

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

*магістра*

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розроблення проекту ділянки механічного цеху для виготовлення  
півмуфти зубчастої КС6В-07.602 з дослідженням технології  
антивібраційного розточування

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи МТм-61

спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Мацик І.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Комар Р.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Технології машинобудування

Освітній ступінь магістр

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

(шифр і назва)

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри д.т.н., професор

Пилипець М.І.

«    »      201   р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Мацику Івану Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розроблення проекту дільниці механічного цеху для виготовлення півмуфти зубчастої КС6В-07.602 з дослідженням технології антивібраційного розточування

Керівник проекту (роботи) Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «27» вересня 2019 року № 4/7-855

2. Термін подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі, технічні умови на виготовлення; річна програма випуску N = 6000 шт.; базовий технологічний процес виготовлення деталі «півмуфта зубчаста КС6В-07.602»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Спеціальна частина. Проектна частина.

Обґрунтування економічної ефективності. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Екологія.

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

Аналіз сучасної оснастки, інструменту та технологій антивібраційного

розточування (1 арк. А1). Характеристики процесу розточування за класичними і антивібраційними методами (1 арк. А1).

Складальні креслення пристроїв для механічної обробки деталі (5 арк. А1).

Схеми технологічних налагодок на операції механічної обробки (3 арк. А1).

Компонувальний план механічного цеху та план розміщення обладнання на дільниці (1 арк. А1).



## РЕФЕРАТ

дипломної роботи магістра на тему:

«Розроблення проекту дільниці механічного цеху для виготовлення  
півмуфти зубчастої КС6В-07.602 з дослідженням технології  
антивібраційного розточування»

студента групи МТм - 61 Мацика І.Р.

Розрахунково-пояснювальна записка: 124 арк. формату А4, 29 рисунків,  
24 таблиць, 23 літературних джерела, 26 аркушів формату А4 додатків;  
графічна частина – 11 аркушів формату А1.

Для досягнення поставленої мети вирішено задачі:

- проведено аналіз способів усунення вібрацій під час розточування, конструкцій сучасного модульного інструменту із антивібраційними державками;
- теоретично досліджено вплив конструктивних параметрів інструменту на режими обробки, якість обробленої поверхні та причини виникнення вібрацій;
- розроблено технологічний процес виготовлення, вибрано обладнання, оснащення, інструмент, розраховано припуски на обробку, режими різання та норми часу;
- виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень;
- розглянуто питання застосування систем автоматизованого проектування та охорони праці на виробництві;
- оформлено графічну частину роботи.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретично-емпіричний.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, ПІВМУФТА ЗУБЧАСТА, РОЗТОЧУВАННЯ, ВІБРАЦІЯ, АНТИВІБРАЦІЙНА ОПРАВКА.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>РЕФЕРАТ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркуше</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					3	
<i>Консульт.</i>						<i>ТНТУ, каф.ТМ, гр. МТм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

## ЗМІСТ

Завдання на дипломну роботу магістра.....	2
Реферат.....	3
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Актуальність теми роботи.....	8
1.2 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.....	10
1.3 Методи вирішення поставленої проблеми.....	18
1.4 Висновки та постановка задач на дипломну роботу.....	21
2 Науково-дослідна частина.....	22
2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження.....	22
2.2 Оброблення результатів досліджень.....	24
2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації.....	27
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень.....	31
3 Технологічна частина.....	36
3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб.....	36
3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	39
3.3 Аналіз типу і організаційної форми виробництва.....	41
3.4 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки.....	43
3.5 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз.....	45
3.6 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу з вибором технологічного обладнання.....	49
3.7 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки.....	51

					<i>ДР 18-384.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>				4	3
<i>Консульт.</i>					<b>ЗМІСТ</b> <i>ТНТУ, каф.ТМ, гр. МТм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>					
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>					

3.8 Вибір різального і контрольно-вимірною інструменту.....	57
3.9 Визначення режимів різання та технічних норм часу.....	59
3.10 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання.....	68
4 Конструкторська частина.....	72
4.1 Пристрій для фрезерування шліців.....	72
4.2 Кондуктор для одночасного свердління 6-ти отворів Ø12 мм.....	76
5 Спеціальна частина.....	80
5.1 Аналіз можливостей застосування інформаційних технологій в науково-дослідній роботі та практичній діяльності, їх практична реалізація.....	80
5.2 Використання інформаційних технологій для вирішення конкретних завдань наукових досліджень.....	83
5.3 Автоматизоване проектування технологічних процесів.....	85
5.4 Аналіз результатів застосування інформаційних технологій.....	87
6 Проектна частина.....	88
6.1 Визначення річної потреби в технологічному обладнанні. Складання зведеної відомості обладнання.....	88
6.2 Визначення основних і допоміжних площ цеху.....	89
6.3 Визначення основних розмірів, вибір типу і конструкції будівлі.....	92
6.4 Розробка компоувального плану цеху.....	93
6.5 Розроблення плану розміщення обладнання.....	94
7 Обґрунтування економічної ефективності.....	96
7.1 Розрахунок показників економічної ефективності роботи.....	96
7.2 Техніко-економічні показники проекту та їх аналіз.....	107
8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	109
8.1 Оцінка проектованого цеху виходячи з пожежної небезпеки.....	109
8.2 Розрахунок штучного освітлення на ділянці люмінесцентними лампами.....	111
8.3 Заходи безпеки на підприємстві з небезпечними і горючими	

речовинами. Захисні споруди і укриття .....	113
9 Екологія.....	117
9.1 Забруднення, які виникають у цехах механічної обробки, методи їх знешкодження.....	117
9.2 Методи і засоби захисту навколишнього середовища, які застосовують на машинобудівних підприємствах.....	119
Висновки.....	122
Перелік посилань.....	123
Додатки.....	125

## ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, яка виготовляється залежить від проектування нового обладнання машин, верстатів і апаратів, від всебічного розвитку методів техніко-економічного аналізу. Важливими умовами прискорення науково-технологічного прогресу є зростання продуктивності праці, збільшення ефективності суспільного виробництва і покращення якості продукції.

Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, які забезпечують високу точність, якість поверхонь деталей машин, збільшують ресурс роботи деталей, ефективності використання сучасних автоматичних і поточних ліній, верстатів з програмним управлінням, електронних і обчислювальних машин та іншої нової техніки, приміщення прогресивних форм організації та економіки виробничих процесів – все це направлено на розв'язування головних задач: збільшення ефективності і якості продукції.

При проектуванні і розробці технологічного процесу потрібно вирішити ряд технічних і організаційних задач, а також детально проаналізувати існуючі технологічні процеси. Основне завдання при цьому покладається на те, щоб при проектуванні були внесені пропозиції на удосконалення існуючої технології, оснащення, організації і економіки виробництва. Тому при проектуванні необхідно вивчити прогресивні напрямки розвитку технологічних методів і засобів виробництва.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>ВСТУП</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					7	
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						
						<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61</i>		



# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Актуальність теми роботи

Аналіз існуючих процесів технології виготовлення виробів, а саме деталей машин, показує, що майже одну третю частини трудомісткості їх механічної обробки складають технологічні процеси розточування, оскільки саме отвори, які обробляються операціями розточування є важливими конструкційними елементами більшості корпусних деталей, важелів та інших відповідальних виробів деталей машин.



Рисунок 1.1 – Типові вироби машинобудування відповідальні поверхні яких обробляються розточуванням

Згідно службового призначення отворів до них ставлять відповідні вимоги щодо показників точності виконання, проте вимоги до характеристик якості самих отворів не обмежуються тільки їх точністю, а додатково встановлюються вимоги щодо точності їх форми, точності розміщення осі отвору у просторі та параметрів шорсткості поверхні. У поперечному

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					8	14
<i>Консульт.</i>						<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

перерізі розрізняють точність форми отвору та відхилення від круглості, у перерізі вздовж осі – відхилення безпосередньо осі отвору, конусності.

Однією із основних причин, що спричиняє зниження якості оброблюваної поверхні, а особливо під час розточування отворів великих діаметральних або лінійних розмірів, є вібрація оброблюваної деталі або інструменту. Дуже часто вібрації є фактором, що обмежує продуктивність обладнання, так як їх виникнення спричиняє знижувати такі параметри як швидкість різання, подача і глибина різання.

Як правило механічні конструкції розточних приспособлень схильні до вібрацій з однією або декількома резонансними частотами, величина яких залежить від геометрії та матеріалу системи. До відповідної резонансної частоти відноситься певний вид коливань. Демпфування визначає швидкість згасання коливань після їх виникнення. Відповідно при збільшенні деформації системи конструкції енергія коливань зростає.

При розточуванні отворів змінна сила різання призводить до виникнення автоколивань системи, частота яких визначається власною частотою коливань обладнання. Вібрація, що виникла внаслідок цього явища, підтримується за рахунок вимушених коливань і її величина збільшується доти, поки не знизиться вплив на систему з боку сил різання. Такий перемінний характер сил різання пов'язаний з певною кількістю відповідних показників і коли не зменшити значення сил різання, то амплітуда коливань системи буде постійно зростати.

Явище вібрації постійно присутні у процесах механічної обробки і мають негативний вплив на технологічний процес розточування. Вібрації поділяють на 3 основні групи в залежності від джерела їх виникнення:

– вібрації компонентної технічної системи. При розточуванні це поєднання пристроїв «обладнання-інструмент-виріб», а вібрації пов'язані з наявністю жорстких з'єднань між елементами такої системи;

– самовідновні вібрації – є видом автоколивань і є присутніми у будь-якій системі постійно та не загасають через зміну сили різання;

										Арк.
										9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00

– термомеханічні вібрації, як правило виникають в зоні обробки і пов'язані з деформацією виробу (заготовки), стружки і ріжучої частини інструменту.

Вплив кожної групи цих вібрацій на стійкість інструменту різний. Автоколивання, які виникають через зміну поверхні обробки, мають найбільший вплив на якість розточування у порівнянні з іншими видами.

Процес обробки отворів розточним інструментом ускладнюється тим, що виникають несприятливі умови різання, які спричинені великими вильотами інструменту. Це явище спричиняє зменшення вібростійкості ріжучого інструменту. Відповідно такі проблеми, при розточуванні отворів, спричиняють суттєве зниження параметрів точності та якості оброблюваних поверхонь, а також зменшують зносостійкість інструменту і продуктивність механічної обробки деталі. Відповідно актуальною є науково-технічна задача, яку можна вирішити шляхом дослідження технології антивібраційного розточування отворів.

## 1.2 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами

Дослідження особливостей динамічної характеристики процесу точіння показують, що будь-яка механічна обробка супроводжується автоколиваннями системи. Дослідження причин виникнення автоколивань в процесі різання представлені в наступних роботах [13, 15, 16, 17].

На думку багатьох науковців, вібрації виводять з рівноваги пружну технологічну систему і спричиняють зміну товщини зрізу металу. Наявність відставання зміни сили різання від зміни перетину товщини зрізу стружки спричиняє появу незатухаючих автоколивань. При цьому виникають вібраційні наслідки від попередніх обертових рухів заготовки або інструменту і спричиняють підвищення амплітуди коливань системи. В ході технологічної операції розточування переважаючими є пружні переміщення і

										Арк.
										10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00

коливання ріжучого інструменту відносно заготовки, що і призводить до постійної зміни товщини зрізу. Віддалення інструменту від заготовки, під час розточування, спричиняє певні похибки оброблення, які спричиняють відхилення від ідеальної траєкторії різальної крайки інструмента, що має суттєвий вплив на форму оброблюваних деталей. Кількість браку під час механічної обробки значно залежить від жорсткості у просторі пружної технологічної системи [13,15].

Також до важливих показників якості розточуваної поверхні є її шорсткість. Параметри шорсткості оброблюваної поверхні залежать від багатьох факторів і мають суттєвий вплив на експлуатаційні характеристики виробів [15]. Із збільшенням амплітуди автоколивань спостерігається зменшення якості поверхні, а саме показники шорсткості, зростає висота хвилястості розточуваної поверхні деталі.

На даний час розроблено безліч вирішень конструктивного виконання інструменту для уникнення явищ вібрації під час розточних операцій. Наприклад, фахівці концерну Mitsubishi, за допомогою засобів САПР змодельовавши реальні умови обробки, розробили державки розточувальних різців спеціального січення типу «Дімпл бар» [18], що значно підвищує жорсткісні характеристики інструменту (рис. 1.1).



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд і форма січення державки з напрямком сил різання антивібраційного різця «Дімпл бар»

Для обробки отворів великих діаметрів переважно застосовують збірний інструмент, який дозволяє проводити швидку заміну ріжучих лез,

переналагоджувати оснащення. Стабільність роботи такого інструменту залежить від компонуєчих частин, а саме державки як найбільш габаритної частини збірної інструменту. Відповідно для розточування отворів задача підвищення вібростійкості використовуваного інструменту є дуже актуальною, оскільки механічна обробка проводиться різцями із великим вильотом тримаючої державки.

Також для зменшення явища вібрацій застосовують пружинні різці і функцією регулювання жорсткості, різці з тарілчастими пружинами, які розміщуються вертикально або горизонтально і успішно демпфують низькочастотні вібрації, інструмент з державкою з двома ріжучими головками, які мають різні кути нахилу різальних кромки, таке конструктивне виконання нівелює коливання від сил різання [15].

Відома конструкція різця, в державці якого виконана порожнина та розміщений різьбовий стержень, яким задається попередній натяг. Це конструктивне виконання забезпечує можливість регулювання характеристики жорсткості системи шляхом розміщення в державці інертної маси і створення попереднього напруження стиснення або розтягу. В результаті цього частково компенсуються напруження, які спричинені безпосередньо силами різання і зменшує деформацію державки [15].

Світові інструментальні фірми Сандвік Коромант (Швеція) [19], Тайгутек (Корея) [20], Вальтер-Тулс (Німеччина) [21] та Секо Тулс АБ (Швеція) [22, 23] є виробниками широкої номенклатури різальних інструментів, відповідно аналіз конструкцій інструменту для розточування проведемо орієнтуючись на продукцію вище вказаних брендів. Попередньо було проаналізовано перспективність застосування таких технологій [8].

Найбільш поширений діапазон оброблюваних діаметрів - від 30 до 100 мм. Так асортимент інструменту від Сандвік Коромант охоплює діаметри (D) від 23 до 550 мм для чорнової обробки і діаметрів від 3 до 975 мм для чистової обробки [19].

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Точність оброблених отворів після розточування відповідає ІТ9, а в деяких випадках може досягати ІТ6. Досяжна шорсткість поверхні Ra складає 1 мкм. Інструмент для чистового розточування має можливість регулювання для точнішого позиціонування ріжучої кромки. Проте і чорновим розточувальним інструментом можна добитися хорошої якості поверхні і високої точності за умови точної настройки пластини, що відповідає за формування поверхні отвору.



Рисунок 1.3 – Антивібраційний різець з оправкою Вальтер-Тулс

Згідно призначення інструменту розточувальні операції підрозділяються на:

- обробку однолезовим інструментом;
- обробку багатолезовим інструментом;
- ступінчасте розточування.

Однолезовий інструмент використовується як на чистових, так і на чорнових операціях, при обробці матеріалів, що вимагають контролю за стружкоутворенням. Також однолезовий інструмент рекомендується для використання на малопотужному устаткуванні.

Багатолезовий інструмент застосовується на чорнових операціях, де пріоритетом є висока швидкість зняття матеріалу. Висока продуктивність може бути досягнута при використанні інструменту з двома і трьома ріжучими пластинами, однаково настроєними по висоті, при цьому кожна пластина знімає певну кількість матеріалу. В результаті досягається велике значення подачі на один оберт заготовки.

										Арк.
										13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00

Ступінчасте розточування є чорною операцією і здійснюється за допомогою декількох пластин, що мають різне положення по висоті і діаметру. При ступінчастій обробці важкооброблюваних матеріалів з глибиною різання до 1-1,5 разів довжини ріжучої кромки створюються сприятливі умови для стружкоутворення. При необхідності отримання дуже дрібної стружки можна розділити на декілька частин навіть припуск рівний половині довжини ріжучої кромки пластини [19].

Розточний інструмент виконується як модульна конструкція, що складається з базового утримувача, адаптера і ріжучої головки. Чистова розточувальна головка, закріплена на оправці, має можливість регулювання в радіальному напрямі.

Мінімальний можливий отвір діаметром 3 мм можна обробити чистовою розточувальною оправкою, а для обробки отвору діаметром 975 мм рекомендується однолезовий чистовий інструмент, що складається з подовженого повзуна, закріпленого з можливістю переміщення по оправці.

Розточувальною інструмент рекомендується використовувати при одиничному або серійному типі виробництва. Це дозволить забезпечити високу продуктивність обробки і широку універсальність застосування завдяки налаштуванню на різні діаметри.



Рисунок 1.4 – Антивібраційна швидкозмінна розточна оправка типу «КороТур» діаметром 300 мм і вильотом 3000 мм (10×D) [19]

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

У розточувальних інструментах застосовуються різні типи пластин залежно від виду вставки (повзун, картридж, різець або чистова розточувальна головка). Чистова розточувальна головка також може застосовуватися для обробки глухих отворів.

На основі чистового розточувального інструменту також може бути виконаний різний спеціальний інструмент. Дана конструкція характеризується більшою жорсткістю у порівнянні з чистовою розточувальною головкою, але після настройки необхідно обов'язково зафіксувати механізм.

Вибір інструменту для однолезової, багатолезової і ступінчастої обробки отворів достатньо широкий і залежить від конкретних операційних вимог. Багатозубий інструмент рекомендується використовувати на чорнових операціях, а однолезовий на чистових.

Інструмент типу «Коробор» [19] має перспективу для високопродуктивного розточування трьома ріжучими кромками. Унаслідок збільшеної довжини контакту пластин із заготівкою, цей інструмент вимагає значних витрат потужності. При необхідності забезпечити високу швидкість зняття матеріалу всі три пластини настроюють на один розмір, а при використанні «Коробор» для ступінчастого розточування кожна пластина настроюється на певну висоту і діаметр. Налаштування положення пластин здійснюється за допомогою використання різноманітних наборів-приставок розташованих між адаптером і різцевою вставкою. Сама виступаюча пластина настроюється на мінімальний діаметр розточування, а сама заглиблена, навпаки, на максимальний діаметр обробки.

При використанні інструменту типу «Коробор» для чистових операцій або для обробки матеріалів, що вимагають жорсткого контролю над процесом стружкоутворення, в роботі бере участь тільки одна ріжуча пластина. При цьому дві інші різцеві вставки необхідно замінити заглушками, щоб уникнути втрати балансу інструменту і для захисту корпусу від пошкоджень стружкою.

										Арк.
										15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00



Розточувальною інструмент типу «Дуобор» [19] має дві ріжучі кромки і вимагає менших витрат потужності. Для високопродуктивного чорнового розточування обидві пластини розташовують на одному рівні і по висоті і по діаметру. Швидкість подачі при роботі таким інструментом може бути збільшена удвічі у порівнянні з рекомендований. Схема для ступінчастого розточування та ж, що і для інструменту «Коробор».

Рекомендована максимальна глибина різання дорівнює половині довжини ріжучої кромки пластини. При розділенні припуску між пластинами необхідно прагнути до максимального використання можливостей кожної пластини. При виникненні складнощів з відведенням стружки можна ділити припуск на менші частини, для отримання дрібнішої стружки.

При використанні тільки однієї ріжучої кромки необхідно замість неробочих різцевих вставок ставити заглушки.

Будь-якою розточувальною інструмент супроводжує інструкція по його настройці. На чистових операціях часто буває необхідно після настройки інструменту, здійснювати декілька пробних проходів для визначення величини компенсуючої віджимання інструменту в процесі різання. При обробці великих партій деталей або при наявності великого числа типових операцій доцільною є застосування спеціального інструменту, оптимізованого під конкретний вид обробки. Для обробки отворів різних діаметрів або отворів з фаскою може застосовуватися різний комбінований інструмент. Чинники, що визначають успішне протікання процесу розточування і добрі результати обробки, ті ж що і при внутрішньому точінні.

Вильотом інструменту називають параметр, що описує відстань від торця шпинделя верстату до ріжучої кромки пластини. Даний параметр визначається числом діаметрів хвостовика. Максимальний виліт при розточуванні допускає чотири діаметри. При збільшенні довжини наладки на один діаметр хвостовика, значення зміщення інструменту збільшується до 8-ми разів [22].

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

При чіткому дотриманні параметрів обробки, що впливають на формування поверхні, можна досягти її високої точності і низької шорсткості. У число таких параметрів входять характеристики оброблюваної деталі і надійність її закріплення, стан устаткування, жорсткість закріплення інструменту, режими обробки і вибраний тип пластини. Застосування розточних пластин типу «Вайпер» підвищує якість обробленого отвору і дає можливість значно підвищити продуктивність обробки [19].

На якість обробленої поверхні також має вплив величина глибини різання. Граничні значення глибини різання визначають геометрія пластини і величина подачі. Чистове розточування зазвичай ведеться однолезовим інструментом, робота якого характеризується відтисканням в процесі різання. Заниження в таких умовах значення глибини різання по відношенню до мінімально рекомендованої, може привести до короточасних виходів пластини з різання і дряпання поверхні. Наслідком такого переривистого характеру обробки буде низька якість поверхні.

Способи запобігання вібраціям при розточуванні:

- застосовувати інструмент з максимальним діаметром;
- проводити обробку з мінімальним вильотом;
- при обробці з великим вильотом використовувати демпферні оправки;
- періодично перевіряти стан шпинделя обладнання;
- понижувати, якщо дозволяє технологія обробки, швидкість різання;
- понижувати або збільшувати, по можливості, подачу;
- підвищувати глибину різання;
- застосовувати пластини з малим радіусом при вершині;
- забезпечити надійну фіксацію заготовки.

Основні параметри, які враховують при виконанні операції розточування: виліт і діаметр застосовуваного інструменту; режими обробки і контроль за формуванням стружки; радіус і геометрія при вершині пластини; застосування ЗОР (змащувально-охолоджувальних рідин), антивібраційного інструменту.

										Арк.
										17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00

### 1.3 Методи вирішення поставленої проблеми

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретично-емпіричний. В результаті чого необхідно провести аналіз конструкцій сучасного антивібраційного інструменту для розточування та технологій його застосування; теоретично дослідити вплив конструктивних параметрів інструменту на режими обробки.

Відомо, що підвищенню вібростійкості елементів технологічної системи сприяє створення більш жорстких вузлів верстата, пристосувань і інструментів. Відповідно ріжучий інструмент для операції розточування повинен забезпечувати високі і стабільні ріжучі характеристики; сприятливе формування і відведення стружки; досягнення заданих показників точності і шорсткості обробки; універсальність застосування для типових оброблюваних поверхонь різних деталей на різних моделях верстатів; швидкозмінний при зносі або переналадці на іншу оброблювану деталь. Збірний інструмент з механічним кріпленням ріжучих пластин в найбільш повній мірі відповідає цим вимогам.

Одним із технологічних заходів для зменшення явищ вібрації в зоні різання є подача ЗОР безпосередньо в область розточування під високим тиском. Чим вищий тиск, тим легше обробити непіддатливі матеріали. Іноді ЗОР під високим тиском використовують для вимивання стружки з оброблюваного отвору. Наприклад антивібраційні адаптери «Сайленд Туле» [19] призначені для роботи з тиском МОР – 50...70 бар. Такий тиск рідини забезпечується конструктивним виконанням адаптера та наявністю відповідних компресорних станцій.

Завдяки точному підводу ЗОР в зону різання здійснюється ефективно відведення тепла. В результаті, навіть незалежно від тиску МОР, покращується подрібнення стружки навіть при обробці надтвердих матеріалів.

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

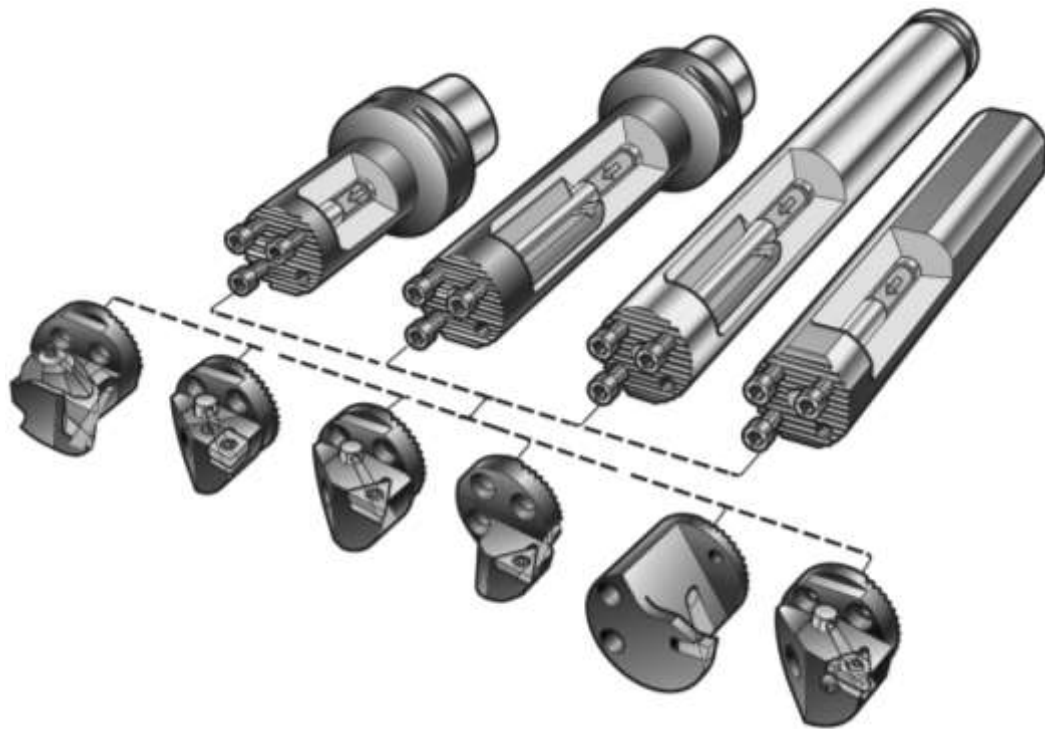


Рисунок 1.5 – Конструктивне виконання розточних різців з подачею ЗОР в зону обробки для зменшення явищ вібрації

Проте багато сучасних інструментальних покриттів дозволяють обійтися без ЗОР – це спеціальні високоміцні сплави, які забезпечують безпеку обладнання і при підвищенні температури в зоні обробки набувають додаткову твердість. Ще один плюс роботи без ЗОР – це можливість без перешкод спостерігати за процесом стружкоутворення. Найбільш яскравим прикладом є робота з вуглецевою сталлю – при правильній обробці цього матеріалу утворюється коричнева стружка, яка набуває синього кольору після окислення. У тому випадку, якщо швидкість різання занадто велика і призводить до перегріву оброблюваної деталі, стружка набуває чорного кольору, сигналізуючи про необхідність змінити режим роботи.

