хв	Н	Н·м			
М	6	0,15	1,5	300	315	100	100,53	199	200	3275				
		0,15	1,5	300	315	100	100,53	199	200	4474			7,35	
Фрезерування	8,2	–	0,08	128	125	22,5	20,1	1790	1600	196,2	0,4	0,064		
Е	Центрування	–	0,2	100	100	21	22	477	500	2158		0,582		
	Свердління	–	0,2	100	100	21	21,2	495	500	2085	11,35	0,540		
	Розвертання	–	0,8	144	144	8	7,92	182	180	–	10,53	–		
	Свердління	7,375	–	0,2	71	71	31,36	16,45	461	355	2268	198,5	0,810	
О	Нарізання різи	–	1,6	400	400	11	11	250	250	–		–		
	Пі, П <sub>2</sub> Зенкування	3	–	0,6	27	27	18	16,96	48	2320	22,25	0,916		
К <sub>1</sub> , К <sub>2</sub>	Розточування	2,2	–	0,4	100	100	70	69,5	252	1913		2,100		
	К <sub>3</sub>	2,8	–	0,56	62,5	70	63	48,69	162	2168		1,870		

Нормуванням в машинобудуванні називають встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічного процесу проводять для кожної операції.

Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Розрізняють три методи нормування:

- метод технічного розрахунку за нормативами;
- метод порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами;
- метод встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу.

В серійному виробництві використовують перший метод, при якому тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата.

Згідно з цим методом норма часу, незалежно від типу верстата і методу обробки, визначається за формулою [13]

$$T_{um} = T_o + T_\partial + T_{mex} + T_{opz} + T_n, \quad (3.34)$$

де  $T_{um}$  – штучний час на виконання однієї операції, хв;

$T_o$  – основний (технологічний) час, хв;

$T_\partial$  – допоміжний час, хв;

$T_{mex}$  – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{opz}$  – час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_n$  – час перерв у роботі, хв.

Основний (технологічний) час розраховують для кожного технологічного переходу

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{s_{xv}}, \quad (3.35)$$

де  $L_p$  – розрахункова довжина обробки, мм;

$i$  – число проходів на даному переході;

$s_{xv}$  – подача інструменту, мм/хв.

Для окремих видів обробки ця формула може мати дещо інший вигляд, але суть залишається та сама.

Допоміжний час встановлюють для кожного технологічного переходу за нормативами. Він може перекриватись (частково або повністю) або не перекриватись основним часом.

Час технічного і організаційного обслуговування, а також час перерв встановлюють за нормативами (в процентах від оперативного часу) і визначають в цілому на операцію.

Оперативним часом називають суму основного і допоміжного часів.

У серійному виробництві визначають норму калькуляційного часу:

- для партії деталей

$$T_{\kappa} = T_{nz} + T_{umt} \cdot n, \quad (3.36)$$

- для однієї деталі

$$T_{ук} = \frac{T_{nz}}{n} + T_{umt}, \quad (3.37)$$

де  $n$  – кількість деталей в партії, шт.;

$T_{nz}$  – підготовчо-заклучний час, що встановлюється за нормативами, хв.

При нормуванні розробленого технологічного процесу використовуємо загально машинобудівні нормативи часу [16].

Основний (технологічний) час визначається в більшості випадків за формулою (3.35).

Розрахункова довжина обробки  $L_p$  в більшості випадків визначається за формулою

$$L_p = l_1 + l + l_2, \quad (3.38)$$

де  $l_1$  – довжина врізання, мм;

$l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_2$  – довжина перебігу, мм.

Конкретні значення  $l_1$  і  $l_2$  для різних видів обробки приведені в літературі [9], там також наведені розрахункові формули для випадків, коли основний час не можна визначати за формулою (3.35). так наприклад при нарізанні різьби мітчиком основний (технологічний) час визначають за формулою

$$T_o = \frac{L_p}{s \cdot n} + \frac{L_p}{s \cdot n_1}, \quad (3.39)$$

де  $s$  – подача, рівна кроку різьби, мм/об;

$n$  – частота обертання шпинделя при нарізанні різьби, об/хв;

$n_1$  – частота обертання шпинделя при вигвинчуванні інструменту (відводі), об/хв.

Проводимо розрахунок основного часу для всіх переходів всіх операцій технологічного процесу. Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.9.

Решту складових формули (3.39) визначаємо за [9].

Визначення допоміжного часу на операцію полягає у знаходженні за відповідними картами і наступному сумуванні: часу на установку і зняття деталі; часу на прохід (або обробку поверхні), що визначається для кожного переходу в операції окремо; часу на зміну режиму роботи обладнання, зміну інструменту і переміщення механізмів верстату; часу на контрольне вимірювання оброблюваної поверхні.

Час на обслуговування робочого місця залежить від типу верстата і визначається в процентах від оперативного часу. Час перерв на відпочинок і особисті потреби даний в процентах від оперативного часу (карта 88).

За формулами (3.36) і (3.37) визначаємо норми калькуляційного часу. Результати розрахунків оформляємо у вигляді таблиць 3.10 і 3.11.

Комплект документів на технологічний процес механічної обробки корпусу КС6В-48.101 подано у додатку А.

Таблиця 3.9 – Результати розрахунку основного (технологічного) часу

Операція	Перехід	Оброблювана поверхня	Довжина, мм (див. формулу (2.46))				Подача $s_{xв}$ , мм/хв	Кількість проходів	Основний час $T_o$ , хв
			$l_1$	$l$	$l_2$	$L_p$			
005	1	<i>A</i>	37	258	3	298	300	1	0,993
	2	<i>E</i>	2	2	–	4	125	6	0,192
	3	<i>E</i>	5	18	2	25	100	4	1,000
	4	<i>E</i>	5	18	2	25	100	2	0,500
	5	<i>E</i>	13,8	18	–	31,8	144	2	0,442
$\Sigma$									3,127
010	1	<i>P</i>	25	280	3	308	384	1	0,802
$\Sigma$									0,802
015	1	<i>M, H</i>	32	283	3	316	315	2	1,010
$\Sigma$									1,010
020	1	<i>B, Д</i>	3	47	2	250	52	1	0,208
	2	<i>B, Д</i>	2	47	2	200	52	1	0,255
	3	<i>B, Д</i>	2	47	2	80	52	1	0,408
	4	<i>B, Г</i>	3	48	2	160	53	1	0,331
	5	<i>B, Г</i>	2	48	2	125	52	1	0,416
	6	<i>B, Г, П<sub>3</sub></i>	2	48	2	80	52	1	0,650
$\Sigma$									2,268
025	1	<i>П<sub>1</sub>, П<sub>2</sub></i>	2	3	–	5	27	3	0,080
$\Sigma$									0,080
030	1	<i>K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub></i>	–	1,75	–	1,75	5	3	0,370
$\Sigma$									0,370
035	1	<i>T</i>	3	21	–	24	200	2	0,240
	2	<i>T</i>	3	12	–	15	1250	2	0,048
$\Sigma$									0,288
040	1	<i>C</i>	3	21	–	24	200	1	0,120
	2	<i>C</i>	3	12	–	15	1250	1	0,024
$\Sigma$									0,144
045	1	<i>O</i>	6	15	2	23	71	2	0,324
	2	<i>O</i>	5	15	–	20	400	2	0,150
$\Sigma$									0,474

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку штучного часу

№ операції	$T_o$ , хв	$T_d$ , хв	$T_{on}$ , хв	$T_{обс}$		$T_n$		$T_{ум}$ , хв
				%	хв	%	хв	
005	3,127	2,030	5,157	4	0,20	4	0,20	5,557
010	0,802	0,670	1,472	4	0,05	4	0,06	1,582
015	1,010	0,840	1,850	4	0,07	4	0,07	1,990
020	2,268	1,590	3,858	4	0,15	4	0,15	4,158
025	0,080	0,070	0,150	4	0,01	4	0,01	0,170
030	0,370	0,320	0,690	4	0,03	4	0,03	0,750
035	0,288	1,120	1,408	4	0,06	4	0,06	1,582
040	0,144	1,120	1,264	4	0,05	4	0,05	1,364
045	0,474	0,240	0,814	4	0,03	4	0,03	0,874
Σ								18,027

Таблиця 3.11 – Результати розрахунку штучно-калькуляційного часу

№ операції	Величина партії, шт	Норми часу, хв		
		$T_{ум}$	$T_{нз}$	$T_{шк}$
005	240	5,557	35	5,703
010		1,582	28	1,824
015		1,990	28	2,107
020		4,158	35	4,304
025		0,170	20	0,253
030		0,750	20	0,833
035		1,582	20	1,665
040		1,364	20	1,447
045		0,874	20	0,957
Σ		18,027		19,093

### 3.3 Визначення кількості обладнання

Вибір обладнання для проектованого технологічного процесу проводиться після того як кожна операція попередньо розроблена. Це означає, що намічені, вибрані або визначені:

- метод оброблення поверхні або поєднання поверхонь;
- точність і шорсткість оброблюваних поверхонь;
- припуск на обробку.

Обладнання вибирають за головним критерієм, що найбільшою мірою виявляє його функціональне призначення і технічні можливості. Таким критерієм є вид обробки, на який розраховано верстат, відповідно до його службового призначення. Другим за важливістю критерієм є габаритні розміри робочої зони верстата, які повинні відповідати габаритним розмірам заготовки з урахуванням розмірів пристрою. Третім критерієм є відповідність верстата необхідній точності оброблення.

Правильний вибір обладнання визначає його раціональне використання по часу. При виборі верстатів для розробленого технологічного процесу цей фактор повинен враховуватись таким чином, щоб виключити їх простої, тобто потрібно приймати верстати за продуктивністю. З цією метою визнають поряд з іншими техніко-економічними показниками критерії, що показують ступінь використання кожного верстата окремо і всіх разом по розробленому технологічному процесі.

Розрахункова кількість верстатів визначається за формулою

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шк}}}{60 \cdot F_o}, \quad (3.40)$$

де  $N = 10000$  шт. – річна програма випуску деталей;

$F_o = 4015$  год. – дійсний фонд часу роботи обладнання;

Операція 005, верстат 2204ВМФ4

$$m_{p1} = \frac{10000 \cdot 5,70}{60 \cdot 4015} = 0,24.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n1} = 1$ .

Операція 010, верстат 6540

$$m_{p2} = \frac{10000 \cdot 1,82}{60 \cdot 4015} = 0,08.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n2} = 1$ .

Операція 015, верстат 6P82Г

$$m_{p3} = \frac{10000 \cdot 2,107}{60 \cdot 4015} = 0,09.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n3} = 1$ .

Операція 020, верстат 2204ВМФ4

$$m_{p4} = \frac{10000 \cdot 4,30}{60 \cdot 4015} = 0,18.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n4} = 1$ .

