

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розроблення проекту ділянки механічного цеху для  
виготовлення корпусу ЖИЦД 732131.002 з дослідженням впливу  
параметрів шліфувальних кругів на характеристики процесу шліфування**

Виконав: студент VI курсу, групи МТМ-61  
спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	_____	<u>Щербінін І.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Дичковський М.Г.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: “Розроблення проекту дільниці механічного цеху для виготовлення корпусу ЖИЦД 732131.002 з дослідженням впливу параметрів шліфувальних кругів на характеристики процесу шліфування”.

У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо впливу параметрів шліфувальних кругів на характеристики процесу шліфування. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра.

У другому розділі розроблено спроектовано функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструменту для плоского шліфування поверхні заготовки, проведено лабораторні дослідження для визначення потужності на шпинделі плоскошліфувального верстата, проведено експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після процесу шліфування, виконано дослідження силових параметрів процесу шліфування звичайним кругом та шліфувальними кругами із канавками, встановлено кількісний показник ефективності процесу шліфування, проведено експериментальні дослідження щодо встановлення впливу формування канавок на шліфувальному крузі на його зношування.

У третьому розділі проведено аналіз об’єкту виробництва, його застосування, технічні вимоги до поверхонь, його технологічність. Визначено тип виробництва, вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки – литво під тиском. Проведено синтез технологічного маршруту обробки деталі, визначено припуски та міжопераційні розміри. Проведено вибір різального, вимірювального інструментів, технологічного оснащення та обладнання. Проведено розрахунок режимів різання та технічних норм часу.

У четвертому розділі приведено опис пристосування для свердління

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>РЕФЕРАТ</b>		
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>					<i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТМ-61</i>		

отворів і нарізання різі на агрегатному верстаті, розрахували його точність та силові параметри.

У п'ятому розглянуто можливості застосування інформаційних технологій в науково-дослідній роботі та практичній діяльності.

У шостому розділі розроблено план дільниці механічного цеху оброблення деталі.

У сьомому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проектного технологічного процесу та ефективності науково-дослідної роботи. Очікуваний економічний ефект від впровадження технологічного процесу складає 2263500 грн.

У восьмому розділі розглянули питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У дев'ятому розділі розглянули питання екології.

Загальний об'єм розрахунково-пояснювальної записки 118 сторінок.

Графічна частина представлена на 12 аркушах формату А1.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Одним з головних напрямків економічного і соціального відродження України на сьогоднішньому етапі є збереження і підтримання темпів виробництва продукції, поступове впровадження нових прогресивних технологій, підвищення технічного рівня і покращення якості виготовленої техніки та інструментів.

В процесі механічної обробки деталей машин виникає велика кількість проблемних питань, які пов'язані із необхідністю виконання технічних вимог, що поставлені конструкторами перед виробництвом. Також процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів, тому трудомісткість та собівартість механічної обробки більші, ніж на інших етапах виготовлення деталей машин.

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, застосування прогресивних форм організації та економіки виробничих процесів – все це направлено на розв'язування головних задач: збільшення ефективності і якості продукції.

Внаслідок особливостей та різноманітних конструкційних виконань шліфувальних кругів їх технологічні можливості використовуються не достатньо. Необхідність та актуальність виконання даної дипломної роботи полягає в забезпеченні в машинобудуванні і механічній обробці високої якості та продуктивності плоского шліфуванні при забезпеченні останніх досягнень показників ефективності.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<b>ВСТУП</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61</i>		

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

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

Властивості поверхневого шару шліфувального круга впливають на процес шліфування. Тому дослідники вивчали різноманітні параметри, які могли б вдосконалити процес шліфування. Наприклад, на основі літературного аналізу встановлено, що шліфувальні круги із канавками чи пазами можуть вдосконалити процес шліфування.

До схеми утворення канавок відносяться їх геометрія і спосіб їх формування на поверхні шліфувального круга. На рис. 1.1 [29] представлено різні шліфувальні круги із канавками (за винятком рис. 1.1а, на якому показано звичайний шліфувальний круг без канавок для порівняння). Із рисунка можна побачити три схеми формування канавок.

На першій схемі (рис. 1.1 б) показано канавки, які розміщені під кутом до осі обертання шліфувального круга. На другій схемі канавки розміщено паралельно осі обертання шліфувального круга (рис. 1.1 в). На третій схемі (рис. 1.1 г) зображено шліфувальний круг із гвинтовою канавкою.

Із літературного огляду встановлено, що шліфувальні круги із паралельними та під кутом канавками до осі обертання круга досить широко вивчались. Проте шліфувальні круги із гвинтовими канавками мало вивчені.

В процесі шліфування здійснюється постійний контроль мастильного охолоджуючого технологічного середовища (МОТС), зокрема його концентрацію та очищення, а також витримується точне позиціонування насадки для подачі рідини.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<b>АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

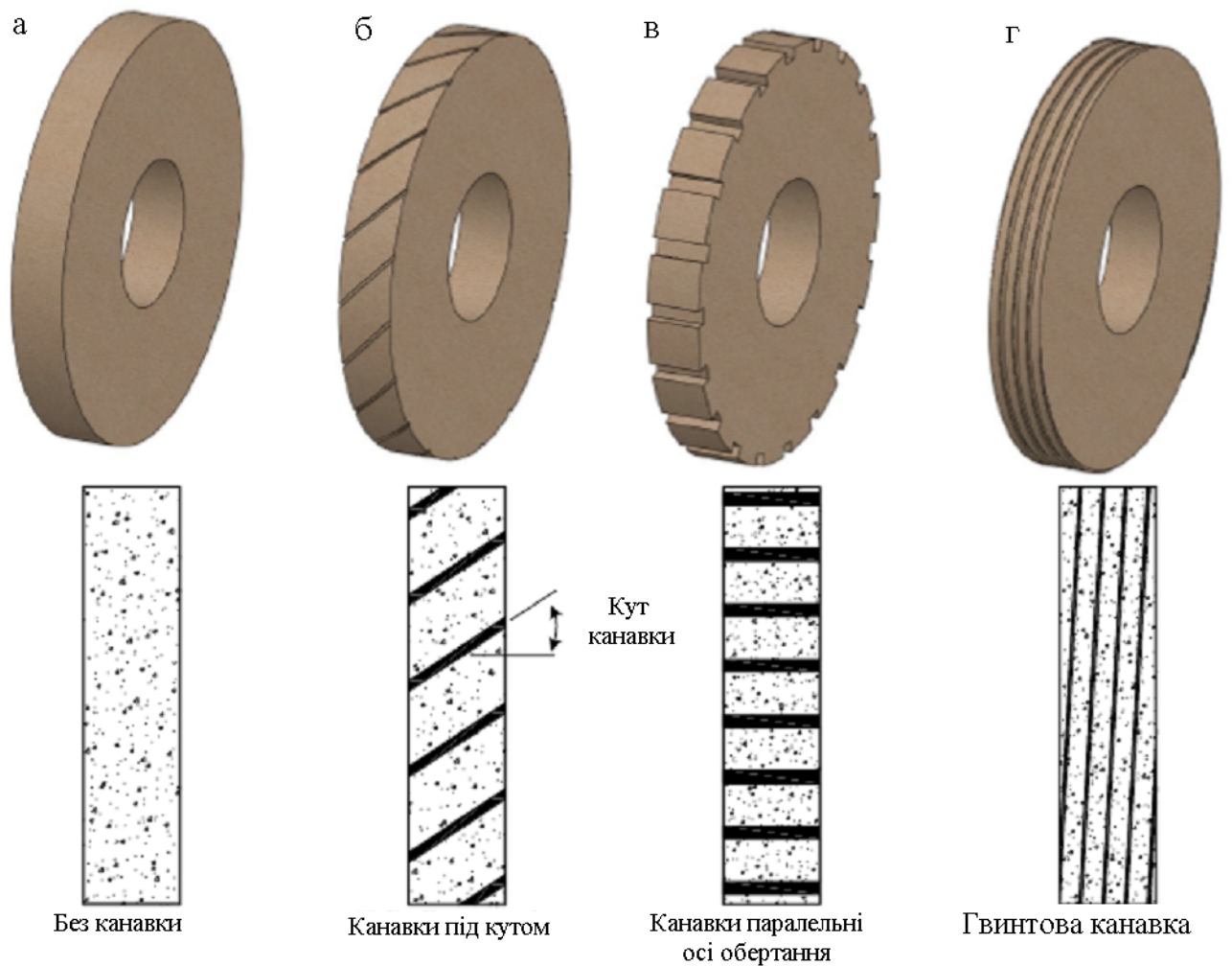


Рисунок 1.1 – Схеми утворення канавок на шліфувальних кругах [29]

Процес шліфування кругами із канавками пов'язаний з використанням шліфувальних кругів із змінною різальною поверхнею. Шліфувальні круги із змінною різальною поверхнею умовно можна розділити на переривчасті, композиційні та комбіновані. Робоча поверхня шліфувальних кругів із канавками (рис. 1.2), розроблених Якімовим А.В. представлено у формі виступів та впадин, що періодично чергуються.

У композиційних шліфувальних інструментах, які створені науковим колективом очолюваним наковцем Н.А. Чалим, канавки на робочій поверхні шліфувального інструмента заповнені твердими змащувально-охолоджувальними матеріалами. Комбіновані шліфувальні круги, які розроблено авторами [22], представляють собою поєднання переривчастих і композиційних

кругів.

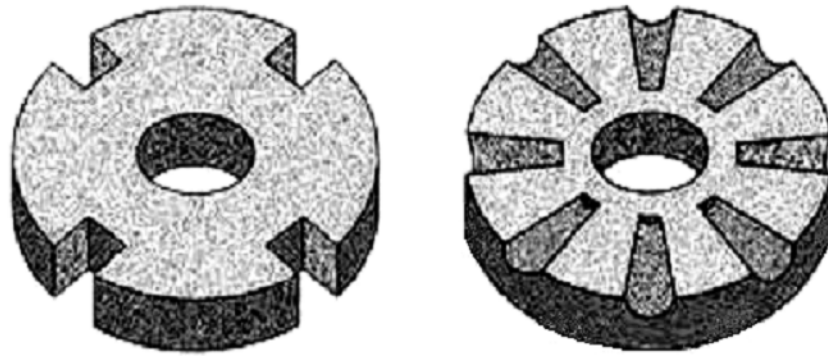


Рисунок 1.2 - Шліфувальні круги із канавками [22]

У змащувально-охолоджувальних частинах цих шліфувальних кругів перед різальними виступами виконані канавки. Зокрема, відмічено [28] “змащувально-охолоджуючі елементи (ЗОЕ) композиційних і комбінованих кругів найчастіше виготовляються з графіту марок ГЛ-І, ГЛ-Н або суміші графіту та дисульфиду молібдену ( $Mo_2$ ). В якості зв’язуючого матеріалу в обох випадках використовуються фенол-формальдегідні смоли. Дослідженнями встановлено, що найбільшою міцністю ( $R_a = 5,5 - 6$  МПа) володіють ЗОЕ, що складаються з 75% графіту і 25% зв’язуючого матеріалу, або 70% графіту, 10%  $Mo_2$  і 20% зв’язуючого матеріалу та отримані пресування при тиску 150 МПа.”

Особливості процесу шліфування і пов’язаних з ним процесів створює необхідність теоретичного й експериментального вивчення фізичної сутності процесів, що відбуваються при абразивному обробленні матеріалів. У роботах відомих учених, таких як Ящеріцина П.І., Лебедева В.Г., Семко М.Ф., Маслова Є.Н., Якімова А.В., Кісельова С.С., Верезуба В.М., Новікова Ф.В., Халатова А.А., Сипайлова В.А., Баландіна А.М., Марчука В.І., Корольова А.В., Шахновського С.С., Ларшина В.П., Полянчикова Ю.Н., Кальченка В.В., Резнікова А.Н., Короткова А.Н., Попова С.А., Носенко В.А. Філімонова Л.М., Лурье Г.Б., Денісова А.С., Худобіна Л.В., Родіна П.Р., Раба А.Ф., Сіліна С.С., Сухарева В.М. та інших, створені науково-прикладні основи процесу шліфування, розроблені та вдосконалені технологічні схеми абразивного оброблення, що досить широко

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовуються в різних галузях машинобудування, зокрема при механічній обробці матеріалів.