Схильні до вібрацій операції створюють постійну загрозу для продуктивної і надійної обробки, особливо при роботі з великими вільотами інструменту. Одним з можливих рішень є зниження режимів різання, таких як глибина різання, швидкість і подача. Проте це знижує продуктивність обробки. Більш ефективне рішення – використовувати спеціальний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

19

антивібраційний інструмент або адаптери для операцій розточування з великим вильотом. Для максимального зниження вібрації всередині корпусу інструменту передбачена демпферна система з віброадсорбером.

Конструктивна особливість таких оправок полягає в тому, що вбудований віброадсорбер гасить вібрації відразу ж, як тільки вони починають надходити від ріжучого інструменту на корпус тримача. Це запобігає передачі вібрацій по оправці і обмежує прогин всієї інструментальної збірки. Таким чином, гарантується значно більш стабільна робота інструменту, швидкість видалення стружки також значно збільшується.

При обробці деталей, що вимагають значних, за довжиною, інструментів невеликого діаметра, такі конструктивні рішення забезпечать високу продуктивність обробки. Така система не просто усуває вібрації – її можна використовувати також для підвищення продуктивності при роботі з невеликими вильотами інструменту.



Рисунок 1.6 – Принцип поширення коливань у конструкції оправки без віброадсорбера і з віброадсорбером

Особливостями антивібраційних оправок є наявність високої динамічної жорсткості, яка дозволяє в 2...4 рази збільшувати режими різання в порівнянні з класичною оправкою при вильоті до  $10 \times D$  [19].

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

Застосування антивібраційних оправок забезпечує скорочення часу обробки деталі, більш високу якість обробленої поверхні, підвищує стійкість ріжучої кромки, мінімальні навантаження на шпиндель верстата (за рахунок відсутності вібрацій і зниження маси наладки).

#### **1.4 Висновки та постановка задач на дипломну роботу**

При виконанні дипломної роботи магістра необхідно провести аналіз способів усунення вібрацій під час розточування, конструкцій сучасного модульного інструменту із антивібраційними державками, теоретично дослідити вплив конструктивних параметрів інструменту на режими обробки, якість обробленої поверхні та причини виникнення вібрацій, провести розробку оптимального технологічного процесу механічної обробки деталі, в якому слід усунути виявлені в базовому технологічному процесі недоліки, вибрати необхідне технологічне обладнання та оснащення, розрахувати припуски на обробку, режими різання та норми часу на виконання операцій. Також необхідно сконструювати пристосування для механічної обробки і контролю деталі. На основі прийнятих рішень і проведених розрахунків спроектувати дільницю механічного цеху для виготовлення даного виробу.

Відповідно необхідно провести техніко-економічне обґрунтування прийнятих технологічних та конструкторських рішень, визначити очікуваний економічний ефект. Крім цього необхідно розглянути питання охорони праці, екології і безпеки життєдіяльності на випадок надзвичайних ситуацій на підприємстві.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика об'єкту або предмету дослідження

Дуже часто вібрації є чинником, що обмежує продуктивність обробки, так як вони змушують знижувати швидкість різання, подачу і глибину різання. Одним способів знизити вібрації на технологічних операціях розточування є застосування спеціального інструменту з інтегрованими антивібраційними адаптерами або ж універсальних антивібраційних оправок. Застосовуючи такі технології під час розточування можна підвищувати режими різання, забезпечуючи при цьому більш надійний процес обробки без вібрацій. В результаті зростають точність і якість обробки, а також швидкість знімання матеріалу, що, в кінцевому рахунку, призводить до зниження вартості виготовлення деталі.

В основі антивібраційного інструменту лежить динамічна система демпфування. Дана система дозволяє покращити динамічну жорсткість розточної наладки, яка складається із оправки і різцевої вставки. В якості компенсатора вібрацій застосовують демпфуючі елементи, які розташовані усередині корпусу інструменту чи оправки. Особливістю антивібраційних інструментів з є виникнення згасаючих коливань без прояву явища резонансу, а саме коливання локалізуються в нижній частині оправки в місці контакту з корпусом різця. Це запобігає поширенню вібрації, тим самим обмежуючи биття інструменту. В результаті цього забезпечується висока стійкість налагодження при несприятливих умовах обробки.

Застосування антивібраційного інструменту дозволяє проводити надійну обробку без ризику виникнення вібрацій, збільшити продуктивність завдяки збільшенню до 4-х разів глибини і швидкості різання при стабільних

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					22	14
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>				<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

умовах, скоротити час обробки деталі, отримати більш високу якість обробленої поверхні, підвищити стійкість ріжучої кромки та мінімізувати навантаження на шпиндель верстата.

Таким чином, заміна традиційного розточного інструменту на сучасний антивібраційний дозволяє істотно підвищити продуктивність обробки та покращити якість обробленої поверхні. Відповідно об'єктом досліджень є сучасні технології розточування при нежорстких системах та конструкції антивібраційних оправок та різців.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд антивібраційної розточної оправки із змінними різцевими вставками

Для сучасних антивібраційних оправок характерні такі параметри як підвищення стабільності процесу, висока вібростійкість, мінімальне биття, можливість проведення обробки з великим вильотом (до  $14 \times D$ ), висока продуктивність процесу. Також модульний принцип дозволяє встановлювати на оправку різні, по призначенню, розточувальні головки (чорнові і чистові).

Розточувальний інструмент, як правило, використовується для обробки отворів великого діаметру. З його допомогою також можна виконувати ступінчасте і чистове розточування.

										Арк.
										23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00



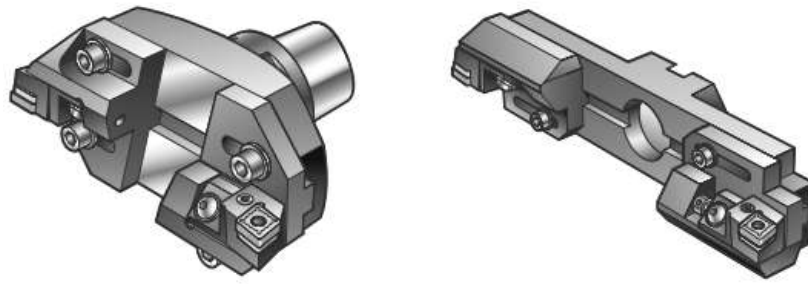


Рисунок 2.2 – Розточувальний інструмент для обробки отворів великого діаметра

## 2.2 Оброблення результатів досліджень

Все частіше антивібраційні адаптери знаходять своє застосування для обробки з великими вільотами. Це пов'язано з тим, що поряд з ускладненням форм оброблюваних деталей, доводиться також максимально скорочувати час їх обробки. При цьому важливим фактором є число встановлених деталей, яке завдяки широким можливостям доступу інструменту з великими вільотами, можна звести до мінімуму. Але з іншого боку, це загрожує нестачею жорсткості і надійності закріплення заготовки. При використанні звичайних різців чи різцевих оправок з великим вільотом з'являється схильність до вібрацій, які негативно впливають на шпиндельний вузол верстата і інструмент, а також знижують якість обробки.

Для досягнення максимальної продуктивності при розточуванні з великим вільотом важливо правильно підійти до підбору оправки. Необхідно почати з оправки мінімально можливої довжини, так як велика довжина інструментальної наладки викликає значні вібрації. Відповідно для обробки вільотів  $> 4 \times D$  рекомендовано використовувати антивібраційний адаптер. У випадку, коли режими різання обмежені щоб уникнути проблем з вібраціями, застосування антивібраційного адаптера сприятиме значному підвищенню продуктивності обробки. Важливою умовою отримання необхідних результатів є надійність закріплення заготовки, з урахуванням зростаючих в

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

процесі обробки сил різання. При недостатній жорсткості кріплення заготовки рекомендовано уникати обробки з великими вильотами.

На якість оброблюваної поверхні впливає стан і жорсткість обладнання. Надмірний знос підшипників шпинделя або механізмів подачі може призвести до незадовільної якості поверхні деталі. Якщо верстат нежорстко закріплений на фундаменті, підвищені вібрації можуть викликати зниження стійкості і якості обробленої поверхні

Основне правило: якщо загальна довжина налагодження від торця шпинделя до самої виступаючої точки ріжучої кромки перевищує 4-5 діаметрів необхідно вести обробку з використанням антивібраційної оснастки.

Щоб забезпечити стружколомання і збільшити стійкість при профільній обробці, потрібно достатньо навантажувати інструмент, щоб не викликати вібрацій. Для якісної обробки стінок рекомендується обробляти їх радіальним врізанням у напрямі центру заготовки.

Конструкція посиленої державки розширює діапазон розточуваних отворів без виникнення явищ вібрації при певній глибині обробки (рис. 2.3).

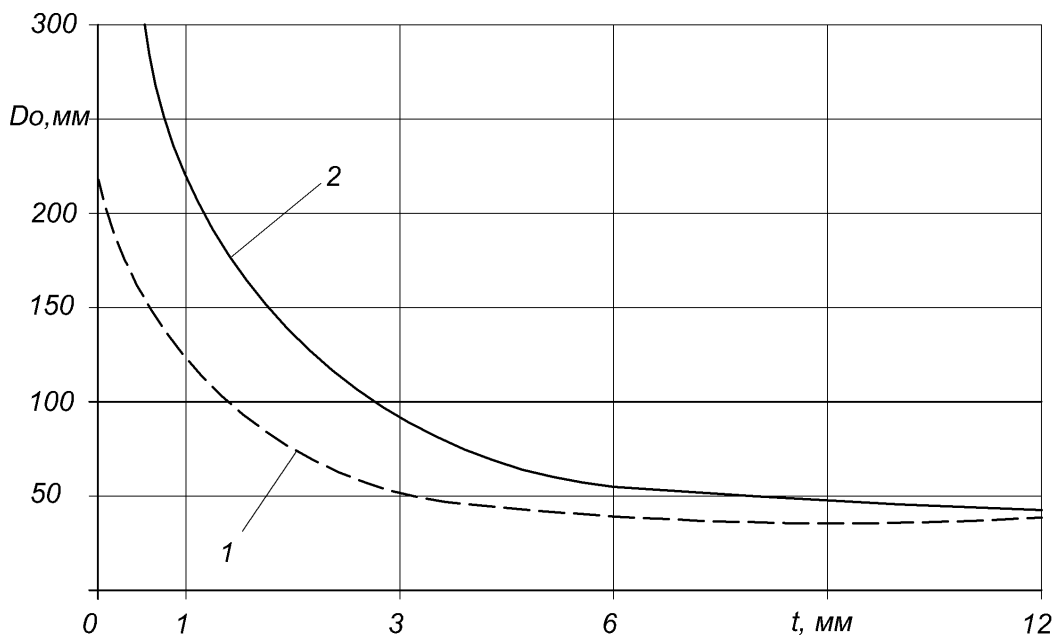


Рисунок 2.3 – Співвідношення між діаметром розточуваного отвору і глибиною обробки при: 1 – розточуванні різцем із пластиною закріпленою гвинтом; 2 – розточуванні монолітним різцем

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

25

Також причиною виникнення вібрацій може бути висока шорсткість попередньо обробленої поверхні. Відповідно це явище можна усунути використанням спеціальних технологій обробки. Наприклад ріжучі пластини з геометрією «Вайпер» [19] не застосовують для чорнової обробки коли необхідно попередити виникнення вібрацій, так як вони не забезпечують сталу силу різання і нульове значення радіального зміщення інструменту, але при стабільних умовах обробки (чистова обробка) дана технологія забезпечує високу якість поверхні з можливістю збільшення режимів обробки. Зачисний ефект «Вайпер» виникає при деякому нахилі пластини під дією сил різання, коли головна ріжуча кромка пластини працює як зачисна.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд різцевих пластин, які працюють за технологією «Вайпер-ефекту»

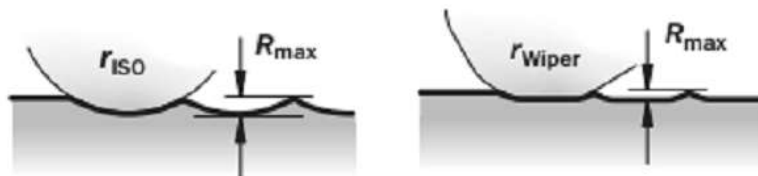


Рисунок 2.5 – Принцип відмінності обробки між звичайною різцевою пластиною і пластиною, яка працює за технологією «Вайпер-ефекту»

Пластини «Вайпер» дозволяють працювати з високими подачами забезпечуючи при цьому високу якість поверхні і добре подрібнення стружки. Проте не рекомендовано застосовувати дані пластини при роботі з великим вильотом різця – можливі вібрації, які спричинять руйнування пластини, тобто їх доцільно застосовувати сумісно із антивібраційними оправками із змінними різцевими вставками. На графіку показані номінальні значення, які є орієнтовними і можуть бути скоректовані відповідно до умов обробки і оброблюваних матеріалів.



Демпфуюча система антивібраційної оправки складається з інерційного тіла, виконаного з матеріалу з високою питомою масою, яке закріплене на двох гумових втулках. Відповідно всередині такого пристосування пружно підвішене інерційне тіло, при виникненні вібрацій при обробці, коливається в протифазі з кінцем оправки і зводить вібрації до мінімуму [19].



Рисунок 2.7 – Принципова будова антивібраційної оправки:  
1 – в'язке мастило; 2 – демпфуюча система з інерційним тілом;  
3 – гумові втулки

Оправки з демпфером вимагають особливого дбайливого і охайного ставлення. Їх ні в якому разі не можна кидати або піддавати ударам, щоб уникнути пошкодження механізму демпфування. З цієї ж причини рекомендується зберігати такі оправки в горизонтальному положенні. У нормальному стані демпфуючі оправки будуть функціонувати не вимагаючи особливого обслуговування. Але з часом гумові втулки, які виконують важливу функцію, будуть зношуватися і втрачати свої характеристики. Коли гумові втулки повністю зносяться, демпфуюча система перестане виконувати свою функцію. Відповідно термін служби демпфуючої оправки скорочується при роботі в умовах високих температур, тому необхідно експлуатувати їх із застосуванням охолодження. При закріпленні інструменту на антивібраційній оправці необхідно дотримуватися деяких запобіжних



системою, налаштованою на задані умови обробки. Для кожного антивібраційного інструменту визначено діапазон вильотів, в межах якого забезпечується його оптимальне функціонування. Застосування інструменту за межами рекомендованої області, наприклад, використання короткої оправки з подовжувачем, не гарантує досягнення бажаного результату.

Підвищення статичної жорсткості різального інструменту дозволяє збільшити швидкість знімання матеріалу і продуктивність обробки, не викликаючи вібрацій. У зв'язку з цим рекомендується вибирати інструмент з мінімально можливим вильотом і максимально можливим діаметром. Обидва параметри важливі в однаковій мірі.

При складанні модульної наладки, що складається з декількох адаптерів різного діаметру, в шпинделі необхідно закріплювати адаптер найбільшого діаметра, а потім встановлювати подовжувачі зі зменшенням діаметра наступних ступенів.

При використанні антивібраційного інструменту вже з вильотом від  $3 \times D$  можливе підвищення ефективності обробки. При роботі з вильотом  $4 \times D$  інструмент з демпфером дозволяє підвищити режими різання більш ніж на 50%, а при роботі з вильотом від  $6 \times D$  антивібраційний інструмент є єдиним рішенням для досягнення високої продуктивності, а також необхідної якості поверхонь. Значення зміщення інструменту рівне [19]

$$\Delta = \frac{64FL_U^3}{3E\pi D^4}, \quad (2.1)$$

де  $F$  – сила різання;

$L_U$  – робоча довжина оправки з різцевою вставкою;

$E$  – модуль Юнга.

Також необхідно враховувати, що демпфуюча система повинна розташовуватися максимально близько до ріжучої кромки, а вага передньої частини антивібраційної оправки повинна бути якомога меншою. Невелика вага ріжучого інструменту, що закріплюється на оправці, скоротить

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

кінетичну енергію вібрацій, що в свою чергу, спростить процес їх гасіння та дозволить збільшити допустимий виліт інструменту.

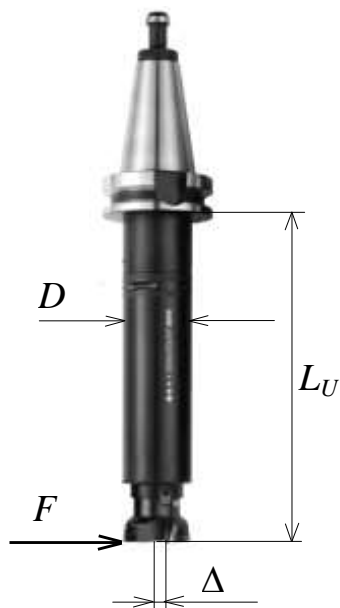


Рисунок 2.10 – Схема розрахунку зміщення інструменту від дії вібрації

Використовуючи дані заходи можна скоротити коливання системи від сил різання та інтенсивність вібрацій. Відповідно сили різання можна знизити за рахунок правильного вибору ріжучого інструменту і пластин, а зменшити зміщення інструменту можна підвищуючи його статичну жорсткість за рахунок вибору оправки найбільшого діаметра і мінімальної довжини. Невелика вага ріжучої частини інструменту значно знижує кінетичну

енергію вібрацій; для складання модульних наладок доцільно використовувати адаптери великого діаметра; спеціальний інструмент рекомендується посилювати за рахунок оптимізованої форми і матеріалів.

## 2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

Щодо режимів різання то, якщо при обробці інструментом з великим вильотом виникають проблеми з вібраціями, то найкращим способом їх усунення є підвищення подачі. Як альтернативний засіб можна використовувати зміну швидкості різання, при цьому в більшості випадків, найкращі результати досягаються шляхом її зменшення.

Для забезпечення високої жорсткості інструментальної системи і точності обробки необхідно використовувати спеціальні розточні оправки з

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				



мінімальним вильотом і максимально можливим діаметром. Як правило, при вильоті до  $4 \times D$  застосовують традиційні сталеві або твердосплавні розточні оправки. При роботі з вильотом до  $10 \times D$  стабільність процесу зазвичай забезпечується використанням сталевих антивібраційних оправок. Якщо виліт інструменту більше  $10 \times D$ , то для зниження радіального зміщення інструменту і вібрацій потрібно застосовувати посилені твердосплавні антивібраційні або демпферні оправки.

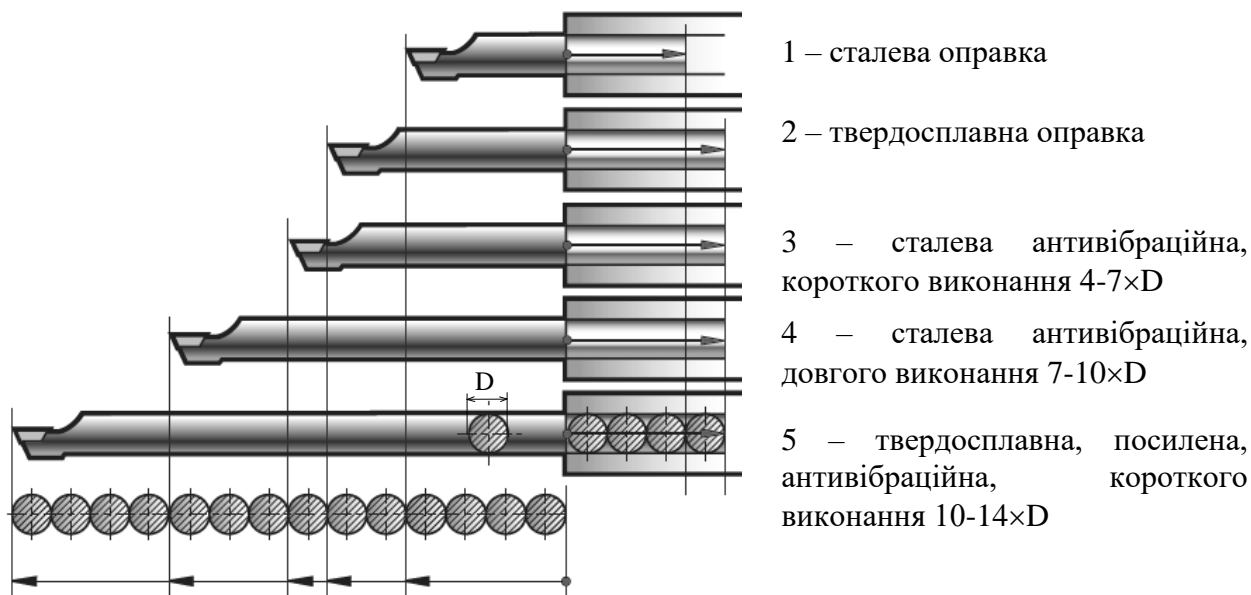


Рисунок 2.11 – Доцільність застосування суцільнометалевих оправок в залежності від вильоту

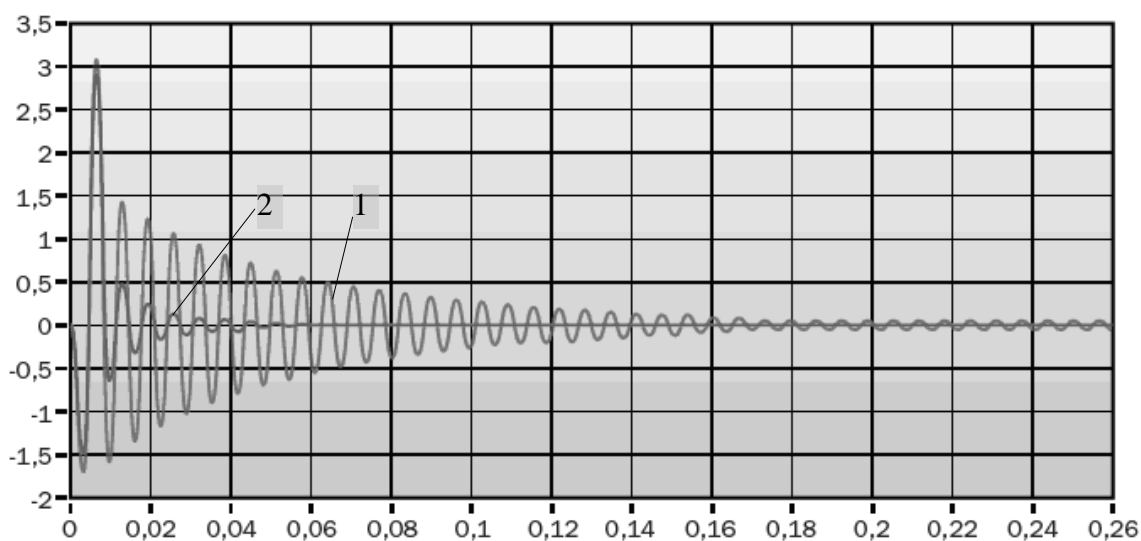
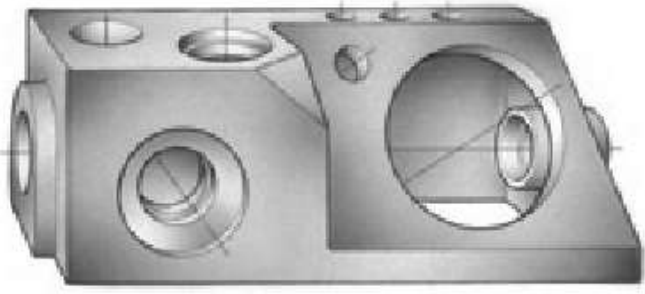
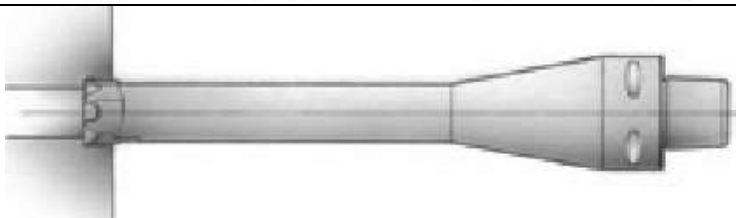
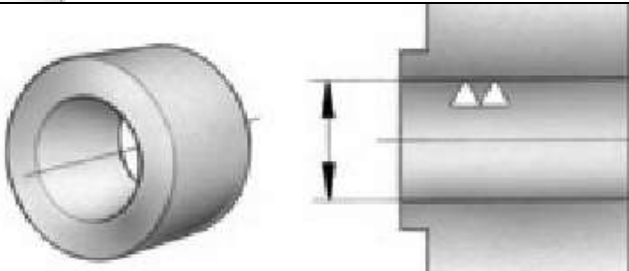
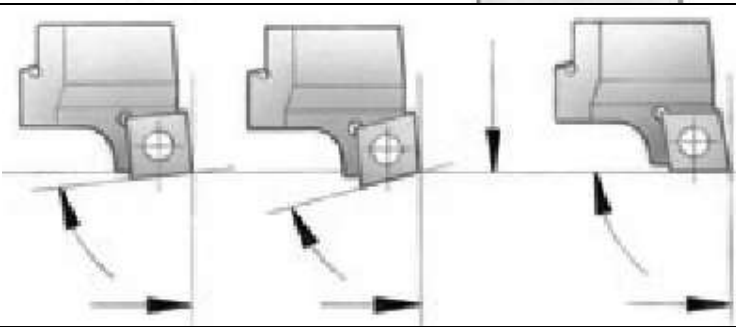
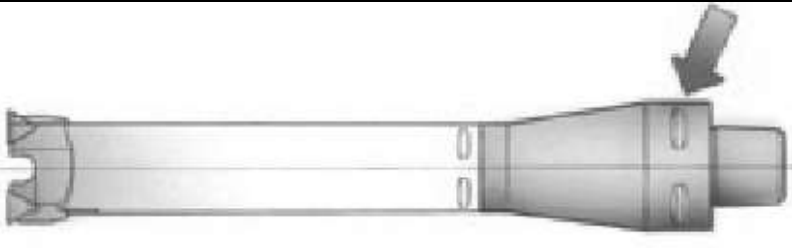
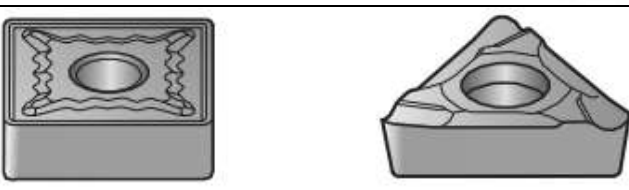


Рисунок 2.12 – Різниця процесів гасіння вібрацій при застосуванні інструменту: 1 – без демпфера; 2 – з демпфером

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рекомендації вибору технології розточування наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Рекомендації щодо вибору технології розточування

№п/п	Рекомендація	Рисунок
1	2	3
1	Визначите вид розточування	
2	Визначите вид інструменту	
3	Виберіть діапазон діаметрів розточування	
4	Визначіться з головним кутом в плані	
5	Виберіть корпус розточувального інструменту (оправки)	
6	Підберіть ріжучі пластини	

Загальні рекомендації до вибору розточних оправок:

- шорсткість поверхні  $\sim 1$  мкм (для забезпечення необхідного контакту з пристосуванням);
- рекомендована довжина закріплення  $4 \times D$  (для розточувальних оправок діаметром понад 200 мм –  $6 \times D$ );
- точність посадкової поверхні ISO H7;
- твердість поверхні посадочного отвору пристосування – не менше 45 HRC (для уникнення пластичних деформацій);
- для оправки великих діаметрів (понад 200 мм) використовувати двохточкову фіксацію у приспособленні.