Операція 025, верстат 2Н135

$$m_{p5} = \frac{10000 \cdot 0,253}{60 \cdot 4015} = 0,01.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n5} = 1$ .

Операція 030, верстат 2Н135

$$m_{p6} = \frac{10000 \cdot 0,833}{60 \cdot 4015} = 0,03.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n6} = 1$ .

Операція 035, верстат 2Н135

$$m_{p7} = \frac{10000 \cdot 1,665}{60 \cdot 4015} = 0,07.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n7} = 1$ .

Операція 040, верстат 2Н135

$$m_{p8} = \frac{10000 \cdot 1,447}{60 \cdot 4015} = 0,06.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n8} = 1$ .

Операція 045, верстат 2Н135



$$m_{p9} = \frac{10000 \cdot 0,957}{60 \cdot 4015} = 0,04.$$

Приймаємо кількість верстатів рівною  $m_{n9} = 1$ .

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціях технологічного процесу за формулою

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}. \quad (3.41)$$

$$\begin{aligned} \eta_{z1} &= \frac{0,24}{1} = 0,24; & \eta_{z2} &= \frac{0,08}{1} = 0,08; & \eta_{z3} &= \frac{0,09}{1} = 0,09; \\ \eta_{z4} &= \frac{0,18}{1} = 0,18; & \eta_{z5} &= \frac{0,01}{1} = 0,01; & \eta_{z6} &= \frac{0,03}{1} = 0,03; \\ \eta_{z7} &= \frac{0,07}{1} = 0,07; & \eta_{z8} &= \frac{0,06}{1} = 0,06; & \eta_{z9} &= \frac{0,04}{1} = 0,04. \end{aligned}$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання буде складати

$$\eta_{zc} = \frac{0,24 + 0,08 + 0,09 + 0,18 + 0,01 + 0,03 + 0,07 + 0,06 + 0,04}{9} = 0,09.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається за формулою

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ук}}. \quad (3.42)$$

$$\begin{aligned} \eta_{o1} &= \frac{3,13}{5,70} = 0,55; & \eta_{o2} &= \frac{0,80}{1,82} = 0,44; & \eta_{o3} &= \frac{1,01}{2,11} = 0,49; \\ \eta_{o4} &= \frac{2,67}{4,30} = 0,62; & \eta_{o5} &= \frac{0,08}{0,25} = 0,32; & \eta_{o6} &= \frac{0,37}{0,83} = 0,46; \\ \eta_{o7} &= \frac{0,29}{1,66} = 0,17; & \eta_{o8} &= \frac{0,14}{1,45} = 0,10; & \eta_{o9} &= \frac{0,47}{0,96} = 0,50. \end{aligned}$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{oc} = \frac{0,55 + 0,44 + 0,49 + 0,62 + 0,32 + 0,46 + 0,17 + 0,10 + 0,50}{9} = 0,41.$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою

$$\eta_n = \frac{N_e}{N_{\partial e}}, \quad (3.43)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність різання, кВт;

$N_{\partial e}$  – потужність електродвигуна верстата, кВт.

$$\eta_{n1} = \frac{6,29}{6,3} = 0,99; \quad \eta_{n2} = \frac{7,16}{7,5} = 0,96; \quad \eta_{n3} = \frac{7,35}{7,5} = 0,98;$$

$$\eta_{n4} = \frac{5,38}{6,3} = 0,85; \quad \eta_{n5} = \frac{0,92}{4,0} = 0,23; \quad \eta_{n6} = \frac{2,10}{4,0} = 0,52;$$

$$\eta_{n7} = \frac{2,24}{4,0} = 0,56; \quad \eta_{n8} = \frac{0,81}{4,0} = 0,20; \quad \eta_{n9} = \frac{0,78}{4,0} = 0,20.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за потужністю

$$\eta_{nc} = \frac{0,99 + 0,96 + 0,98 + 0,85 + 0,23 + 0,52 + 0,56 + 0,20 + 0,20}{9} = 0,57.$$

На основі визначених коефіцієнтів завантаження та використання обладнання будемо графіки завантаження і використання обладнання, які подано на рисунках 3.3, 3.4 і 3.5. Графіки служать наглядним засобом оцінки техніко-економічної ефективності розробленого технологічного процесу.

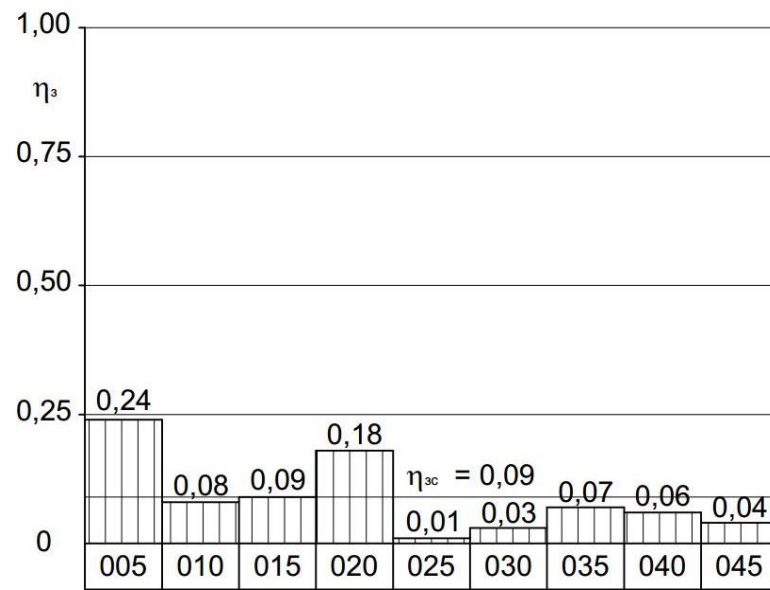


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

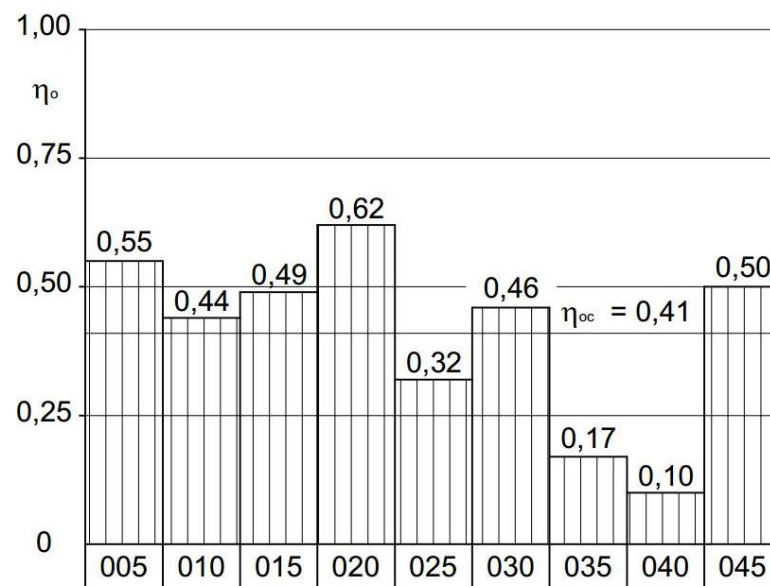


Рисунок 3.4 – Графік використання обладнання за основним часом

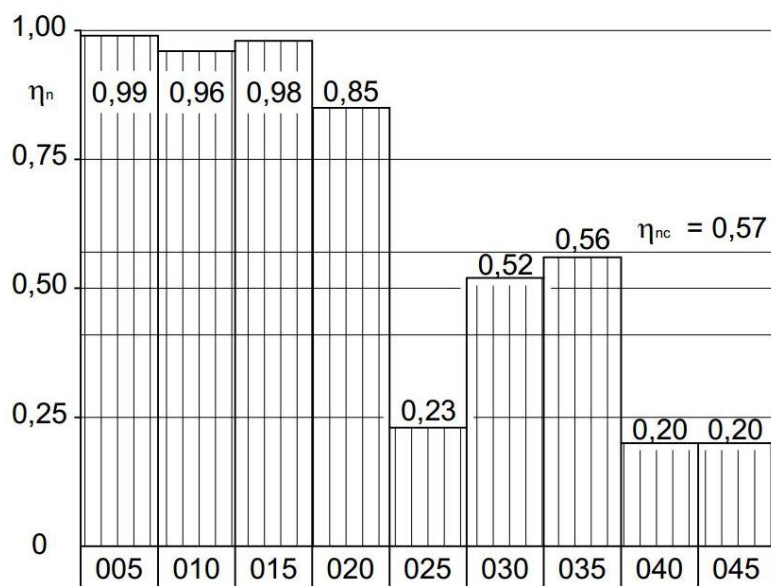


Рисунок 3.5 – Графік використання обладнання за потужністю

Специфікацію технологічного обладнання з вказуванням необхідних виробничих площ оформляємо у вигляді таблиці 3.12. Питому площу приймаємо згідно рекомендацій [17].

Таблиця 3.12 – Специфікація обладнання цеху

№ з/п	Номер і назва операції	Назва і модель верстата	Кількість верстатів	Питома площа, м <sup>2</sup>	Необхідна площа, м <sup>2</sup>
1	005, 020 Комплексна з ЧПК	Багатоопераційний з ЧПК 2204ВМФ4	2	25	50
2	010 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6540	1	25	25
3	020 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6P82Г	1	25	25
4	025, 030, 035, 040, 045 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135	5	25	125
	Всього		9	-	225

В склад механічного цеху входять допоміжні відділення і складські приміщення. Для проектованої дільниці механічної обробки немає необхідності передбачати кожне відділення. Розглянемо лише ті, що входять до складу дільниці.

*Відділення по переробці стружки.*

Річну кількість стружки можна оцінити як різницю між масами заготовок і готових деталей, з урахуванням річної програми випуску

$$M_{стр} = (20,4 - 17,4) \cdot 10000 = 30000 \text{ кг.}$$

Від верстатів стружка відводиться і транспортується за допомогою гвинтових (шнекових) транспортерів на преси для брикетування.

Площу відділення для збирання і переробки стружки визначають в залежності від кількості технологічного обладнання. Приймаємо цю площу рівною 65 м<sup>2</sup>, [17].

*Контрольне відділення.*

Контрольне відділення розміщується в механічному цеху на шляху руху деталей в складальний цех, перед проміжним цехом. Крім самого контрольного відділення на дільниці між верстатами обладнуються контрольні пункти, на яких відбувається перевірка деталей між верстатними операціями. Площа контрольного пункту визначається по нормі 5-6 м<sup>2</sup> на одного контролера з використанням коефіцієнта 1,5-1,75 на розміщення обладнання, інвентарю і проходів.

Площа контрольного пункту складає  $6 \cdot 1,75 = 10,5$  м<sup>2</sup>. Приймаємо 10 м<sup>2</sup>.