Однак, як вказано у роботі [28] “безліч змінних в часі факторів, таких як нерівномірність величини припуску, нерівномірність зношення та зміна профілю круга зумовлюють непрогнозовану зміну складових сил різання, що в свою чергу призводить до нестабільності процесу шліфування. Крім того, на продуктивність і якість оброблення істотний вплив відіграє метод шліфування. Так, наприклад, на операціях безцентрового шліфування кілець роликотідшипників з використанням двосторонніх торцешліфувальних автоматів ускладнюється подача ЗОР в зону оброблення, що підвищує теплонапруженість процесу різання та знижує його продуктивність.”

Процес плоского шліфування є одним із найточніших методів механічного оброблення площин деталей у машинобудуванні [23, 24]. “Плоске шліфування здійснюється периферією або торцем круга на спеціальних плоскошліфувальних верстатах.”

При шліфуванні циліндричною периферією круга (рис. 1.3) [28] “умови роботи більш сприятливі, ніж при роботі торцем круга, внаслідок того, що площа взаємодії круга з оброблюваною заготовкою менша, тому в цьому випадку застосовуються менш потужні верстати. Зазвичай при роботі периферією круга застосовуються верстати потужністю не більш 7-15 кВт, у той час, як при роботі торцем круга потужність верстатів досягає 50 кВт і більше.”

Під час шліфування торцем круга досягається значна поверхня контакту абразивного круга із заготовкою, що забезпечує досягнення високопродуктивного процесу. На верстатах, які призначені для шліфування торців, виконуються роботи зі значною глибиною різання. Шліфування плоских поверхонь при застосуванні торця круга характеризується значним виділенням тепла в зоні різання при значній площі контакту круга з заготовкою, що в окремих випадках призводить до зміни структури поверхневих шарів, внаслідок дії підвищених температур.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



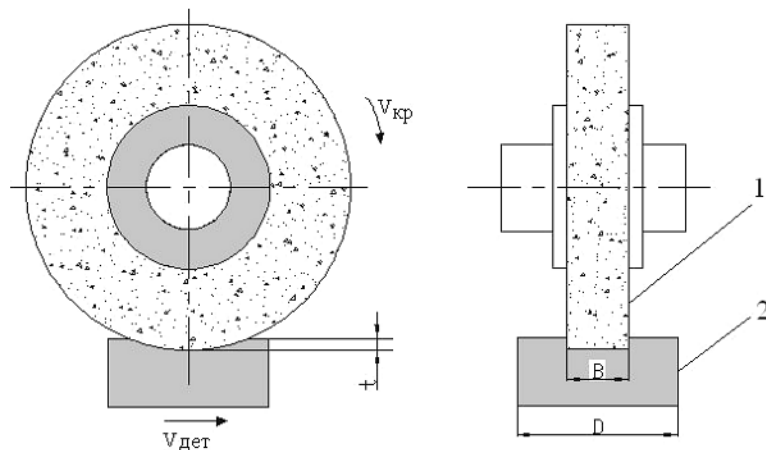


Рисунок 1.3 – Процес плоского шліфування периферією шліфувального круга: 1 – циліндричний шліфувальний круг; 2 – заготовка [28]

Для зменшення температури в зоні різання та зниження напружень в поверхневих шарах в процесі шліфування застосовується схема оброблення, коли абразивний інструмент повернутий на малий кут відносно поверхні, що обробляється (рис. 1.4, б).

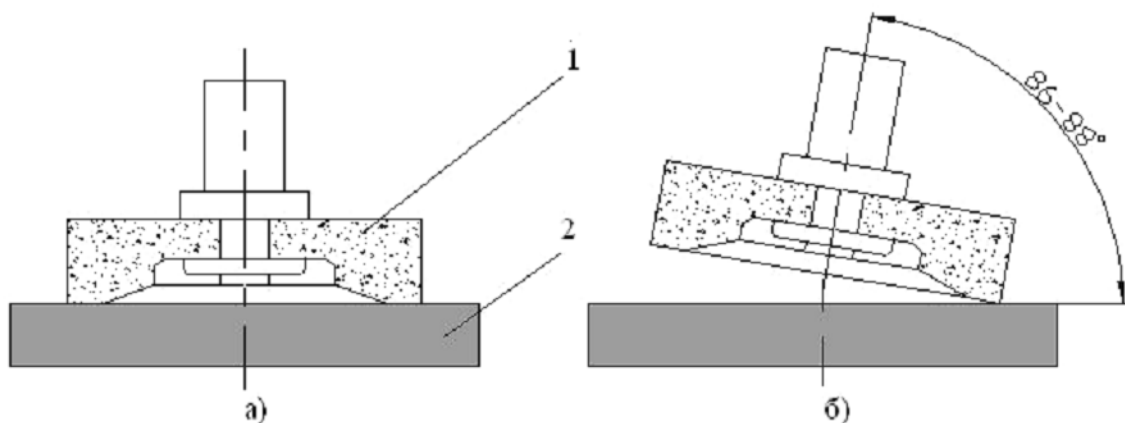


Рисунок 1.4 – Процес плоского шліфування торцем абразивного круга:

а) вісь круга перпендикулярна до площини заготовки; б) вісь круга повернута на малий кут відносно площини заготовки;

1 – шліфувальний круг; 2 – заготовка [28]

Як показали дослідження Якімова А.В., Сипайлова В.А., Гордеева А.В. для сталей 45, У8А, Х12М та ін. [28] “час теплового насичення, при якому температура, досягши максимуму, не піддається подальшій зміні, складає за

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результатами досліджень приблизно  $T_{нас} \approx 0,01 - 0,02$  с. Це такий проміжок часу, протягом якого температура зростає до максимального значення, порівняємо з періодом обертання шліфувального круга. Якщо на крузі нарізати певне число канавок визначеної протяжності, то час роботи одного різального виступу, буде меншим, ніж час теплового насичення. За цих умов шліфування температура в зоні контакту через переривчастість процесу різання зменшується. Наприклад, якщо період теплового насичення дорівнює періоду обертання круга, то процес шліфування здійснюється з максимальною тепловою напруженістю. Нанесення, наприклад, двадцяти канавок на робочу поверхню круга призводить до пропорційного зменшення цього часу роботи одного різального виступу [25]. Температура за цей період, не встигнувши досягти максимальної величини в інтервалі проходження канавки, знижується.”

Встановлено [22, 25, 26], “якщо час роботи одного різального виступу є меншим від часу теплового насичення, то незалежно від схеми шліфування й оброблюваного матеріалу переривчастість процесу у всіх випадках забезпечує зменшення температури в зоні контакту.”

Досягнення зниження температури в зоні шліфування можна одержати при різних поєднаннях довжин виступів і впадин шліфувального круга. Цей показник робить можливим здійснювати вибір характеристик параметрів канавок шліфувальних кругів для плоского шліфування не лише з врахуванням температури та напружень в зоні різання, але й їх стійкості до зношування.

Температура в зоні різання шліфувального круга з поверхнею заготовки залежить від швидкості заготовки, ширини впадини, при цьому співвідношення між шириною впадин і виступів не повинно бути більше 0,5 [25]. Для чорнових режимів обробки рекомендовано використовувати шліфувальні круги з мінімальним співвідношенням  $l_1/l_2$ . Такі круги забезпечують рівномірне самозаточування і максимальне зменшення температури в зоні різання. Для процесу чистового шліфування краще застосовувати круги з мінімальним

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношенням  $l_1/l_2$ , наприклад 50/14. Стійкість таких кругів до зношування не поступається суцільним.

Кінцевий вибір геометричних параметрів шліфувальних кругів з канавками повинен узгоджуватись з температурою в зоні різання та вимогами до якості обробленої поверхні.

Розрахунок шліфувального круга із канавками і подачею мастильно-охолоджуючого технологічного середовища (МОТС) в зону різання складається з наступних етапів:

1. Визначення характеристик і геометричних параметрів абразивного інструменту: виду, ширини і глибини канавок, а також їх загальну кількість і концентрацію.
2. Встановлення здатності шліфувального інструменту зрізати оброблюваний матеріал.
3. Проведення експериментальних досліджень.

Ефективність процесу торцевого шліфування визначається правильним вибором характеристик абразивного інструменту, що залежить від технологічних вимог до оброблюваної деталі та умов експлуатації інструментів. Тому вибір параметрів інструменту та режимів оброблення проводять з врахуванням факторів, що впливають на характеристики якості, ефективності та продуктивності процесу шліфування.

З метою підвищення продуктивності та ефективності обробки, якості продукції в якості абразивного матеріалу застосовуються [28] “штучні абразивні матеріали, які володіють стабільнішими фізико-механічними властивостями порівняно з природними. Різальні інструменти з електрокорунду використовуються для оброблення матеріалів з високим опором сходження (сталь, ковкий чавун, залізо, бронза). Зокрема, білий електрокорунд марок 25А, 24А, 23А застосовується при плоскому обробленні зі значними контактними площами різального інструменту з оброблюваною деталлю та супроводжується підвищеним тепловиділенням.”

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Властивості процесу шліфування також залежать від зв'язки абразивного інструменту, яка крім поєднання ріжучих зерен, повинна виконувати вимоги: міцно утримувати робочі зерна, не утримувати затуплені зерна з плоскими площинами.

В якості матеріалу для зв'язки при виготовленні абразивних ріжучих інструментів є керамічна, бакелітова та вулканітові зв'язки, які мають свої переваги та недоліки. Керамічна зв'язка (К) має високі показники водостійкості та стійкість до хімічних сполук. Недоліком керамічної зв'язки є її значна ламкість, внаслідок чого шліфувальні круги на такій зв'язці не можуть використовуватись при ударних навантаженнях (зокрема, при силовому чи перервному шліфуванні).

Шліфувальні круги з бакелітовою зв'язкою (Б) на основі фенолформальдегідних смол, володіють високою міцністю, що дозволяє їх застосовувати при високих навантаженнях та достатніх швидкостях різання (до 80 м/с). Круги з таким типом зв'язки застосовуються при плоскому шліфуванні зі значною глибиною різання. Вулканітова зв'язка, порівняно з бакелітовою і керамічною, має ряд недоліків: низька теплостійкість (250-300°C), та слабке з'єднання зерен в зв'язці, що призводить до нижчої зносостійкості відносно зв'язок типу К і Б.

Також працездатність абразивних інструментів залежить не тільки від характеристики зв'язки, але й від величини та концентрації ріжучих зерен, вибір яких дозволяє контролювати профіль круга, створювати умови для самозаточування і забезпечувати високу продуктивність процесу абразивної обробки [27].

У роботі [28] встановлено, що "зернистість абразивного інструменту вибирається залежно від вимог, які висуваються до шорсткості оброблюваної поверхні та необхідної економічності процесу. Відповідно до ряду проведених експериментальних досліджень можна відзначити, що при виконанні

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вищенаведених умов переважно використовуються круги із зернами зернистістю 80/63 - 125/100”.

Встановлено, що зі збільшенням концентрації зерен також збільшується кількість активних зерен, які беруть безпосередню участь у процесі різання, в наслідок чого покращується ріжуча здатність шліфувального круга, зменшуються сили різання і температура в зоні різання.

Оптимальною є така концентрація зерен, при якій питома витрата абразиву є мінімальною. Встановлено, що при обробленні твердих матеріалів вища зносостійкість абразивних інструментів забезпечується при максимальній концентрації ріжучих зерен.

В процесі різання шліфувальний круг самозаточується шляхом часткового або повного випадання зношених абразивних зерен, що з'єднані між собою м'якшим матеріалом - зв'язкою.

При створенні шліфувальних кругів для оброблення плоских поверхонь були поставлені у роботі [28] такі завдання:

- “1) забезпечити простоту конструкції та стабільність роботи;
- 2) використовувати стандартні шліфувальні круги;
- 3) максимальні результуючі швидкості різання не повинні перевищувати швидкості, що допускаються ДСТУ для даних кругів;
- 4) мінімізувати число канавок.”

Поставлене завдання вирішене за рахунок проектування комбінованого шліфувального круга (рис. 1.5). [28] “Абразив 1 кріпиться до планшайби 2 та фланця 3, які містить ряд отворів під кріпильні гвинти та сопла. Конструктивно абразив кріпиться до планшайби та фланця за допомогою гвинтів 6 та гайок 7.”