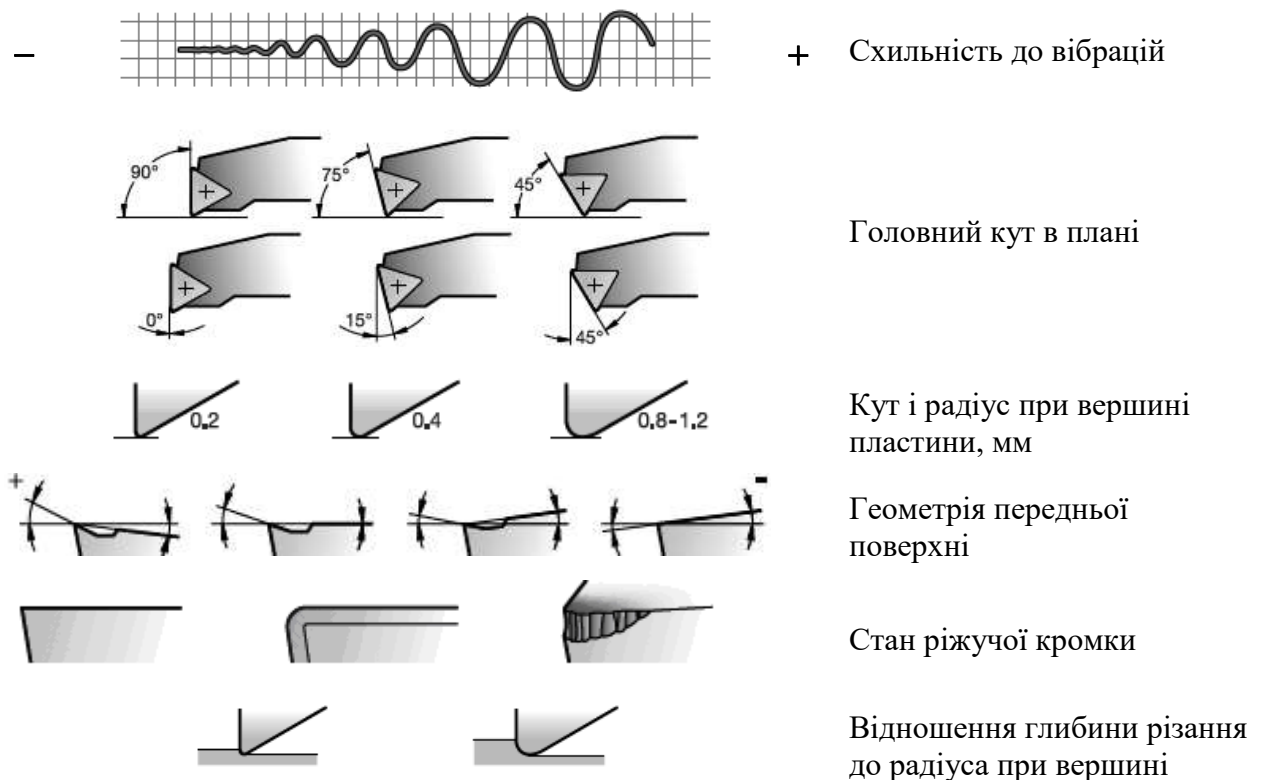


Рисунок 2.13 – Залежність згасання вібрацій в залежності від конструктивних параметрів інструменту

Від’ємне значення переднього кута ріжучого леза різцевої вставки збільшує сили різання, а додатне – знижує. Для зниження схильності до вібрацій необхідно вибирати найменший радіус при вершині пластини. Мале значення кута при вершині пластини підвищить стабільність обробки, забезпечить необхідний зазор по задній поверхні і невелике коливання

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

розмірів стружки в разі, якщо інструмент почне вібрувати в радіальному напрямку. Якщо площа перерізу стружки занадто велика, то зростають сили різання, а якщо площа перерізу стружки занадто маленька, то зростає тертя між інструментом і заготовкою, що може привести до затирання поверхні інструменту. Для обробки глибоких отворів, до шести діаметрів, рекомендується використовувати антивібраційні демпфуючі оправки.

Демпфуючі оправки рекомендується використовувати при вильоті інструменту більше  $4 \times D$ .

Першочергово необхідно вибрати для чорнового антивібраційного інструменту:

- пластини з гострою ріжучою кромкою
- головний кут в плані рівний  $90^\circ$ .

Для чистового антивібраційного інструменту:

- пластини з гострою ріжучою кромкою
- головний кут в плані рівний  $90^\circ$ .

При використанні антивібраційного інструменту, необхідно закріплювати його так, щоб кріпильні елементи не зачіпали зону демпфування, щоб уникнути її пошкодження.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних умов

Деталь «Півмуфта зубчаста КС6В-07.602» є складовою зубчастої муфти вала приводу гідронасоса і призначена для передачі обертового руху та захисту тіл контакту (кульок і шліців). Дана деталь використовується у приводі бурякозбирального комбайна КС6В.

Позначення поверхонь деталі показано на рисунку 3.1. Отже, виходячи з конструктивного призначення, основними поверхнями півмуфти є поверхні А, В, З, Л, О, Р, які використовуються як установчі, центруючі і опорні. Поверхні А<sub>1</sub>, В, Г, Д, Е, Є, Ж, К, К<sub>1</sub>, Н, М – є допоміжними і призначені для встановлення допоміжних комплектуючих деталей, змащування, служать технологічними базами, формують конструкцію виробу.

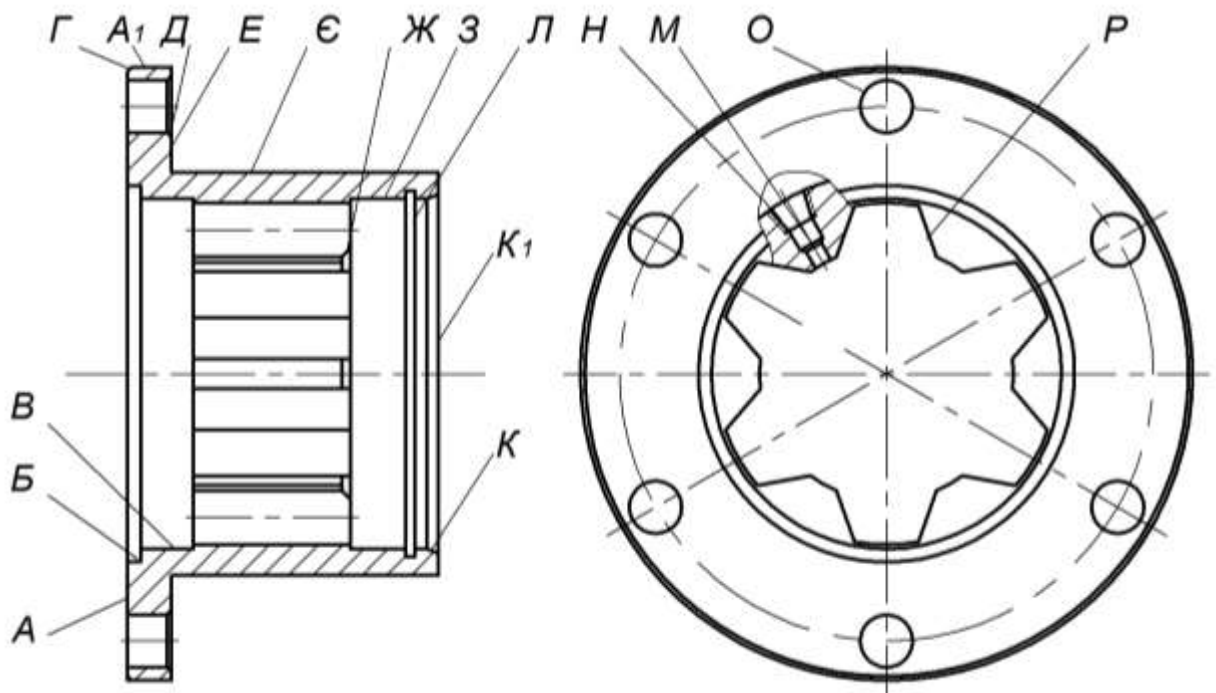


Рисунок 3.1 – Позначення поверхонь деталі

					ДР 18-384.00.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мацик І.Р.			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Комар Р.В.				36	36
Консульт.					ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТМ-61		
Н. контр.		Ткаченко І.Г.					
Затв.		Пилипець М.І.					
					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		

Поверхні *A*, *B* призначені для встановлення і центрування деталі при складанні вузла. Зокрема вимоги до поверхні *A*, це допуск на торцеве биття відносно поверхні *P* (шліцева поверхня) не більше 0,01 мм. Відхилення від круглості поверхні *B*, відносно тієї ж поверхні *P*, не більше 0,05 мм по діаметру, шорсткість  $Ra = 6,3$  мкм. Поверхня *B* обробляється по 8-му квалітету точності. Основною за функціональним призначенням і базовою для більшості операцій механічної обробки є поверхня *P*. Відповідно її шорсткість становить  $Ra = 6,3 \dots 12,5$  мкм. Поверхня *З* призначена для встановлення манжета, що запобігає витіканню змазки з муфти та попаданню забруднень в зону контактуючих елементів. Дана поверхня обробляється по 9-му квалітету із шорсткістю  $Ra = 1,6$  мкм, до неї також ставляться вимоги щодо відхилення від круглості відносно поверхні *P* не більше 0,05 мм по діаметру. Отвори (поверхня *O*) призначені для кріплення болтовим з'єднанням двох пів муфт, вони виконуються по 12-му квалітету із допуском на розміщення відносно центруючої поверхні *B* не більше 0,1 мм.

Отвір *M* із конічною різьбою *H* призначений для закріплення маслянки подачі мастила у зону контакту кульок вала та шліців півмуфти.

Деталь виготовляється із легованої конструкційної сталі марки 25ХГТ згідно ГОСТ 4543-71. Властивості матеріалу наведено в таблицях 3.1 і 3.2 [4].

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 25ХГТ ГОСТ 4543-71

Марка матеріалу	Вміст хімічних елементів						
	С, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %
				не більше			
25ХГТ	0,2÷0,25	0,5÷0,8	0,17÷0,37	0,04	0,04	0,25	0,25

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 25ХГТ ГОСТ 4543-71

Марка матеріалу	Характеристика					
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
25ХГТ	430	280	20	45	69	195...217

										Арк.
										37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00					

Заготовкою деталі «Півмуфта зубчаста КС6В-07.602» є поковка групи І, отримана вільним куванням. Даний спосіб отримання заготовки не викликає труднощів, але при цьому є низькою точність розмірів заготовки, а отже доцільно підвищити її точність, що також дозволить зменшити припуски на механічну обробку відповідальних поверхонь деталі, підвищить коефіцієнт використання матеріалу і зменшить вагу заготовки. Матеріал виробу не є дефіцитним і дорогим, його механічні властивості задовольняють технологічні та експлуатаційні вимоги, відповідно в якості заготовки можна використовувати поковку отримувану методом гарячого штампування в пресах [2].

Проведемо аналіз основних технічних вимог до поверхонь деталі із встановленням методів їх виконання та контролю. Дані аналізу технічних умов на виготовлення зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз технічних умов

Позначення	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
<i>A</i>	Торцеве биття не більше 0,01 мм	Точіння у спеціальному пристрої	Спеціальний контрольний пристрій
<i>B</i>	Шорсткість $Ra = 6,3$ мкм; точність поверхні по 8-му квалітету; відхилення від круглості не більше 0,05 мм	Чистове точіння в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості, шаблон, спеціальний контрольний пристрій
<i>З</i>	Шорсткість $Ra = 1,6$ мкм; точність поверхні по 9-му квалітету; відхилення від круглості не більше 0,05 мм	Чистове точіння в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості, шаблон, спеціальний контрольний пристрій

1	2	3	4
<i>P</i>	Шорсткість $Ra = 6,3 \dots 12,5$ мкм; забезпечення зовнішнього діаметра $\varnothing 78^{+0,74}$ мм, внутрішнього діаметра $\varnothing 58,4^{+0,74}$ мм, кута між поверхнями шліца $40^\circ$	Попереднє фрезерування з наступним протягуванням в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості, калібр, шаблон
<i>O</i>	Забезпечення розміщення отворів із відхиленням на розміщення від центруючої поверхні <i>B</i> не більше 0,1 мм; точність поверхні по 12-му квалітету	Свердління в спеціальному пристрої	Калібр, шаблон на розміщення

### 3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Метою технологічного контролю креслення деталі і аналізу технологічності конструкції є встановлення відповідності конструктивного виконання виробу сучасному рівню розвитку техніки, ступеню економічності обробки, вибору найбільш раціональних методів виготовлення і доведення до рівня готовності.

Отже, аналізуючи конструкцію деталі можна констатувати, що виріб має достатню жорсткість для механічної обробки різними ріжучими інструментами, а також її можливо закріпляти в різного роду технологічних пристроях без порушення її геометричних розмірів і форм.

Механічну обробку деталі доцільно проводити у спеціальних пристроях з установкою на пальці, а також використанням самоцентруючих токарних патронів з пневмозатиском.

											Арк.
											39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00						



Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за наступною формулою [5]

$$K_{T,ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.1)$$

де  $T_{cp}$  – середнє числове значення параметра точності обробки виробу

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{n_i}}{\sum n_i}, \quad (3.2)$$

де  $T$  – числове значення параметра точності обробки (квалітет);

$n_i$  – число розмірів відповідного класу точності.

$$T_{cp} = \frac{2 \cdot 6 + 7 + 11 \cdot 14}{14} \approx 12.$$

Відповідно коефіцієнт точності рівний

$$K_{T,ч} = 1 - \frac{1}{12} = 0,91$$

Рівень технологічності по шорсткості поверхні оцінюється коефіцієнтом шорсткості [5]

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (3.3)$$

де  $Ш_{cp}$  – середнє числове значення шорсткості поверхонь виробу.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.4)$$

де  $Ш$  – числове значення параметра шорсткості;

$n_i$  – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості.

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Ш_{cp} = \frac{2 \cdot 80 + 4 \cdot 1,6 + 0,8 + 3 \cdot 6,3}{10} \approx 18,61.$$

Відповідно коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{18,61} = 0,95.$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{в.м} = \frac{M_{\partial}}{M_3}, \quad (3.5)$$

де  $M_{\partial}$  – маса деталі,  $M_{\partial} = 1,6$  кг;

$M_3$  – маса заготовки,  $M_3 = 5,03$  кг.

$$K_{в.м} = \frac{1,6}{5,03} \approx 0,32.$$

Аналізуючи значення коефіцієнтів технологічності можна зробити висновок, що необхідно вибрати більш технологічний спосіб отримання заготовки і призначити розрахунково-табличним способом раціональні значення припусків на механічну обробку з метою зменшення маси заготовки і підвищення коефіцієнта використання матеріалу.

### 3.3 Аналіз типу і організаційної форми виробництва

Згідно даних підприємства-виробника тип виробництва – дрібносерійний. Організаційну форму приймають у відповідності з типом виробництва. Відповідно розрізняють дві основні форми організації виробництва: групова і потокова.

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Групова форма організації виробництва характеризується однорідністю конструктивно-технологічних ознак виробів, єдністю засобів технологічного оснащення однієї або декількох технологічних операцій і спеціалізацією робочих місць.

Потоковий метод роботи являє собою прогресивну форму організації виробництва в машинобудуванні. Найбільш ефективні результати його застосування дає в масовому виробництві, однак він впроваджується й у серійне виробництво. Проводимо технічне нормування робіт для середньосерійного виробництва. Величина такту випуску [5]

$$t_{\text{с}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60}{N}, \quad (3.6)$$

де  $F_{\text{д}}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;  $F_{\text{д}} = 4015$  год.;  
 $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;  $N = 6000$  шт.

$$t_{\text{с}} = \frac{4015 \cdot 60}{6000} = 40,15 \text{ хв.}$$

Кількість деталей для одночасного запуску у виробництво [5]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (3.7)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;  $N = 6000$  шт.

$a$  – число днів, на яке необхідно мати запас деталей,  $a = 5$ ;

$F$  – число робочих днів у році,  $F = 250$  днів.

$$n = \frac{6000 \cdot 5}{250} = 120 \text{ шт.}$$

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Спосіб отримання заготовки визначається конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Матеріалом деталі є сталь 25ХГТ, відповідно заготовку можна отримати наступними способами:

- а) вільним куванням;
- б) гарячим штампування в пресах.

Із можливих варіантів отримання заготовки приймається той, який після розрахунку собівартості виявиться більш економічнішим. Вартість заготовки, можна розрахувати за формулою [2]

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_O \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (3.8)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 тонни заготовок, грн.;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_O$  – коефіцієнти, які залежать від класу точності; групи складності; маси; марки матеріалу; об'єму випуску заготовок;

$Q$  – маса заготовки, кг;

Приблизну масу заготовки можна знайти за наступною формулою [2]

$$Q = \gamma \cdot K_{II} \cdot V_{\partial}, \quad (3.9)$$

де  $\gamma$  – питома маса матеріалу,  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ ;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує наявність припусків,  $K_{II} = 1,02 \dots 1,5$ ;

$V_{\partial}$  – об'єм деталі, (об'єм деталі є сумою об'ємів її складових).

$q$  – маса готового виробу,  $q = 1,6 \text{ кг}$ ;

$S_{відх}$  – вартість 1 тонни відходів,  $S_{відх} = 2850 \text{ грн.}$

Розрахуємо вартість проектних заготовок згідно прийнятих рішень.

Варіант 1: вільне кування

									Арк.
									43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$C_i = 7400$  грн.;  $K_T = 1$ ;  $K_C = 1,15$ ;  $K_B = 1,3$ ;  $K_M = 1$ ;  $K_O = 1$  [1];  $K_{II} = 1,1$  [2].

$$Q = 7,8 \cdot 1,5 \cdot 429,9 \approx 5030 \text{ г} = 5,03 \text{ кг}$$

$$S_{заг1} = \left( \frac{7400}{1000} \cdot 5,03 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (5,03 - 1,6) \frac{2850}{1000} = 45,87 \text{ грн.}$$

Варіант 2: гаряче штампування в пресах

$C_i = 8700$  грн.;  $K_T = 1$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_B = 1,20$ ;  $K_M = 1$ ;  $K_O = 1$  [2];  $K_{II} = 1,02$  [2].

$$Q = 7,8 \cdot 1,09 \cdot 273,3 = 2324 \text{ г} \approx 2,32 \text{ кг}$$

$$S_{заг2} = \left( \frac{8700}{1000} \cdot 2,32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (2,32 - 1,6) \frac{2850}{1000} \approx 28,7 \text{ грн.}$$

Економічний ефект на програму випуску визначимо шляхом співставлення двох варіантів

$$E_z = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (3.10)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;  $N = 6000$  шт.

$$E_z = (45,87 - 28,7) \cdot 6000 = 103020 \text{ грн.}$$

Отже, спосіб одержання заготовки литтям в кокіль є більш економічно доцільним. Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльні дані проектних заготовок

Характеристики заготовки	Варіант	
	перший	другий
1	2	3
Вид заготовки	вільне кування	гаряче штампування в пресах

1	2	3
Маса деталі, кг	1,6	1,6
Маса заготовки, кг	5,03	2,32
Вартість заготовки, грн.	45,87	28,7
Економічний ефект річної програми, грн.	—	103020

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

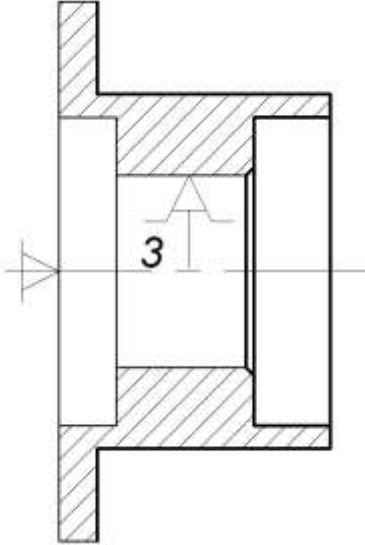
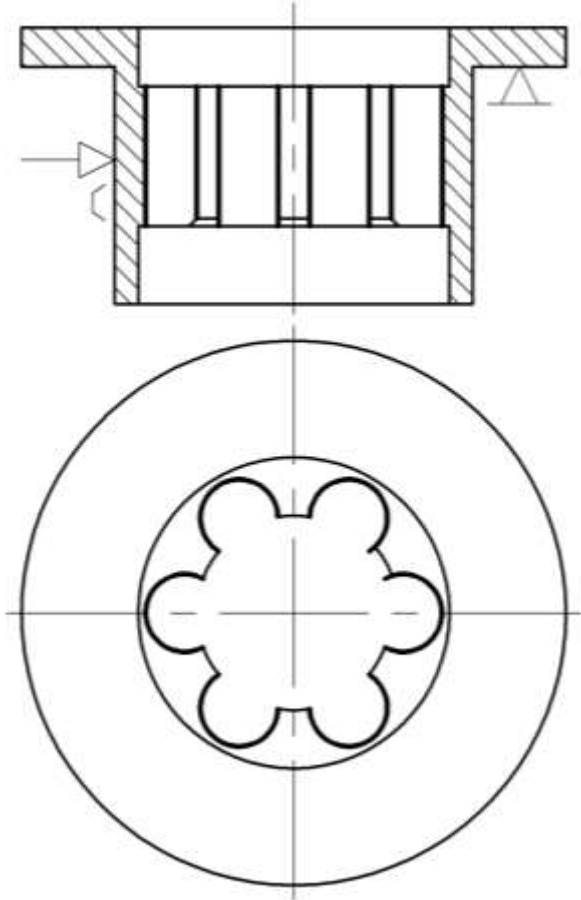
При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. При виборі технологічних баз забезпечуємо технічні вимоги радіального биття, співвісності та точності розміщення отворів, максимально витримуючи принцип постійності баз згідно прийнятих позначень поверхонь (рис.3.1).