*Склад матеріалів і заготовок.*

Площу складу визначаємо за формулою

$$S_{сз} = \frac{Q_{чор} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_e}, \quad (3.44)$$

де  $Q_{чор}$  – маса заготовок річного об'єму випуску,

$t$  – кількість робочих днів, протягом яких заготовки перебувають на складі,  $t = 6$ ;

$q$  – середнє допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> корисної площі складу,  $q = 1,2$  т/м<sup>2</sup>;  
 $k_с$  – коефіцієнт використання площі складу,  $k_с = 0,3$ .

$$Q_{чор} = 20,4 \cdot 10000 = 204000 \text{ кг} = 204 \text{ т};$$

$$S_{сз} = \frac{204 \cdot 6}{206 \cdot 1,2 \cdot 0,3} = 13,08 \text{ м}^2.$$

*Проміжний склад.* Площу складу визначаємо за формулою

$$S_{nc} = \frac{Q \cdot t'}{260 \cdot q' \cdot k'_с}, \quad (3.45)$$

де  $Q$  – маса готових деталей річного об'єму випуску,

$t'$  – кількість робочих днів, протягом яких деталі зберігаються на складі,  $t' = 12$ ;

$q'$  – середнє допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> корисної площі складу,  $q' = 1,0$  т/м<sup>2</sup>;

$k'_с$  – коефіцієнт використання площі складу,  $k'_с = 0,25$ .

$$Q = 17,4 \cdot 10000 = 1744000 \text{ кг} = 174 \text{ т};$$

$$S_{nc} = \frac{174 \cdot 12}{260 \cdot 1,0 \cdot 0,25} = 32,12 \text{ м}^2.$$

Приймаємо сплощу проміжного складу 32 м<sup>2</sup>. Розраховані площі зводимо в таблицю 3.13.

При проектуванні цеху велике значення має вибір типу виробничої будівлі, її компоновки, розмірів в плані. Об'ємно-планувальні рішення можуть бути різноманітними.

Проектований цех взагалі і дільницю зокрема розміщуємо у будівлі з уніфікованих типових секцій. Розмір основних типових секцій в плані складає 72×72 м, причому перший розмір відповідає довжині прольоту, другий – ширині будівлі. Площа секції складає 5184 м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.13 – Відомість площ дільниці механічної обробки корпусу КС6В-48.101

№ з/п	Компонент площі	Площа, м <sup>2</sup>
1	Основне технологічне обладнання	225
2	Допоміжні відділення	
2.1	Відділення по переробці стружки	65
2.2	Контрольний пункт ВТК	10
2.3	Склад матеріалів і заготовок	13
2.4	Проміжний склад	32
	Всього допоміжних відділень	120
	Всього (допоміжне відділення і технологічне обладнання)	345
3	Площі проїздів	60
	Загальна площа дільниці	405

Будівлю приймаємо безкрановою із світлоаераційним ліхтарем. Сітка колон (18×12 м перша цифра – це ширина прольоту, друга – крок колон). Висота прольоту 7,2 м.

Покрівлю виробничої будівлі використовуємо скатну із збірних настилів, які вкладаються на фермах.

Компоновку виробничої будівлі проводимо на основі уніфікованих габаритних схем і уніфікованих типових секцій. Елемент компонуального плану представляємо на листі, на якому за допомогою умовних позначень показуємо ширину та крок колон. Позначаємо стіни, магістральні та цехові проїзди та проходи, межі дільниці, виїзди для автотранспорту та інше.

Планування робочих місць виконуємо у відповідності до компонуального плану. Планування робочих місць розроблене на дільницю.

На плані розміщення обладнання (рис. 3.6) за допомогою умовних позначень показуємо: будівельні елементи, межі дільниці, технологічне обладнання, резервні місця під обладнання, місця для технічного контролю

предметів праці, піднімально-транспортне обладнання, місця робітників, проїзди і проходи, промисловий підвід рідких і газоподібних речовин.

Обладнання на дільниці розміщуємо у відповідності з прийнятим середньосерійним типом виробництва. Розташовуємо обладнання, проходи і проїзди так, щоб вони гарантували зручність і безпеку роботи, зручність подачі заготовок та інструментів, зручність збирання відходів. План розміщення обладнання пов'язаний із піднімально-транспортними засобами, які застосовуються. На плані передбачені найкоротші шляхи переміщення заготовок і деталей в процесі виробництва, включаючи зворотні рухи.

Приймаємо відстань від проїзду до фронтальної сторони верстату – 1000 мм; відстань між верстатами – 900 мм; ширину проходу і ширину проїзду для електрокарів приймаємо 2 м.

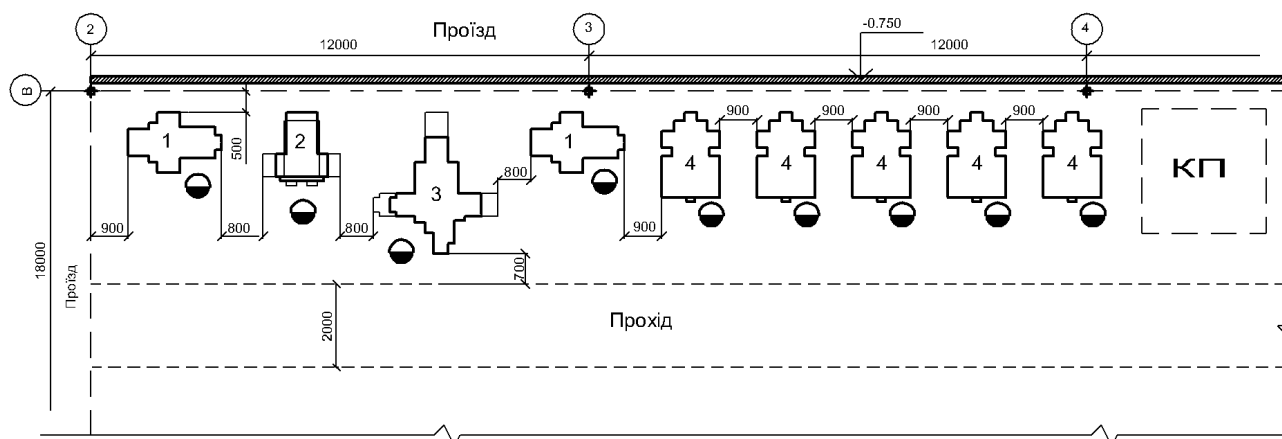


Рисунок 3.6 – План розміщення обладнання на дільниці механічної обробки корпусу КС6В-48.101:

- 1 – Горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПК 2204ВМФ4;
- 2 – Вертикально-фрезерний верстат 6540; 3 – Горизонтально-фрезерний верстат 6Р82Г; 4 – Вертикально-свердлильний верстат 2Н135.



### **3.4 Конструювання спеціального оснащення**

#### **3.4.1 Розробка пристосувань для механічної обробки та вибір схем установки деталі у пристроях**

Незважаючи на різноманіття конструкцій верстатних пристосувань, в них є багато спільного. Практично кожне пристосування складається з корпусу і розміщених в ньому установочних, затискних і направляючих елементів. Але оскільки конструкції оброблюваних деталей відрізняються, то різними будуть форма і взаємне розташування цих елементів.

Конструкція пристосування залежить від схеми установки в ньому деталі, остання в свою чергу залежить від схеми базування. Схеми базування деталі на кожній операції розглядались в технологічній частині проекту. На основі цього можна прийняти наступні схеми установки деталі (рис. 3.7).

На рис. 3.7, *а* показана схема установки деталі на першій операції технологічного процесу (операція 005). Як бачимо з рисунка деталь встановлюється необроблюваними поверхнями на опори пристосування. Затиск здійснюється по поверхні отвору  $\varnothing 85$  мм. Конфігурація затискного елемента дозволяє точно виставити деталь в горизонтальній площині. Для забезпечення точного положення оброблюваної поверхні у вертикальній площині опори пристосування зроблені регульованими (рис. 3.8). Схема установки дозволяє забезпечити рівномірний припуск при наступній обробці основних отворів і паралельність осей отворів до оброблюваних на даній операції плоских поверхонь.

На рис. 3.7, *б* показана схема установки деталі на наступній операції технологічного процесу (операція 010). Деталь встановлюється в пристосуванні на площину, оброблену на попередній операції і два отвори, осі яких перпендикулярні до цієї площини. Один отвір контактує з циліндричним пальцем пристосування, інший – із зрізаним. Затиск здійснюється по поверхні основних отворів.

Аналогічна схема установки деталі використовується на операції 015, на якій обробляються плоскі поверхні деталі на горизонтально-фрезерному верстаті. В обох випадках затиск деталі пневматичний.

При обробці основних отворів (операція 020) схема установки деталі відрізняється тим, що затиск деталі проводиться по верхній площині. Затиск деталі проводиться вручну (рис. 3.7, *з*).

При свердлінні отворів для зливу масла використовується схема установки, зображена на рисунку 3.7, *г* деталь базується на циліндричній оправці по основному отвору  $\varnothing 120$  мм. Для виставлення деталі у вертикальній площині служать регульовані опори пристосування. Затиск здійснюється по торцевій поверхні отвору  $\varnothing 85$  мм. Затиск деталі – пневматичний. Пристосування має кондукторну плиту з направляючими втулками, що служать для направлення інструменту (свердла). Перед нарізанням різьби кондукторну плиту швидко відводять вбік.