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

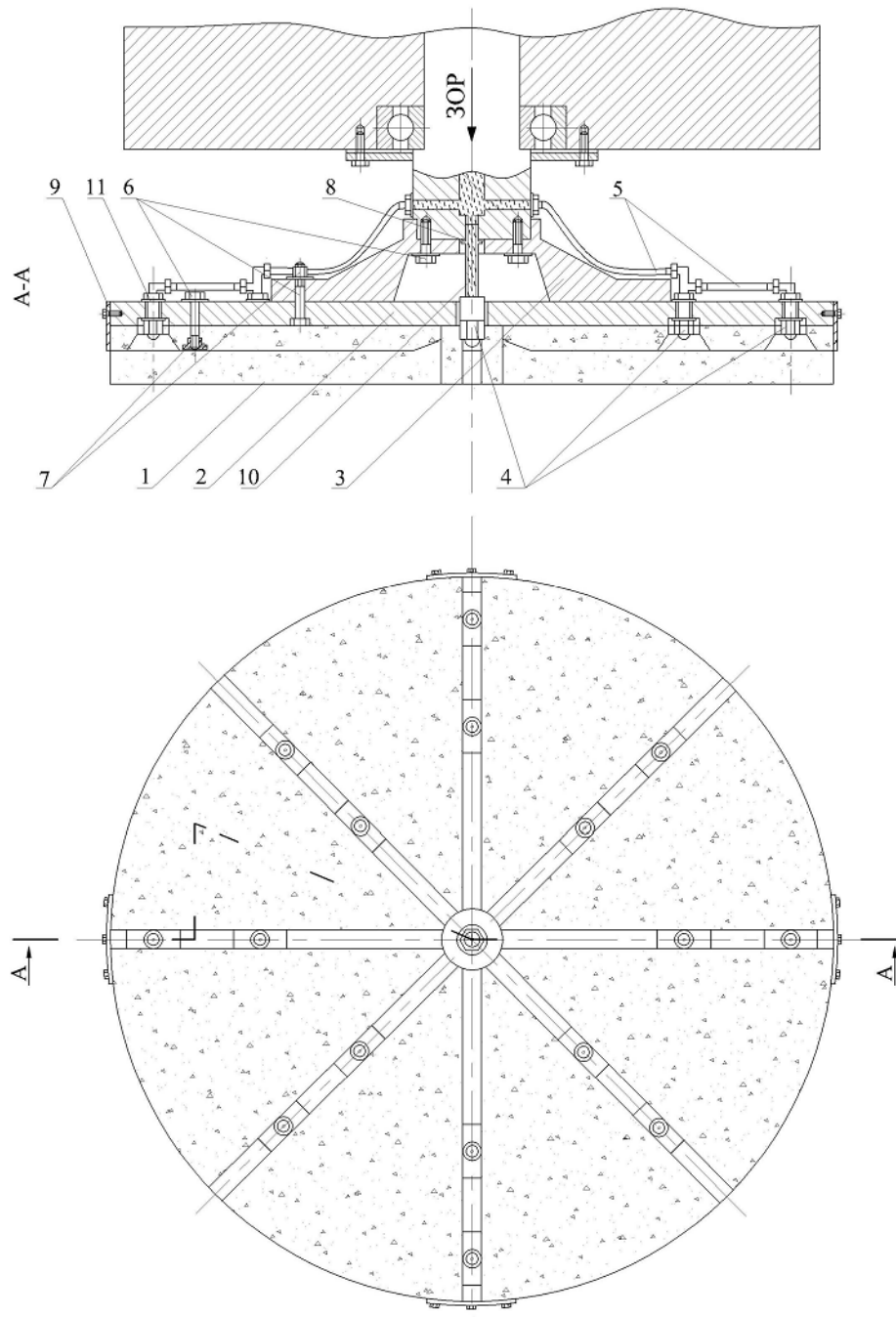


Рисунок 1.5 - Переривчастий шліфувальний круг з подачею ЗОР  
через канавки круга: [28]

“1- абразив; 2 - планшайба; 3 - фланець; 4 - розпилювач; 5 - трубопровід;  
6 - гвинт, 7 - гайка; 8 - ущільнювач; 9 - балансир; 10 - штуцер; 11 – шайба”

“На планшайбі між канавками міститься ряд сопел 4, які забезпечують подачу ЗОР через отвори в абразиві безпосередньо в зону різання та рівномірне її розпилення на шляху проходження заготовки. Розпилювачі розташовані симетрично зі зміщенням, що дає змогу створити зону перекриття при

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

мінімальній їх кількості. Для балансування круга застосовуються балансири 9.”

## 1.2. Висновки та постановка задач на дипломну роботу магістра

Проведений аналіз результатів досліджень та конструктивних моделей шліфувальних кругів, що використовуються в процесі плоского шліфування показав, що даний метод можна широко використовувати при обробці поверхонь деталей машин, що виготовляються з матеріалів, які важко обробляти. Внаслідок особливостей та різноманітних конструкційних виконань шліфувальних кругів їх технологічні можливості використовуються не достатньо. Необхідність та актуальність виконання даної дипломної роботи полягає в забезпеченні в машинобудуванні і механічній обробці високої якості та продуктивності плоского шліфуванні при забезпеченні останніх досягнень показників ефективності.

У дипломній роботі слід вирішити такі завдання:

1. Спроекувати функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструменту для плоского шліфування поверхні заготовки.
2. Провести лабораторні дослідження для визначення потужності на шпинделі плоскошліфувального верстата.
3. Провести експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після процесу шліфування.
4. Виконати дослідження силових параметрів процесу шліфування звичайним кругом, та шліфувальними кругами із канавками.
5. Встановити кількісний показник ефективність процесу шліфування.
6. Провести експериментальні дослідження щодо встановлення впливу формування канавок на шліфувальному крузі на його зношування.
7. Вдосконалити існуючий технологічний процес виготовлення корпусу ЖИЦД 732131.002.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Програма експериментальних досліджень обробки поверхні заготовки шліфувальним кругом з канавками на циліндричній поверхні

Згідно теми та мети дипломної роботи та поставлених задач, а також проведеного літературного огляду, програма експериментальних досліджень включає наступні етапи:

1. Спроекувати функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструменту для плоского шліфування поверхні заготовки.

2. Провести лабораторні дослідження для визначення потужності на шпинделі плоскошліфувального верстата, яку визначити залежно від глибини різання та геометричних параметрів канавок шліфувальних кругів. Для порівняння також визначати потужність при шліфуванні звичайним кругом без канавок.

3. Провести експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після процесу шліфування від глибини різання та площі канавок на шліфувальному крузі.

4. Виконати дослідження силових параметрів процесу шліфування звичайним кругом, та шліфувальними кругами із канавками, що займають 30%, 40%, та 50% площі круга відповідно.

5. Встановити кількісним показником ефективність процесу шліфування на основі питомої енергії шліфування, яка визначається як відношення кількості витраченої енергії на одиницю об'єму зрізаного металу.

6. Провести експериментальні дослідження щодо встановлення впливу формування канавок на шліфувальному крузі на його зношування із

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>						
<i>Реценз.</i>					ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА							



визначенням залежності сили шліфування, потужність шліфування та шорсткість обробленої поверхні від об'єму зрізаного матеріалу при використанні різних шліфувальних кругів: звичайного шліфувального круга та із площею канавок на шліфувальному крузі 50%.

## **2.2. Методика експериментальних досліджень процесу шліфування звичайним кругом та кругами з канавками**

Дослідження багатьох авторів показали, що використання шліфувальних кругів із канавками може значно покращити процес плоского шліфування периферією круга. Тому подальші дослідження направлені на встановлення впливу геометричних параметрів канавок шліфувального круга на енергосилові характеристики процесу та шорсткість оброблених поверхонь.

З метою відносного порівняння при експериментальних дослідженнях використовувались звичайні шліфувальні круги та шліфувальні круги із канавками, що були розміщені на периферії круга під кутом відносно його вісі обертання. В процесі досліджень змінювали глибину різання від 0,9 мм до гранично допустимої глибини шліфування, при якій виникало припалювання обробленої поверхні та значно погіршувалась якість обробленої поверхні. На поверхні круга нарізались напівциліндричні канавки радіусом 1,5 мм. При цьому площа циліндричної поверхні круга, на якій були нарізані канавки складала 30%, 40% та 50%. Для формування канавок використовувалась спеціальна алмазна насадка. Для збільшення площі розміщення канавок збільшувалась частота розміщення канавок на периферії шліфувального круга.

На рис. 2.1 представлено схему експериментальної установки. При дослідженнях вимірювались потужність шліфування та сили різання. Потужність шліфування вимірювалась на основі одержаних значень напруги та сили струму, які подаються до двигуна шпинделя верстата, застосовуючи

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частотний перетворювач Altivar. Сили різання при шліфуванні вимірювались трьохкомпонентним динамометром Kistler.

Також протягом проведення експерименту шліфування відбувалось вимірювання поверхневої шорсткості заготовки за допомогою профілограф-профілометра. Спочатку відбувалось вимірювання висоти заготовки з точністю до 0,01 мм для перевірки глибини різання. Будь-які ознаки, що глибина різання була меншою ніж встановлена свідчать про зношення шліфувального круга або його руйнування.

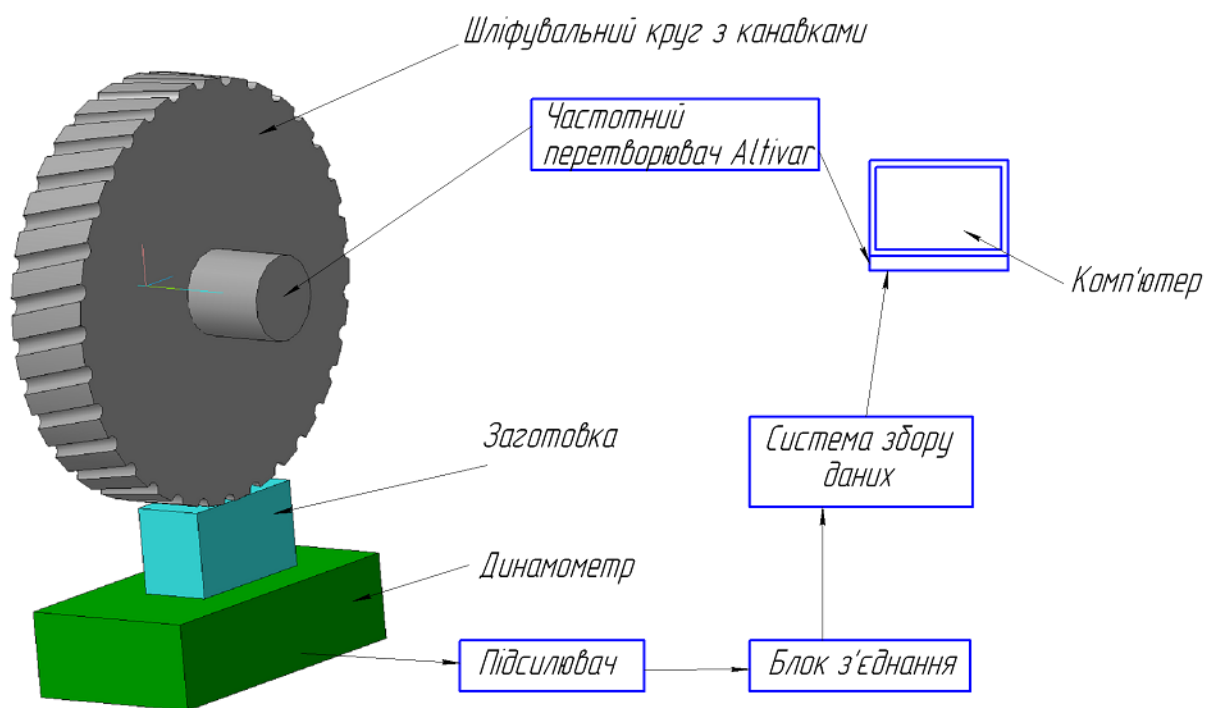


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення експериментальної установки

Крім цього проводилась візуальна перевірка поверхні різання шліфувального круга після кожного експерименту на наявність будь-яких ознак руйнування абразивів. Після цього відбувалось вимірювання поверхневої шорсткості заготовки, застосовуючи профілограф-профілометр. Поверхневу шорсткість вимірювали за показником середнього відхилення шорсткості  $R_a$ .

При цьому використовувався шліфувальний круг 14А-40Н МЗ-СМ1 К5-6 на основі електрокорунду, розміри заготовки склали довжина 140 мм, ширина

10 мм, висота 20 мм з постійними режимами шліфування. Швидкість шліфувального круга складала 25 м/с, при цьому величина подачі дорівнювала 1,8 мм/с.