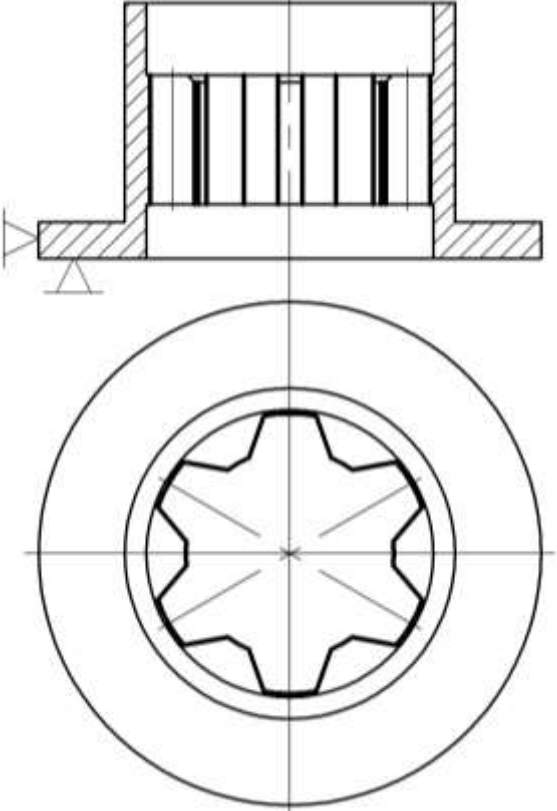
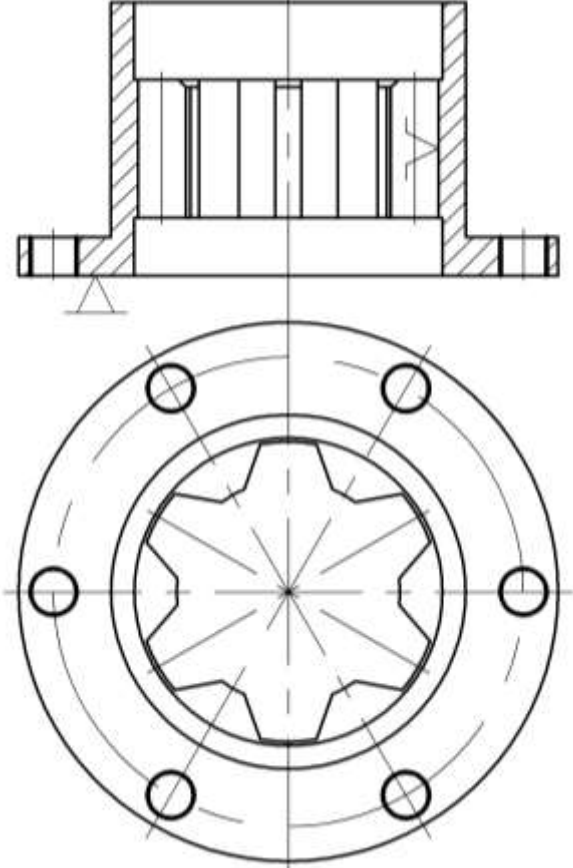
Результати вибору баз зводимо у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Вибір баз при обробці півмуфти зубчастої КС6В-07.602

Оброблювана поверхня	Технологічна база	Схема базування і закріплення
1	2	3
<i>A, A<sub>1</sub>, B, P</i>	<i>Є, K<sub>1</sub></i>	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2	3
<p><i>E, Є, K<sub>1</sub>, З, К</i></p>	<p><i>A, P</i></p>	
<p><i>P</i></p>	<p><i>E, Є</i></p>	

1	2	3
<i>P</i>	<i>A, A<sub>1</sub></i>	
<i>O</i>	<i>A, P</i>	

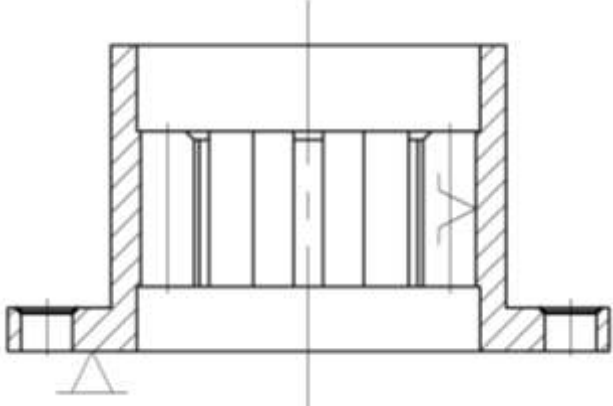
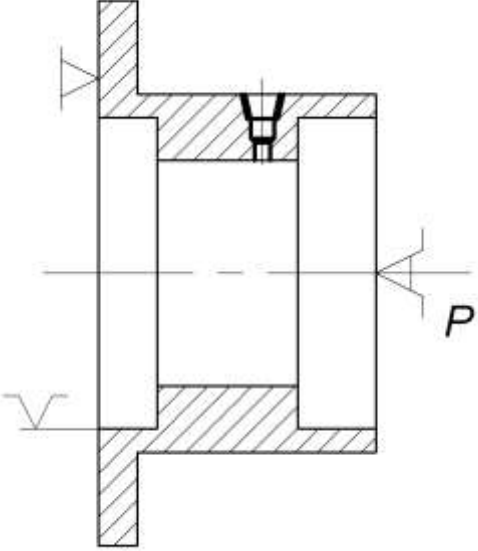
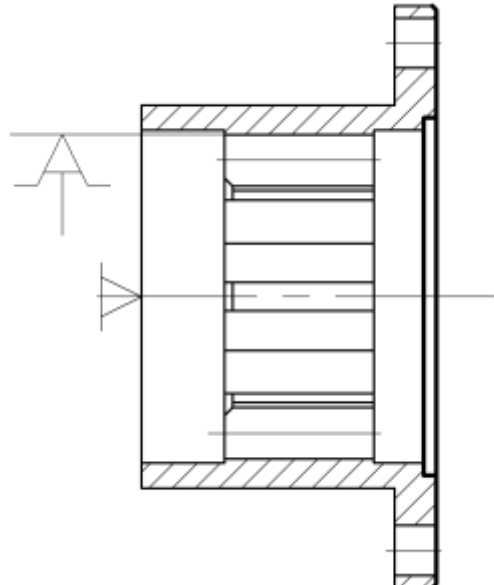
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

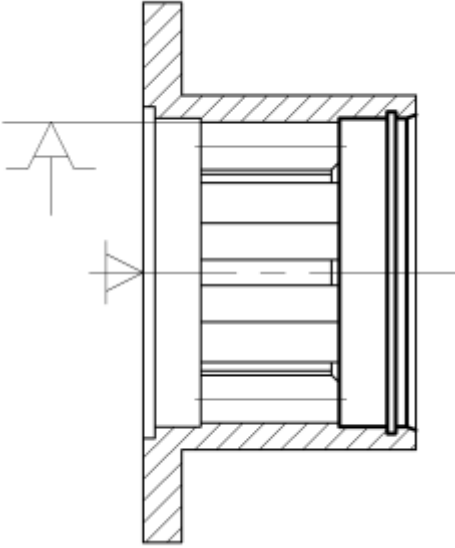
Арк.

47



1	2	3
Д	А, Р	
М, Н	А, В	
А, Г, Б	К <sub>1</sub> , Р	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2	3
3, Л, К	А, Р	

### 3.6 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу з вибором технологічного обладнання

Розглянемо варіант технологічного процесу механічної обробки виробу з метою вибору його як оптимального. Маршрут обробки наведено відповідно в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Маршрут механічної обробки деталі

№ операції	Назва операції, переходу	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання мод.
1	2	3	4	5
005	Токарна 1. Точити поверхню з підрізкою торця 2. Розточити отвори	А, А <sub>1</sub> , В, Р	Є, К <sub>1</sub>	1А720

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2	3	4	5
010	Токарна 1. Точити поверхню з підрізкою торця 2. Підрізати торець 3. Розточити отвір і фаску	<i>E, C, K<sub>1</sub>, 3, K</i>	<i>A, P</i>	1A720
015	Фрезерна 1. Фрезерувати шліці	<i>P</i>	<i>E, C</i>	6P13Ф3
020	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути шліцевий отвір	<i>P</i>	<i>A, A<sub>1</sub></i>	7Б56
025	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 6 отворів	<i>O</i>	<i>A, P</i>	2С132
030	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати почергово 6 фасок	<i>Д</i>	<i>A, P</i>	2С132
035	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір 2. Розсвердлити отвір 3. Нарізати різьбу	<i>М, Н</i>	<i>A, B</i>	2С132
040	Токарна 1. Підрізати торець і фаску 2. Розточити отвір	<i>A, Г, Б</i>	<i>K<sub>1</sub>, P</i>	1A720
045	Токарна 1. Розточити отвір 2. Проточити канавку і фаску	<i>3, Л, К</i>	<i>A, P</i>	1A720
050	Слюсарна 1. Зачистити заусениці	Усі	—	—
055	Промивка 1. Промити деталь	Усі	—	2М2
060	Контрольна 1. Проконтролювати всі розміри	Усі	—	ПР1466

### 3.7 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Розрахунок припусків на обробку за відповідною методикою. Для наглядності даної методики проведемо розрахунок припусків та міжопераційних розмірів на обробку поверхонь  $A, E$  в розмір  $10^{+0,6}$  мм.

Технологічний маршрут обробки даної поверхні складається з наступних переходів:

1. Точіння;
2. Чистове точіння.

Проводимо розрахунок припусків на обробку поверхні.

Для відливки:  $R_z = 150$  мкм;  $T = 250$  мкм;

1. Точіння:  $R_z = 30$  мкм;  $T = 30$  мкм;

2. Чистове точіння:  $R_z = 5$  мкм;  $T = 15$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень при базуванні деталі [3]

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (3.11)$$

де  $\rho_{кор}$  – величина короблення, мкм;

$\rho_{см}$  – сумарне зміщення, мкм.

Величина короблення рівна

$$\rho_{кор} = \Delta_k l, \quad (3.12)$$

де  $\Delta_k$  – питома кривизна заготовки,  $\Delta_k = 1,5$  мкм/мм;

$l$  – довжина заготовки,  $l = 140$  мм.

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 140 = 210 \text{ мкм.}$$

Сумарне зміщення рівне

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2}, \quad (3.13)$$

					<b>ДР 18-384.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

де  $\delta_l$  – допуск на розмір, який визначає положення базової поверхні під час обробки,  $\delta_l = 200$  мкм.

$$\rho_{cm} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2} = 100 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = \sqrt{210^2 + 100^2} \approx 233 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового просторового відхилення після переходів

$$\rho_1 = 0,05\rho_3 = 0,05 \cdot 233 = 11,65 \approx 12 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,05\rho_1 = 0,05 \cdot 12 \approx 1 \text{ мкм.}$$

Похибка базування виникає внаслідок можливого перекосу заготовки під час її встановлення в патроні. Максимальне значення зазору рівне

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + s_{\min}, \quad (3.14)$$

де  $\delta_A$  – допуск на діаметр установочної поверхні,  $\delta_A = 16$  мкм;

$\delta_B$  – допуск на виконання закріплюючого елемента,  $\delta_B = 14$  мкм;

$s_{\min}$  – мінімальний зазор,  $s_{\min} = 13$  мкм.

Максимальний кут повороту заготовки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta_A + \delta_B + s_{\min}}{L_c}, \quad (3.15)$$

де  $L$  – лінійна довжина заготовки,  $L = 71$  мм.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,016 + 0,014 + 0,013}{71} \approx 0,0006.$$

Похибка базування по довжині оброблюваної поверхні

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\delta} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_{\delta} = 140 \cdot 0,0005 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_3 = 40$  мкм [3]. Похибка установки при точінні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (3.17)$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{70^2 + 40^2} \approx 80 \text{ мкм.}$$

Похибка установки при чистовому точінні

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1. \quad (3.18)$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 80 \approx 4 \text{ мкм}$$

Мінімальні значення міжопераційних припусків [5]

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.19)$$

Мінімальний припуск на обробку

$$2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 246) = 2 \cdot 646 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(30 + 30 + 12) = 2 \cdot 72 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір  $l_p$  визначаємо починаючи з кінцевого розміру послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Для точіння

$$l_{p1} = 10 + 0,146 = 10,146 \text{ мм};$$

- для заготовки

$$l_{p2} = 10,146 + 1,308 = 11,454 \text{ мм.}$$

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Значення граничних розмірів будуть наступними:

- для чистового точіння  $l_{\min 3AG} = 9,8$  мм;  
 $l_{\max 3AG} = 9,8 + 0,2 = 10$  мм;
- для точіння  $l_{\min 3AG} = 10,15$  мм;  
 $l_{\max 3AG} = 10,15 + 0,25 = 10,4$  мм;
- для заготовки  $l_{\min 3AG} = 11,45$  мм;  
 $l_{\max 3AG} = 11,45 + 3,2 = 14,65$  мм.

Мінімальні граничні значення припусків  $2z_{\min}^{np}$  рівні різниці найменших граничних розмірів виконуючого і попереднього розмірів, а максимальні значення  $2z_{\max}^{np}$  різниці найбільших граничних розмірів.

$$2z_{\min 2}^{np} = 10,15 - 9,8 = 0,35 \text{ мм} = 350 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 10,4 - 10 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 11,45 - 10,15 = 1,3 \text{ мм} = 1300 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 14,65 - 10,4 = 4,25 \text{ мм} = 4250 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски  $z_{0\min}$  і  $z_{0\max}$  рівні

$$2z_{0\min} = 350 + 1300 = 1650 \text{ мкм};$$

$$2z_{0\max} = 400 + 4250 = 4650 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск [5]

$$z_{0ном} = z_{0\min} + H_3 - H_D, \quad (3.20)$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення заготовки, мкм;

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$H_D$  – нижнє відхилення деталі, мкм.

$$H_3 = I_i + \frac{K_y}{2}, \quad (3.21)$$

де  $I_i$  – допуск на зношування інструменту,  $I_i = 0,8$  мм;

$K_y$  – коливання усадки,  $K_y = 1,0$  мкм/мм.

$$H_3 = 0,8 + \frac{1,0}{2} = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм.}$$

$$z_{0_{ном}} = 1650 + 400 - 200 = 1850 \text{ мкм.}$$

Номинальний розмір заготовки

$$d_{3_{ном}} = d_{D_{ном}} + z_{0_{ном}} \text{ мм.} \quad (3.22)$$

$$d_{3_{ном}} = 9,8 + 1,85 = 11,65 \text{ мм.}$$

Проведемо перевірку правильності розрахункових припусків і розмірів

$$z_{\max 2}^{np} - z_{\min 2}^{np} = \delta_1 - \delta_2; 400 - 350 = 250 - 200; 50 = 50.$$

$$z_{\max 1}^{np} - z_{\min 1}^{np} = \delta_3 - \delta_2; 4250 - 1300 = 3200 - 250; 2950 = 2950.$$

– отже розрахунки проведено правильно.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.7.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.7 – Розрахунок припусків граничних розмірів по технологічних переходах на обробку поверхонь *A, E* в розмір  $10^{+0,6}$  мм

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}^{np}$	Розрахунковий розмір $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\epsilon$				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	246	–	–	11,454	3200	11,45	14,65		
1. Точіння	30	30	12	141	2,646	10,146	250	10,15	10,4	1300	4250
2. Чистове точіння	5	15	1	7	2,72	10	200	9,8	10	350	400
										1650	4650

Схема розміщення припусків і допусків на обробку показана на рисунку 3.2.

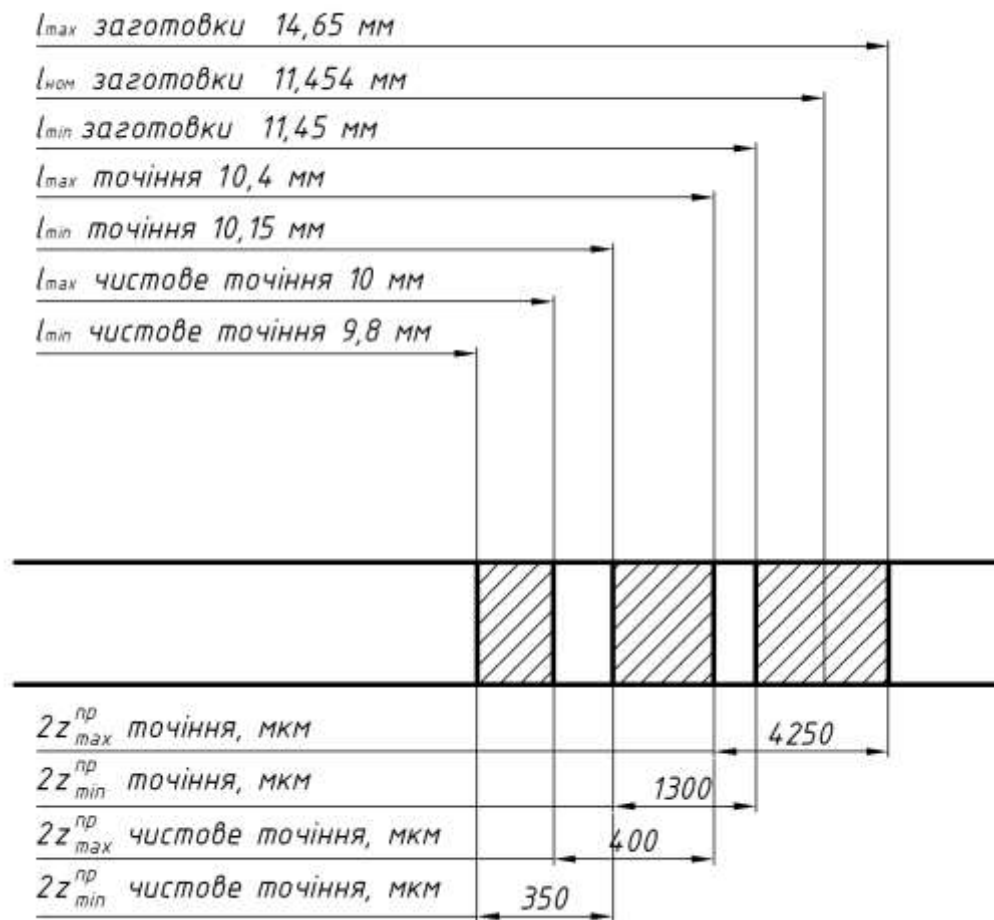


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку поверхонь *A, E* в розмір  $10^{+0,6}$  мм

### 3.8 Вибір різального, допоміжного і контрольно-вимірною інструменту

Всі технологічні переходи маршруту механічної обробки деталі забезпечуються стандартним інструментом і засобами контролю. Проте необхідний спеціальний пристрій для контролю вимог креслення щодо канавки *Й*, яка пов'язана з отвором *Д*, *Ж* технічними вимогами на радіальне биття згідно яких значення радіального биття не повинно перевищувати 0,05 мм. А для решти переходів проводимо вибір необхідного різального і вимірювального інструменту згідно даних [12] і результати заносимо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Різальний і вимірювальний інструмент

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
005	Токарна	різець 2102-0191 BK8 (для пер.1); різець 2102-0192 T15K6 (для пер.1); різець 2102-0193; T15K6 (для пер.2, 2 шт.)	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
010	Токарна	різець 2102-0194 T15K6 (для пер.1); різець 2102-0193 T15K6 (для пер.2); різець 2102-0192 T15K6 (для пер.3); різець 2102-0195 T15K6 (для пер.3)	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80

## Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4
015	Фрезерна	фреза (Ø20) P18	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; калібр 8150-4953; пробка (76,2)
020	Горизонтально-протяжна	протяжка 2404-4010 (для переходу 1); протяжка 2404-4011 (для переходу 3)	калібр комплексний 8311-4094; калібр для контролю по роликам 8311- 4095; пробка (Ø78,6 Н7)
025	Вертикально-свердлильна	свердло Ø12 P18 (6 шт.)	калібр на розміщення 8150- 4952; пробка (Ø12) B12 ГОСТ 14810-69
030	Вертикально-свердлильна	зенківка Ø14 P18	шаблон 8371-0197 МН 1422-61
035	Вертикально-свердлильна	свердло (Ø4) P18 (для переходу 1); свердло (Ø8,6) P18 (для переходу 2); мітчик (K1/8").	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; пробка (K1/8")
040	Токарна	різець 2102-0194 T15K6 (для пер.1); різець 2102-0193 T15K6 (для пер.2)	пробка (Ø86Н8) ГОСТ 14815-69; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; спеціальне контрольне приспосіблення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

58

1	2	3	4
045	Токарна	різець 2102-0194 Т15К6 (для пер.1); різець 2102-0193 Т15К6 (для пер.2); різець 2102-0196 ВК8 (для пер.2)	пробка (Ø80Н8); штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; спеціальне контрольне приспосіблення
050	Слюсарна	напильник 2820-0028	—
055	Промивка	корзина ПР 1709	—
060	Приймальний контроль	—	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; спеціальне контрольне приспосіблення; зразки шорсткості

### 3.9 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання проводимо розрахунково-аналітичним методом і з використанням нормативних даних [1, 5, 12].

Операція 015 – фрезерна

Глибина різання  $t = 10$  мм; кількість проходів  $i = 6$ ; кількість зубів фрези  $z = 12$ ; ширина фрезерування  $B = 20$  мм; подача  $S_z = 0,15$  мм/зуб [12].

Швидкість різання визначаємо згідно рекомендацій [12]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_\phi}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot z^n \cdot B^z}, \quad (3.23)$$

									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

де  $C_v$  – постійний коефіцієнт,  $C_v = 64,7$  [12];

$D$  – діаметр фрези,  $D = 20$  мм;  $q, m, x, y, n, z$  – показники степеня,

$q = 0,25$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = 0,1$ ;  $z = 0,1$  [12];

$T$  – період стійкості інструменту,  $T = 180$  хв. [12];

$K_m, K_n, K_u, K_\phi$  – поправочні коефіцієнти,  $K_m = 1$ ;  $K_n = 0,9$ ;  $K_u = 1,3$ ;  $K_\phi = 1$  [12].

$$V = \frac{64,7 \cdot 20^{0,25} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1}{180^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 12^{0,1} \cdot 39^{0,1}} = 17,7 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 17,7}{3,14 \cdot 20} = 282 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо розрахункове значення чисел обертів з паспортними даними верстата (мод.6Н10)  $n = 250$  об/хв. Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 250}{1000} = 15,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n. \quad (3.24)$$

Після підстановки даних отримаємо

$$S_m = 0,15 \cdot 12 \cdot 250 = 450 \text{ мм/об.}$$

Ефективну потужність різання розрахуємо за формулою [12]

$$N_e = \frac{P \cdot V}{60 \cdot 102}, \quad (3.25)$$

де  $P$  – колова сила різання, Н

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z \cdot B^z \cdot D^q, \quad (3.26)$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт,  $C_p = 68$  [12];

$q, x, y, z$  – показники степеня,  $q = -0,86$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,74$ ;  $z = 1$  [12].

$$P = 68 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 12 \cdot 20^1 \cdot 20^{-0,86} = 565,3 \text{ Н.}$$

Ефективна потужність різання

$$N_e = \frac{565,3 \cdot 15,7}{60 \cdot 102} = 1,45 \text{ кВт.}$$

Основний час

$$T_o = \frac{L}{S_m}, \quad (3.27)$$

де  $L$  – загальна довжина різання, мм.

$$L = B_L + y_1 + y_2, \quad (3.28)$$

де  $B_L$  – довжина фрезерування,  $B_L = 36$  мм;

$y_1$  – величина підводу інструменту,  $y_1 = 5$  мм;

$y_2$  – величина перебігу інструменту,  $y_2 = 5$  мм.

$$L = 36 + 5 + 5 = 46 \text{ мм;}$$

$$T_o = \frac{46}{120} = 0,38 \text{ хв.}$$

З врахуванням того, що обробка проводиться за шість проходів ( $i = 6$ ), сумарний основний час буде складати

$$\Sigma T_o = 6 \cdot T_o = 2,28 \text{ хв.}$$

Операція 025 – вертикально-свердлильна

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Глибина різання  $t = 0,5D = 0,5 \cdot 12 = 6$  мм; кількість проходів  $i = 1$ ; подача  $S = 0,2$  мм/об [12]. Швидкість різання [12]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.29)$$

де  $C_v$  – постійний коефіцієнт,  $C_v = 8,9$  [12];

$D$  – діаметр свердла,  $D = 12$  мм;

$q, m, y$  – показники степеня,  $q = 0,35$ ;  $m = 0,2$ ;  $y = 0,6$  [12];

$T$  – період стійкості інструменту,  $T = 60$  хв. [12];

$K_v$  – поправочний коефіцієнт,  $K_v = 0,72$  [12].

$$V = \frac{8,9 \cdot 12^{0,35}}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,6}} \cdot 0,72 = 16,03 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (3.30)$$

Після підстановки даних отримаємо

$$n = \frac{1000 \cdot 16,03}{3,14 \cdot 9} = 567,2 \approx 567 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо розрахункове значення чисел обертів з паспортними даними верстата (мод.2С132)  $n = 500$  об/хв. Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 500}{1000} \approx 14,1 \text{ м/хв.}$$

Ефективність потужність різання [12]

$$N_e = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000}, \quad (3.31)$$

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $M_K$  – крутний момент, Н

$$M_K = C_m \cdot D^{2.0} \cdot S^y \cdot K_m, \quad (3.32)$$

де  $C_m$  – постійний коефіцієнт,  $C_m = 39$  [12];

$y$  – показник степеня,  $y = 0,8$  [12];

$K_m$  – поправочний коефіцієнт,  $K_m = 0,78$  [12].

$$M_K = 39 \cdot 9^{2.0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,78 = 679,9 \approx 680 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Ефективна потужність різання

$$N_e = \frac{680 \cdot 500}{975 \cdot 1000} \approx 0,35 \text{ кВт}.$$

Основний час [5]

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (3.33)$$

де  $L$  – загальна довжина різання, мм;

$$L = t + y_1 + y_2, \quad (3.34)$$

де  $y_1$  – величина підводу інструменту,  $y_1 = 3$  мм;

$y_2$  – величина перебігу інструменту,  $y_2 = 3$  мм.

$$L = 10 + 3 + 3 = 16 \text{ мм}.$$

$$T_o = \frac{16}{500 \cdot 0,2} = 0,16 \text{ хв}.$$

Розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій проводимо згідно рекомендацій довідникової літератури [1, 12] і результати заносимо в таблицю 3.9.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.9 – Режими різання по операціях технологічного процесу

№ опер.	Назва операції і перехід	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	S <sub>m</sub> , мм/хв.	n, об/хв.	V, м/хв.	T <sub>о</sub> , хв.	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	Токарна Перехід 1 Перехід 2	75 45	2,5 4	1 2	0,45 0,4	- -	250 200	103 94	0,21 0,11	2,31
010	Токарна Перехід 1 Перехід 2 Перехід 3	46 2,3 15	3 2,3 2	2 1 1	0,2 0,4 0,4	- - -	250 200 200	68 93 93	2,66 0,42 1,35	1,71
015	Вертикально-фрезерна Перехід 1	36	10	6	-	0,15	250	15,7	2,28	1,45
020	Горизонтально-протяжна Перехід 1 Перехід 3	1420 1420	- -	1 1	- -	- -	- -	3 3	0,8 0,8	5,56
025	Вертикально-свердлильна Перехід 1	10	6	1	0,2	-	500	14,1	2,08	0,35
030	Вертикально-свердлильна Перехід 1	3	1	6	ручна	-	355	13,4	0,51	0,12
035	Вертикально-свердлильна Перехід 1 Перехід 2 Перехід 3	20 17 17	2 2,3 -	1 1 1	ручна ручна 0,941	- - -	710 500 250	8,9 13,5 7,9	0,6 0,34 0,16	0,22
040	Токарна Перехід 1 Перехід 2	75 7	1 3	1 1	0,13 0,13	- -	200 200	88 54	1,35 0,81	1,77
045	Токарна Перехід 1 Перехід 2	25 5	0,05 2,5	1 1	0,13 0,1	- -	250 250	63 63	0,77 0,2	1,06
050	Слюсарна									
055	Промивка									
060	Приймальний контроль									

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

64

Технічні норми часу на операції технологічного процесу механічної обробки деталі встановлюються розрахунково-аналітичним способом.

Норми штучного часу на операцію визначається за формулою [5]:

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.35)$$

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

$T_\delta$  – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$  – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$  – час на відпочинок та природні потреби робітника, хв.