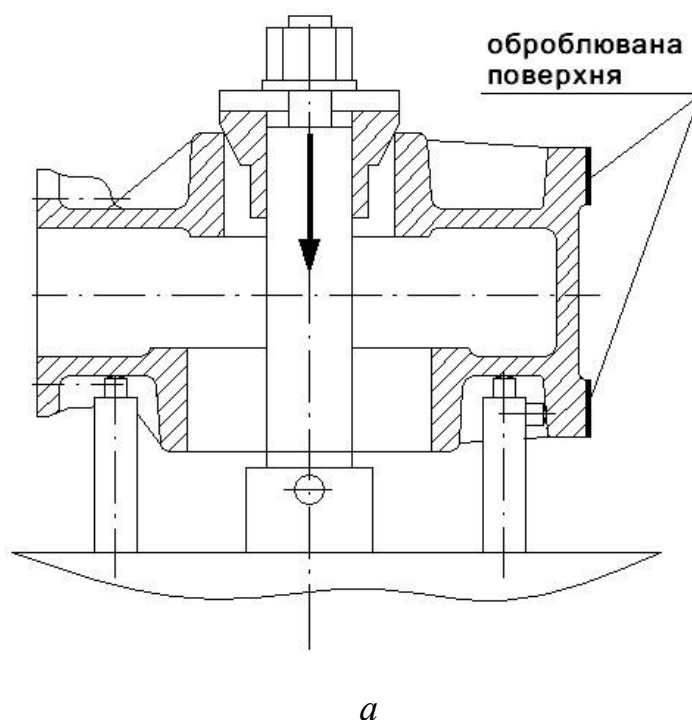


Рисунок 3.7 – Схеми пристосувань для обробки корпуса (початок)

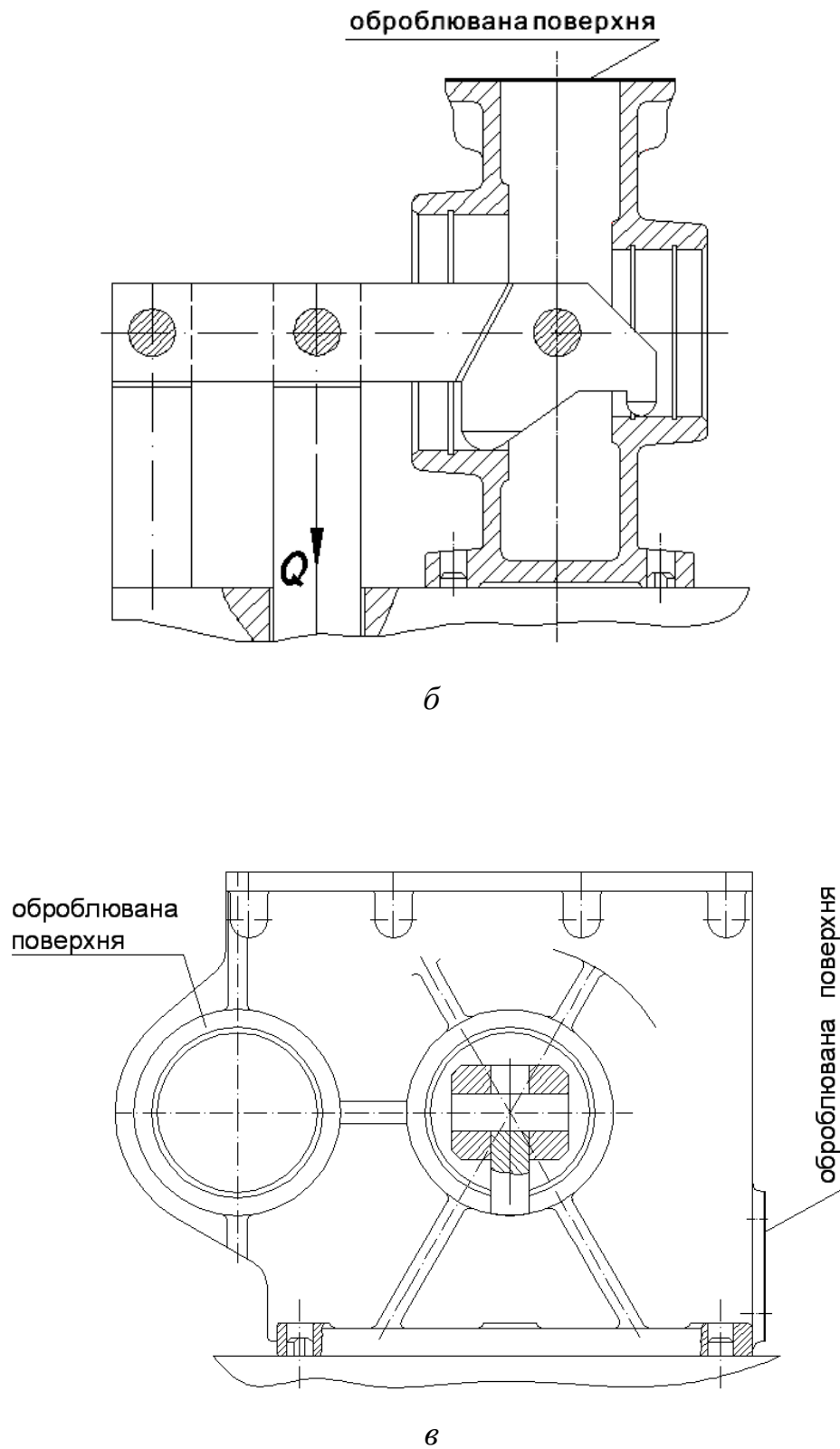
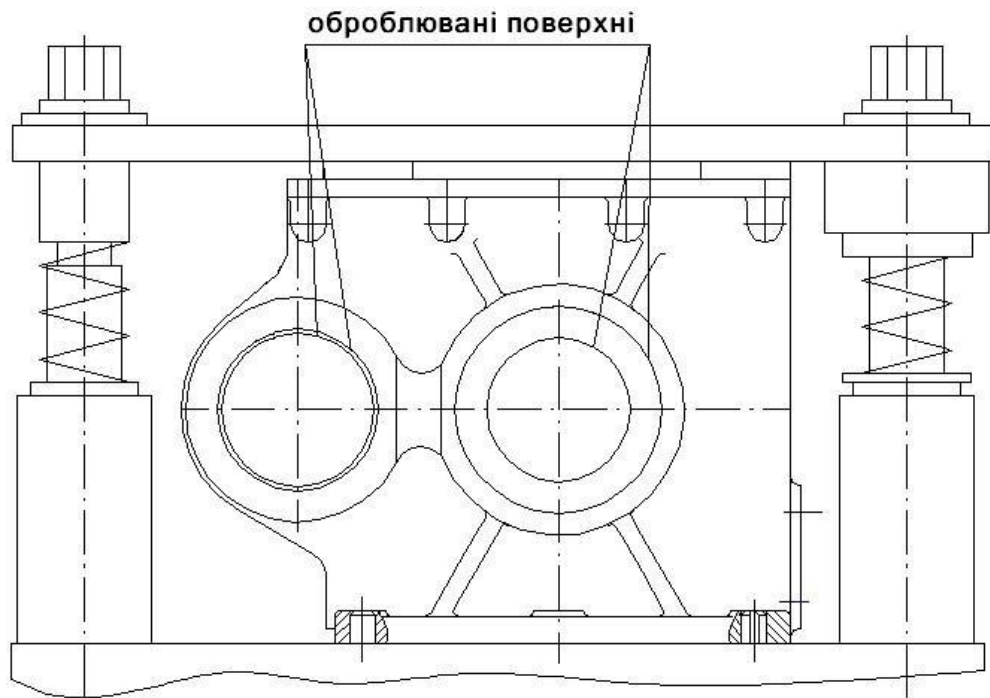
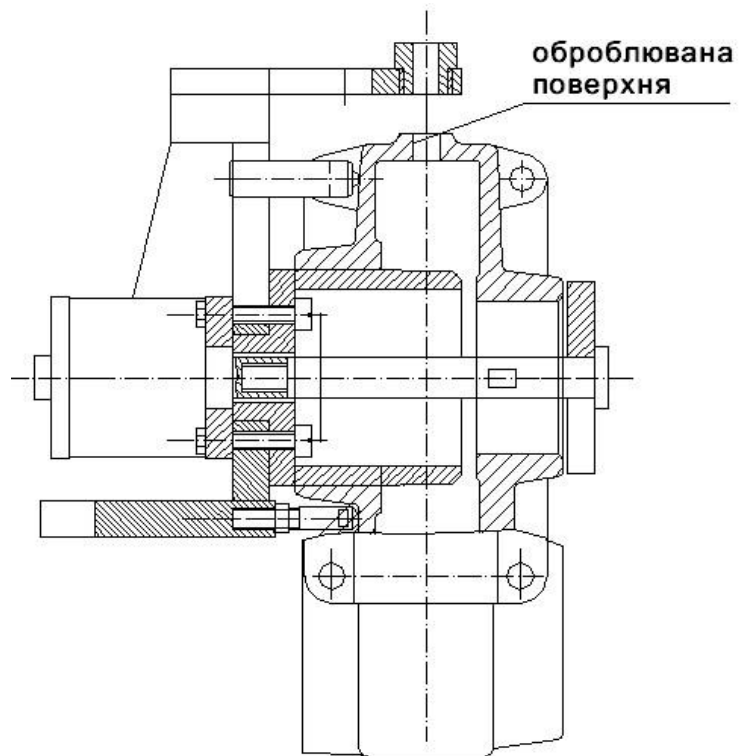


Рисунок 3.7 – Схеми пристосувань для обробки корпусу (продовження)



2



д

Рисунок 3.7 – Схеми пристосувань для обробки корпусу (кінець)

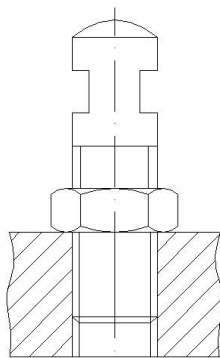


Рисунок 3.8 – Конструкція регульованої опори

Обробку (свердління) отворів під різьбу М8-7Н проводять з допомогою накладних кондукторів. Інструмент в цьому випадку направляють кондукторні втулки, тому відпадає необхідність розмітки і зацентровки. Накладні кондуктори виконують у вигляді плит і безпосередньо базують по попередньо оброблених поверхнях заготовки, наприклад як зображено на рисунку 3.9.

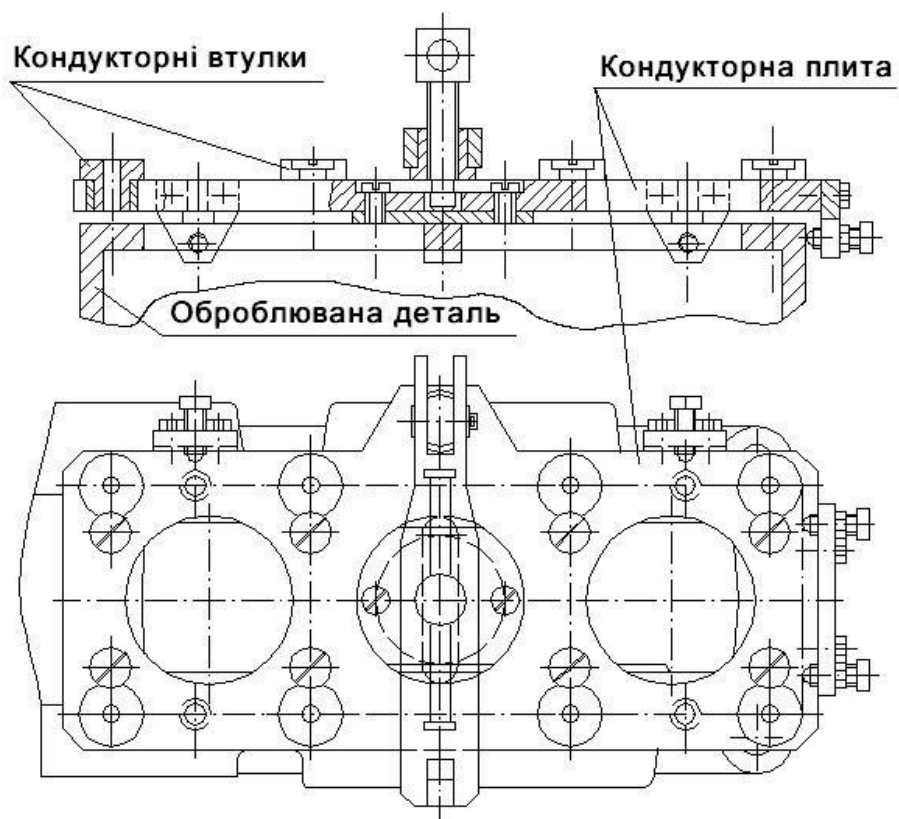


Рисунок 3.9 – Накладний кондуктор для свердління 8-ми отворів під різьбу М8-7Н

### 3.4.2 Розрахунок сил і визначення основних параметрів механізмів затиску

#### 3.4.2.1 Пристрій для підготовки базових поверхонь

На даній операції найбільші навантаження на елементи пристосування виникають при фрезеруванні, тому силовий розрахунок проводимо для фрезерування.