При цих дослідженнях здійснювались дві серії експериментів, при яких використовували шліфувальні круги з канавками та без них.

Перед здійсненням експерименту шліфування відбувалось вирівнювання заготовки а також правлення шліфувального круга за допомогою одноточкового алмазного інструмента для правлення.

Процес шліфування спочатку здійснювався на одній заготовці, використовуючи одну шліфувальну кромку. Після завершення експерименту із звичайним шліфувальним кругом, відбувалось формування канавок із визначеною геометрією на цьому крузі. Потім експериментальне дослідження процесу шліфування проводили на іншій заготовці, використовуючи другу сторону шліфувального круга.

### **2.3. Результати експериментальних досліджень**

На рисунку 2.2 представлено результати експериментальних досліджень потужності на шпинделі плоскошліфувального верстата, яку вимірювали залежно від глибини різання та геометричних параметрів канавок шліфувальних кругів. Для порівняння також визначалась потужність при шліфуванні звичайним кругом без канавок. При цьому із рис. 2.2 встановлено, що при зростанні глибини шліфування відбувається зростання спожитої потужності на шпинделі верстата, що слід було очікувати. Також видно, що для усіх випадків шліфувальних кругів із канавками потрібна менша потужність на виконання процесу різання, крім цього шліфувальні круги з канавками дозволяють досягати більшої глибини різання (визначається припалювання заготовки, або пошкодженням шліфувального круга, що супроводжується різким зростанням потужності шліфування), ніж при використанні звичайних шліфувальних кругів.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

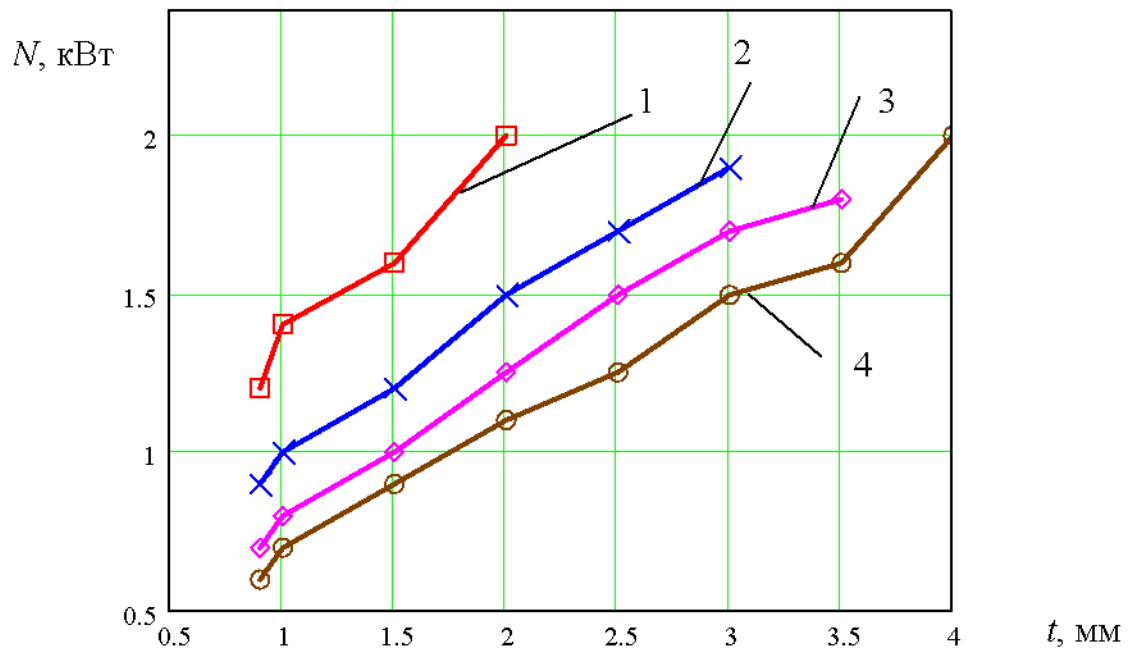


Рисунок 2.2 – Графіки залежності потужності шліфування від глибини різання при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 30%; 3) площа канавок на шліфувальному крузі 40%; 4) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

Із графіків рисунка 2.2 також видно, що у порівнянні із звичайними шліфувальними кругами, відбувається зниження спожитої потужності на 25% при використанні шліфувальних кругів із канавками, що займали площу 30%, при використанні кругів із площею канавок 40% та 50%, відбувалось відповідне зменшення спожитої потужності на 40% та 45%. Також із рисунка бачимо, що максимально досяжна глибина шліфування для звичайного шліфувального круга становила 2 мм. При використанні шліфувальних кругів із канавками, що займали площу 30% ця глибина шліфування становила 3 мм. При цьому приріст глибини різання становив 66%. Максимально досяжна глибина шліфування для шліфувального круга з площею канавок 40% становила 3,5мм, а із площею канавок 50% цей показник складав 4 мм, що дозволяло забезпечувати

можливість підвищувати глибину різання у 1,75 та 2 рази відповідно.

Також проводилось дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після процесу шліфування. Залежність шорсткості поверхні від глибини різання представлено на рис. 2.3. При використанні звичайного шліфувального круга забезпечувалась достатня середня шорсткість поверхні, проте цей процес був обмежений глибиною різання 2 мм як наслідок припалювання поверхні заготовки.

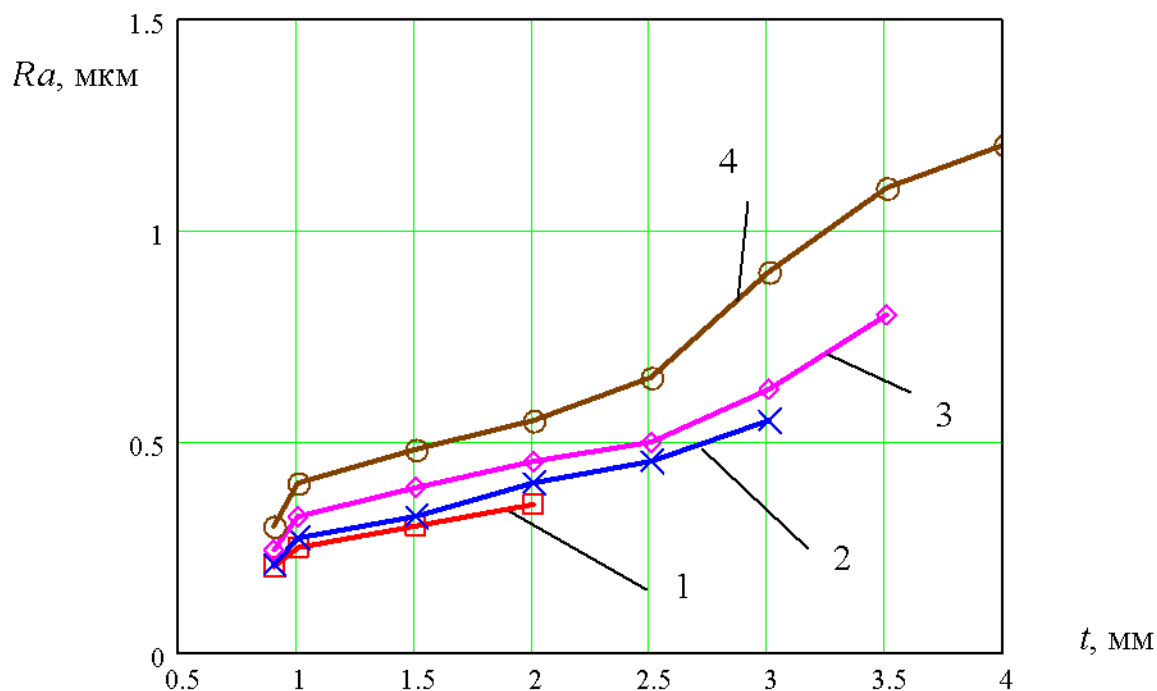


Рисунок 2.3 – Графіки залежності шорсткості обробленої поверхні після шліфування від глибини різання при використанні різних шліфувальних кругів:

- 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 30%; 3) площа канавок на шліфувальному крузі 40%; 4) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

При зростанні глибини різання також зростала шорсткість обробленої поверхні, проте вона не перевищила допустимого рівня для процесу чорнового плоского шліфування, що дорівнює 1,5 мкм.

Крім цього проведено дослідження силових параметрів процесу

шліфування звичайним кругом, та шліфувальними кругами із канавками, що займали 30%, 40%, та 50% відповідно площі круга. Побудовано відповідні графіки, які представлено на рис. 2.4 та 2.5. Встановлено, що при зростанні глибини різання також зростають тангенціальна та радіальна сили різання, при цьому чим більша площа канавок на шліфувальному крузі, тим меншими є сили різання.

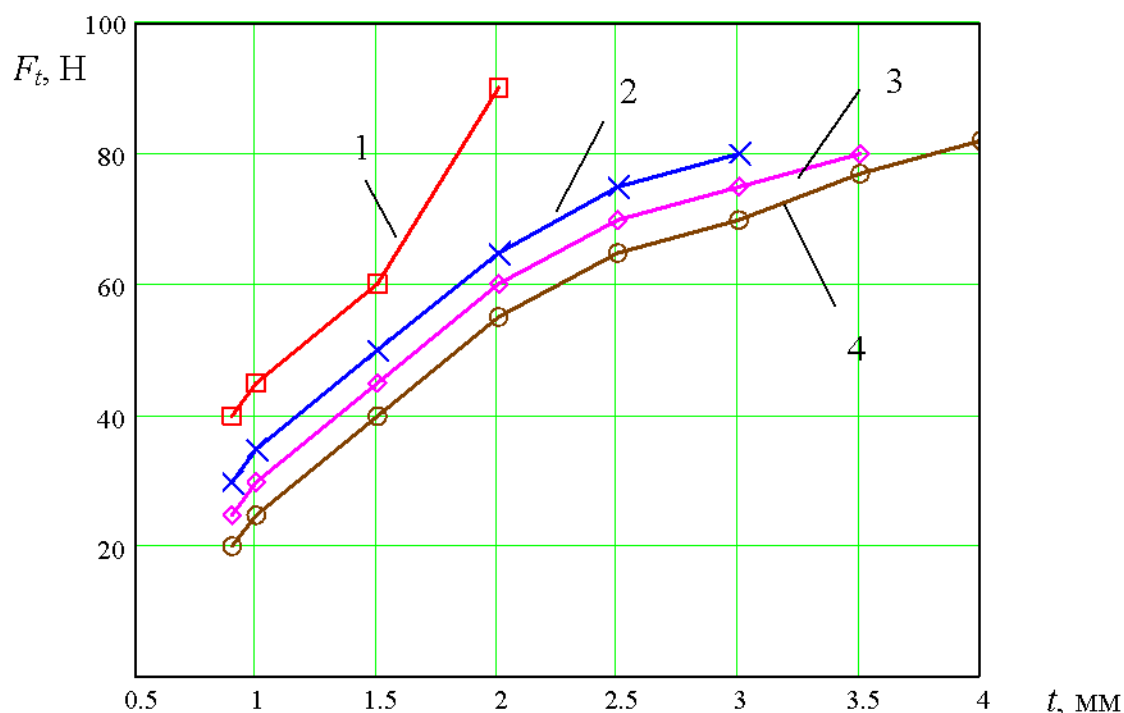


Рисунок 2.4 – Графіки залежності тангенціальної сили різання в процесі шліфування від глибини різання при використанні різних шліфувальних кругів:

- 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 30%; 3) площа канавок на шліфувальному крузі 40%; 4) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