Сума основного і допоміжного часу складає оперативний час [5]

$$T_{оп} = T_o + T_\delta. \quad (3.36)$$

При серійному виробництві додатково розраховують підготовчо-заклучний час і штучно-калькуляційний час [5]

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (3.37)$$

де  $T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час, хв.

Розраховуємо норму штучного часу на операцію 005 – токарну.

Основний час на операцію  $T_o = 0,32$  хв. Підрахуємо об'єм допоміжних робіт і час на їх виконання

1) встановити заготовку в пристрої і зняти після виконання операції  
 $T_{уст} = 0,2$  хв. [1];

2) допоміжний час на управління верстатом  $T_{упр} = 0,12$  хв. [1];

3) допоміжний час на вимірювання деталі  $T_{вим} = 0,08$  хв. [1];

Загальний допоміжний час

$$T_\delta = T_{уст} + T_{упр} + T_{вим}, \quad (3.38)$$

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 0,2 + 0,12 + 0,08 = 0,4 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{on} = 0,32 + 0,4 = 0,72 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 4% від оперативного часу [5]

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 0,72 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби також складає 4% від оперативного часу [5]

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 0,72 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію

$$T_{шт} = 0,32 + 0,4 + 0,03 + 0,03 = 0,78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час  $T_{пз} = 18$  хв.

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = 0,78 + \frac{18}{240} = 0,855 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норму штучного часу на операцію 025 – вертикально-свердлильну.

Основний час на операцію  $T_o = 2,08$  хв. Підрахуємо об'єм допоміжних робіт і час на їх виконання аналогічно попередній операції

1)  $T_{уст} = 0,64$  хв. [1];

2)  $T_{упр} = 0,48$  хв. [1];

3)  $T_{вим} = 0,08$  хв. [1].

Загальний допоміжний час

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 0,64 + 0,48 + 0,08 = 1,20 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{on} = 2,08 + 1,20 = 3,28 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 4% від оперативного часу [5]

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 3,28 \approx 0,13 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби також складає 4% від оперативного часу [5]

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 3,28 \approx 0,13 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію

$$T_{шт} = 3,28 + 1,2 + 0,13 + 0,13 = 4,74 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час  $T_{пз} = 16 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = 4,74 + \frac{16}{240} = 4,81 \text{ хв.}$$

Аналогічно проводимо нормування для решти операцій технологічного процесу і результати зводимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Норми штучного часу на операції техпроцесу

Номер опер.	$T_o$ , хв.	Допоміжний, хв.			$T_o$ , хв.	$T_{on}$ , хв.	$T_{обс}$ , хв.	$T_{відп}$ , хв.	$T_{шт.}$ , хв.	$T_{пз.}$ , хв.	$T_{шт.к}$ , хв.
		$T_{уст}$	$T_{упр}$	$T_{вим}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	0,32	0,21	0,11	0,02	0,34	0,40	0,026	0,026	1,57	12	1,62
010	2,66	0,20	0,12	0,08	0,40	0,92	0,03	0,03	1,98	18	3,06

## Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	2,28	0,64	0,48	0,08	1,20	1,8	0,11	0,11	3,02	24	5,12
020	0,08	0,32	0,18	0,08	0,58	1,16	0,16	0,16	1,48	16	1,74
025	2,08	0,35	0,12	0,11	0,58	0,84	0,19	0,19	1,22	16	3,79
030	0,51	0,20	0,12	0,08	0,40	0,80	0,03	0,03	0,86	12	0,91
035	0,6	0,42	0,16	0,11	0,69	0,92	0,04	0,04	1,00	12	1,05
040	1,35	0,32	0,12	0,08	0,52	0,98	0,04	0,04	1,98	14	2,12
045	0,77	0,21	0,11	0,02	0,34	0,40	0,026	0,026	1,57	12	1,62
050	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	9	0,37
055	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	5	0,65
060	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	12	0,50

### 3.10 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання

Загальну кількість обладнання на дільниці знаходимо за відношенням штучного часу на кожній із операцій до такту випуску [5]

$$m_p = \frac{T_{шт}}{t_B} \quad (3.39)$$

Штучний час на обробку згідно даних розділу 3.9.

Оскільки очікувані коефіцієнти завантаження однотипного обладнання на операціях механічної обробки є низькими то доцільно просумувати загальний штучний час на даних операціях і визначити по даному сумарному часу кількість одиниць верстатного парку. Так для операцій 005, 010, 040, 045 – токарні, сумарний штучний час  $\Sigma T_{шт} = 6,36 + 8,44 + 0,49 + 2,04 = 17,33$  хв. Для операцій 025, 030, 035 – вертикально-свердлильні, сумарний штучний

											Арк.
											68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00						

час  $\Sigma T_{шт} = 0,75 + 1,02 + 2,27 = 4,04$  хв. Відповідно розрахункова кількість обладнання

005, 010, 040, 045 Токарні

$$m_p = \frac{17,33}{40,15} \approx 0,43 \text{ – приймаємо } m_n = 1 \text{ верстат;}$$

015 – Вертикально-фрезерна

$$m_p = \frac{10,45}{40,15} \approx 0,26 \text{ – приймаємо } m_n = 1 \text{ верстат;}$$

020 – Горизонтально-протяжна

$$m_p = \frac{4,26}{40,15} \approx 0,1 \text{ – приймаємо } m_n = 1 \text{ верстат.}$$

025, 030, 035 – Вертикально-свердлильні

$$m_p = \frac{4,04}{40,15} \approx 0,1 \text{ – приймаємо } m_n = 1 \text{ верстат;}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання рівний відношення розрахункової кількості  $m_p$  обладнання до фактично прийнятої  $m_n$  [5]. Відповідно середній коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{з.ср} = \frac{0,43 + 0,26 + 0,1 + 0,1}{4} \approx 0,22.$$

Дозавантаження обладнання можна провести за рахунок обробки на даній ділянці інших деталей, які використовуються при складанні вузла.

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт.к}}. \quad (3.40)$$

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$\eta_{o_{1A720}} = \frac{0,32 + 2,66 + 1,35 + 0,77}{5,42} = \frac{5,1}{8,42} \approx 0,61;$$

$$\eta_{o_{6H10}} = \frac{2,28}{5,12} \approx 0,46;$$

$$\eta_{o_{7B56}} = \frac{0,8}{1,74} \approx 0,46;$$

$$\eta_{o_{2C132}} = \frac{2,08 + 0,51 + 0,6}{3,79 + 0,91 + 1,05} = \frac{3,19}{5,75} \approx 0,55.$$

Відповідно середній коефіцієнт використання обладнання по основному часу

$$\eta_{o.c.p} = \frac{0,61 + 0,46 + 0,46 + 0,55}{4} \approx 0,52.$$

Використання обладнання по потужності приводу характеризується коефіцієнтом  $\eta_M$ , який рівний відношенню необхідної потужності  $N_{np}$  на приводі верстата до потужності  $N_{cm}$  встановленого електродвигуна

$$\eta_M = \frac{N_{np}}{N_{cm}}. \quad (3.41)$$

$$\eta_{M_{1A720}} = \frac{2,31 + 2,71 + 1,77 + 1,06}{7} = \frac{7,85}{7} = 1,12;$$

$$\eta_{M_{6H10}} = \frac{1,45}{3} \approx 0,48;$$

$$\eta_{M_{7B56}} = \frac{5,56}{30} \approx 0,19;$$

$$\eta_{M_{2H132}} = \frac{0,35 + 0,12 + 0,22}{7,5} = \frac{0,69}{7,5} \approx 0,09.$$

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно середній коефіцієнт використання обладнання по потужності приводу

$$\eta_{M.cр} = \frac{1,12 + 0,48 + 0,19 + 0,09}{4} \approx 0,47.$$

Загальний графік завантаження обладнання, а також графіки завантаження обладнання по основному часу і по потужності показані відповідно на рисунках 3.3, 3.4, 3.5.

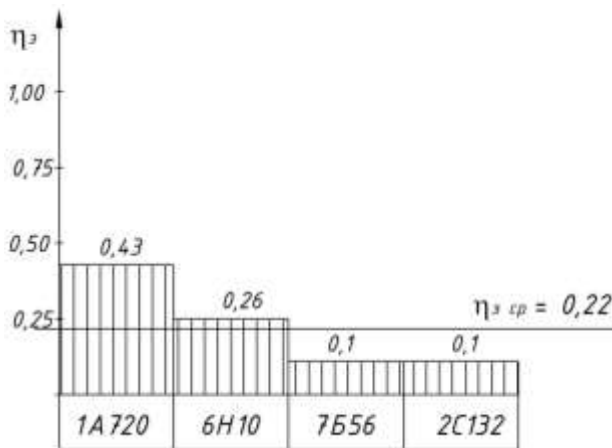


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

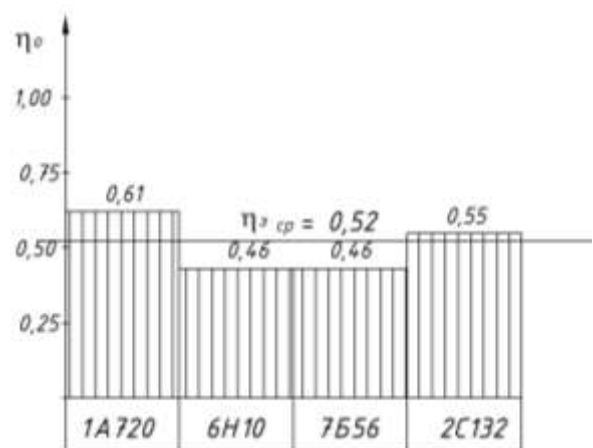


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання по основному часу

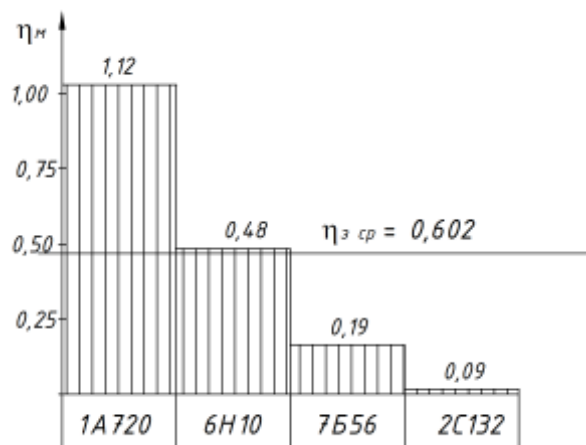


Рисунок 3.5 – Графік завантаження обладнання по потужності

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Пристрій для фрезерування шліців

Для механічної обробки фрезеруванням шліцевої поверхні півмуфти можна використати пристрій принцип роботи і конструкція якого наступні. Даний пристрій складається з корпусу зварної конструкції на якому змонтовані інші його елементи, а саме затискний патрон з кулачками і установочна вилка. Базами для встановлення заготовки під час механічної обробки служать її торцева і циліндрична поверхні. Затиск проводиться вручну, аналогічно токарному патрону. Даний пристрій є більш досконалим з точки зору техніки безпеки, оскільки патрон не обертається, а закріплений нерухомо.

Для здійснення технологічних операцій «затиск-розтиск деталі» використовується патронний ключ, за допомогою якого проводиться переміщення кулачків по спіралі Архімеда.

Монтаж пристрою на столі верстата здійснюється за допомогою 2-х шпонок і фіксується монтажними болтами через пази на бічних сторонах плити корпусу.

Похибка встановлення вихідної заготовки в пристрій зумовлена рядом технологічних факторів, які визначають величину сумарної похибки. Для розрахунку точності виготовлення пристрою можна використати наступну залежність [3]

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yct}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{p.i}^2 + (k_2 \omega)^2}, \quad (4.1)$$

де  $\delta$  – допуск на виконуючий розмір,  $\delta = 0,74$  мм;

$k$  – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мацик І.Р.			<b>КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Комар Р.В.					72	8
Консульт.						ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61		
Н. контр.		Ткаченко І.Г.						
Затв.		Пилипець М.І.						

розміщення окремих складових,  $k = 1,2$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування, що знаходиться з наступної залежності [3]

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta_D}{2}, \quad (4.2)$$

де  $\delta_D$  – допуск на установчу поверхню,  $\delta_D = 0,6$  мм;

Після підстановки даних отримаємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ мм.}$$

$k_1, k_2$  – коефіцієнти серійності виробництва,  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,6$ ;

$\varepsilon_3$  – похибка, що враховує зміщення оброблюваних поверхонь заготовки внаслідок дії притискного зусилля,  $\varepsilon_3 = 0$  мм;

$\varepsilon_{уст}$  – похибка встановлення пристрою на верстаті, мм;

$$\varepsilon_{уст} = \frac{L_{\delta} \cdot s_{ш}}{l}, \quad (4.3)$$

де  $L_{\delta}$  – довжина оброблюваної поверхні,  $L_{\delta} = 36$  мм;

$s_{ш}$  – найбільший зазор між направляючою шпонкою приспособлення і пазом стола,  $s = 0,05$  мм;

$l$  – відстань між шпонками,  $l = 180$  мм.

$$\varepsilon_{уст} = \frac{36 \cdot 0,05}{180} \approx 0,01 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{зн}$  – похибка зношення установочних елементів пристрою,  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;

$\varepsilon_{р.і}$  – похибка зміщення ріжучого інструменту,  $\varepsilon_{р.і} = 0$ ;

$\omega$  – економічна похибка для даного методу обробки,  $\omega = 0,08$  мм.

Підстановкою числових значень отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,74 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,3)^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,08)^2} \approx 0,46 \text{ мм.}$$

									Арк.
									73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

$\varepsilon_{пр} < \delta$  – отже точність обробки забезпечується.

Схема розміщення і базування деталі в пристрої показана на рисунку 4.1. Під час фрезерування деталі кінцевою фрезою деталь базується на установчій вилці із закріпленням по зовнішній циліндричній поверхні. Відповідно сила затиску діє по нормалі до поверхні заготовки і створює зусилля, що перешкоджає зміщенню оброблюваної заготовки під дією сили різання.

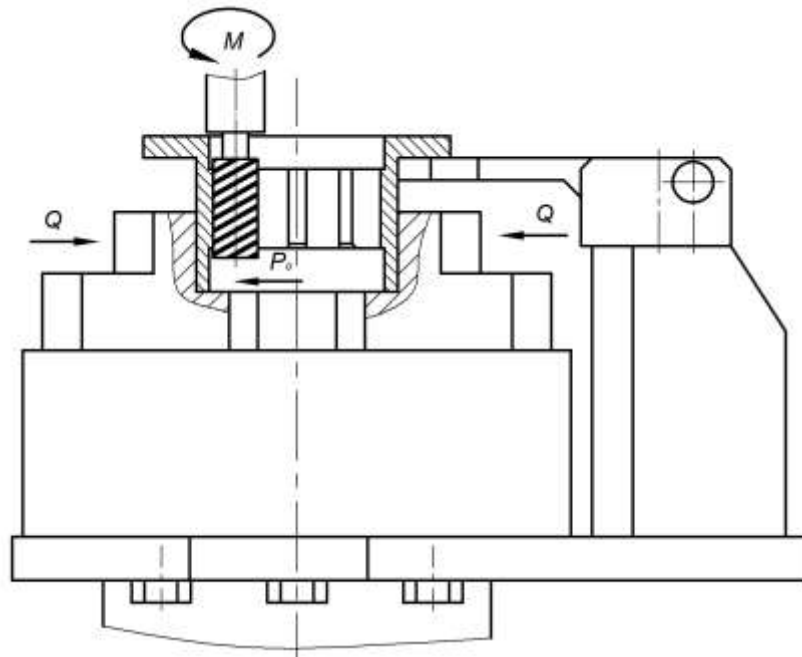


Рисунок 4.1 – Схема базування та затиску деталі в пристрої для фрезерування шліців

Необхідна сила затиску  $Q$  визначається з наступної рівності [3]

$$Q_{\text{сум}} = \frac{kM_{\text{різ}}}{fR}, \quad (4.4)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу  $k$  може бути представлений як добуток первинних коефіцієнтів [3]

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (4.5)$$

де  $k_1$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_1 = 1,5$ ;

$k_2$  – коефіцієнт зміни величини припуску для чистових заготовок,  $k_2 = 1,0$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні інструменту,  $k_3 = 1,2$ ;

$k_4$  – поправочний коефіцієнт при неперервному фрезеруванні,  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує пневмозатиск деталі,  $k_5 = 1,0$ ;

$k_6$  – поправочний коефіцієнт при додаткових крутних моментах,  $k_6 = 1,5$ .

Підстановкою первинних коефіцієнтів в рівність (4.5) отримаємо

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

$M_{\text{різ}}$  – момент сили різання, Н;

$$M_{\text{різ}} = PD/2, \quad (4.6)$$

де  $P$  – колова сила різання,  $P = 565,3$  Н (див. розділ 3.9);

$D$  – діаметр фрези,  $D = 20$  мм.

Відповідно

$$M_{\text{різ}} = \frac{565,3 \cdot 0,020}{2} \approx 5,65 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$f$  – коефіцієнт тертя в місці контакту поверхонь заготовки і притискних елементів,  $f = 0,5 \dots 0,7$  [3];

$R$  – радіус поверхні закріплення,  $R = 90$  мм.

Відповідно необхідне зусилля затиску

$$Q_{\text{сум}} = \frac{2,7 \cdot 5,65}{0,6 \cdot 0,09} = 282,5 \text{ Н}$$

– що забезпечується даним типом затискного пристосування.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

## 4.2 Кондуктор для одночасного свердління 6-ти отворів Ø12 мм

Для забезпечення кріплення двох півмуфт використовуються 6 отворів Ø12 мм, які розміщені на торцевій поверхні деталі. Для підвищення продуктивності обробки доцільно проводити свердління всіх отворів одночасно. Для технологічного виконання даних отворів використовується кондуктор і відповідна свердлильна головка. Це значно підвищує продуктивність і точність механічної обробки свердлінням. Кондуктор складається з плити на якій розміщені стійки з кондукторною плитою та іншими установчими та виконавчими елементами. Базами під час механічної обробки є шліцева поверхня півмуфти, якою деталь встановлюється на два циліндричні пальці, а також циліндрична поверхня півмуфти, якою деталь встановлюється на відповідний палець кондукторної плити. Затиск оброблюваної деталі забезпечується вертикальною подачею шпинделя із свердлильною головкою і передається через циліндричні пружини на кондукторну плиту.

Монтаж пристрою на столі верстата здійснюється за допомогою 2-х рим-болтів і фіксується монтажними болтами через пази плити корпусу.

Точність пристрою розрахуємо за попередньо наведеною формулою (4.1). Відповідно необхідні значення похибок і коефіцієнтів є наступними:

- допуск на виконуючий розмір  $\delta = 0,18$  мм;
- коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розміщення окремих складових  $k = 1,2$ ;
- похибка базування визначається за формулою (4.2), при  $\delta_D = 0,16$  мм після підстановки даних отримаємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ мм.}$$

- коефіцієнти серійності виробництва  $k_1 = 0,7$ ;  $k_2 = 0,6$ ;

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

– похибка, що враховує зміщення оброблюваних поверхонь заготовки внаслідок дії притискного зусилля  $\varepsilon_3 = 0$  мм;

– похибка встановлення пристрою на верстаті за формулою (4.3) при  $L_\partial = 10$  мм;  $s = 0,05$  мм;  $l = 390$  мм.

$$\varepsilon_{уст} = \frac{10 \cdot 0,05}{390} \approx 0,00128 \text{ мм}$$

– похибка зношення установочних елементів пристрою  $\varepsilon_{зн} = 0,02$  мм;

– похибка зміщення ріжучого інструменту,  $\varepsilon_{pi} = 0,1$  мм;

– економічна похибка для даного методу обробки  $\omega = 0,08$  мм.

Підстановкою числових значень отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,18 - 1,2 \sqrt{(0,7 \cdot 0,08)^2 + 0^2 + 0,00128^2 + 0,02^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,08)^2} \approx 0,03 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{np} < \delta$  – отже точність обробки забезпечується.

Схема розміщення і базування деталі в пристрої показана на рисунку 4.2. Відповідно сила затиску діє по нормалі до поверхні заготовки і створює зусилля, що перешкоджає зміщенню оброблюваної заготовки під дією сили різання.

Необхідна сила затиску  $P$  визначається з наступної рівності

$$P \geq mP_o, \quad (4.7)$$

де  $m$  – кількість одночасно працюючих інструментів;

$P_o$  – осьова сила різання.

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p, \quad (4.8)$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт,  $C_p = 42,7$  [12];

$D$  – діаметр свердла,  $D = 12$  мм;

$q, y$  – показники степеня,  $q = 1$ ;  $y = 0,8$  [12];

									Арк.
									77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$s$  – подача інструменту,  $s = 0,2$  мм/об. (див розділ 3.9);

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки.

$$K_p = \left( \frac{HB}{190} \right)^n, \quad (4.9)$$

де  $HB$  – значення твердості матеріалу по Брінелю,  $HB = 200$  (див. розділ 3.1);

$n$  – показник степеня,  $n = 0,6$  [12].

$$K_p = \left( \frac{200}{190} \right)^{0,6} = 1,03.$$

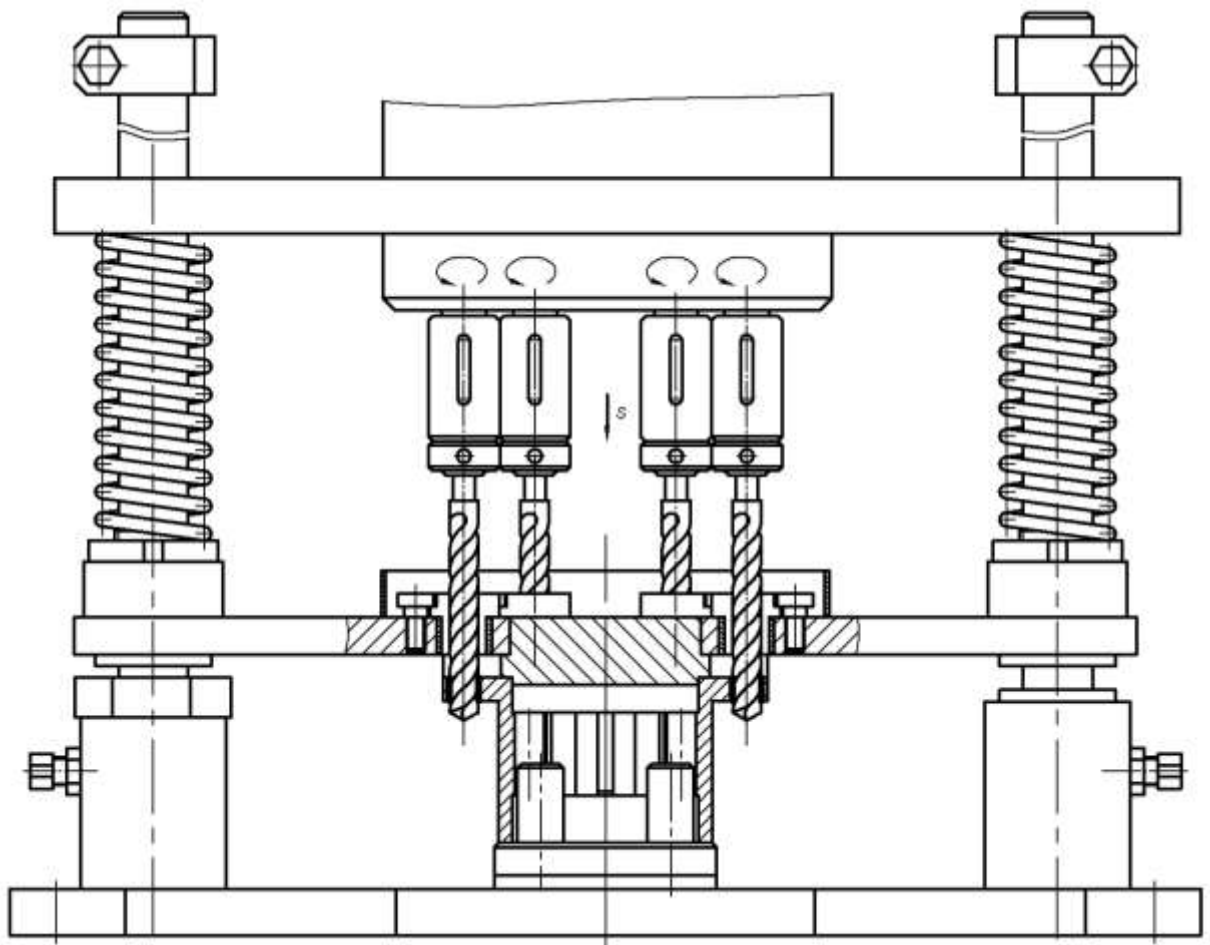


Рисунок 4.2 – Схема розміщення та базування деталі в кондукторі

Осьова сила різання

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 12^1 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,9 = 1272,5 \text{ Н.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

78

Необхідна сила затиску

$$P \geq 6 \cdot 1272,5 = 7635,3 \text{ Н}$$

Проведемо перевірку чи забезпечує вибране обладнання зусилля притиску.

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{гол}} \eta_e, \quad (4.10)$$

де  $N_{\text{дв}}$  – потужність двигуна верстату,  $N_{\text{дв}} = 7,5$  кВт (мод.2С132);

$N_{\text{гол}}$  – потужність свердлильної головки, кВт;

$\eta_e$  – коефіцієнт корисної дії верстата,  $\eta_e = 0,8$  (для свердлильних) [12].

$$N_{\text{гол}} = m \cdot N \cdot \eta_{\text{гол}}, \quad (4.11)$$

де  $m$  – кількість інструментів,  $m = 6$ ;

$N$  – потужність обробки одним інструментом,  $N \approx 0,058$  кВт (див. розділ 3.9);

$\eta_{\text{гол}}$  – коефіцієнт корисної дії свердлильної головки,  $\eta_{\text{гол}} = 0,8 \dots 0,9$  [12].

$$N_{\text{гол}} = 6 \cdot 0,058 \cdot 0,85 = 0,2958 \text{ кВт.}$$

$$7,5 \geq 0,2958$$

– умова виконується, отже обладнання підібрано правильно і зусилля притиску забезпечується.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79



## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Аналіз можливостей застосування інформаційних технологій в науково-дослідній роботі та практичній діяльності, їх практична реалізація

При роботі над графічною частиною проекту було використане програмне забезпечення розроблене фірмою «Autodesk», а саме пакет «AutoCAD 2010», що використовується для побудови графічних об'єктів. За допомогою вище вказаного редактора було проведено графічне оформлення результатів науково-дослідної роботи. Графічна система AutoCAD призначена для автоматизованої розробки і випуску креслярсько-конструкторської документації, а також для вирішення задач геометричного тривимірного моделювання [9].