При фрезеруванні торцевою фрезою деталь базується основою і боковою поверхнею (рис. 3.10).

Два затискні елементи, що діють нормально до поверхні заготовки, повинні створити силу затиску, що перешкоджає переміщенню оброблюваної заготовки під дією горизонтальної складової сили різання  $P_H$ . Сили  $Q_1$  і  $Q_2$  рівні, і, отже, сили тертя  $T_1$  і  $T_2$  також рівні.

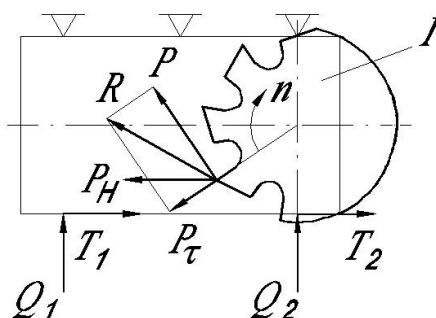


Рисунок 3.10 – Схема дії сил різання  $P$  і сил затиску  $Q$  на оброблювану деталь 1

Як відомо, сила тертя рівна добутку сили затиску на коефіцієнт тертя  $fQ$ . Тоді можна записати

$$T_1 = T_2 = T = fQ. \quad (3.46)$$

Надійний затиск заготовки забезпечується за умови, якщо

$$2fQ \geq kP_H, \quad (3.47)$$

$$Q = \frac{kP_H}{2f}, \quad (3.48)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя, згідно [18],  $f = 0,3$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу [18].

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6, \quad (3.49)$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу, рекомендується приймати для всіх випадків рівним 1,5;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту,  $k_1 = 1,8$ ;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує зміну величини припуску чорнових заготовок,  $k_2 = 1,2$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні,  $k_3 = 1,0$ ;

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує вид приводу,  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує зручне розміщення рукояток для ручних затискних пристроїв,  $k_5 = 1,2$ ;

$k_6$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту,  $k_6 = 1,0$ .

$$k = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,888.$$

Горизонтальну складову сили різання приймаємо рівною 2 443 Н (п. 3.2.5).

Тоді

$$Q = \frac{3,888 \cdot 2443}{2 \cdot 0,3} = 15831 \text{ Н.}$$

В даному випадку затиск здійснюється гайкою. Момент сили, прикладений до гайкового ключа  $M_1$  витрачається на перемагання моменту сили  $M_2$  тертя в різьбовому з'єднанні гайки з гвинтом і моменту  $M_3$  сили тертя на опорній поверхні гайки.

Момент сили тертя в різьбовому з'єднанні визначаємо за формулою [18].

$$M_2 = Q \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\lambda + \rho'), \quad (3.50)$$

де  $Q$  – осьова сила (сила затиску),  $Q = 15\ 831$  Н;

$d_{cp}$  – середній діаметр різьби,  $d_{cp} = 18,376$  мм;

$\lambda$  – кут підйому гвинтової лінії різьби,  $\lambda = 2^\circ 30'$ ;

$\rho'$  – приведений кут тертя в різьбі ( $f$  – коефіцієнт тертя і  $\alpha$  – кут профілю різьби).

$$\rho' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha / 2},$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя;

$\alpha$  – кут профілю різьби, град.

$$\rho' = \operatorname{arctg} \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,102.$$

Момент сили тертя на опорній поверхні гайки визначаємо за формулою [18]

$$M_3 = Q \cdot \frac{f_1}{3} \cdot \frac{D^3 - D_0^3}{D^2 - D_0^2}, \quad (3.51)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя на опорній поверхні гайки (можна приймати  $f_1 = f$ );

$D$  – найбільший діаметр опорної поверхні гайки,  $D = 34,6$  мм;

$D_0$  – діаметр отвору для болта в шайбі,  $D_0 = 21$  мм.

Із умови рівноваги затягнутої системи деталей можна написати  $M_1 = M_2 + M_3$ , або

$$M_1 = Q \left[ \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\lambda + \rho') + \frac{f_1}{3} \cdot \frac{D^3 - D_0^3}{D^2 - D_0^2} \right], \quad (3.52)$$

Тоді

$$M_1 = 15,581 \left[ \frac{18,376}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,5 + 0,102) + \frac{0,15}{3} \cdot \frac{34,6^3 - 21^3}{34,6^2 - 21^2} \right] = 40,276 \text{ Нм.}$$

Специфікація пристрою для підготовки базових поверхонь подана в додатку Б1, а його складальне креслення – в графічній частині.



### 3.4.2.2 Пристосування для фрезерування деталі в розмір 258

В даному випадку оброблювана деталь 1 (див. рис. 3.7, б) базується на установочних елементах пристосування і притискається до них силою затиску  $Q$ , а сила різання  $P$  діє в перпендикулярному напрямку.

Силі різання  $P$  протидіють сили тертя  $T_1 = Qf_1$  між опорною поверхнею пристосування і нижньою базовою площиною деталі, а також  $T_2 = Qf_2$  між верхньою площиною і поверхнею затиску.

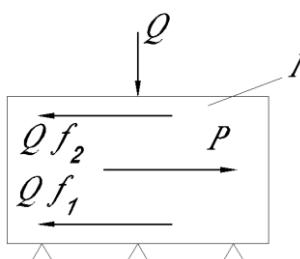


Рисунок 3.11 – Схема взаємодії сил різання і сил затиску на оброблювану деталь

Необхідну силу затиску визначаємо за формулою

$$Qf_1 + Qf_2 = kP, \quad (3.53)$$

Звідки

$$Q = \frac{kP}{f_1 + f_2}, \quad (3.54)$$

де  $f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя заготовки на опорах і в місцях затиску,  $f_1 = 0,15$ ;  $f_2 = 0,3$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу, див. пояснення до формули (3.49);

$P$  – сила різання, Н.

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}, \quad (3.55)$$

де  $P_z$  – тангенціальна складова сили різання,  $P_z = 5\,479$  Н, (див. 3.2.5);

$P_y$  – радіальна складова сили різання,  $P_y = 3\,287$  Н.

$$P = \sqrt{5479^2 + 3287^2} = 6389 \text{ Н.}$$

Згідно [18]  $k_0 = 1,5$ ;  $k_1 = 1,8$ ;  $k_2 = 1,2$ ;  $k_3 = 1,0$ ;  $k_4 = 1,0$ ;  $k_5 = 1,0$ ;  $k_6 = 1,5$ .

Тоді

$$k = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,86;$$

$$Q = \frac{4,86 \cdot 6389}{0,15 \cdot 0,3} = 69001 \text{ Н.}$$

Отже сила 69001 Н забезпечує надійний затиск заготовки.

В даному пристосуванні використовується пневматичний затиск деталі. Необхідний діаметр поршня пневмоциліндра розраховуємо із співвідношення

$$p = \frac{Q}{F}, \quad (3.56)$$

де  $p$  – тиск повітря в магістралі, Па;

$Q$  – необхідна сила затиску, Н;

$F$  – площа поршня, м<sup>2</sup>.

Оскільки

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.57)$$

то

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p}}, \quad (3.58)$$

Згідно [18]  $p = 3-7 \text{ кг/см}^2$ , приймаємо  $p = 6 \text{ кг/см}^2$ , що в переводі в систему СІ дорівнює  $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

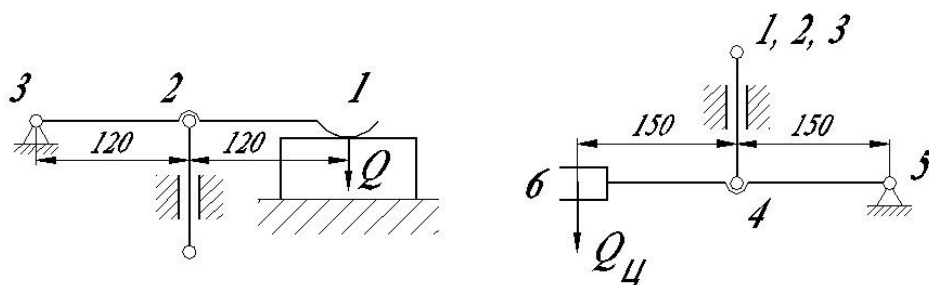


Рисунок 3.12 – Кінематична схема пристосування:

$Q$  – сила затиску,  $Q_{ц}$  – сила на штоку пневмоциліндра

Згідно кінематичної схеми пристосування (рис. 5.6)  $Q_{Ц} = Q = 69\,001\text{ Н}$ .

Тоді

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 69001}{\pi \cdot 6 \cdot 10^5}} = 0,146\text{ м} = 146\text{ мм}.$$

Призначаємо із стандартного ряду  $d = 150\text{ мм}$ .

Специфікація пристосування подана в додатку Б2, а його складальне креслення – в графічній частині.

### 3.4.2.3 Пристосування для фрезерування двох поверхонь

В даному випадку оброблювана деталь 1 базується на установочних елементах пристосування і притискується до них силою  $Q$  (рис. 3.13). Сили різання направлені проти сили різання (компонент  $P_1$ ) і одночасно прагнуть зсунути заготовку в боковому напрямку (компонент  $P_2$ ).

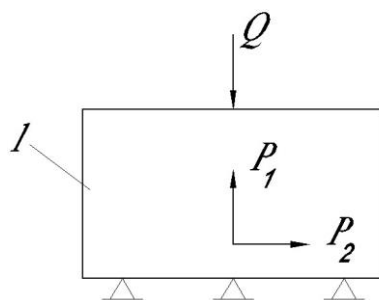


Рисунок 3.13 – Схема взаємодії сил різання і сил затиску на оброблювану деталь 1

З умови статички маємо

$$P_2 < (Q - P_1)f_1 + Qf_2 \quad , \quad (3.59)$$

Ввівши коефіцієнт запасу  $k > 1$  і зробивши перетворення отримаємо

$$Q = \frac{k \cdot P_2 + P_1 \cdot f_1}{f_1 + f_2} \quad , \quad (3.60)$$

Значення  $P_1$  і  $P_2$  розраховані в технологічній частині проекту (п 3.2.5):  
 $P_1 = 4\,250$  Н – вертикальна складова;  $P_2 = 1\,790$  Н – горизонтальна складова.  
 $k_0 = 1,5$ ;  $k_1 = 1,8$ ;  $k_2 = 1,2$ ;  $k_3 = 1,0$ ;  $k_4 = 1,0$ ;  $k_5 = 1,0$ ;  $k_6 = 1,5$ ;  $f_1 = f_2 = 0,15$  [18].