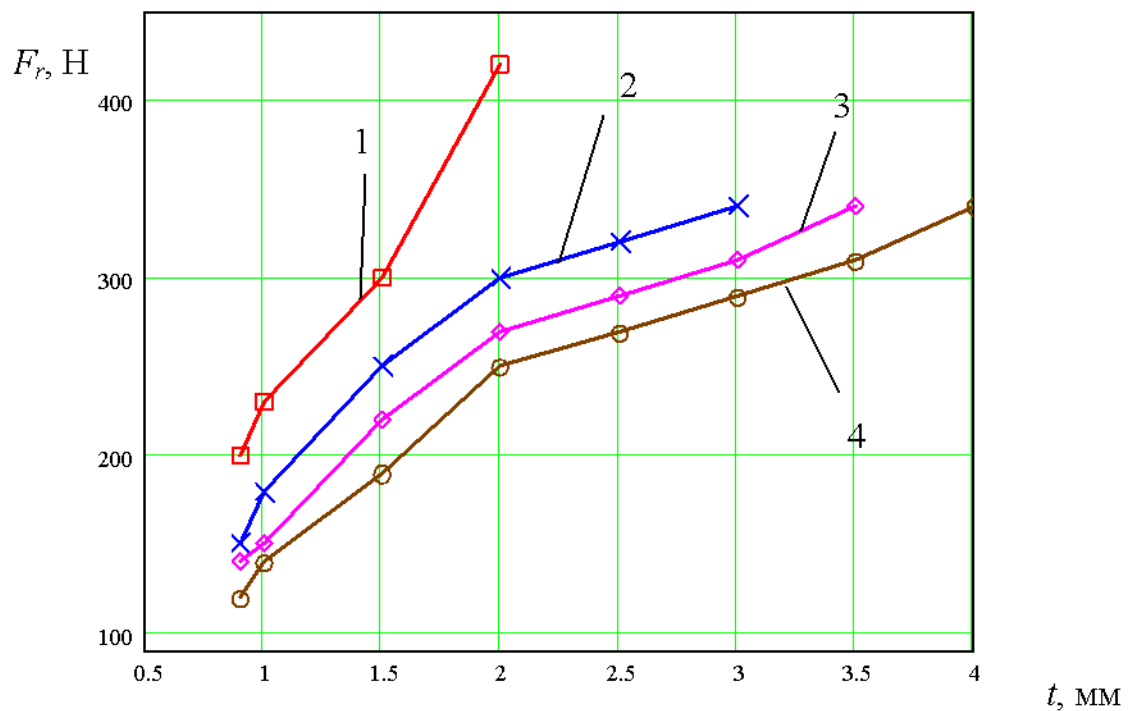


Рисунок 2.5 – Графіки залежності радіальної сили різання в процесі шліфування від глибини різання при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 30%; 3) площа канавок на шліфувальному крузі 40%; 4) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

На основі одержаних вище даних знайдено співвідношення між тангенціальною силою різання та радіальною силою різання як функцію глибини різання для звичайного шліфувального круга та для кругів, на поверхні яких розміщено канавки. Встановлено, що таке співвідношення зростає при збільшенні глибини різання для у всіх випадків, проте чим більшою є площа канавок на шліфувальному крузі, тим більшим є таке співвідношення. Це також є позитивним параметром при шліфуванні, оскільки це означає, що більша частина сили різання направлена на процес різання металу, тоді як менше сили витрачається для подолання тертя, а це в свою чергу підвищує ефективність процесу шліфування. Можна встановити, що збільшення площі канавок на периферії шліфувального круга підвищує ефективність процесу шліфування.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

Також відомим кількісним показником ефективності процесу шліфування є питома енергія шліфування, яка визначається як відношення кількості витраченої енергії на одиницю об'єму зрізаного металу. На графіках рис. 2.6 представлено залежність питомої енергії шліфування від швидкості зрізування металу для чотирьох різних шліфувальних кругів. Із рисунка видно, що шліфування поверхні із застосування шліфувальних кругів із канавками є ефективнішим ніж шліфування звичайними кругами.

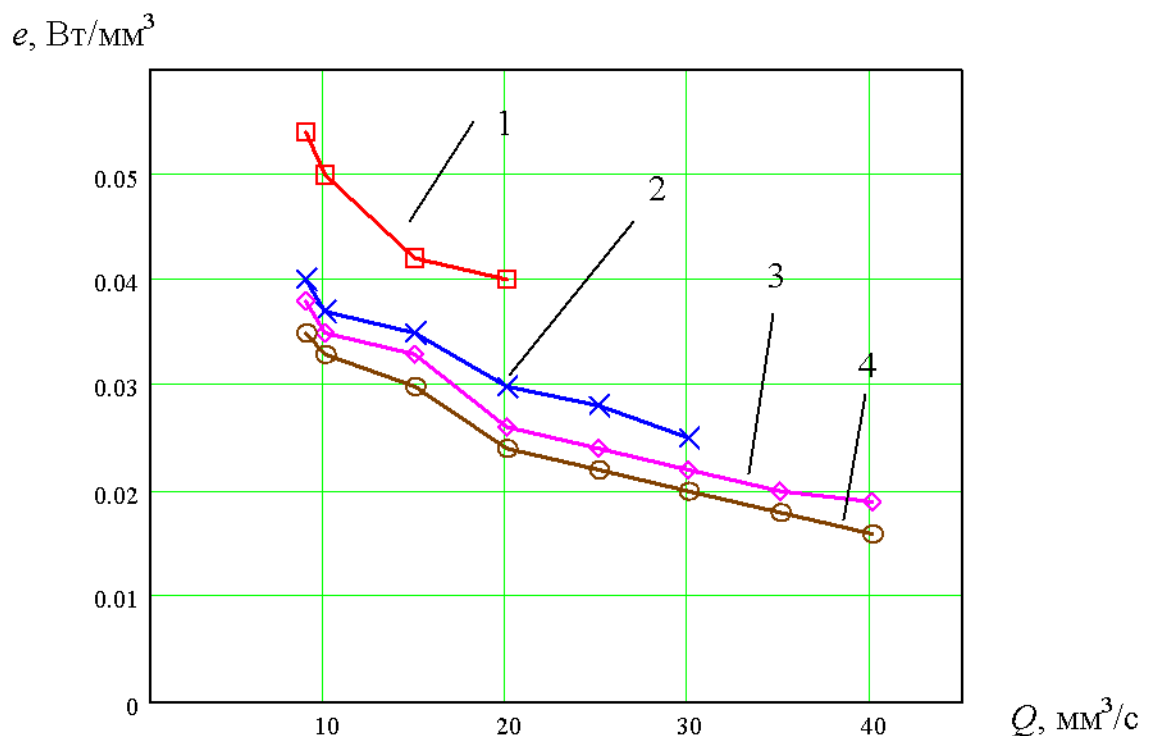


Рисунок 2.6 – Графіки залежності питомої енергії шліфування від продуктивності різання при використанні різних шліфувальних кругів:  
 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 30%; 3) площа канавок на шліфувальному крузі 40%; 4) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

Ці результати співпадають із співвідношеннями між тангенціальною силою різання та радіальною силою різання. Також збільшення об'єму зрізаного матеріалу за одиницю часу призводить до покращення ефективності процесу шліфування. Таке явище можна пояснити зростанням відстані між зернами, що



беруть участь в процесі різання при нарізанні канавок на циліндричній поверхні круга. Так, встановлено, що при площі канавок 30% ефективність процесу зростає на 33% порівняно із звичайним шліфувальним кругом, тоді як ефективність при площі канавок 40% та 50% зростає на 48% та 55 % відповідно.

Крім цього проведені експериментальні дослідження щодо встановлення впливу формування канавок на шліфувальному крузі на його зношування. Для порівняння також використовувались звичайні шліфувальні круги та круги із площею канавок на периферії 50%. На протязі експериментальних досліджень глибина шліфування становила 1 мм, швидкість обертання шліфувального круга 25 м/с, швидкість переміщення заготовки 1,8 мм/с.

При дослідженні зношування кругів проводилось безперервне шліфування заготовок без правлення робочої поверхні шліфувальних кругів, при цьому замірялись сили шліфування, потужність шліфування та шорсткість обробленої поверхні. Результати вимірювання сил різання та потужності використовувались для визначення типу механізму зношування кругів в процесі шліфування. Відомо, що існує три механізми зношування шліфувальних кругів: стирання, руйнування зерен і руйнування зв'язки. До зростання сил шліфування призводить тільки стирання шліфувального круга як наслідок утворення площин на поверхнях зерен.

На рисунках 2.7, 2.8 та 2.9 представлено графічні залежності спожитої потужності, тангенціальної та радіальної сил різання від кількості зрізаного металу для звичайного шліфувального круга та круга із канавками. Із рисунків видно, що потужність та сили різання зростають при зрізуванні більшої кількості металу, що свідчить до зростання кількості площин на зернах круга. Також при використанні кругів із канавками витрачається менша потужність різання та заміряно менші сили різання ніж при використанні звичайних шліфувальних кругів.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

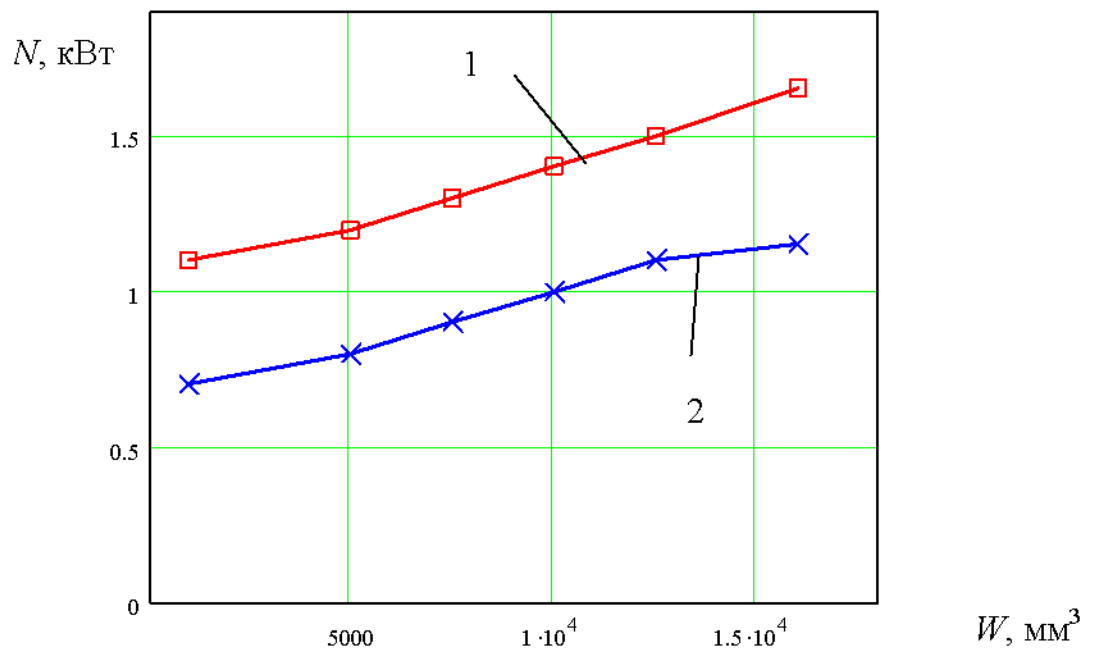


Рисунок 2.7 – Графіки залежності потужності шліфування від об'єму зрізаного матеріалу при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

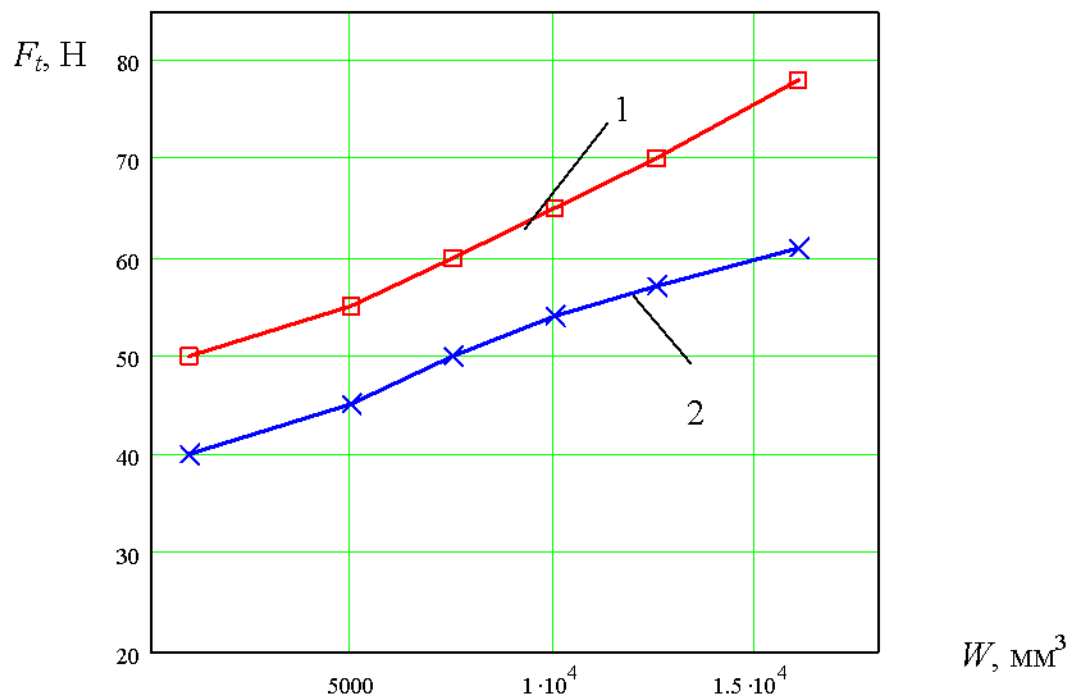


Рисунок 2.8 – Графіки залежності тангенціальної сили різання від об'єму зрізаного матеріалу при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