Система являє собою пакет програм, за допомогою яких можна будувати зображення будь-якої складності, записувати їх окремим файлом («DWG» - файли), створювати файли обміну графічною інформацією («DXF» і «IGES» - файли) для обробки їх за допомогою інших користувальницьких програм або для передачі на інші машини, одержувати чіткі копії створених малюнків. AutoCAD значно підвищує продуктивність користувачів, надаючи новітні функції, які усувають перешкоди в доступності проектних даних. Крім того, що «AutoCAD 2010» є самостійною програмою, він також виступає потужною платформою для розробки спеціалізованих рішень. Фірма-розробник «Autodesk» на даний час задається метою удосконалити самий популярний інструмент САПР і надати платформу для розробки спеціалізованих додатків для ключових галузей.

Основними властивостями програми є:

					<i>ДР 18-384.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					80	8
<i>Консульт.</i>		<i>Паньків М.Р.</i>				<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр.МТм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

- робота з безліччю документів. Відкриття необмеженої кількості файлів креслень;
- відкриття файлу з вибіркоvim (частковим) завантаженням шарів і видів креслення для прискорення роботи програми;
- новий інструмент – «AutoCAD DesignCenter», дозволяє легко знаходити потрібні дані у файлах, копіювати різні властивості об'єктів, стилі, дані з одного файлу в іншій без відкриття вихідного файлу;
- можливість створення необмеженої кількості аркушів у просторі екрану для виконання креслень, видів, винесень і т.д. В одному файлі може зберігатися 3D-модель і кілька плоских креслень з різними настройками для виводу креслень на різні друкувальні пристрої;
- редагування зовнішніх посилань і блоків. Дозволяє редагувати зовнішні посилання й блоки, що перебувають у зовнішніх файлах без їхнього завантаження;
- можливість одночасної роботи з декількома кресленнями, копіювання об'єктів і різних властивостей з одного креслення в інше;
- нові потужні засоби прив'язки об'єктів значно прискорюють роботу і зменшують кількість допоміжних побудов. Ці можливості раніше були доступні тільки за допомогою пакета «Genius»;
- новий механізм зміни властивостей об'єктів «Object Property Manager», що дозволяє швидко й зручно міняти будь-які властивості й характеристики об'єктів креслення. Для вибору об'єктів доданий фільтр, що прискорює пошук примітивів за потрібними критеріями;
- нові команди для роботи з 3-D об'єктами. Ці команди роблять «AutoCAD 2002» потужним засобом для розробки твердотілих моделей і закладають серйозну базу для «Autodesk Mechanical Desktop 4»;
- «3D Orbit» – потужний засіб візуалізації створюваних тривимірних об'єктів. По можливостях команда аналогічна роботі в пакеті «3D Studio VIZ» або «MAX»;

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

– користувальницькі системи координат можуть мати різну орієнтацію в різних видових екранах, що значно полегшує роботу із тривимірними об'єктами;

– «Database connectivity» – зв'язок графічних об'єктів із зовнішніми базами даних із застосуванням спеціального браузера.

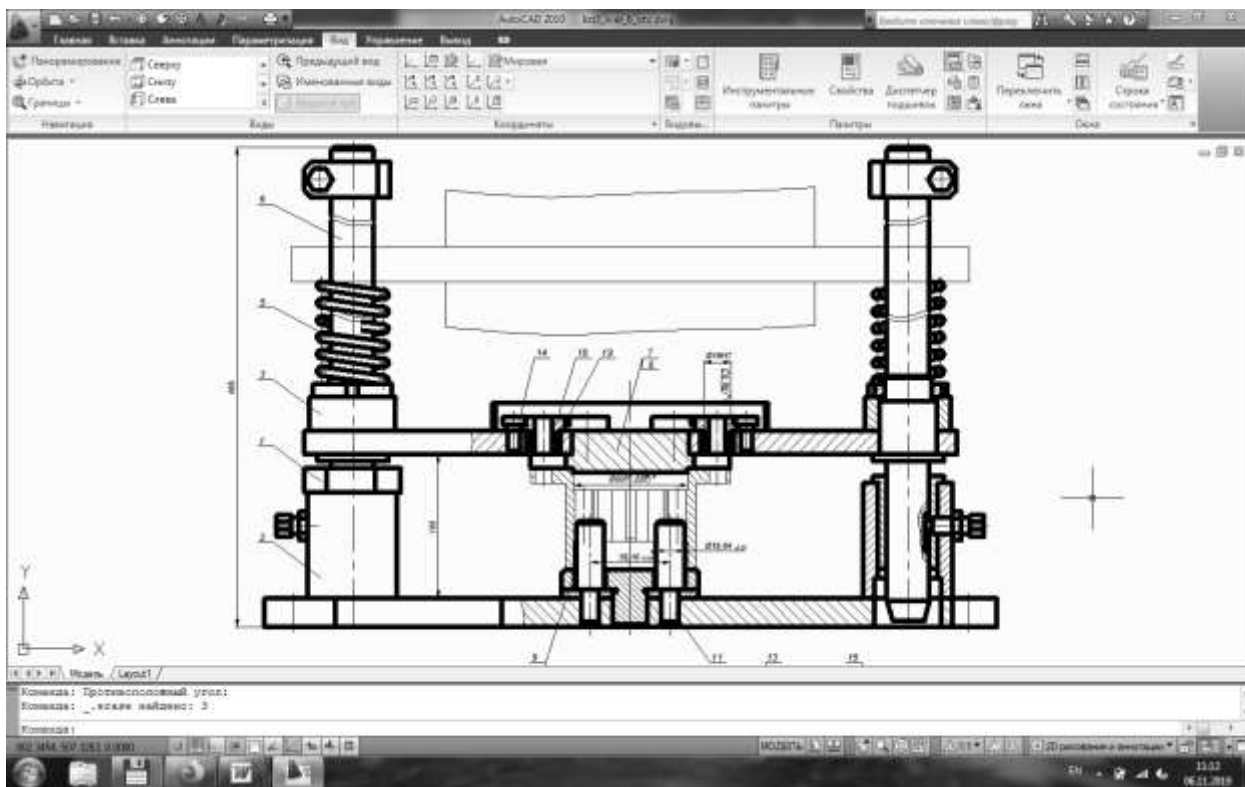


Рисунок 5.1 – Робочий інтерфейс пакету «AutoCAD 2010»

Рисунок у системі AutoCAD являє собою файл опису графічного зображення, що використовується для відображення його на пристроях графічного виводу (екрані, принтері, графопобудувачі). Рисунки формуються з набору графічних примітивів (простих і складних).

У якості простих графічних примітивів використовують відрізки, кола і дуги кіл, точки, текстові рядки, смуги (траси), плоскі зафарбовані фігури й ін.

До складних примітивів відносять такі графічні об'єкти як блоки, полілінії, розміри, штрихування, а також тривимірні полілінії, грані сітки і ін. Типи ліній, використовуваних в AutoCADi, по своєму відображенню на папері відповідають прийнятим стандартам.

									Арк.
									82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

Створений рисунок зберігається на носії інформації у виді файлу і може бути вставлений у будь-яке формоване зображення у виді блоку.

При створенні зображення завжди виникає необхідність у виправленні чи зміні його частин. Система містить засоби редагування, що дозволяють виконувати ці і подібні операції без особливих труднощів. Наприклад, операції перетворення (рівносторонній перенос, поворот, масштабування) дають можливість створювати копії об'єктів, переносити зображення з одного місця в інше, збільшувати чи зменшувати його.

## **5.2 Використання інформаційних технологій для вирішення конкретних завдань наукових досліджень**

Для синтезу додаткового технологічного процесу механічної обробки проектної деталі застосовано програмний продукт «ТехноПро» [7], який являє собою універсальну систему автоматизації технологічного проектування і підготовки виробництва. Вона містить усі засоби, необхідні для діалогового проектування технологічних процесів (ТП), включаючи автоматичний підбір оснащення, проведення розрахунків і вибір даних з таблиць. Система ТехноПро призначена для проектування операційних, маршрутно-операційних і маршрутних ТП, включаючи формування маршруту, операцій і переходів, з вибором устаткування, пристосувань, підбором інструментів, формуванням текстів переходів, розрахунком технологічних розмірних ланцюгів, режимів обробки і норм виготовлення.

Крім проектування технології виготовлення механічно оброблюваних деталей, ТехноПро може застосовуватися для ТП складання, зварювання, покриттів, термообробки, електромонтажу, виготовлення друкованих плат й інших.

Вхідна інформація для проектування ТП може бути отримана із креслень виконаних в електронному виді, а також може бути представлена у

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигляді різноманітних технологічних документів: карт ТП, карт контролю, карт ескізів, відомостей й інших документів, форма й зміст яких може визначатися самими користувачами.

Вихідними даними для автоматичного проектування технологічного процесу ТП є інформаційна модель деталі. Модель деталі складається із загальних відомостей про деталі, її характеристик, переліку елементів конструкції (поверхонь), складових деталей і значень їхніх параметрів. Модель деталі може бути отримана із креслень, виконаних в електронному виді. У ТехноПро проектування ТП може проводитися в різних режимах. Технолог сам вибирає оптимальний режим або їхнє сполучення.

Технологічні операційні ескізи і карти налагодження можуть виконуватися в будь-якому графічному редакторі. У розроблюваному ТП ці графічні документи підключаються до переходів операцій з можливістю їхнього перегляду. При необхідності користувач може відредагувати зображення, а також переглянути його в збільшеному вигляді. Зображення ескізів і карт налагодження автоматично вставляються у сформовані технологічні карти.

При використанні на підприємстві типових або групових ТП ТехноПро забезпечує можливість їхньої параметризації. Такі параметричні ТП можуть автоматично «перепроєктуватися». Причому інформація для перепроєктування (опис конструкції) може бути отримана з конструкторських САПР або введена вручну з креслення, виконаного на папері.

Крім перерахованих базових можливостей ТехноПро має велику кількість унікальних властивостей, не реалізованих у жодній іншій технологічній системі. Основним з них є автоматичне проектування ТП з можливістю зчитування даних з електронних креслень. Автоматичне проектування може виконуватися як в одиничних, так і групових ТП.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3 Автоматизоване проектування технологічних процесів

Для формування маршруту механічної обробки деталі необхідний повний опис деталі (кодування) засобами якої-небудь формалізованої мови. В умовах, коли номенклатура виробів, які випускаються велика, кодування може виявитися дуже трудомісткою процедурою. Тому при невисокому рівні складності деталі виявляється доцільним залишити за технологом етап формування структури маршрутного технологічного процесу. Для простої деталі технологу простіше і швидше задати ЕОМ структуру маршруту, ніж описувати конструкцію деталі, всі розміри і технічні вимоги на формалізованій мові.

При такому підході технолог сам аналізує типовий технологічний процес, вибирає необхідні операції і переходи, а в ЕОМ він вводить тільки змінні частини описів. На рисунку 5.2 показано позначення оброблюваних поверхонь деталі «Півмуфта зубчаста КС6В-07.602».

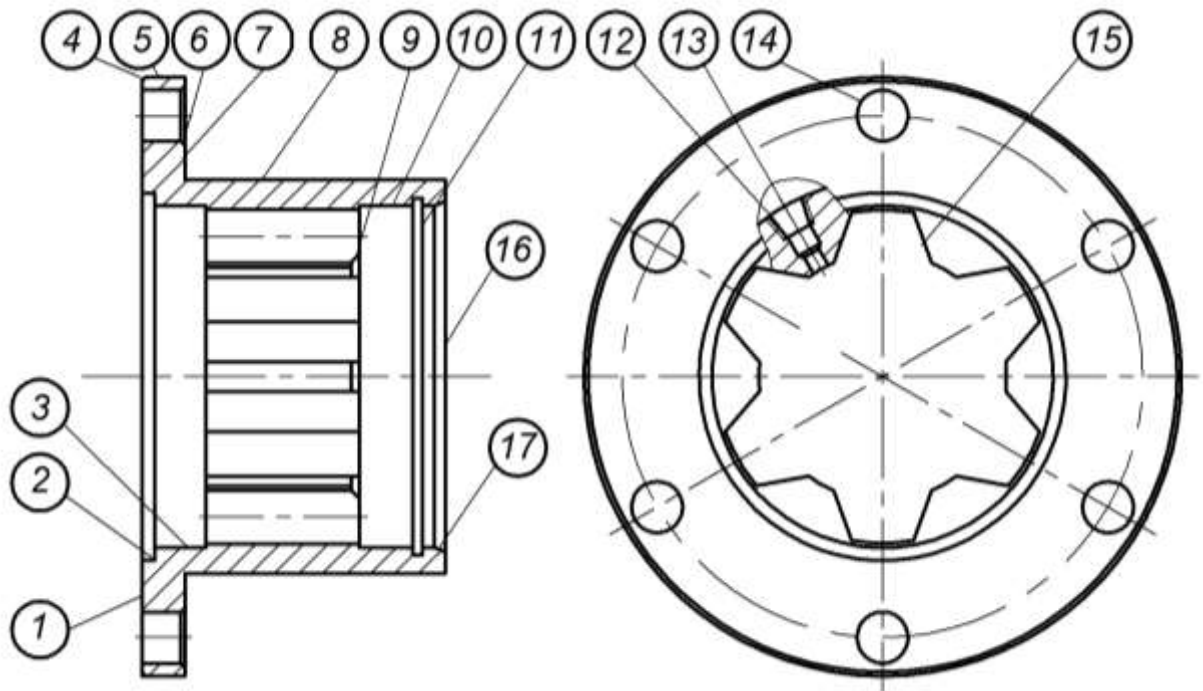


Рисунок 5.2 – Позначення оброблюваних поверхонь

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

85

Для розробки технологічного процесу механічної обробки з допомогою ППП «ТехноПро» необхідна наступна вихідна інформація:

1. Робоче креслення деталі, технічні умови на виготовлення;
2. Базовий технологічний процес виготовлення деталі;
3. Типовий технологічний процес, оформлений на бланках маршрутних технологічних карт;
4. Вихідна інформація (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Вихідна інформація для автоматизованого проектування технологічного процесу виготовлення деталі

Загальні відомості про деталь						
Назва виробу	Муфта зубчата		Назва деталі	Півмуфта зубчата		
Позначення ск.од.	КС6В-07.100		Позначення деталі	КС6В-07.602		
Матеріал деталі	Заготовка / Сортамент	Профіль і розміри	Твердість	Маса, кг		Програма випуску
				деталі	заготовки	
25ХГТ	штамповка	–	НВ 195	1,6	2,32	6000
Відомості про поверхні деталі						
№ пов.	Вид поверхні	Розміри, що витримуються	Квалітет	Шорсткість	Примітки	
1, 7	плоска	10 <sup>+0,6</sup>	H14	Rz80		
2	циліндрична	Ø86	H8	Ra6,3		
3	циліндрична	Ø80	H14	Rz80		
4, 6	конічна	1×45°	H14	Rz80		
5	циліндрична	Ø140	H14	Rz80		
8	циліндрична	Ø92	H14	Rz80		
9, 15	шліцева	Ø78 <sup>+0,74</sup>	H14	Ra12,5		
	– // –	Ø58,4 <sup>+0,74</sup>	H14	Ra12,5		
	– // –	Ø64,18	H14	Ra6,3		
10	циліндрична	Ø80	H9	Ra1,6		
11	циліндрична	Ø83,5 <sup>+0,35</sup>	H14	Ra6,3		
12	конічна	K1/8"	H12	Ra12,5		
13	циліндрична	Ø4	H14	Rz80		
14	циліндрична	Ø12	b12	Rz80		
16	плоска	71 <sub>-0,6</sub>	H14	Rz80		
17	конічна	2,5×20°	H14	Rz80		

## 5.4 Аналіз результатів застосування інформаційних технологій

Проаналізувавши отриманий технологічний процес механічної обробки деталі «Півмуфта зубчаста КС6В-07.602», отриманий з допомогою САПР ТП, можна прийти до висновку, що побудова операцій і вибір технологічних баз проведений правильно. На першій операції проводиться підготовка базових поверхонь для наступної обробки.

Технологічні операції механічної обробки розміщені в наступній послідовності: 2-ві токарні, вертикально-фрезерна, горизонтально-протяжна, 3-и вертикально-свердлильних, 2-ві токарних, слюсарна, промивка, а після них передбачено контроль виробу.

Пристрої, ріжучий та вимірювальний інструмент вибрано правильно з урахуванням типу виробництва і забезпеченням мінімального оперативного часу. Інструмент для обробки вибрано такий, що дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки.

Даний технологічний процес носить реальний характер, забезпечує отримання якісної деталі у відповідності з робочим кресленням і технічними вимогами і може бути використаний в умовах діючого виробництва.

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 6.1 Визначення річної потреби в технологічному обладнанні. Складання зведеної відомості обладнання

Кількість основного технологічного обладнання дільниці визначається за технологічним процесом у відповідності з вибраним типом виробництва і формою організації виробництва. Всі необхідні розрахунки виконані в технологічній частині роботи. За результатами цих розрахунків складається специфікація обладнання. Специфікація технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення півмуфти зубчастої КС6В – 07.602 наведена в таблиці 6.1. Площа дільниці залежить від розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах 14...18 м<sup>2</sup>, для середніх – 18...22 м<sup>2</sup>, для важких – 22...30 м<sup>2</sup> [6].

Таблиця 6.1 – Специфікація основного технологічного обладнання  
дільниці механічного цеху для виготовлення  
півмуфти зубчастої КС6В – 07.602

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Токарний напівавтомат	1А720	2190×1365	середній	22
Вертикально-фрезерний	6Н10	1720×1750	середній	20
Горизонтально-протяжний	7Б56	7200×2135	середній	28
Вертикально-свердлильний	2С132	1240×810	середній	22
Слюсарний верстак	—	1500×1000	—	6
Промивочна машина	М2А	1550×1250	—	8
Контрольний стіл	ПР1460	2000×1000	—	6
Місця склад. заг. і дет.	—	—	—	8
Загальна площа дільниці механічної обробки				120

<b>ДР 18-384.00.00</b>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Мацик І.Р.			
Перевір.		Комар Р.В.			
Консульт.					
Н. контр.		Ткаченко І.Г.			
Затв.		Пилипець М.І.			
<b>ПРОЕКТНА ЧАСТИНА</b>					
			Літера	Аркуш	Аркушів
				88	8
ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61					

Крім основного на ділянці розміщується допоміжне обладнання:

- верстак для зняття заусениць;
- промивочна машина;
- контрольний стіл.

## 6.2 Визначення основних і допоміжних площ цеху

Визначення загальної площі механоскладального цеху базується на даних про трудомісткість робіт за розробленими технологічними процесами виготовлення деталей зварного моста керованих коліс самохідних сільськогосподарських комбайнів в умовах виробництва базового підприємства. Вихідні дані:

- загальна кількість верстатів цеху – 104 шт.;
- кількість верстатів заточувальної ділянки – 4 шт.;
- кількість верстатів цехової ремонтної бази – 2 шт.;
- кількість верстатів ділянки ремонту спорядження – 6 шт.;
- кількість контрольних столів – 12 шт.;
- габарити всіх верстатів – середні.

Виробнича площа ділянки по визначається по питомій площі на одиницю обладнання по нормах технологічного проектування [6].

$$S_M = N \cdot S_{II}, \quad (6.1)$$

де  $N$  – кількість верстатів в цеху, шт.;

$S_{II}$  – питома площа на один верстат,  $S_{II} = 18...25 \text{ м}^2$  [6].

$$S_M = 104 \cdot 25 = 2600 \text{ м}^2.$$

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Площа складально-випробувального відділення згідно рекомендацій [6] приймається в межах 30...40% від площі механічного відділення. Приймаємо 30% від  $2600 \text{ м}^2 = 780 \text{ м}^2$ .

Допоміжна площа складається з площ, зайнятих допоміжними відділеннями:

– відділення заточування інструменту;

Кількість заточувальних верстатів – 4, питома площа –  $8...10 \text{ м}^2$ . Отже площа заточного відділення =  $40 \text{ м}^2$ .

– цехова ремонтна база;

Кількість верстатів ЦРБ – 2, питома площа –  $30 \text{ м}^2$ , отже загальна площа =  $60 \text{ м}^2$ .

– контрольне відділення;

Площа відділення визначається із розрахунку  $5...6 \text{ м}^2$  на одного контролера, отже площа контрольного відділення –  $15 \times 12 = 60 \text{ м}^2$ .

– склади матеріалів і заготовок;

Площа складу матеріалів та заготовок визначається за залежністю [6]

$$F_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (6.2)$$

де  $M_{\Sigma}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску,  $M_{\Sigma} = 2360 \text{ т}$ ;

$t$  – кількість робочих днів зберігання заготовок на складі,  $t = 6$ ;

$q$  – допустиме навантаження на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги складу,  $q = 1,4 \text{ т/м}^2$ ;

$k_B$  – коефіцієнт використання площі складування,  $k_B = 0,3...0,4$ .

$$F_3 = \frac{2360 \cdot 6}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,39} = 100 \text{ м}^2.$$

– проміжний склад;

Проміжний склад призначений для міжопераційного нагромадження вузлів і деталей і його площа визначається за формулою 6.4.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_3 = \frac{2360 \cdot 1}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,3} = 22 \text{ м}^2.$$

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

Площа цього відділення визначається за рекомендаціями [6] в залежності від кількості верстатів і приймається рівною 70 м<sup>2</sup>.

– відділення для збирання і переробки стружки;

Площа цього відділення визначається аналогічно до попереднього і приймається рівною 104 м<sup>2</sup>.

– інструментально-роздавальна комора;

Норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення. Приймаємо площу рівною 44 м<sup>2</sup>.

Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 25...30% площі цеху. Приймаємо площу рівною 25%, а отже – 1134 м<sup>2</sup>.

Таблиця 6.2 – Відомість площ цеху

№ п/п	Назва відділення	Площа, м <sup>2</sup>
1	Механічне	2600
2	Складальне	780
3	Заточувальне	40
4	Цехова ремонтна база (ЦРБ)	60
5	Спорядження та інструменту	132
6	Контрольне	60
7	Склад матеріалів і заготовок	100
8	Проміжний склад	22
9	Склад мастильно-охолоджувальних рідин (МОР)	70
10	Відділення для переробки стружки	104
11	Інструментально-роздавальна комора (ІРК)	44
	Всього	4012
12	Магістральні проїзди (12...15% від площі всіх відділень цеху)	522
	Всього	4534
13	Службово-побутові приміщення	1134
	Всього	5668

### 6.3 Визначення основних розмірів, вибір типу і конструкції будівлі

Основні розміри цеху вибираються з урахуванням розрахункової площі цеху на базі використання уніфікованих типових секцій. Виробничі площі цеху розміщуються в одноповерховій без крановій будівлі прямокутної форми з сіткою колон 18×12 м. Висота прольоту складає 7,2 м. Розміри будівлі цеху 54×84 м., відповідно площа становить 4536 м<sup>2</sup>. Допоміжні приміщення прибудовані із бічної сторони цеху з шириною 12 м, сіткою колон 6×6 і число поверхів 2. Висота поверхів приймається рівною 4,2 м. Загальна площа – 1152 м<sup>2</sup>. При каркасній конструкції будівлі використовується збірний залізобетонний фундамент стаканного типу. На нього опираються колони і фундаментні балки. Уніфіковані залізобетонні колони приймаються розмірами 500×500×6900 мм [6].

Фахверкові колони також залізобетонні, оскільки використовуються шестиметрові стінні панелі трьохшарові залізобетонні. В уніфікованих типових секціях передбачено для стропильних і підстропильних конструкцій тільки одну ферму з довжиною міжпрольотної відстані – 18 м, а для підстропильних – 12 м.

Для бокових світлопроектів використовуються віконні рами із сталевих і пластмасових матеріалів із заповненням їх великорозмірним листовим склом, з використанням сонцезахисних пристроїв.

Ворота розсувні, дерев'яні з залізним каркасом – 4×4,2 м, обладнані повітряними тепловими завісами. Двері використовуються розміром 1,5×2,4 м і розміщуються на рівних відстанях між собою по периметру будівлі.

Покрівля скатна, з залізобетонних плит розмірами 3×6 м. По плитах укладається утеплювач із дерев'яно-волокнистих плит. По утеплювальних плитах вкладається асфальтна стяжка, на яку за допомогою мастик наклеюється водоізоляційний килим з 5-и шарів рулонних матеріалів, 3-и нижні шари виконуються із таль-шкіри, 2-а верхніх – із руберойду.

									Арк.
									92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

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

#### 6.4 Розробка компоувального плану цеху

Компоувальний план – це схематичний план виробничої будівлі із зображенням на ньому цехів, відділень, діляниць, допоміжних службових приміщень, проходів, проїздів без розміщення основного технологічного обладнання.

Призначення компоувального плану – це взаємна ув'язка цехів, відділень і діляниць, які входять в склад корпусу, вибір оптимальних напрямків виробничого процесу, внутрішнього транспорту, вантажних і людських потоків, а також допоміжних і службово-побутових приміщень.

Вихідними даними для складання компоувального плану є: технологічна схема генплану і схема вантажопотоків; склад цехів і розміри площ всіх відділень і приміщень; прийнята схема будівлі; основні будівельні параметри і загальна схема будівлі.

На компоувальному плані з допомогою прийнятих умовних позначень зображено: основні стіни; межі цехів і діляниць, допоміжні устаткування і споруди; основні вантажопідйомні і транспортні засоби; основні проїзди і проходи; тунелі, перехідні канали з вказуванням висотних відміток для них відносно підлоги першого поверху.

До компоувального плану додається поперечний розріз прольоту виробничої будівлі, виконаний в масштабі 1:100 [6].