Підставивши значення, отримаємо

$$k = 1,5 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,86;$$

$$Q = \frac{4,86 \cdot 1790 + 4250 \cdot 0,15}{0,15 + 0,15} = 31\,123 \text{ Н.}$$

Згідно кінематичної схеми пристосування (рис. 3.14)

$$Q_{\text{ц}} = 2 \cdot Q = 2 \cdot 31\,123 = 62\,246 \text{ Н.}$$

Тоді за формулою (3.58)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 62246}{\pi \cdot 6 \cdot 10^5}} = 0,132 = 132 \text{ мм.}$$

Призначаємо із стандартного ряду  $d = 150$  мм.

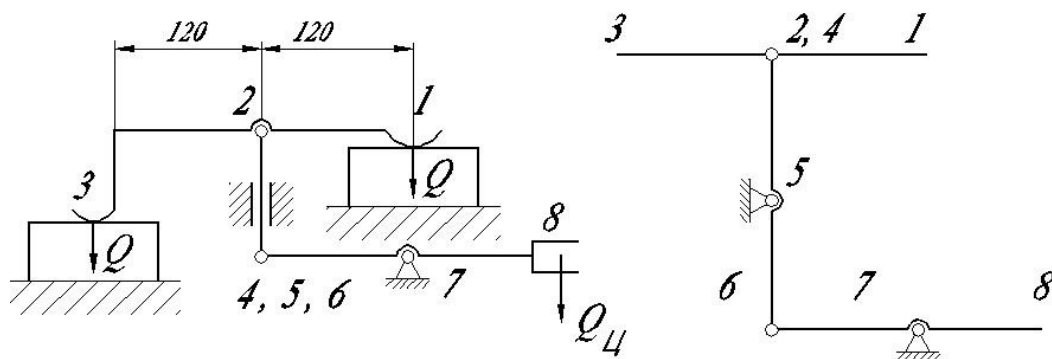


Рисунок 3.14 – Кінематична схема пристосування:

$Q$  – сила затиску,  $Q_{\text{ц}}$  – сила на штоку пневмоциліндра

Специфікація пристосування подана в додатку БЗ, а його складальне креслення – в графічній частині.

### 3.4.2.4 Пристосування для розточування основних отворів

В даному випадку схема взаємодії сил різання і сил затиску на оброблювану деталь така сама як і в розглянутому раніше двомісному фрезерному пристосуванні. Тому силу затиску розраховуємо за формулою (3.60).

Складові сили різання розраховані у п. 3.2.5:  $P_1 = P_y = 1194,41$  Н;  $P_2 = P_z = 2126,085$  Н;  $k = 4,86$ ;  $f_1 = f_2 = 0,15$ , тоді

$$Q = \frac{4,86 \cdot 1194,41 + 2126,085 \cdot 0,15}{0,15 + 0,15} = 20412 \text{ Н.}$$

Оскільки ми одночасно обробляємо два отвори, то дану силу потрібно збільшити в два рази  $Q = 2 \cdot 20412 = 40824$  Н.

В даному випадку затиск здійснюється гайкою, тому момент сили, прикладений до рукоятки 3 (див креслення) визначаємо за формулою (3.52).

Вихідні дані для розрахунку: приведений кут тертя  $\rho' = 0,102$ ; кут підйому гвинтової лінії  $\lambda = 2^\circ 30'$  (для метричної різьби з нормальним кроком); коефіцієнт тертя ковзання  $f = f_1 = 0,15$ ; найбільший діаметр опорної поверхні гайки,  $D = 53,1$  мм; діаметр отвору для болта в шайбі,  $D_0 = 32$  мм. Тоді

$$M_1 = 20,412 \cdot \left[ \frac{27,272}{2} \cdot \text{tg}(2,5 + 0,102) + \frac{0,15}{3} \cdot \frac{53,1^3 - 32^3}{53,1^2 - 32^2} \right] = 79,335 \text{ Нм.}$$

Специфікація пристосування подана в додатку Б4, а його складальне креслення – в графічній частині.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці механічної обробки

На дільниці механічної обробки крім сталі і чавуну обробляються алюмінієво-магнієві сплави. Пил сплавів, що виділяється при обробці відноситься до неотруйних, але для цієї категорії характерно поранення слизистої оболонки дихальних шляхів, яке призводить до їх запалення, а при проникненні в легені – до виникнення професійних хвороб.

Гранично допустима норма пилу алюмінієво-магнієвого сплаву на дільниці повинна складати  $2 \text{ мл/м}^3$  [18].

При обробці алюмінієво-магнієвих різанням використовується мастильно-охолоджуюча рідина (ЗОР) МР-2у, яка відноситься до групи масляних.

МР-2у – це індустріальне мастило з хлор-утримуючими присадками. Мінімально діюча концентрація індустріального масла  $800 \text{ мг/м}^3$ . Дія аерозолів мінеральних мастил (індустріального -12, -20, -45, -50) в концентрації  $300 \text{ мг/м}^3$  упродовж одного місяця призводить до розвитку порушень динаміки приросту маси тіла, збільшення числа лейкоцитів в крові і зниженню їх фагоцитарної активності, зниженню артеріального тиску і нервово-м'язової збудженості. Інгаляція аерозолу мастила (індустріальне -20, -45) в концентраціях  $30\text{...}60 \text{ мг/м}^3$  упродовж шести місяців має токсичну дію.

Серед хлороутримуючих присадок найбільш безпечними і розповсюдженими є трихлоретан, гексахлоретан тощо.

Трихлоретан менш токсичний, пара його характеризується слабкою наркотичною дією.

Мінеральні мастила приводять до дуже слабкою гіперемії (1 бал). Гіперемія посилюється при застосуванні присадок до складу яких входить сірка і хлор.

Для профілактики захворювань потрібно зменшувати концентрацію ЗОР у повітрі. Для цього потрібно періодично очищувати систему охолодження верстатів. Так наприклад при очистці системи охолодження через один місяць

забрудненість рук становить  $10 \text{ мг/дм}^3$ , при очистці через 2-3 місяці  $20 \text{ мг/дм}^3$ . Також при періодичній очистці системи охолодження верстатів забрудненість повітря у виробничих приміщеннях зменшується в два рази.

Зниження забрудненості пилом алюмінієво-магнієвих сплавів і аерозолем ЗОР у повітря досягається здійсненням вентиляції приміщення дільниці.

Робота верстатника на механоскладальній дільниці у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.005-76 характеризується як фізична праця середньої важкості (категорія ІІа) пов'язана з роботами, що виконуються стоячи.

Комфортна зона параметрів мікроклімату в механічних цехах зображена на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Комфортна зона параметрів мікроклімату в механічних цехах

Рівень освітлюваності на робочому місці повинен відповідати характеру зорових робіт, який визначається трьома параметрами у відповідності СНІП 11-4-79. Природне і штучне освітлення:

- об'єкт розрізнення – найменший розмір оброблюваного об'єкту, оскільки оператор проводить обробку деталі і її контроль. Цей розмір повинен бути не меншим  $0,5 \text{ мм}$ ;

- фон деталі – світлий;

– контраст об'єкту – відмінності з фоном незначні.

На ділянці передбачено аварійне освітлення для евакуації людей. Освітленість проходів на лінії повинна бути не менше 0,5лк.

Освітленість на ділянці вибираємо відносно СНІП 11-4-79 «Природне і штучне освітлення» і заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Освітленість на ділянці

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під розряд зорової роботи	Контраст об'єкту розпізнання з фоном	Характеристики фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
						освітленість, лк		К.Е.О. %	
						Комбіноване	Одне загальне	Верхньому і комбінованому	Боковому
Високої точності	0,5	III	B	малий	світлий	750	300	5	2

Відомо, що рівень шуму від окремих джерел на один-два порядки перевищує санітарний рівень. З гігієнічної точки зору відносно комфортним вважається акустичний режим, при рівні звуку 10-60дБ(А) і максимально дискомфортним – при рівні вище 80дБ(А).

Для нервової системи шкідливий шум вище 50-60 дБ(А). Продуктивність праці при постійному шумі знижується приблизно на третину.

При звуці в 80-90 дБ(А) можливі незворотні зміни в органах слуху, а при рівні 120-140дБ(А) – пошкодження цих органів.

Рівень шуму і звукового тиску в активних смугах повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-76 (табл. 4.2).

На ділянці механічної обробки корпуса КС6В-48.101 рівень шуму значно нижчий від допустимого, оскільки тут використовуються токарні, фрезерні, свердлильні верстати, які розміщені на віброізоопорах.



Вібрація згідно ГОСТ 12.1.002-75 поділяється на загальну і ту, що передається через опорні поверхні на тіло сидячого або стоячого працівника. Загальну вібрацію за джерелом її виникнення поділяють на категорії: 1, 2, 3.

Таблиця 4.2 – Рівень шуму і звукового тиску

Робоче місце	Рівень звукового тиску в дБ(А) в активних полосах з середніми геометричними параметрами								Рівень звуку і еквівалентний рівень, дБ(А)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постійне у виробничому приміщенні	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Категорія 3а – технологічна вібрація, що виникає на працюючому стаціонарному обладнанні або передається на робочі місця, що не мають власних джерел вібрації.

Для зменшення шуму і вібрації на організм працівника, верстати встановлюють на амортизатори і віброгасильні фундаменти. Частіше всього віброгасіння реалізується шляхом встановлення обладнання на самостійні фундаменти. Масу фундаменту підбирають таким чином, щоб амплітуда коливань фундаменту не перевищувала 0,1-0,2 мм.

Згідно стандарту визначаються гранично-допустимі параметри вібрації на робочих місцях в залежності від частоти.

До цих параметрів відносяться:

- швидкість коливань;
- амплітуда переміщень, що виникають при роботі обладнання.

#### 4.2 Оцінка механоскладального цеху виходячи з пожежної безпеки

Ретельне виконання правил пожежної безпеки, тобто певного протипожежного режиму є вирішальною умовою запобігання пожежам у цехах

машинобудівних підприємств. Заходи пожежної безпеки режимного характеру визначаються для кожного цеху окремо, з урахуванням його специфічних особливостей, і змінюються залежно від обставин. Проте є ряд загальних вимог протипожежного режиму є однаковими для всіх цехів.