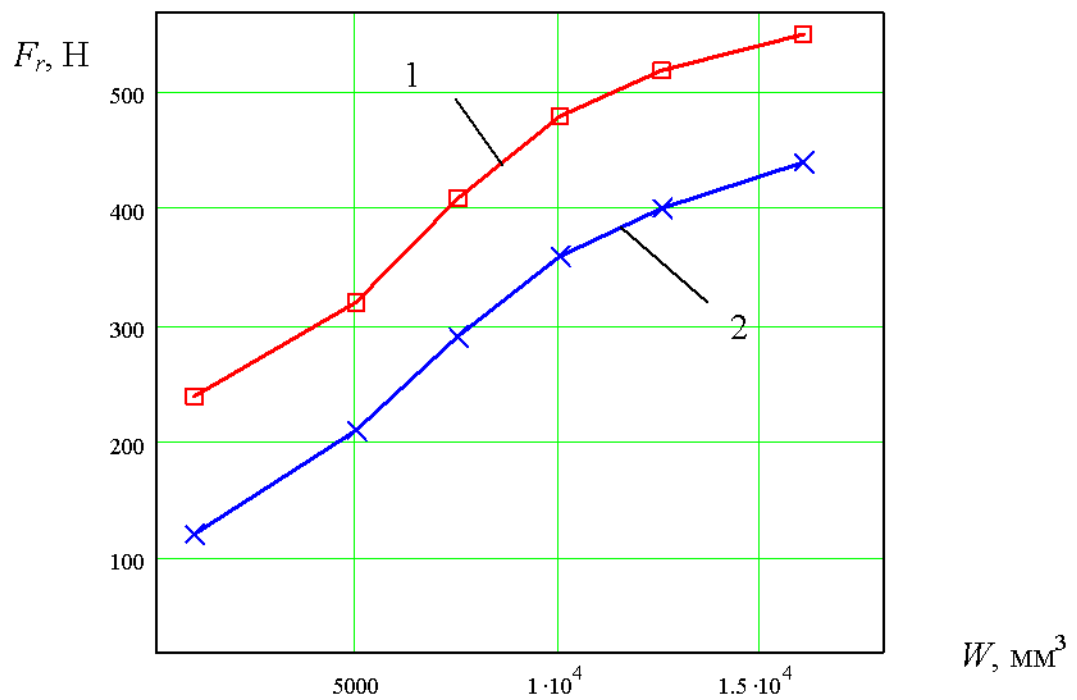


Рисунок 2.9 – Графіки залежності радіальної сили різання від об'єму зрізаного матеріалу при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

Також швидкість зростання потужності шліфування та сил різання є більшою для звичайних шліфувальних кругів ніж для кругів із канавками. На основі цих результатів можна встановити, що формування канавок на периферії шліфувального круга не тільки не пришвидшує процес його зношування, але й сповільнює його.

На рис. 2.10 представлено графічні залежності шорсткості обробленої поверхні від кількості зрізаного металу при використанні звичайного шліфувального круга та круга із канавками. При використанні шліфувального круга із канавкою шорсткість обробленої поверхні є вищою, ніж при використанні звичайного шліфувального круга, проте величина такої шорсткості є достатньою для забезпечення середньої якості шліфування.

Із графіків нарис. 2.8 та 2.9 можна побачити, що при збільшенні зношування шліфувальних кругів відбувається зниження співвідношення між силами різання. Це свідчить про те, що відбувається затуплення ріжучих кромки

із зменшенням ефективності шліфування. Шліфувальні круги із канавками забезпечують вищі показники співвідношення сил різання, що підтверджує їх перевагу над звичайними шліфувальними кругами. Швидкість зниження співвідношення сил різання приблизно однакова, що підтверджує факт, що нарізання канавок на поверхні шліфувальних кругів не пришвидшує процес їх зношування.

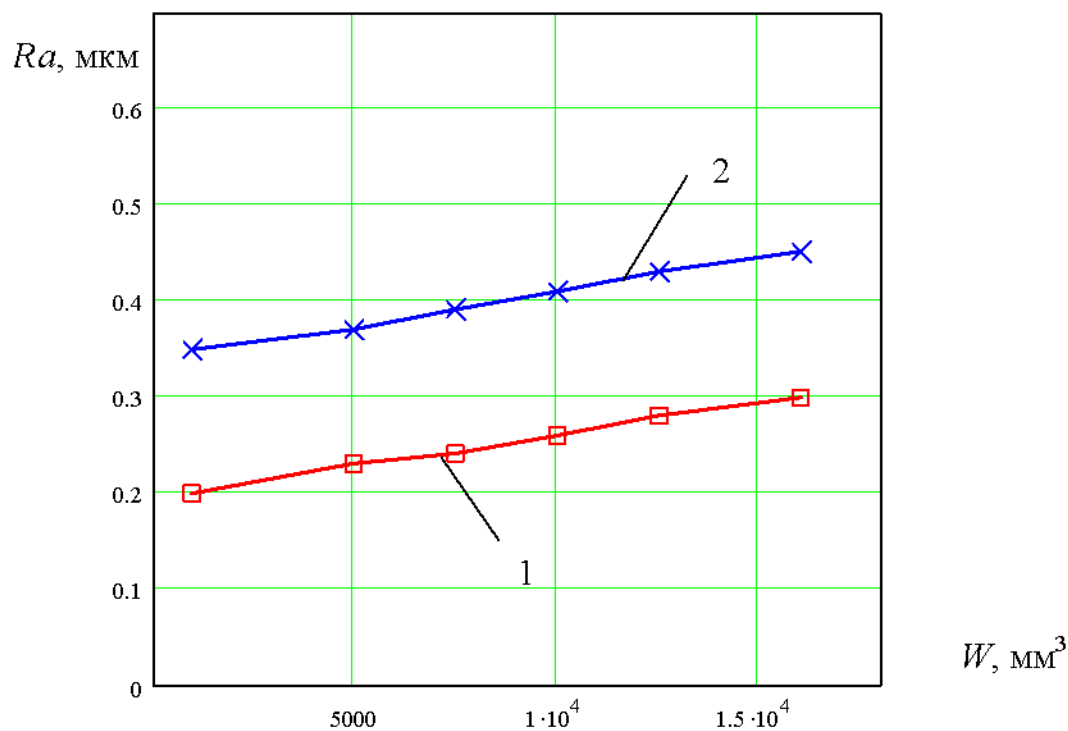


Рисунок 2.10 – Графіки залежності шорсткості шліфованої поверхні від об'єму зрізаного матеріалу при використанні різних шліфувальних кругів: 1) звичайний шліфувальний круг; 2) площа канавок на шліфувальному крузі 50%

Покращення, що досягненні в процесі шліфування кругами із канавками, отримані внаслідок того, що через канавки потрапляє більше мастильно-охолоджуючого середовища у зону шліфування, а також товщина стружки при цьому процесі є більшою ніж при використанні звичайних шліфувальних кругів.

## 2.4. Висновки

У цьому розділі представлено програму та методику проведення експериментів та їх результати. Початкові дослідження шліфувального круга із канавками вказують на потенційні вдосконалення операції плоского шліфування.

В представленому розділі проведено дослідження процесу плоского шліфування кругами із нарізаними на периферії канавками з різною частотою, а відповідно і зайнятою площею, при цьому проведено порівняння із процесом шліфування звичайними кругами. Встановлено, що при досліджуваних режимах різання, шліфувальні круги із канавками дозволяють збільшувати глибину різання до 2 разів із зменшувати потужність шліфування до 45% у порівнянні із звичайними шліфувальними кругами, при цьому забезпечується достатня якість обробленої поверхні. Максимальна глибина різання при якій забезпечувалась достатня якість поверхні для звичайних шліфувальних кругів складала 2 мм, а для шліфувальних кругів із канавками – до 4 мм. При цьому питома енергія шліфування та співвідношення тангенціальної та нормальної сил різання, є тим меншими величинами, чим більшими є площі канавок на циліндричній поверхні круга.

Також встановлено, що утворення канавок на поверхні круга не призводить до його підвищеного зношування.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб

Деталь “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 входить до складу світильника, який призначений для загального освітлення промислових, складських приміщень (машинні зали електростанцій, підвали, тунелі та галереї транспортерів та водопроводів, коксохімічних фабрик, цементних, цегляних заводів тощо).

Основне призначення деталі “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 – взаємне розміщення елементів виробу.

У відповідності із класифікатором ЄСКД [2] деталь “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 відноситься до класу 72 – “тіла обертання із елементами зубчастого зачеплення; зігнуті із листів, стрічок; тіла обертання корпусні, опорні, ємкісні; підшипників, тощо.”

Основними поверхнями деталі для виконання службового призначення є: внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$ ; Ra2,5, яка призначена для встановлення корпуса; торцеві поверхні  $95h14_{(-0,87)}$ ; Ra12,5 призначені для точної посадки суміщених деталей (корпуса, сальника); різевий отвір  $G \frac{1}{2} - B$ ; Ra6,3; отвір  $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$ ; Ra12,5 – призначені для загвинчування сальника для вводу електрокабеля; різеві отвори M6-7H; Ra6,3 та M4-7H; Ra6,3 – кріпильні отвори.

Всі решта поверхонь є другорядними.

Результати аналізу зводимо в таблицю 3.1.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ зр. МТм -61</i>		

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	Торцева поверхня 95h14 <sub>(-0,87)</sub>	14	Ra12,5
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$	9	Ra2,5
3	Внутрішня торцева поверхня 6 $\pm$ 0,3	14	Ra6,3
4	Внутрішня радіусна поверхня R16,4	14	Ra12,5
5	Зовнішня плоска поверхня 46 $\pm$ 0,3	14	Ra12,5
6, 17, 20	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3
7, 18, 21	Внутрішня фаска 0,5 $\times$ 45°	14	Ra12,5
8, 19, 22	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3
9, 12	Отвір під різь М6-7Н	12	Ra6,3
10, 13	Внутрішня фаска 1 $\times$ 45°	14	Ra12,5
11, 14	Внутрішня різева поверхня М6-7Н	12	Ra6,3
15	Отвір під різь G $\frac{1}{2}$ – В $\varnothing 18,75^{+0,28}$	12	Ra12,5
16	Різь трубна циліндрична G $\frac{1}{2}$ – В, l=16	7	Ra6,3
23	Отвір $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$	14	Ra12,5
24	Внутрішня фаска 120° $\pm$ 50'	14	Ra12,5
25	Внутрішня фаска 1,6 $\times$ 45°	14	Ra12,5
26	Торцева поверхня 95h14 <sub>(-0,87)</sub>	14	Ra12,5
27, 30	Отвір під різь М4-7Н, l=6	12	Ra6,3
28, 31	Внутрішня фаска 0,5 $\times$ 45°	14	Ra12,5
29, 32	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3

Деталь “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 виготовляється з алюмінієвого сплаву

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

AK12 ГОСТ 1583-89. Згідно [3] “за призначенням цей сплав відноситься до групи сплавів, які вирізняються високою герметичністю. За хімічним складом в залежності від основного легуючого елементу – кремнію, середній відсотковий вміст якого становить 12%, сплав AK12 1583-89 відноситься до першої системи: Al-Si-Mg”.