Всі відділення цеху розташовується в напрямку загального виробничого потоку в наступній послідовності:

а) майданчики для складування заготовок розташовуються на початку кожної потокової лінії;

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

- б) майданчики для складування готових деталей розташовуються в кінці верстатних ліній після відділень технічного контролю;
- в) за складами заготовок розташовуються верстатні відділення;
- г) в кінці верстатних відділень передбачається поперечний проїзд;
- д) за проїздом розташовуються відділення технічного контролю;
- е) заточувальне відділення, інструментальний склад та інші допоміжні відділення розміщуються збоку потоку, щоб не заважали рухові деталей.

Складські приміщення в цеху (склад матеріалів і заготовок) відділяються від верстатного відділення сіткою висотою 2,5 м, а контрольне і заточувальне відділення – скляною перегородкою. Компонувальний план цеху виконується в масштабі 1:200.

## 6.5 Розроблення плану розміщення обладнання

План розміщення обладнання розробляється на основі і відповідності з компоувальним планом цеху і розташуванням будівельних елементів будівлі. Розробка плану розміщення обладнання виконувалась в середовищі пакету AutoCAD з використанням плоских темплетів.

Основним принципом при складанні плану розміщення обладнання на дільниці механічної обробки є забезпечення прямоочності руху деталей в процесі їх обробки у відповідності з технологічним процесом, а також встановлення оптимальних відстаней між обладнанням, колонами, стінами.

Обладнання на дільниці розміщується послідовно по ходу технологічного процесу вздовж прольоту в один ряд вздовж проходу. Координатні осі будівлі на плані співпадають з позначеннями, прийнятими на компоувальному плані. Відстань між верстатами – 900 мм, від проїзду до фронтальної сторони верстата – 1000 мм, від стін, колон до тильної сторони верстата – 700 мм [6].

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Все технологічне обладнання позначено наскрізною порядковою нумерацією, яка ведеться послідовно зліва направо. До плану розміщення обладнання на ділянці додається поперечний розріз прольоту промислової будівлі, в якій вона розташована з вказуванням висоти прольоту, загальної висоти, обладнання і транспортних засобів, висотних відміток чистої підлоги і каналів для відводу стружки, контурів основ колон, фундаментів з розмірами прив'язки обладнання до координатних осей і елементів конструкції будівлі.

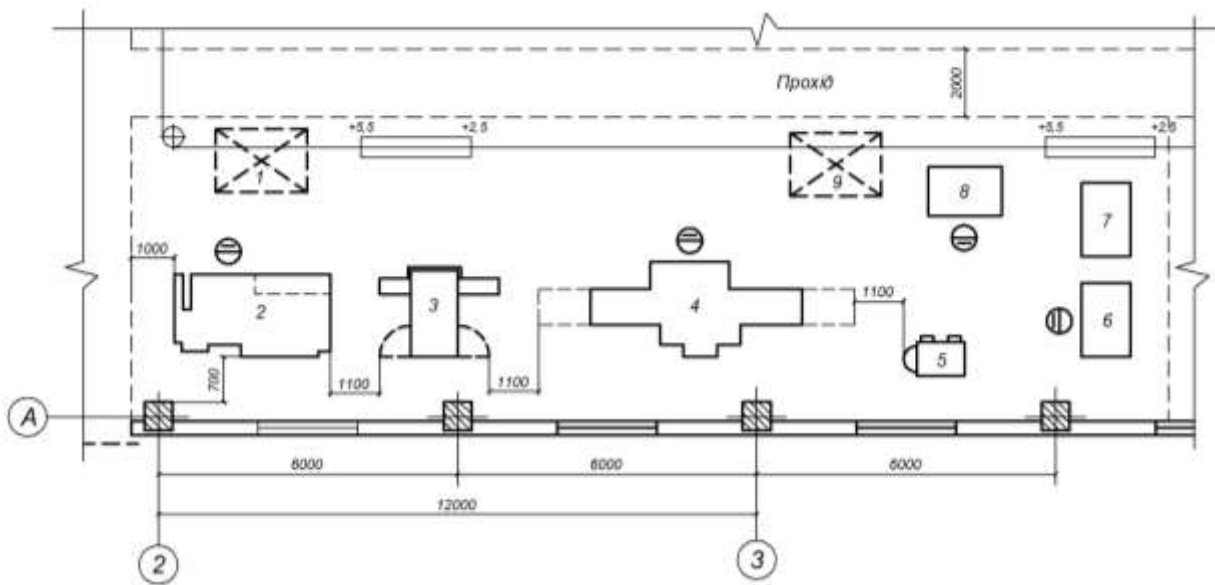


Рисунок 6.1 – План розміщення обладнання на ділянці механічної обробки деталі «Півмуфта зубчаста КС6в – 07.602»: 1 – місце складування заготовок; 2 – токарний багаторізцевий півавтомат мод.1А720; 3 – вертикально-фрезерний мод.6Н10 ; 4 – горизонтально-фрезерний мод. 7Б56; 5 – вертикально свердлильний мод.2С132; 6 – слюсарний верстак; 7 – стіл для контролю ПР1460; 8 – промивочна машина М2А; 9 – місце складування деталей

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

95



## 7 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 7.1 Розрахунок показників економічної ефективності проекту дільниці (цеху)

Дана частина магістерської роботи передбачає розрахунок кількості основного технологічного обладнання та кількісного складу працюючих в цеху на основі даних, отриманих в технологічній частині, визначення розмірів всіх грошових затрат на будівництво, оснащення цеху (дільниці) та його експлуатацію. Розрахунки, які виконують, дозволяють зробити висновки про технічну доцільність і економічну ефективність розробок. При цьому визначають: величину капітальних вкладень; втрати виробництва; собівартість одиниці продукції; величину нормованих оборотних засобів; техніко-економічні показники цеху.

Вихідними даними для розрахунку є: річна програма випуску; тип виробництва; кількість операцій механічної обробки; характеристика операцій: штучний час, потужність, вартість і категорія ремонтної складності обладнання, розряд робіт; маса деталі, вид заготовки, вартість матеріалу та відходів; ціни на електроенергію, воду, пару, стиснене повітря.

Витрати на будівлі визначають за вартістю 1 м<sup>2</sup> площі з врахуванням усіх комунікацій: вентиляції, опалювання, водопроводу і каналізації. Вартість будівель виробничого, допоміжного та адміністративно-побутового призначення розраховують за питомою вартістю 1 м<sup>3</sup> об'єму будівлі або 1 м<sup>2</sup> площі. Внутрішню виробничу площу цеху (дільниці, лінії) визначають за питомою площею (м<sup>2</sup>), яка припадає на одиницю обладнання і приймають за даними розрахунків, виконаних в проектній частині.

Вартість споруд і передавальних пристроїв приймають укрупнено в

					<i>ДР 18-384.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркуше</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					96	13
<i>Консульт.</i>		<i>Дячун А.Є.</i>				<i>ТНТУ, каф.ТМ, гр. МТМ-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

розмірі 5...7% від вартості будівель [5].

Річний фонд прямої зарплати основних виробничих робітників при відрядній системі оплати праці визначають за формулою [5]:

$$\Phi_{н.в.} = C_1 \cdot K_c \cdot T_{ум} \cdot N_в; \quad (7.1)$$

де  $C_1$  – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду, грн.;

$T_{ум}$  – сумарна трудомісткість оброблення одного виробу (деталі) за всіма технологічними операціями процесу, нормо-годин.

Річний фонд основної зарплати виробничих робітників-відрядників визначають за формулою:

$$\Phi_{о.в.} = \Phi_{н.в.} + D_в; \quad (7.2)$$

де  $D_в$  – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-відрядників (грн.), які орієнтовно приймають 30...35% від тарифного заробітку (прямої зарплати).

Річний фонд прямої зарплати робітників-погодинників (допоміжних робітників) визначають на основі дійсного (ефективного) фонду робочого часу одного робітника і прийнятої кількості робітників:

$$\Phi_{н.п.} = P \cdot C_1 \cdot K_{сд} \cdot \Phi_{эф}; \quad (7.3)$$

де  $P$  – середньоспискова чисельність допоміжних робітників, чол.

Річний фонд заробітної плати робітників кожної з категорій визначають за формулою:

$$\Phi_{зн} = \Phi_o + \Phi_{дод}; \quad (7.4)$$

де  $\Phi_o$  – річний фонд основної заробітної плати робітників за категоріями;

$\Phi_{дод}$  – додаткова заробітна плата за категоріями робітників, грн.

Річний фонд заробітної плати інженерно-технічних працівників (ІТП), службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) визначають згідно посадових окладів:

$$\Phi_{зн.к} = O \cdot P_k \cdot 12; \quad (7.5)$$

де  $O$  – місячний оклад працівника відповідної категорії;

$P_k$  – кількість працівників певної категорії, чол.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на кожен вид сировини і матеріалу розраховують на основі норм їх витрат на одиницю продукції, річної програми випуску даної продукції та відповідних цін за формулою:

$$B_m = H_m \cdot N_{зан} \cdot C_m; \quad (7.6)$$

де  $H_m$  – норма витрат певного виду сировини або матеріалу на одиницю продукції (кг);

$C_m$  – ціна одиниці сировини чи матеріалу, грн.

Витрати на електроенергію для технологічних потреб розраховують на основі часу роботи обладнання та загальної встановленої потужності споживачів [5]:

$$B_{ем} = \frac{P_{вст} \cdot \Phi_{д.о.} \cdot K_ч \cdot K_n \cdot C_e}{\eta_0 \cdot \eta_m}; \quad (7.7)$$

де  $P_{вст}$  – сумарна, на дільниці, потужність електрообладнання, кВт;

$K_ч$  – коефіцієнт завантаження електроприводів по часу (0,4...0,7);

$K_n$  – коефіцієнт завантаження електроприводів за потужністю (0.5...0.8);

$\eta_0$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0,9...0,96);

$\eta_m$  – коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0,86...0,9);

$C_e$  – ціна однієї кВт/год. електроенергії, грн.

Витрати на освітлення визначають, виходячи з розміру площі, які освітлюється, питомих норм витрат електроенергії на освітлення одного м<sup>2</sup> і тривалості освітлення:

$$B_{ео} = \frac{1.05 \cdot H_{ве} \cdot T_{осв} \cdot S_m \cdot C_e}{1000}; \quad (7.8)$$

де 1.05 – коефіцієнт, який враховує контрольне освітлення;

$H_{ве}$  – питомі витрати електроенергії на освітлення м<sup>2</sup> площі (13...16Вт/год.);

$T_{осв}$  – тривалість освітлювального періоду за рік в годинах;

$S_m$  – розмір площі, яка освітлюється, м<sup>2</sup>.

Вода в цеху витрачається на виробничі і побутові потреби. Середні витрати води для приготування ЗОР становлять 14...18 м<sup>3</sup> за рік на один верстат при двозмінній роботі. Витрати води в миючих машинах становлять

					ДР 18-384.00.00	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0.15...0.5 м<sup>3</sup> на 1 тону деталей, що промиваються.

Усереднені питомі норми витрат стиснутого повітря при укрупнених розрахунках можна прийняти для пневматичних патронів – 1.5...2 м<sup>3</sup>/год., для пневматичних підйомників – 3,5 м<sup>3</sup>/год. [5].

Прибуток визначають за спрощеною методикою як різницю між доходами та витратами підприємства за рік:

$$\Pi = D - B, \quad (7.9)$$

де  $D$  – дохід від реалізації продукції, грн.;

$B$  – витрати підприємства на виготовлення і реалізацію продукції, грн.

За умови, що підприємство реалізувало всю випущену за рік продукцію, дохід визначають за формулою:

$$D = C - K, \quad (7.10)$$

де  $C$  – ціна одиниці продукції, грн.

$$C = (1.1 \dots 1.15) - C_{od.min}, \quad (7.11)$$

де  $C_{od.min}$  – менша з двох повних собівартостей (базова або проектна) одиниці продукції.

Витрати підприємства на виготовлення та реалізацію продукції визначають за формулою:

$$B = C_{od} - K; \quad (7.12)$$

де  $C_{od}$  – повна собівартість одиниці продукції, грн.

Рентабельність виробництва  $P_v$  (в %):

$$P_v = \frac{\Pi}{\Phi_{v.oc} + H_{oz}} \cdot 100\%; \quad (7.13)$$

де  $\Pi$  – прибуток підприємства до виплати податків, грн.;

$\Phi_{v.oc}$  – середньорічна вартість основних фондів, грн.;

$H_{oz}$  – середньорічна вартість нормованих оборотних, грн.

Рентабельність продукції  $P_{prod}$  (в %):

$$P_{pr} = \frac{\Pi_{od}}{C_{od}} \cdot 100\%; \quad (7.14)$$

де  $\Pi_{od}$  – прибуток, отриманий від реалізації одиниці продукції, грн.

									Арк.
									99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

Відсоток зниження собівартості продукції визначають за формулою:

$$\Delta C = \frac{C_{од.баз.} - C_{од.пр.}}{C_{од.баз.}} \cdot 100\%; \quad (7.15)$$

де  $C_{од.баз.}$  і  $C_{од.пр.}$  – собівартість одиниці продукції відповідно за базовим проектним варіантами, грн.

Питомі капіталовкладення на одиницю продукції:

$$K_1 = K/N_г; \quad (7.16)$$

де  $K$  – загальні капіталовкладення за варіантом технологічного процесу.

Продуктивність праці у вартісному вираженні (з розрахунку на одного працівника), грн./чол.:

$$ПП = Д/Ч_{неп}; \quad (7.17)$$

де  $Ч_{неп}$  – чисельність промислово-виробничого персоналу.

Зростання продуктивності праці визначають за формулою:

$$\Delta ПП = \frac{ПП_{пр} - ПП_{баз.}}{ПП_{баз.}} \cdot 100\%; \quad (7.18)$$

де  $ПП_{пр}$  та  $ПП_{баз.}$  – продуктивність праці відповідно у проектному та базовому варіантах.

Таблиця 7.1 - Характеристика варіантів технологічного процесу

№ п/п	Програма запуску, шт	Тшт, хв	Тр/місткість на деталь, н-год	Тр/місткість на програму, н-год	Розряд робітника
1	2	3	4	5	6
базовий варіант					
005	6315	0.96	0,016	101,04	3
010	6315	1.13	0,019	119,985	3
015	6315	16.36	0,273	1723,995	3
020	6315	3.02	0,05	315,75	3
025	6315	2.67	0,044	277,86	3
030	6315	0.75	0,012	75,78	3
035	6315	1.02	0,017	107,355	3
040	6315	1.82	0,03	189,45	3
045	6315	1.15	0,019	119,985	3
050	6315	0.45	0,008	50,52	3

## Закінчення таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6
055	6315	0.49	0,008	50,52	3
060	6315	2.04	0,034	214,71	3
065	6315	3.92	0,065	410,475	3
Сума		35,78	0,595	3757,425	
проектний варіант					
005	6315	1.57	0,026	164,19	3
010	6315	1.98	0,033	208,395	3
015	6315	3.02	0,05	315,75	3
020	6315	1.48	0,025	157,875	3
025	6315	1.22	0,02	126,3	3
030	6315	0.86	0,014	88,41	3
035	6315	1.00	0,017	107,355	3
040	6315	1.57	0,026	164,19	3
045	6315	1.98	0,033	208,395	3
Сума		14,68	0,244	1540,86	

Таблиця 7.2 - Склад технологічного обладнання

№ п/п	Кількість місьць	Потужність електро-двигуна 1-го верстага, кВт	Потужність електро-двигунів всіх верстагів,	Вартість 1-го верстага, грн	Вартість всіх верстагів, грн	Витрати на перевезення і монтаж, грн	Сума всіх витраг, грн	Категорія ремонтної складності
1	2	3	4	5	6	7	8	9
базовий варіант								
005	1	4	4	15000	15000	1200	16200	13
010	1	4	4	15000	15000	1200	16200	13
015	1	10	10	125000	125000	10000	135000	13
020	1	7.5	7,5	85000	85000	6800	91800	13
025	1	11	11	75000	75000	6000	81000	13
030	1	4	4	15000	15000	1200	16200	13
035	1	4	4	15000	15000	1200	16200	13
040	1	4	4	15000	15000	1200	16200	13
045	1	4	4	47000	47000	3760	50760	13
050	1	11	11	55000	55000	4400	59400	13
055	1	10	10	35000	35000	2800	37800	13
060	1	10	10	35000	35000	2800	37800	13
065	1	4	4	47000	47000	3760	50760	13
Сума	13		87,5		579000	46320	625320	13

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

## Закінчення таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
проектний варіант								
005	1	11	11	56000	56000	4480	60480	22
010	1	11	11	56000	56000	4480	60480	22
015	1	7.5	7,5	85000	85000	6800	91800	22
020	1	11	11	75000	75000	6000	81000	22
025	1	4	4	42000	42000	3360	45360	22
030	1	4	4	42000	42000	3360	45360	22
035	1	4	4	42000	42000	3360	45360	22
040	1	11	11	56000	56000	4480	60480	22
045	1	11	11	56000	56000	4480	60480	22
Сума	9		74,5		510000	40800	550800	22

Таблиця 7.3 - Зведена відомість складу працюючих

№ п/п	Категорія працюючих	Кількість	Процентне відношення
1	2	3	4
базовий варіант			
1	Виробничі робітники	13	-
2	Допоміжні робітники	5	42
3	Молод. обслуговуючий персонал	0	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	2	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		21	
проектний варіант			
1	Виробничі робітники	9	-
2	Допоміжні робітники	1	18
3	Молод. обслуговуючий персонал	0	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	1	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		12	

Таблиця 7.4 – Капітальні витрати по основних фондах

№ п/п	Назва основних фондів	Вартість, тис. грн	Норма амортизації	Сума амортизації, тис. грн	Питома вага в заготовках
1	2	3	4	5	6
базовий варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	154,8	19,61	1176,6	0,2
	б) допоміжні приміщення	54,18	6,86	411,6	0,07
	в) адмін.-побутові	80,85	10,24	614,4	0,1
	ВСЬОГО:	289,83		2202,6	0,37
2	Споруд. і перед. пр.	14,4915	1,84	110,4	0,02
3	Обладнання:				
	а) виробниче	625,32	79,22	4753,2	0,79
	б) енергетичне	6,5625	0,83	49,8	0,01
	в) транспортне	62,532	7,92	475,2	0,08
	г) контр.-вимірюв.	31,266	3,96	237,6	0,04
	ВСЬОГО:	725,6805		5515,8	0,92
4	Інструм. і пристрої	63,78264	60	38269,584	6,38
5	Виробн. і госп. інв.	6,2532	24	1500,768	0,25
	ВСЬОГО:	1100,0378		47599,152	7,94
проектний варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	91,6	11,6	696	0,12
	б) допоміжні приміщення	32,06	4,06	243,6	0,04
	в) адмін.-побутові	46,2	5,85	351	0,06
	ВСЬОГО:	169,86		1290,6	0,22
2	Спор. і перед. пр.	8,493	1,08	64,8	0,01
3	Обладнання:				
	а) виробниче	550,8	69,78	4186,8	0,7
	б) енергетичне	5,5875	0,71	42,6	0,01
	в) транспортне	55,08	6,98	418,8	0,07
	г) контр.-вимірюв.	27,54	3,49	209,4	0,03
	ВСЬОГО:	639,0075		4857,6	0,81
4	Інструм. і пристрої	56,1816	60	33708,96	5,62
5	Виробн. і госп. Інв.	5,508	24	1321,92	0,22
	ВСЬОГО:	879,0501		41243,88	6,88

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

103



Таблиця 7.5 – Зведена відомість річного фонду зарплати

Категорії працюючих	Основна зарплата, тис. грн	Доплата, тис. грн	Всього фонд основної зарплати, тис. грн	Додагкова зарплата, тис. грн	Річний фонд зарплати, тис. грн	Нарахування на зарплату, тис. грн	Всього витрати на зарплату, тис. грн	Середньо-місячна зарплата
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>базовий варіант</b>								
Робітники:								
- основні	31,43	9,429	40,859	1,8858	42,74	11,9434	54,68	273,97
- допоміж.	75,43	18,857	94,2875	4,5258	98,81	28,6634	127,4	1646,83
ІТП	33,22	8,305	41,525	1,9932	43,52	12,6236	56,14	1813,33
ЛКП	15,09	3,7725	18,8625	0,9054	19,77	5,7342	25,50	1647,5
МОП	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ВСЬОГО:</b>	<b>155,17</b>	<b>40,364</b>	<b>195,534</b>	<b>9,3102</b>	<b>204,84</b>	<b>58,9646</b>	<b>263,8</b>	
<b>проектний варіант</b>								
Робітники:								
- основні	12,9	3,87	16,77	0,774	17,54	4,902	22,44	162,41
- допоміж.	15,09	3,7725	18,8625	0,9054	19,77	5,7342	25,50	1647,5
ІТП	16,61	4,1525	20,7625	0,9966	21,76	6,3118	28,07	1813,33
ЛКП	15,09	3,7725	18,8625	0,9054	19,77	5,7342	25,50	1647,5
МОП	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ВСЬОГО:</b>	<b>59,69</b>	<b>15,567</b>	<b>75,2575</b>	<b>3,5814</b>	<b>78,84</b>	<b>22,6822</b>	<b>101,5</b>	

Таблиця 7.6 – Відомість витрат на матеріали

№ п/п	Матеріали	Розхід на деталь, кг	Річна витрата, т.	Вартість, грн.	Загальні витрати, грн.	Загальна вартість відходів, грн.	Загальна вартість матер., грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>базовий варіант</b>							
1	Основні матеріали	5.03	31,76	393824	31505,92	30324,63	395005,29
2	Допоміж. матеріали	0,088	0,56	6891,92	551,35	530,68	6912,59
<b>проектний варіант</b>							
1	Основні матеріали	2.32	14,65	346179,5	27694,36	6365,52	367508,34
2	Допоміж. матеріали	0,041	0,26	6058,14	484,65	111,4	6431,4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ДР 18-384.00.00

Арк.

104

Таблиця 7.7 – Кошторис цехових витрат

№ п/п	Найменування статей витрат	Витрати, тис. грн.	
		3	4
1	2	3	4
	А. На утримання та експлуатацію обладнання	базовий	проект.
1	Амортизація обладнання	5,52	4,86
2	Експлуатація обладнання		
	а) допоміжні матеріали	6,91	6,43
	б) електроенергія	0,14	0,05
	в) стиснуте повітря	0,014	0,01
	г) вода для виробничих потреб	0,34	0,231
	д) пара для виробничих потреб	10,63	4,903
	е) зарплата основна і додаткова	54,68	22,44
3	Черговий ремонт		
	а) обладнання	31,266	27,54
	б) цінний інструмент	9,57	8,43
4	Внутрішні переміщення вантажів	3,13	2,75
5	Зношення малоцінного і швидкознош. інструм.	42,52	37,45
6	Інші витрати	15,03	13,24
	ВСЬОГО по розділу А:	179,75	128,334
	Б. Загальноцехові витрати		
1	Утримання апарату управління цехом		
	а) ІТП	56,1436	28,0718
	б) службовці (ЛКП)	25,5042	25,5042
2	Утримання решти цехового персоналу		
	а) МОП	0	0
	б) доп.робітники, не вказанні в розд. А	76,48	15,3
3	Амортизація будівель та інвентаря	3,81	2,68
4	Утримання будівель, споруд та інвентаря		
	а) електроенергія для освітлення	24,01	14,21
	б) пара для опалення	108,736	64,343
	в) вода для побутових потреб	3,171	1,812
	г) матеріальні та інші витрати	3,04	1,78
	д) інвентаря	6,25	5,51
5	Черговий ремонт будівель, споруд, інвентаря	9,32	5,52
6	Випробування, дослідження, раціонал. і винахід.	1,64	0,67
7	Охорона праці	4,37	1,8
8	Зношення малоцінного та швидкознош. інвен.	2,5	2,2
9	Інші витрати	6,5	3,39
	ВСЬОГО по розділу Б:	331,47	172,79
	ВСЬОГО цехових (побічних) витрат	511,22	301,124

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

105

Таблиця 7.8 – Кошторис витрат на виробництво продукції

№ п/п	Найменування статей витрат	Сума, т. грн.	
		базовий	проект.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з врахуванням відходів	395,01	367,51
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	40,86	16,77
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	1,89	0,77
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	11,94	4,9
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	179,75	128,33
6	Загальноцехові витрати	331,47	172,79
	Всього цехова собівартість	960,92	691,07
7	Загальнозаводські витрати	67,57	17,82
	Всього виробнича собівартість	1028,49	708,89
8	Позавиробничі витрати	41,14	28,36
	Всього повна собівартість	1069,63	737,25
9	Плановий прибуток	160,44	110,59
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	1230,07	847,84

Таблиця 7.9 - Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ п/п	Найменування статей витрат	Сума, грн.	
		базовий	проект.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з врахуванням відходів	65,83	61,25
2	Основна зарплата основних вироб. робітників	6,81	2,8
3	Додаткова зарплата основних вироб. робітників	0,32	0,13
4	Відрахування на соцстрах із зарплати робітників	1,99	0,82
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	29,96	21,39
6	Загальноцехові витрати	55,24	28,8
	Всього цехова собівартість	160,15	115,18
7	Загальнозаводські витрати	11,26	2,97
	Всього виробнича собівартість	171,42	118,15
8	Позавиробничі витрати	6,86	4,73
	Всього повна собівартість	178,27	122,88
9	Плановий прибуток	26,74	18,43
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	205,01	141,31

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

## 7.2 Техніко-економічні показники проекту та їх аналіз

Згідно попередньо проведених розрахунків економічної ефективності базового і проектного варіантів забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі «Півмуфта зубчаста КС6В-07.602» (розділ 7.1) проаналізуємо отримані дані і для узагальнення результатів зведемо основні характеристики базового і проектного виробництв у таблицю 7.10.