До складу машинобудівних підприємств здебільшого входять цехи, де обробляються неспалимі речовини і матеріали в холодному, гарячому, розжареному або розплавленому стані, що супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я. Основними цехами на цих підприємствах є механообробні, складальні, ливарні, ковальські, термічні, а також допоміжні пожежонебезпечні дільниці (ацетиленові, газогенераторні, кисневі станції), склади балонів із стисненими газами.

Найнебезпечнішими в пожежному відношенні є ливарні цехи (чавуно-сталемідницькі), де розплавляють чавун, сталь, та кольорові метали. Під час розливання чавуну і сталі разом з полум'ям розлітаються бризки металу на великі відстані. Литво в ковшах, випромінюючи тепло може нагріти спалимі покриття і призвести до пожежі. З труб печей, вагранок вилітає багато іскор, від яких можуть зайнятися покрівлі сусідніх приміщень [19].

Печі й горни в гарячих цехах обладнують системами видалення диму, але внаслідок поганого догляду у витяжних трубах накопичується сажа, яка іноді загоряється від іскор, розжарює труби і створює небезпеку виникнення пожежі.

Ймовірність виникнення пожежі в цехах гарячої обробки металу досить велика, тому основними протипожежними заходами в них слід вважати правильне обладнання і експлуатацію плавильних і нагрівальних печей. Цехи гарячої обробки чавуноливарні, сталеливарні, мідноливарні, ковальсько-пресові, термічні, зварювальні, гарячі котельні та інші потрібно розташовувати лише в приміщеннях не нижче II ступеня вогнестійкості.

Холодна обробка металу в механічних та інших цехах не призводить до пожежі. Але в цих цехах зберігаються гас та мастильні матеріали, запас яких слід обмежувати до добової потреби і тримати у металевих шафах або ящиках. У тих цехах, де вогнебезпечна робота проводиться постійно, для цих матеріалів

відводяться постійні спеціальні місця, оснащені необхідними засобами для гасіння пожеж.

Особливу увагу слід звертати на зварювальні роботи. При проведенні їх забороняється: користуватися несправною апаратурою, зварювати вироби, апарати і прилади, що перебувають під тиском рідини, пари й повітря, а також під електричною напругою; працювати в приміщеннях, де застосовуються або зберігаються легкозаймисті матеріали й рідини; прокладати струмоведучі зварювальні проводи разом із газозварювальними шлангами та трубопроводами; зберігати у зварювальних кабінах одяг і рукавиці з слідами мастил, бензину і гасу.

Дуже небезпечними в пожежному відношенні є малярні цехи, в яких застосовуються фарби, лаки, емалі, та летючі розчинники. Під час роботи з пульверизаторами частина барвників розпилюються в повітрі і при певній концентрації утворює вибухонебезпечну суміш.

В даний час в машинобудуванні широко використовують нітрофарби і нітроемалі, до складу яких входять летючі речовини (розчинники і розріджувачі) та плівкоутворюючі речовини (нітроцелюлоза, смола і пластифікатори). Нітроемалі у своєму складі мають також пігменти. Летюча складова містить переважно легкозаймисті рідини з температурою спалаху парів  $28^{\circ}\text{C}$  і нижче (бензин, бензол, складні ефіри, ацетон, толуол тощо).

Малярні цехи, де робота проводиться з нітрофарбами, обладнують спеціальними витяжними вогнетривкими кабінами.

Вентиляція малярного цеху, камер, кабін розраховується на повне видалення парів розчинників. З метою запобігання іскроутворенню, кожух вентилятора обкладають зсередини листами кольорового металу. Електродвигуни вентиляторів, насоси, світильники тощо повинні бути лише вибухозахищеними (у вибухонепроникному або спеціальному виконанні).

На кожному небезпечному об'єкті повинні бути усі необхідні засоби для швидкого виклику пожежної охорони. На особливо важливих і пожежонебезпечних об'єктах рекомендується налагодити прямий телефонний зв'язок з пожежною командою. Справність усіх видів пожежного зв'язку та сигналізації систематично контролюють.

### 4.3 Стійкість роботи механоскладального цеху у надзвичайних ситуаціях

Під стійкістю роботи промислового об'єкта розуміють його здатність виготовляти продукцію у запланованому обсязі, необхідної номенклатури і належної якості в умовах надзвичайної ситуації, а у випадку впливу на об'єкт вражаючих факторів, стихійних лих та виробничих аварій – в мінімально короткі терміни відновити виробництво.

Ті підприємства, які належним чином оцінять потенційно небезпечні фактори та їх несприятливий вплив на виробництво і розроблять відповідні заходи виявляться більш підготовленими до стійкої роботи. Завчасне проведення необхідних заходів максимально знизить результати впливу вражаючих факторів мирного і воєнного часу на людей і промислові об'єкти, створить сприятливі умови для швидкої ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Перш ніж розробляти заходи щодо підвищення і забезпечення стійкості роботи об'єктів у надзвичайних ситуаціях необхідно оцінити його стійкість внаслідок впливу вражаючих факторів.

Вихідними даними в цьому випадку є максимальні значення величин можливих вражаючих факторів і параметри елементів об'єкта [20]:

- відстань між цехом і сховищем вуглеводнів – 0,7 км;
- розташування цеху відносно сховища за азимутом 270°;
- тип вуглеводню, що зберігається у сховищі – пропан;
- маса вуглеводневого продукту – 300 т.;
- характеристика будівлі цеху: матеріал будівлі – залізобетон; верстати – середні; розміщення трубопроводів – наземне, на металевих естакадах;
- кабельні мережі – наземні.

Зони осередку ураження від вибуху газоповітряної суміші зображена на рис. 4.2.

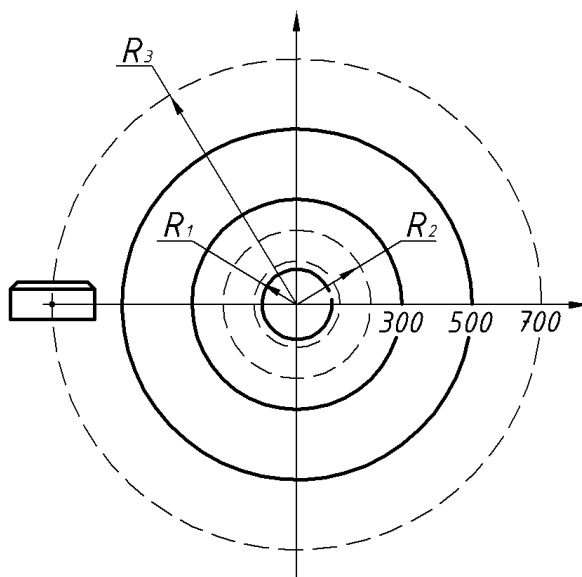


Рисунок 4.2 – Зони осередку ураження при вибуху газоповітряної суміші

Визначимо максимальний надмірний тиск при вибуху у зонах розташування об'єкту

Зона I – зона дії детонаційної хвилі:

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (4.1)$$

де  $Q = 300$  т. – маса вуглеводневого продукту.

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 117,151 \text{ м}; \quad (4.2)$$

$$\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа.}$$

Зона II – зона дії уламків від вибуху:

$$R_2 = 1,7 \cdot r_1 = 199,156 \text{ м}; \quad (4.3)$$

$$\Delta P_2 = 1300 \cdot \left(\frac{r_1}{r}\right)^3 + 50 = 56,094 \text{ кПа.} \quad (4.4)$$

Зона III – зона дії повітряної ударної хвилі:

Визначимо відносну величину  $\psi$ :

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{r}{r_1} = 1,434. \quad (4.5)$$

При  $\psi \leq 2$ :

$$\Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot \psi^3} - 1)} = 27,686 \text{ кПа}. \quad (4.6)$$

Визначимо фактичний надмірний тиск

$$\Delta P_\phi = \left( 1,05 \cdot \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} + 4,3 \cdot \frac{\sqrt[3]{Q}}{r^2} + 14 \cdot \frac{Q}{r^5} \right) \cdot 100 = 1,043 \text{ кПа}. \quad (4.7)$$

Визначимо ступені руйнування елементів об'єкту в залежності від  $\Delta P_\phi$  ударної хвилі:

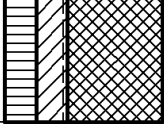
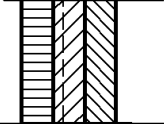
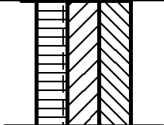
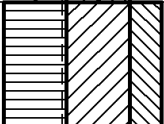
- будівля цеху:  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20 \dots 30$  кПа (середній);
- верстати:  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 25 \dots 35$  кПа (середній);
- трубопроводи:  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20 \dots 30$  кПа (слабкий);
- електромережі:  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 10 \dots 30$  кПа (слабкий).

Порівнюючи  $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$  (за найменшим показником)  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 30$  кПа можна констатувати, що об'єкт є досить стійким до ударної хвилі.

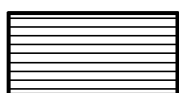
Результати оцінювання стійкості об'єкту представлено у таблиці 4.3.

Висновок: межа стійкості об'єкту  $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20$  кПа, що відповідає межі стійкості НАЙБІЛЬШ уразливого елемента об'єкту, тобто будівлі цеху. Внаслідок дії ударної хвилі на об'єкті очікується середній ступінь руйнування будівлі цеху та обладнання і легкий ступінь руйнування для трубопроводів та електричних мереж. Розрахунковий збиток складе: щодо будівлі цеху – 45 %, щодо обладнання – 37 %, щодо трубопроводів – 27 %, щодо електричних мереж – 27 %.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання стійкості об'єкту

Елементи цеху та їх характеристики	Ступінь руйнування при $\Delta P_{\phi}$ , кПа	Межа стійкості елементу $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ , кПа	Збитки при $\Delta P_{\phi \text{ max}}$ , %	Примітка
	10 20 30 40 50 60 70			
Будівля: залізобетон		20	45	Межа стійкості об'єкту $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20$ кПа
Технологічне обладнання: верстати середні		25	37	
Трубопроводи: на металевих естакадах		30	27	
Електромережа: кабельна наземна		30	27	

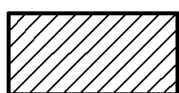
$\Delta R_{\phi \text{ max}}$  →



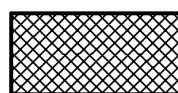
- слабкі руйнування



- сильні руйнування



- середні руйнування



- повні руйнування

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що створення покриттів для ріжучого інструменту нового покоління найефективніше здійснювати на основі багатошарово-композиційних архітектур з нанометричною структурою і шарами нанорозмірної товщини різного композиційного складу і функціонального призначення, що чергуються між собою.

2. Розроблена математична модель дозволить здійснювати оцінювання і прогнозування стійкості різальних інструментів при одночасній наявності явищ зносу та раптових поломок.