У таблицях представлено хімічний склад та механічні властивості даного матеріалу згідно [3] С. 224, табл. 98.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сплаву AK12 ГОСТ 1583-93, %

Алюміній	Кремній	Кальцій	Титан	Мідь	Цинк	Магній	Цирконій
		не більше					
основа	10-13	0,08	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сплаву AK12 ГОСТ 1583-93

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\sigma_p$ , МПа	Відносне видовження, %	Твердість, НВ
в кокіль	–	2,55-2,6	157	2,0	50
під тиском	–		157	1,0	50
в кокіль	відпал		147	3,0	50
під тиском	відпал		147	2,0	50

### 3.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Для розрахунку показників технологічності згідно ГОСТ 14.205-83 використовуємо дані таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Кількісні показники технологічності

Назва поверхні. Позначення на кресленні	К-кість пов.	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості по ГОСТ 2789-73	Клас шорсткості (чистоти поверхні)
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 95h14 <sub>(-0,87)</sub>	1	-	14	Ra12,5	3



Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H9(^{+0,074})$	1	1	9	Ra2,5	5
Внутрішня торцева поверхня $6\pm 0,3$	1	-	14	Ra6,3	4
Внутрішня радіусна поверхня R16,4	1	-	14	Ra12,5	3
Зовнішня плоска поверхня $46\pm 0,3$	1	-	14	Ra12,5	3
Отвір під різь М4-7Н	3	3	12	Ra6,3	4
Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	3	3	14	Ra12,5	3
Внутрішня різева поверхня М4-7Н	3	3	7	Ra6,3	4
Отвір під різь М6-7Н	2	2	12	Ra6,3	4
Внутрішня фаска $1\times 45^\circ$	2	2	14	Ra12,5	3
Внутрішня різева поверхня М6-7Н	2	2	7	Ra6,3	4
Отвір під різь $G \frac{1}{2} - B \varnothing 18,75^{+0,28}$	1	1	12	Ra12,5	3
Різь трубна циліндрична $G \frac{1}{2} - B, l=16$	1	1	7	Ra6,3	4
Отвір $\varnothing 14H14(^{+0,43})$	1	1	14	Ra12,5	3
Внутрішня фаска $120^\circ \pm 50'$	1	1	14	Ra12,5	3
Внутрішня фаска $1,6\times 45^\circ$	1	1	14	Ra12,5	3
Отвір під різь М6-7Н; 9 min	1	1	14	Ra12,5	3
Торцева поверхня $95h14(-0,87)$	2	-	12	Ra6,3	4
Отвір під різь М4-7Н, l=6	2	2	14	Ra12,5	3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Внутрішня фаска 0,5×45°	2	2	12	Ra6,3	4
Разом:	32	26			

Коефіцієнт точності обробки

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 15 + 12 \cdot 10 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 6}{32} = 11,9;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{11,9} = 0,92.$$

При  $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$  корпус технологічний.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (3.2)$$

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 16 + 3 \cdot 15}{32} = 3,56,$$

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{3,56} = 0,28.$$

При  $K_{\text{ш.}} = 0,28 > 0,16$  корпус технологічний.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{26}{32} = 0,81, \quad (3.3)$$

При  $K_{\text{у.е.}} = 0,81 > 0,6$  корпус технологічний.

Отже, корпус є технологічним і не потребує заміни конструкції.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Аналіз типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва крупносерійний визначаємо із річної програми випуску  $N = 150000$  шт. і маси деталі  $m = 0,241$  кг.

### 3.4. Вибір способу одержання заготовки

Порівнюємо два методи отримання заготовки:

- 1) лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям;
- 2) лиття під тиском.

Згідно таблиці [7] С. 57, табл. Е 8.2 встановлюємо класи точності розмірів і мас, ряд припусків по ГОСТ 26645-85.

Отже, для лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3. Для лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1.

Загальні табличні припуски узагальнено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3.				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	4,4	$6,0 \times 2 = 12,0$	$\varnothing 60 \pm 2,2$
Торцева поверхня $95h14_{(-0,87)}$	Ra12,5	4,4	$5,0 \times 2 = 10,0$	$105 \pm 2,2$
Отвір $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$	Ra12,5	2,8	–	–
Зовнішня поверхня $46 \pm 0,3$	Ra12,5	4,0	4,2	$50,2 \pm 2,0$

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5
Внутрішня радіусна поверхня R16,4	Ra12,5	3,2	4,2	R12,2±1,6
2) лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	1,1	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 68 \pm 0,55$
Торцева поверхня 95h14 $(-0,87)$	Ra12,5	1,1	$1,2 \times 2 = 2,4$	$97,4 \pm 0,55$
Внутрішня торцева поверхня $6 \pm 0,3$	Ra6,3	0,56	0,9	$5,1 \pm 0,28$
Отвір $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$	Ra12,5	0,7	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 12 \pm 0,35$
Зовнішня поверхня $46 \pm 0,3$	Ra12,5	1,0	1,1	$47,1 \pm 0,5$
Внутрішня радіусна поверхня R16,4	Ra12,5	0,8	1,0	$R15,4 \pm 0,4$

Об'єм та маса заготовок:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

де  $q = 0,241$  – маса деталі, кг.

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (3.5)$$

Для циліндричної форми об'єм припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}. \quad (3.6)$$

Об'єм припусків для двох методів отримання заготовки.

– лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 60^2) \cdot 5}{4} = 10990 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (72^2 - 60^2) \cdot 6}{4} = 12641,64 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 14^2 \cdot 6}{4} = 923,16 \text{ мм}^3.$$

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 18,75^2 \cdot 5}{4} = 6623,44 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = 40 \cdot 22 \cdot 4,2 = 3696 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (32,8^2 - 24,4^2) \cdot 6}{8} = 1132,53 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$\begin{aligned} V_{\text{пр}} &= 10990 + 12641,64 + 923,16 + 6623,44 + 3696 + 1132,53 = \\ &= 36006,8 \text{ мм}^3 = 36,01 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

– ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 68^2) \cdot 1,2}{4} = 1673 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (72^2 - 68^2) \cdot 6}{4} = 2637,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (68^2 - 60^2) \cdot 0,9}{4} = 723,46 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (18,75^2 - 12^2) \cdot 24}{4} = 3910,48 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (14^2 - 12^2) \cdot 6}{4} = 244,92 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = 40 \cdot 22 \cdot 1,1 = 968 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot (32,8^2 - 30,8^2) \cdot 6}{8} = 299,56 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$\begin{aligned} V_{\text{пр}} &= 1673 + 2637,6 + 723,46 + 3910,48 + 244,92 + 968 + 299,56 = \\ &= 10457,01 \text{ мм}^3 = 10,46 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

– лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям:

$$m_{\text{пр1}} = 36,01 \cdot 2,6 = 93,6 \text{ г} = 0,094 \text{ кг}.$$

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– лиття під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 10,46 \cdot 2,6 = 27,0\Gamma = 0,027 \text{ кг.}$$

Загальні маси заготовок:

– лиття в піщані форми при машинній формовці по дерев'яним моделям:

$$Q_1 = 0,241 + 0,094 = 0,335 \text{ кг.}$$

– лиття під тиском:

$$Q_2 = 0,241 + 0,027 = 0,268 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.7)$$

де  $q = 0,241$  кг – маса деталі;

$Q$  – маса заготовки, кг;

– для лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,241}{0,335} = 0,72.$$

– для лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,241}{0,268} = 0,9.$$

### 3.5. Вибір методів оброблення і технологічних баз

При обробці деталі “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 на 005 токарній напівавтоматній операції в якості пристосування використовується спеціальний двокулачковий патрон із базуванням деталі по торцю і зовнішній циліндричній поверхні.

На 010 агрегатній операції деталь базується по торцю і зовнішній циліндричній поверхні в спеціальному затискному пристрої з орієнтацією по боковому виступу.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На 015 агрегатній операції деталь базується аналогічно 010 операції. Затиск і центрування деталі на цих операціях здійснюється призмами, що приводяться в дію пневмоприводом.

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

Запропоновані маршрути обробки представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Методи і маршрути обробки поверхонь деталі

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Торцева поверхня 95h14 <sub>(-0,87)</sub>	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця поперечною подачею	Фрезерування торцеве
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$	9	Ra2,5	1) Напівчистове розточування 2) Чистове розточування	—
3	Внутрішня торцева поверхня 6±0,3	14	Ra6,3	1) Чорнове підрізання торця поперечною подачею 2) Напівчистове підрізання торця поперечною подачею	—

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
4	Внутрішня радіусна поверхня R16,4	14	Ra12,5	Зенкерування	Фрезерування кінцевою фрезою
5	Зовнішня поверхня 46±0,3	14	Ra12,5	Фрезерування торцевою фрезою	Фрезерування циліндричною фрезою
6, 17, 20	Отвір під різь М4-7Н	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління
7, 18, 21	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при центруванні
8, 19, 22	Внутрішня різева поверхня М4-7Н	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	–
9, 12	Отвір під різь М6-7Н	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління
10, 13	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при центруванні
11, 14	Внутрішня різева поверхня М6-7Н	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	–

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.



## Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
15	Отвір під різь $G \frac{1}{2} - B$ $\varnothing 18,75^{+0,28}$	13	Ra12,5	Свердління	Розсвердлювання
16	Різь трубна циліндрична $G \frac{1}{2} - B, l=16$	13	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
23	Отвір $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$	14	Ra12,5	Свердління	Розсвердлювання
24	Внутрішня фаска $120^{\circ} \pm 50'$	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні
25	Внутрішня фаска $1,6 \times 45^{\circ}$	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом або розточування
26	Торцева поверхня $95h14_{(-0,87)}$	14	Ra12,5	Напівчистове підрізання торця поперечною подачею	Обробка спец. інструментом
27, 30	Отвір під різь M4-7H, l=6	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1) Центрування 2) Свердління
28, 31	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^{\circ}$	14	Ra12,5	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом при свердлінні або утворення при centruванні
29, 32	Внутрішня різьова поверхня M4-7H	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—

В проектному варіанті пропонується операцію 005 токарно-гвинторізму, що виконується на універсальному токарно-гвинторізному верстаті замінити на 005 токарну напівавтоматну, а всі вертикально-свердлильні, різьонарізні та фрезерні

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

операції виконувати на спеціальних агрегатних верстатах замість універсального обладнання.

005 Токарна напівавтоматна

1. Підрізання остаточне торця 1 з поперечного супорта.
2. Розточування попереднє отвору 2 з підрізанням торця 3 з поздовжнього супорта.
3. Розточування остаточне отвору 2 з підрізанням торця 3 з поздовжнього супорта на токарному чотиришпindelному напівавтоматі 1Б240П-4К.

010 Агрегатна

Позиція II. Свердління двох отворів 17, 20 з формуванням двох фасок 18, 21 одночасно з силової головки IIa.

Позиція III. Підрізка торця 26 з формуванням внутрішньої фаски 25 з силової головки IIIa.

Позиція IV. Розсвердлювання отворів 23, 15 з формуванням фаски 24 з силової головки IVa.

Позиція V. Нарізання різі 19, 22 в двох отворах одночасно з силової головки Va.

Позиція VI. Нарізання різі 16 з силової головки VIa.

На спеціальному агрегатному верстаті мод. 2ХА4625.

015 Агрегатна

Позиція II. Свердління двох отворів 9, 12 з формуванням двох фасок 10, 13 одночасно з силової головки IIa.

Позиція III. Свердління двох отворів 27, 30 з формуванням двох фасок 28, 31 одночасно з силової головки IIIa; свердління отвору 6 з формуванням фаски 7 одночасно з силової головки IIIб.

Позиція IV. Нарізання різі 11, 14 в двох отворах одночасно з силової головки IVa.

Позиція V. Нарізання різі 29, 32 в двох отворах одночасно з силової головки Va; нарізання різі 8 в отворі з силової головки Vб одночасно.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція VI. Зенкерування радіусної поверхні 4 з силової головки VIa.

На спеціальному агрегатному верстаті мод. 2ХА4626.

Операція 020. Вертикально-фрезерна

Фрезерування плоскої поверхні 5 на вертикально-фрезерному верстаті мод. ЛГ-27.

Операція 025 Контроль.

Формуємо таблицю 3.7 технологічного обладнання та оснащення.