Таблиця 7.10 – Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ п/п	Нормативні показники	Одиниця виміру	Величина показника	
			базовий	проектн.
1	2	3	4	5
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	шт.	6000	6000
	б) у вартісному вираженні	грн.	1230070	847840
2	Капітальні затрати:			
	а) загальні	тис. грн.	1100,04	879,05
	б) питомі	грн./шт.	183,34	146,51
	в) виробнича площа загальна	кв. м.	387	229
	г) кількість верстатів	шт.	13	9
	д) енергопотужність обладнання	кВт	87,5	74,5
3	Оборотні засоби, що нормуються	тис. грн.	261,26	208,77
4	Загальна чисельність працюючих	чол.	21	12
5	Річний фонд зарплати	тис. грн.	263,8046	101,5222
6	Середньомісячна зарплата:			
	а) виробничих робітників	грн.	273,97	162,41
	б) ІТР	грн.	1813,33	1813,33
7	Виробіток на одного працюючого	грн./чол.	58574,98	70653,12
8	Випуск продукції:			
	а) на один грн. основних фондів	грн.	1177,06	1015,26
	б) на один квадратний метр площі	грн.	3178,49	3702,35
9	Завантаження верстатів	%	0,79	0,82
10	Собівартість деталі	грн.	205,01	141,31
11	Побічні витрати цеху	грн.	41140	28360

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-384.00.00

Арк.

107

## Закінчення таблиці 7.10

1	2	3	4	5
12	Рівень рентабельності виробу	%	15	15
13	Рівень рентабельності цеху	%	12,79	11,04
14	Економічний ефект	грн.	—	382200

Одержані результати свідчать про те, що прийняті рішення є доцільними та економічно ефективними, дозволяють досягти зниження на 31 % собівартості виготовлення деталі та сумарного економічного ефекту в розмірі 382200 грн.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00					108

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 8.1 Оцінка проектового цеху виходячи з пожежної небезпеки

Попередження розповсюдження пожеж, в основному визначається пожежною безпекою будівель та споруд і забезпечується: правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильними об'ємно-планувальними рішеннями будівель та споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки; встановленням протипожежних перешкод в будівлях, системах вентиляції, паливних та кабельних комунікаціях; обмеженням витікання та розтікання горючих рідин при пожежі; облаштуванням протидимного захисту; проектуванням шляхів евакуації; заходами щодо успішного розгортання тактичних дій по гасінню пожежі.

На розвиток пожежі у будівлях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу теплоти, тобто їх вогнестійкість.

При проектуванні і будівництві промислових підприємств необхідно передбачати заходи, які запобігають поширенню вогню шляхом [11]:

- поділ будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділ будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях, по горючих матеріалах (гребені, бортики, пояси);
- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- влаштування протипожежних розривів між будівлями.

Протипожежна перешкода – конструкція у вигляді стіни, перегородки,

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Мацик І.Р.			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Ткаченко І.Г.					109	8
Консульт.		Клепчик В.М.				ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТМ-61		
Н. контр.		Ткаченко І.Г.						
Затв.		Пилипець М.І.						

переkritтя або об'ємний елемент будівлі, призначені для запобігання поширенню пожежі у прилеглих до них приміщеннях протягом нормованого часу. До протипожежних перешкод ставиться ряд вимог. Протипожежні стіни мають спиратися на фундаменти, фундаментні балки, встановлюватися на всю висоту будинку, перетинати всі поверхи і конструкції. Вони мають бути вище даху не менше як на 60 см, якщо хоч один з елементів горища виконаний з горючих матеріалів і на 30 см – якщо елементи горища виготовлені з важкогорючих матеріалів (крім даху). Протипожежні стіни можуть не підніматися над дахом, якщо всі елементи горища, за винятком даху, виконані з негорючих матеріалів. У протипожежних стінах дозволяється прокладати вентиляційні і димові канали так, щоб у місцях їх розміщення межа вогнестійкості протипожежної стіни з кожного боку каналу була не менше 2,5 год.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін допускаються протипожежні зони, які виконуються у вигляді вставки по всій ширині і висоті будинку. Вставка – це частина об'єму будівлі, яка утворюється протипожежними стінами (мінімальна межа вогнестійкості 0,75 год). Ширина зони – не менше 12 м. У межах зони не дозволяється зберігати горючі речовини. На межах зони з пожежними відсіками передбачаються вертикальні діафрагми і водяні завіси відповідно до СНиП 2.04.09-84 [11]. У межах зони ставлять пожежні сходи на дах, а в зовнішніх стінах зони – двері або ворота.

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та переkritтях повинні бути обладнані захисними пристроями (протипожежні двері, вогнезахисні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також знімати пристрої для їх самозакривання. У разі перетинання протипожежних перешкод (стін, перегородок, переkritтів, загороджувальних конструкцій) різними комунікаціями зазори (отвори), що

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

утворилися між цими конструкціями та комунікаціями, повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом, який забезпечує межу вогнестійкості та димо- газонепроникнення, що вимагається будівельними нормами для цих перешкод.

При складанні генеральних планів підприємств з точки зору пожежної безпеки важливо забезпечувати відповідні відстані від меж підприємств до інших підприємств і будівель. Протипожежні відстані між будівлями мають виключати загорання сусідньої будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію засобів пожежогасіння.

Для захисту конструкцій із металу, дерева, полімерів застосовують відповідні речовини (штукатурка, спеціальні фарби, лаки, обмазки). Зниження горючості полімерних матеріалів досягається введенням в них наповнювачів, антипіренів, нанесенням вогнезахисних покриттів. Як наповнювачі застосовуються крейда, каолін, графіт, вермикуліт, перліт, керамзит. Антипірени захищають деревину і полімери. При нагріванні вони виділяють негорючі речовини, перешкоджають розкладу деревини і виділенню горючих газів. Після просочування антипіренами дерев'яних конструкцій, тканин та інших горючих матеріалів повинен бути складений акт про проведення роботи підрядною організацією. Після закінчення термінів дії просочування та у разі втрати або погіршення вогнезахисних властивостей обробку (просочування) необхідно повторити.

## **8.2 Розрахунок штучного освітлення на ділянці люмінесцентними лампами**

Для того щоб працювати в проектованому цеху там повинна бути достатня освітленість. Розрахуємо штучні освітлення для проектованого цеху. Приміщення цеху має розміри 54×48×6 м. На обладнанні виконуються роботи середньої точності.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111



Згідно ДніП П-4-79 «Штучне і природне освітлення» норма освітленості для механічного цеху складає  $E=300$  Лк [11].

Найбільш задовільним джерелом світла є люмінесцентна лампа типу ДРЛ-450, так як вона забезпечує високий рівень освітленості [11]. Для розрахунку використовуємо точковий метод розміщення світильників.

Головна задача проектування освітлювального пристрою – це забезпечення заданого рівня освітленості і необхідної якості освітлення при найменшому сумарному світловому потоці. Вирішення задачі залежить від світлорозподілу застосованих світильників і їх розміщення на плані приміщення, що визначається слідуючи ми розмірами [11]:

$$h_p = h - h_c - h_{pn}, \quad (8.1)$$

де  $h_p$  – розрахункова висота;

$h_c$  – висота звісу, для лампи типу ДРЛ-450, що застосовуються в цеху  $h_c=2$ Д.

$h_{pn}$  – висота робочої поверхні;  $h_{pn}=0,8$  м

$$h_p = 6 - 2 - 0,8 = 3,2 \text{ м}$$

Світловий потік для лампи типу ДРЛ-450 складає  $\Phi=2300$  лм [11].

Розраховуємо освітленість в контрольній точці А робочої поверхні.

$$a = \sqrt{b^2 + n^2} = \sqrt{2,5^2 + 5^2} = 5,5 \quad (8.2)$$

$$\alpha = \arctg \frac{a}{h_p} = \arctg \frac{5,5}{3,2} = 60,2^\circ \quad (8.3)$$

де  $\alpha$  – кут між віссю світильника і розрахунковою точкою.

По кривих ізолюкс для лампи типу ДРЛ-450 при  $60^\circ$  крива сили світла КСС=75.

$$I_\alpha = 10 \cdot \Phi \cdot \text{КСС}$$

$$I_\alpha = 10 \cdot 2,3 \cdot 75 = 1725 \text{ Кд}$$

де  $I_\alpha$  – сила світла будь-якого світильника, що визначається по кривих світлорозподілу.

Сумарна умовна освітленість в розрахунковій точці визначається з формули:

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						112
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum_{i=1}^{i=n} e_i = 10 \cdot \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha_1}{h_{p1}^2}, \quad (8.4)$$

де  $n$  – кількість світильників, в кожному з яких встановлена умовна лампа зі світловим потоком 1000 лм,  $n=10$

$$\sum_{i=1}^{i=n} e_i = 10 \cdot \frac{1725 \cdot \cos^3 60}{3,2^2} = 210,5 \text{ Лк.}$$

Коефіцієнт запасу  $K=1,5$ .

З відповідних табличних даних [11] вибираємо коефіцієнт додаткової освітленості  $\mu=1,15$ .

Освітленість у контрольній точці.

$$E = \frac{\Phi_{л}}{1000} \cdot \frac{M}{K} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} e_i, \quad (8.5)$$

де  $\Phi_{л}$  – фактичний світловий потік

$$E = \frac{2300}{1000} \cdot \frac{1,15}{1,5} \cdot 210,5 = 371 \text{ Лк}$$

Отже, освітленість в контрольній точці складає 371 Лк, що задовольняє нашим потребам.

### 8.3 Заходи безпеки на підприємстві з небезпечними і горючими речовинами. Захисні споруди і укриття

Безпека життєдіяльності включає в себе заходи по захисту персоналу в умовах природних та технологічних катастроф, аварій і т.п. Для розробки заходів проводять попереднє вивчення факторів, що можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій. До цих факторів відносяться район розташування об'єкту, внутрішнє планування та забудова території, система енергопостачання, технологічний процес тощо. При оцінці внутрішнього планування території об'єкту визначається густина і тип забудови. Особлива увага приділяється ділянкам, де можуть виникнути вторинні ураження. На

									Арк.
									113
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

території об'єкту такими місцями є ємкості з горючими матеріалами, аміак тощо. Руїнування або пошкодження ємкості або комунікацій з вказаними речовинами призводить до виникнення джерела хімічного ураження.

Місця, де зберігаються небезпечні і горючі речовини (НіГР) оцінюються на вибухонебезпечність, надійність і безпечність зберігання. Визначається необхідний мінімум цих речовин для зберігання на території об'єкту і місце зберігання решти речовини в заміській зоні.

Заходи по захисту робітників та службовців [14]:

1. На території підприємства зберігати тільки необхідний мінімум НіГР у спеціально відведених місцях;

2. По можливості зменшити чи відмовитись від використання НіГР;

3. Передбачити заходи індивідуального захисту персоналу, що має доступ до цих речовин;

4. Розробити оперативну систему переміщення оснащення при виникненні надзвичайної ситуації;

5. Для ефективності дій працівників необхідно систематично проводити інструктажі та навчальні тренування.

При визначенні потреб кількості захисних споруд на об'єкті, виходять із кількості найбільшої робочої зміни, розміщення основної маси виробничого персоналу на території об'єкта, умов можливого розміщення захисних споруд, їх місткість, та інші фактори.

Для розрахунку потреб об'єкта в захисних спорудах і їх обладнання необхідні наступні вихідні дані: очікувана потужність вибуху; ймовірне максимальне відхилення центру вибуху від точки прицілу; середня швидкість вітру в районі розміщення об'єкту; азимут вітру; віддалення об'єкта від ймовірного центру вибуху. А також кліматичні умови району розміщення об'єкта (зовнішня температура повітря); загальна кількість робочих і службовців в найбільшій зміні; схема розміщення робочих ділянок на об'єкті і розподіл виробничого персоналу по них: можлива пожежна ситуація на об'єкті (очікувана степінь задимлення) [14].

									Арк.
									114
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР 18-384.00.00

Загальна місткість захисних споруд повинна відповідати кількості робочих і службовців об'єкта в найбільшій робочій зміні і визначатися загальною сумою місць для сидіння і лежання.

Місця по окремим сховищам розподіляються з врахуванням розміщення робочих ділянок на території об'єкта і кількістю захищених в радіусі збору, як правило, не менше 150 місць для одного сховища. Будувати сховища місткістю менше 150 місць економічно недоцільно. Місткість протирадіаційних укриттів слід передбачити: для обладнаних в приміщеннях існуючих будинків або споруд на 5 чоловік і не більше, і в нових будинках, що будуються і спорудженнях – на 5 чол. і не більше.

Приміщення для укриттів будують із розрахунку, щоб на одного чоловіка припадало  $0,5 \text{ м}^2$  площі підлоги при двоюрисному і  $0,4 \text{ м}^2$  при трьохярусному розміщенні на зовні. Внутрішній об'єм приміщення повинен бути не менше  $1,5 \text{ м}^3$  на чоловіка.

В районах теплим кліматом допускається збільшення норм площі на одного чоловіка до  $0,75 \text{ м}^2$ . Висота приміщенні повинна бути не менше 2,2 м при двоюрисному і 2,9 м при трьохярусному розміщенні місць від мітки підлоги до виступаючих конструкцій перекриття.

В приміщеннях для укриття повинна передбачатися установка двох або трьохярусних лавок для сидіння. Нижній ярус – для сидіння із розрахунку  $0,45 \times 0,45 \text{ м}$  на одну людину, а верхні для лежання із розрахунку  $0,55 \times 1,8 \text{ м}$  на людину. Висота сходів першого ярусу 0,45 м, лавок другого ярусу – 1,4 м, третього ярусу – 2,15 м від підлоги.

Число місць для лежання складає 20% місткості сховища при двоюрисному розміщенні лавок і 30% при трьохярусному.

Пункт управління передбачений тільки на підприємствах з числом робочих в найбільшій зміні 60 чол. і більше. Пункт управління складається із робочої команди зв'язку, його відокремлено від приміщення для укриття вогнестійкою перегородкою з межею вогнестійкості 1 год. Загальне число робочих на ПУ не повинно перевищувати 10 чол. На окремих пунктах

									Арк.
									115
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-384.00.00				

управління число робочих дозволяється збільшувати до 25 чол. Норма площі на одного робочого складає 2 м<sup>2</sup>. Медичний пункт площею 9 м<sup>2</sup> передбачений в захисних спорудах при чисельності укрить 900-1200 чол. На кожні 100 чол. і більше 1200 чол. площа медпункту збільшується на 1 м<sup>2</sup>. Санітарні пости передбачені в захисному спорудженні площею 2 м<sup>2</sup> на кожні 500 чол. не менше одного поста на захисне спорудження. Тамбур-шлюз передбачений при одному з входів в сховище місткістю 300 чол. і більше. При цьому в сховищі 300-600 чол. робиться однокамерний а в сховищах більше 600 чол. – двокамерний тамбур шлюз. Площа кожної камери – 8-10 м<sup>2</sup>. Замість двохкамерного тамбуру шлюзу допускається встановлювати при двох входах однокамерні тамбури шлюзи [14].

В зовнішніх і внутрішніх стінах тамбура-шлюза встановлюються захисно-герметичні двері, які відповідають захисним властивостям сховища.

Фільтровентиляційні приміщення встановлюються у зовнішніх стін сховища близько входів чи аварійних виходів. Їх розміри визначаються в залежності від габаритів обладнання і площі, необхідної для його обслуговування. В сховищах місткістю до 150 чоловік фільтровентиляційне обладнання виду ФВК-1 допускається розміщення безпосередньо в приміщенні для укриттів [14].

Тип захисних споруд для конкретного об'єкту повинен задовольняти вимоги забезпечення надійного захисту виробничого персоналу. Вибір виду захисних споруд для об'єкту зводиться до визначення зони можливих руйнувань, в яких може опинитись об'єкт.

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

## 9 ЕКОЛОГІЯ

### 9.1 Забруднення, які виникають у цехах механічної обробки, методи їх знешкодження

Механічна обробка металів на верстатах в цехах механічної обробки супроводжується виділенням пилу, туманів масел і емульсій, які через вентиляційну систему викидаються з приміщень. Значне виділення пилу спостерігається при механічній обробці деревини, склопластику, графіту та інших неметалевих матеріалів. Так, при обробці текстоліту виділення пилу (г/год.) становить: на токарних верстатах 50...80; на фрезерних – 100...120; на зубофрезерних – 20...40. При механічній обробці полімерних матеріалів одночасно з пилом можуть виділятися пари різних хімічних речовин і сполук (фенолу, формальдегіду, стиролу і ін.), що входять до складу оброблюваних матеріалів. У процесах шліфування та полірування виділяється велика кількість тонкодисперсного пилу. Пил, що утворюється в процесі абразивної обробки, на 30-40% складається з матеріалу абразивного круга, на 60-70% з матеріалу оброблюваного виробу. Кількість виділяється пилу залежить від розмірів і твердості оброблюваного матеріалу, діаметра та окружної швидкості кола, а також способу подачі виробу. При зачистці і шліфуванні виробів виділяється більш 50 г/год. пилу з одного верстата [10].

Основні заходи захисту атмосфери від забруднень промисловими пилом і туманами передбачають широке використання пило- та тумановловлюючих апаратів і систем. Виходячи з сучасної класифікації пиловловлюючих систем, заснованої на принципових особливостях процесу очищення, пилоочисне обладнання можна розділити на чотири групи: сухі пиловловлювачі, мокрі пиловловлювачі, електрофільтри і фільтри.

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Мацик І.Р.			<b>ЕКОЛОГІЯ</b>	Літера	Аркуш	Аркуші
Перевір.		Комар Р.В.					117	5
Консульт.		Лясота О.М.				ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61		
Н. контр.		Ткаченко І.Г.						
Затв.		Пилипець М.І.						

Пиловловлювачі різних типів, і тому числі і електрофільтри, застосовують при підвищених концентраціях домішок у повітрі. Електрофільтри використовуються для тонкого очищення повітря з концентраціями домішок менше 100 мг/м<sup>3</sup>. Якщо потрібно тонке очищення повітря при високих початкових концентраціях домішок, то очищення проводять системою послідовно з'єднаних пиловловлювачів і фільтрів.

До сухим пиловловлювачами відносяться всі апарати, в яких відділення частинок домішок від повітряного потоку відбувається механічним шляхом за рахунок сил гравітації, інерції. Конструктивно сухі пиловловлювачі розділяють на циклони, ротаційні, вихрові, радіальні, жалюзійні пиловловлювачі та ін.

Апарати мокрого очищення газів мають широке поширення, так як характеризуються високою ефективністю очищення від дрібнодисперсного пилу (0,3-1,0) мкм, а також можливістю очищення від пилу гарячих і вибухонебезпечних газів. Апарати мокрого очищення працюють за принципом осадження частинок пилу або на поверхню крапель рідини, або на поверхню плівки рідини. Осадження частинок пилу на рідину відбувається під дією сил інерції і броунівського руху.

Електричне очищення газів базується на іонізації електричним зарядом під дією постійного електричного струму (напругою до 90 кВ) наявних у газах твердих і рідких частинок з подальшим осадженням їх на електродах.

Фільтрування широко використовуються в промисловості для тонкого очищення вентиляційного повітря від домішок, а також для промислової та санітарної очищення газових викидів. При цьому способі газоочистки газові потоки проходять через пористі фільтрувальні перегородки, пропускають газ, але затримують тверді частинки. Фільтри також використовують для очищення повітря від туманів кислот, лугів, масел та інших рідин.

					ДР 18-384.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

## 9.2 Методи і засоби захисту навколишнього середовища, які застосовують на машинобудівних підприємствах

Під методами захисту навколишнього середовища (НС) розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери. Універсальних методів звичайно не існує, тому радикально вирішити проблему забруднення НС на сьогоднішній технічній стадії розвитку людства неможливо. Проте для цього використовують такі методи [10]:

- технологічні – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення, внаслідок чого з'являються нові технології (утилізаційні, зберігаючі, чисті і т.д.);

- організаційно-технічні – зменшення концентрації та рівня забруднення на шляхах їх розповсюдження від виробництва до біосфери, тобто використання технічних засобів захисту та проведення організаційно-планувальних заходів.

Перша група методів вирішує проблему значно ефективніше, але є досить трудомісткою та значно дорожчою: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводяться спеціальні науково дослідні роботи, вирішується цілий ряд завдань соціально-економічного плану, наприклад, перекваліфікація працюючих, автоматизація, комп'ютеризація виробництва.

Друга група методів є дещо вигіднішою, але вони мають локальний характер дії і не знищують причину, яка викликає забруднення.

При проведенні технологічних заходів по боротьбі з забруднювачами НС використовують прямі та побічні методи. Прямі методи дозволяють знизити масу, об'єм, концентрацію і рівень забруднення безпосередньо в джерелі їх утворення в технологічному процесі. Приклад: зменшення вмісту сірки в паливі; використання електромобілів і т. д.

									Арк.
									119
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Побічні методи не забезпечують безпосереднього зниження рівня забруднення в його джерелі, але мінімізують його або виключають утворення забруднювачів при проведенні наступних технологічних процесів. Приклад: використання прогресивних методів литва; заміна газової зварки на електричну, а далі на лазерну і т. д.

Найвища форма удосконалення технології виробництва – створення замкнутих технологічних процесів, систем оборотного водопостачання і безвідходної технології, що можливо тільки при узгодженні прямих та побічних методів.

На даний час розроблені і впроваджені в виробництво ряд технологій, які успішно застосовують для вирішення проблем екології на підприємствах, до них відносяться:

- біосорбційний метод глибокого очищення і доочищення стічних вод;
- очищення технологічного повітря від твердих, газоподібних, аерозольних і рідких шкідливих домішок за допомогою фільтрів пило-газовловлювачів;
- застосування безвідходних технологій.

Безвідходна технологія є найбільш активною формою захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу викидів промислових підприємств. Під поняттям «безвідходна технологія» слід розуміти комплекс заходів у технологічних процесах від обробки сировини до використання готової продукції, в результаті чого скорочується до мінімуму кількість шкідливих викидів і зменшується вплив відходів на навколишнє середовище до прийняттого рівня. У цей комплекс заходів входять [10]:

- створення і впровадження нових процесів отримання продукції з утворенням найменшої кількості відходів;
- розробка різних типів безстічних технологічних систем і водооборотних циклів на базі способів очищення стічних вод;
- розробка систем переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси;

										Арк.
										120
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР 18-384.00.00



## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи магістра проведено аналіз способів усунення вібрацій під час розточування, конструкцій сучасного модульного інструменту із антивібраційними державками, теоретично досліджено вплив конструктивних параметрів інструменту на режими обробки, якість обробленої поверхні та причини виникнення вібрацій. На основі базового був розроблений ефективніший і економічно доцільніший технологічний процес виготовлення півмуфти зубчастої КС6В-07.602. Відповідно проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибір та обґрунтування оптимального способу одержання заготовки, визначення припусків та міжопераційних розмірів, вибір технологічного обладнання і ріжучого інструменту, а також розрахунок режимів різання за операціями та їх нормування.

Спроековано пристосування для механічної обробки. При виконанні роботи використано засоби САПР. Розроблено проект дільниці механічного цеху для виготовлення вище вказаної деталі і проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень. А також розглянуто заходи по охороні праці, безпеці у надзвичайних ситуаціях та екології на підприємстві.

Розроблено комплект технологічної документації на виготовлення деталі «півмуфта зубчаста КС6В-07.602».

В результаті обґрунтування економічної ефективності запропонованих конструкторсько-технологічних рішень очікуваний розрахунковий економічний ефект склав 382200 грн. на річну програму випуску.

					<i>ДР 18-384.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацук І.Р.</i>			<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					122	
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						
						<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61</i>		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : підручник. Львів : Світ, 1996. 368 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : навч. посіб. Львів : Світ, 2001. 296 с.
4. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н. Металознавство : підручник. Київ : Політехніка, 2018. 384 с.
5. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
6. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
7. Кондаков А. И. САПР технологических процессов : підручник. Москва : Академия, 2007. 272 с.
8. Мацик І. Технології антивібраційного розточування : Матеріали ІІ Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С.131.
9. Мовчан Д. А. AutoCAD 2010. Официальный учебный курс : посібник. Москва : ДМК Пресс, 2010. 732 с.
10. Мягченко О. П. Основи екології : підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2010. 312 с.
11. Пістун І. П. Трунова І. О., Стець Р. Є. Охорона праці в галузі машинобудуванні : підручник. Суми : Университетская книга, 2011. 557 с.

					<b>ДР 18-384.00.00</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацик І.Р.</i>			<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Комар Р.В.</i>					123	2
<i>Консульт.</i>						<i>ТНТУ, каф. ТМ, гр. МТм-61</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Ткаченко І.Г.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>						

12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985.
13. Струтинський В. Б., Дрозденко В. М. Динамічні процеси в металорізальних верстатах : монографія. Київ : Основа-Принт, 2010. 440 с.
14. Франчук В. С. Цивільна оборона : навч. посіб. Вид. 2-ге, доп. Львів : Афіша, 2001. 336 с.
15. Хорошайло В. В. Повышение эффективности растачивания отверстий на токарных станках путем создания виброустойчивой инструментальной системы : дис. кандидата техн. наук : 05.03.01. Краматорск, 2016. 180 с.
16. Жарков И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом : Л.: Машиностроение, 1986. 1984 с.
17. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах : монографія / Кузнецов Ю. М., Луців І.В., Шевченко О. В. Волошин В. Н. ; упоряд. Кузнецов Ю. М. К. : Тернопіль : Тернограф. 2011. 692 с.
18. Токарная обработка. расточной инструмент : веб-сайт. URL: <https://www.mitsubishicarbide.com/EU/ru/product/pdf/> (дата звернення: 11.11.2019).
19. Антивибрационный инструмент Silent Tools : веб-сайт. URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата звернення: 14.11.2019).
20. Инструмент для обработки отверстий : веб-сайт. URL: <http://www.taegutec.com.ua> (дата звернення: 14.11.2019).
21. Walter turning tools : веб-сайт. URL: <http://www.walter-tools.com> (дата звернення: 15.11.2019).
22. Steadyline™ - антивибрационные оправки Secotools : веб-сайт. URL: <http://www.informdom.com> (дата звернення: 12.11.2019).
23. Динамическая система гашения вибраций Steadyline от Seco : веб-сайт. URL: <http://www.инженерныйконсалтинг.com> (дата звернення: 12.11.2019).

					<i>ДР 18-384.00.00</i>	Арк.
						124
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		