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

4. Результати експериментальних досліджень ріжучих властивостей кінцевих фрез зі зносостійкими комплексами дозволяють відзначити підвищення періоду стійкості фрез до 4 разів в порівнянні з періодом стійкості фрез без покриття і в 2...2,5 рази в порівнянні з аналогічним показником для фрез із різними варіантами стандартних покриттів.

5. Охарактеризовано службове призначення об'єкту виробництва, проведено аналіз технічних умов, а також технологічний контроль креслення деталі, проаналізована технологічності її конструкції.

6. Розроблено маршрутно-операційний технологічний процес та проєкт ділянки механічного цеху для виготовлення корпусу КС6В-48.101, розроблені конструкції спеціального технологічного оснащення. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Грицай І. Є., Кукляк М. Л. Різання металів. Теорія різання : Навчальний посібник. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2005. 132 с.
2. Зубарь В. П. Лезвийная обработка закаленных сталей и чугунов взамен шлифования / В. П. Зубарь, А. Г. Тимчук, М. В. Чопенко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. Вип. 5. С. 32-38.
3. Верещака А. С., Третьяков И. П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. Москва : Машиностроение, 1986. 367 с.
4. Кабалдин Ю. Г. Структура, прочность и износостойкость композиционных инструментальных материалов. Владивосток : Дальнаука, 1996. 183 с.
5. Верещака А. С., Верещака А. А. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005, № 9. С. 9-19.
6. Верещака А. С. Верещака А. А. Тенденции совершенствования и методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии в машиностроении : сб. науч. статей. Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. С. 192-235.
7. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин. Київ : Либідь, 2003. 424 с.
8. Денег В. І., Одлижук С. М. Дослідження впливу параметрів спеціального покриття на стійкість різальних інструментів : Актуальні задачі сучасних технологій : Зб. тез доповідей ІХ Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. В 2-х т. т. 1, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 57-58.
9. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособ. для вузов. Москва : ООО «ИД» Альянс, 2007. 256 с.
10. Марочник стали и сплавов : веб сайт. URL: [http://www.splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=458](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=458) (дата звернення: 02.11.2020).
11. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.

12. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 152 с.

13. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. 496 с.

15. Режимы резания металлов : Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. Москва : Машиностроение, 1972. 408 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Москва : Машиностроение, 1970. 424 с.

17. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : методичні вказівки до курсової роботи для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія». Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.

18. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

19. НПАОП 28.0-1.23-63. Правила техники безопасности и производственной санитарии при обработке и применении алюминиево-магниевого и титановых сплавов : веб сайт. URL: [https://dnaop.com/html/44343/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_28.0-1.23-63](https://dnaop.com/html/44343/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_28.0-1.23-63) (дата звернення: 04.12.2020).

20. Кулешов М. М., Уваров Ю. В., Олійник О. Л., Беліков А.С. Пожежна безпека будівель і споруд : навч. посіб. Харків : НУЦЗУ, 2004. 271 с

21. Шоботов В. М. Цивільна оборона: навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.

## ДОДАТОК А

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
на технологічний процес механічної обробки  
корпуса КС6В-48.101

























































ДОДАТОК Б  
СПЕЦИФІКАЦІЇ

- Б.1 Пристрій для підготовки базових поверхонь деталі КС6В-48.101.
- Б.2 Пристосування для фрезерування деталі КС6В-48.101 в розмір 258.
- Б.3 Пристосування для фрезерування двох поверхонь деталі КС6В-48.101.
- Б.4 Пристосування для розточування основних отворів деталі КС6В-48.101.
- Б.5 Кондуктор для свердління 8-ми отворів  $\varnothing$  6,8 в деталі КС6В-48.101.
- Б.6 Кондуктор для свердління 2-х отворів і нарізання різі в деталі КС6В-48.101.
- Б.7 Пристрій для контролю положення осей отворів в деталі КС6В-48.101.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 19-444.453.03.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 19-444.453.03.10	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	KPM 19-444.453.03.01	Конус	2	
		3	KPM 19-444.453.03.02	Папєць	2	
		4	KPM 19-444.453.03.03	Тяга	1	
		5	KPM 19-444.453.03.04	Втулка	1	
		6	KPM 19-444.453.03.05	Шпонка	2	
		7	KPM 19-444.453.03.06	Конус	1	
		8	KPM 19-444.453.03.07	Палець	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Гайки ГОСТ 5915-70		
		10		M16 -7H.5.019	2	
		11		M20 -7H.5.019	2	
				Гвинти ГОСТ 1476-84		
		13		B M8-6g×8.14H.019	1	
		14		B M14-6g×8.14H.019	4	
				KPM 19-444.453.03.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Денега			Літ.	Аркуш
Перев.		Ткаченко				1
Реценз.						2
Н. контр.		Ткаченко			ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МТ <sub>м</sub> -61	
Затв.		Окіпний				



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 19-444.453.05.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 19-444.453.05.10	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	KPM 19-444.453.05.01	Плита	1	
		3	KPM 19-444.453.05.02	Прижим	1	
		4	KPM 19-444.453.05.03	Коромисло	1	
		5	KPM 19-444.453.05.04	Вісь	1	
		6	KPM 19-444.453.05.05	Вісь	3	
		7	KPM 19-444.453.05.06	Тяга	1	
		8	KPM 19-444.453.05.07	Кришка	1	
		9	KPM 19-444.453.05.08	Важіль	1	
		10	KPM 19-444.453.05.09	Палець	1	
		11	KPM 19-444.453.05.11	Палець	1	
		12	KPM 19-444.453.05.12	Кожух	1	
		13	KPM 19-444.453.05.13	Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		15		Болт М6-6g×8.58.019		
				ГОСТ 7798-70	4	
				KPM 19-444.453.05.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Денега				Літ.	Аркуш
Перев.	Ткаченко					1
Реценз.						2
Н. контр.	Ткаченко				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МТ <sub>м</sub> -61	
Затв.	Окіпний					
<b>Пристосування для фрезерування деталі КС6В-48.101 в розмір 258</b>						

















Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			<i>КРМ 19-444.453.11.00 СК</i>	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4	1		<i>КРМ 19-444.453.11.10</i>	Пневмоциліндр	1	
A4	2		<i>КРМ 19-444.453.11.20</i>	Пневморозподільник	1	
A4	3		<i>КРМ 19-444.453.11.30</i>	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
	4		<i>КРМ 19-444.453.11.01</i>	Фланець	1	
	5		<i>КРМ 19-444.453.11.02</i>	Колонка	1	
	6		<i>КРМ 19-444.453.11.03</i>	Плита кондукторна	1	
	7		<i>КРМ 19-444.453.11.04</i>	Палець	1	
	8		<i>КРМ 19-444.453.11.05</i>	Тяга	1	
	9		<i>КРМ 19-444.453.11.06</i>	Шайба	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт ГОСТ 7796-70		
	10			M8-6g×25. 019	4	
	11			M12-6g×30. 019	1	
	13			Гайка M8-6H.12.019		
				ГОСТ 5916-70	4	
				<i>КРМ 19-444.453.11.00</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Одлужук				Літ.	Аркуш
Перев.	Ткаченко					1
Реценз.						2
Н. контр.	Ткаченко				<b>ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МТ<sub>м</sub>-61</b>	
Затв.	Окіпний					
<b>Кондуктор для свердління 2-х отворів і нарізання різі в деталі КС6В-48.101</b>						



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 19-444.453.12.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	KPM 19-444.453.12.01	Ручка	2	
		2	KPM 19-444.453.12.02	Оправка	1	
		3	KPM 19-444.453.12.03	Оправка	1	
		4	KPM 19-444.453.12.04	Шайба	1	
		5	KPM 19-444.453.12.05	Гвинт	2	
		6	KPM 19-444.453.12.06	Гвинт	1	
		7	KPM 19-444.453.12.07	Гвинт	1	
		8	KPM 19-444.453.12.08	Втулка	1	
		9	KPM 19-444.453.12.09	Планка	1	
		10	KPM 19-444.453.12.11	Упор	1	
		11	KPM 19-444.453.12.12	Гвинт	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12		Шайба 12.65Г.019	2	
				ГОСТ 6402-70		
		13		Штифт 8т6×20	2	
				ГОСТ 3128-70		
		15		Гвинт 7006-0007	1	
				ГОСТ 14731-69		
		16		Індикатор ИЧ-02кл.1	1	
				ГОСТ 577-68		

KPM 19-444.453.12.00

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Денега			<b>Пристрій для контролю положення осей отворів в деталі КС6В-48.101</b>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ткаченко						1
Реценз.						<b>ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МТ<sub>м</sub>-61</b>		
Н. контр.		Ткаченко						
Затв.		Окіпний						



## ДОДАТОК В

Денега В. І., Одлижук С. М. Дослідження впливу параметрів спеціального покриття на стійкість різальних інструментів : Актуальні задачі сучасних технологій : Зб. тез доповідей ІХ Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. В 2-х т. т. 1, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 57-58.

УДК 621.91

**В. І. Денега, С. М. Одлижук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПОКРИТТЯ НА СТІЙКІСТЬ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ****V. I. Deneha, S. M. Odlyzhuk****STUDY OF IMPACT OF SPECIAL COATING PARAMETERS ON THE CUTTING TOOLS DURABILITY**

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 1. Результати випробувань стійкості торцевих фрез

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

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

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

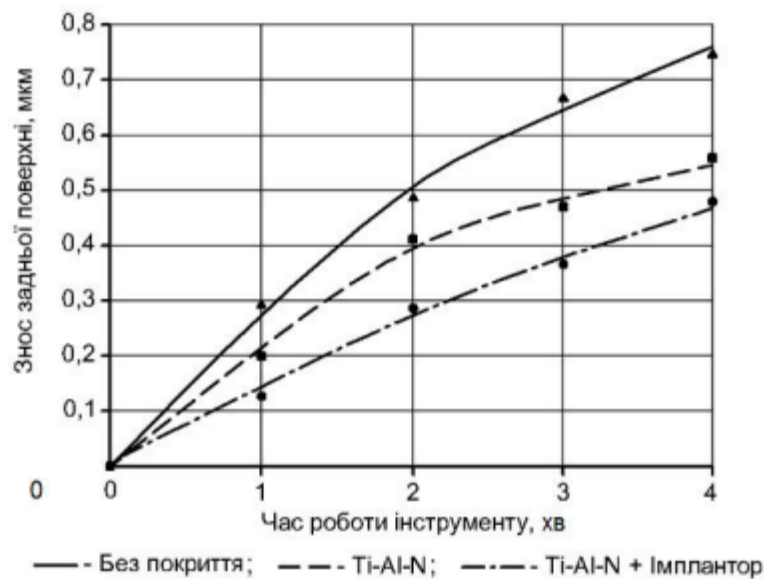


Рисунок 1. Залежність зносу інструменту від часу його роботи

### Література

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