Таблиця 3.7 – Вибір обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Токарна напівавтоматна	Токарний горизонтальний чотири шпindel-ний напівавтомат мод. 1Б240П-4К	Патрон спеціальний з гідрозатиском із базуванням деталі по зовнішній циліндричній поверхні з упором в торець
010	Агрегатна	Агрегатний верстат мод. 2ХА4625	Пристрій спеціальний з пневмозатиском із базуванням по зовнішній циліндричній поверхні на призми з упором в торець
015	Агрегатна	Агрегатний верстат мод. 2ХА4626	Пристрій спеціальний з пневмозатиском із базуванням по зовнішній циліндричній поверхні на призми з упором в торець
020	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат мод. ЛГ-27	Пристрій спеціальний трьохмісний із базуванням деталі по зовнішній циліндричній поверхні на призми із упором в торець з пневмозатиском
025	Контроль		Стіл контролера

### 3.7. Визначення припусків на оброблення і розмірів заготовки

Знаходимо припуски за формулою [8]:

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}). \quad (3.8)$$

Даний розрахунок ми проведемо для внутрішньої поверхні  $\varnothing 72H9(^{+0,074})$ ;  
Ra 2,5.

Технологічні переходи обробки цієї поверхні наступні:

1. Розточування напівчистове НІ1.
2. Розточування чистове Н9.

Заготовкою деталі “Корпус” ЖИЦД 732.131.002 є вилівок, виготовлений литтям під тиском 7 класу точності. Обробка поверхні  $\varnothing 72H9(^{+0,074})$  виконується на 005 токарній операції в патроні спеціальному з гідрозатиском із базуванням деталі по зовнішній циліндричній поверхні з упором в торець.

Визначаємо для кожного переходу:

Для розточування напівчистового:

$$R_{zi-1} = 50 \text{ мкм} \quad T_{i-1} = 100 \text{ мкм} \quad [8] \text{ С. 18, табл. А1.1.}$$

Похибка установки заготовки в патроні з гідрозатиском по необробленій поверхні буде складати:  $\varepsilon_{y1} = 150 - 150 \cdot 0,2 = 120 \text{ мкм.}$  [8] С. 21, табл. А4.1.

Просторові відхилення ливарної заготовки при встановленні в патроні по зовнішньому торцю та зовнішньому діаметру визначаємо за формулою [8] С. 25, табл. А5:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{жол.}^2 + \rho_{зм.}^2}, \quad (3.9)$$

$$\rho_{зм.} = \delta \cdot b, \quad (3.10)$$

де  $\delta = 0,3 \text{ мм}$  – допуск розміру  $b$ , мм;

$b = 4$  – товщина стінки, мм;

$$\rho_{зм.} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мм} = 1200 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{жол.} = \Delta k \cdot D, \quad (3.11)$$

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\Delta k = 0,7$  мкм/мм; [8] С. 28, табл. А6;

$D = 72$  – оброблюваний діаметр, мм;

$$\rho_{\text{жол.}} = 0,7 \cdot 72 = 50,4 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{50,4^2 + 1200^2} = 1201 \text{ мкм.}$$

Для розточування чистового:

$R_{\text{zi-2}} = 30$  мкм,  $T_{i-2} = 40$  мкм. після розточування напівчистового [8] С. 20, табл. А 3.1.

Похибку установки заготовки при чистовій обробці визначаємо за формулою [8] С. 25, табл. А5:

$$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y1} \cdot K_y, \quad (3.12)$$

де “ $K_y = 0,05$  – коефіцієнт уточнення напівчистового розточування”;

$$\varepsilon_{y2} = 120 \cdot 0,05 = 6 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення [8] С. 25, табл. А5:

$$\rho_{i-2} = \rho_{i-1} \cdot K_y, \quad (3.13)$$

де “ $K_y = 0,05$  – коефіцієнт уточнення напівчистового розточування”;

$$\rho_{i-2} = 1201 \cdot 0,05 = 60 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальні припуски для кожного переходу:

1. Для розточування напівчистового:

$$2Z_{1\text{min}} = 2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{1201^2 + 120^2}) = 2 \cdot 1360 = 2720 \text{ мкм} = 2,72 \text{ мм.}$$

2. Для розточування чистового:

$$2Z_{2\text{min}} = 2 \cdot (30 + 40 + \sqrt{60^2 + 6^2}) = 2 \cdot 130 = 260 \text{ мкм} = 0,26 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри для всіх переходів [8] С.14:

$$D_{p\ i-1} = D_{\text{max.деталі}} - 2Z_{i\text{min}}, \quad (3.14)$$

1. Для чистового розточування:

$$D_{p3} = D_{\text{max.деталі}} = 72,074 \text{ мм.}$$

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Для напівчистового розточування:

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3min.} = 72,074 - 0,260 = 71,814 \text{ мм.}$$

3. Для заготовки:

$$D_{pзг.} = D_{p1} - 2Z_{1min.} = 71,814 - 2,72 = 69,094 \text{ мм.}$$

Допуски для переходів із таблиць “Економічної точності” та таблиць ЄСДП [1] С. 78, дод. Г1.

Заготовка (7-тий клас точності розмірів)  $\rightarrow \delta_{зг.} = 1,1 \text{ мм.}$

1. Розточування напівчистове Н11  $\rightarrow \delta_2 = 0,190 \text{ мм.}$

2. Розточування чистове Н9  $\rightarrow \delta_3 = 0,074 \text{ мм.}$

Граничні розміри  $D_{max.i}$  на переходах.

Для чистового розточування:

$$D_{max.2} = 72,074 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{max.1} = 71,81 \text{ мм}$$

Для заготовки:

$$D_{max.зг.} = 69,1 \text{ мм.}$$

Граничні розміри  $D_{min.i}$  на переходах [8] С.14:

$$D_{min.i} = D_{max.i} - \delta_i, \quad (3.15)$$

Для чистового розточування:

$$D_{min.2} = 72,074 - 0,074 = 72 \text{ мм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$D_{min.1} = 71,81 - 0,19 = 71,62 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{min.зг.} = 69,1 - 1,1 = 68 \text{ мм.}$$

Розрахункові граничні значення припусків  $2Z_{i min.}$ ,  $2Z_{i max}$  [8] С.15:

$$2Z_{i max} = D_{min.i} - D_{min.i-1}, \quad (3.16)$$

$$2Z_{i min} = D_{max.i} - D_{max.i-1}, \quad (3.17)$$

Для чистового розточування:

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{2 \max} = 72 - 71,62 = 0,38 \text{ мм};$$

$$2Z_{2 \min} = 72,074 - 71,81 = 0,264 \text{ мм}.$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{1 \max} = 71,62 - 68 = 3,62 \text{ мм};$$

$$2Z_{1 \min} = 71,81 - 69,1 = 2,71 \text{ мм}.$$

Загальні припуски:

$$2Z_{\text{заг.макс.}} = \Sigma 2Z_{i \text{ макс.}}, \quad (3.18)$$

$$2Z_{\text{заг.мін.}} = \Sigma 2Z_{i \text{ мін.}}, \quad (3.19)$$

$$2Z_{\text{заг.макс.}} = 3,62 + 0,38 = 4,0 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\text{заг.мін.}} = 2,71 + 0,264 = 2,974 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск  $2Z_{\text{заг.ном.}}$  та номінальний розмір заготовки  $D_{\text{заг.ном.}}$  [8] С.15:

$$2Z_{\text{заг.ном.}} = 2Z_{\text{заг.мін.}} + ES_{\text{заготовки}} - ES_{\text{деталь}}, \quad (3.20)$$

$$D_{\text{заг.ном.}} = D_{\text{дет.ном.}} - 2Z_{\text{заг.ном.}}. \quad (3.21)$$

Відповідно:

$$2Z_{\text{заг.ном.}} = 2,974 + 0,55 - 0,074 = 3,45 \text{ мм};$$

$$D_{\text{заг.ном.}} = 72 - 3,45 = 68,55 \text{ мм}.$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків:

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = \delta_{D_{i-1}} - \delta_{D_i}, \quad (3.22)$$

Для чистового розточування:

$$0,38 - 0,264 = 0,116 \text{ мм};$$

$$0,19 - 0,074 = 0,116 \text{ мм}.$$

Для напівчистового розточування:

$$3,62 - 2,71 = 0,91 \text{ мм};$$

$$1,1 - 0,19 = 0,91 \text{ мм}.$$

Висновок: розрахунки правильні Номінальний діаметр заготовки

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varnothing 68,55 \pm 0,55$  приймаємо для подальших розрахунків.

Заносимо всі визначені величини в розрахункову таблицю 3.8.

Побудуємо для поверхні  $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$  схему графічного розташування припусків та допусків (рис. 3.1).

Усі інші припуски представлено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.8 – Розрахункові припуски і граничні розміри на механічну обробку поверхні  $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 72H9$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{i\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $D_{p1}$ , мм	Допуск $\delta_d$ , мм	Граничні розміри, мм		Розрахункові граничні припуски, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon_y$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{i\min}$	$2Z_{i\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (7 кл.точн.)	50	100	1201	–	–	69,094	1,1	69,1	68	–	–
Розточування напівчистове H11	30	40	60	120	2720	71,814	0,19	71,81	71,62	2,71	3,62
Розточування чистове H9	10	–	–	6	260	72,074	0,074	72,074	72	0,264	0,38
Загальний припуск										2,974	4,0



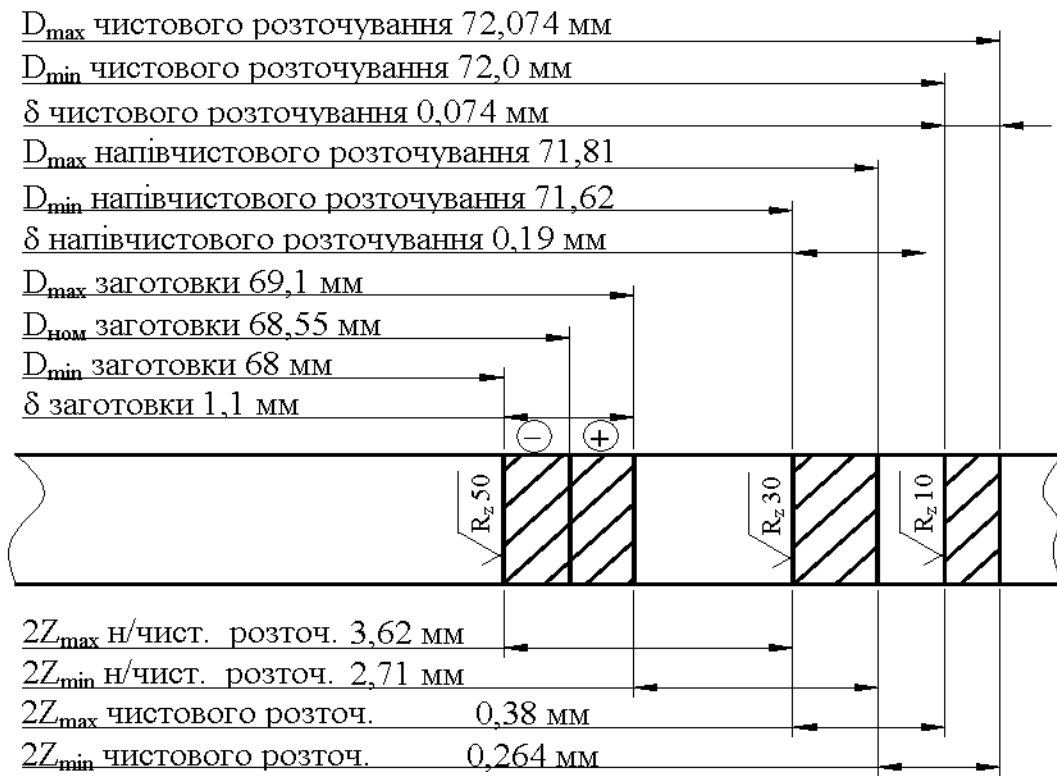


Рисунок 3.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 72H9^{(+0,074)}$

Таблиця 3.9 – Розрахункові припуски і розміри табличним методом на механічну обробку

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 95h14 <sub>(-0,87)</sub>					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	0,87	1,2	95 <sub>-0,87</sub>
Зенкерування	14	Ra12,5	0,87	1,2	96,2 <sub>-0,87</sub>
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	1,1	2,4	97,4±0,55
Внутрішня торцева поверхня 6±0,3					
Напівчистове розточування поперечною подачею	14	Ra6,3	0,6	0,2	6±0,3

Закінчення таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6
Чорнове розточування поперечною подачею	14	Ra12,5	0,6	0,7	5,8±0,3
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	0,9	0,9	5,1±0,28
Отвір Ø14H14(+0,43)					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,43	1,0 × 2 = 2,0	Ø14 <sup>+0,43</sup>
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	0,7		Ø12±0,35
Отвір під різь $G \frac{1}{2} - B \text{ } \varnothing 18,75^{+0,28}$					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,28	2,375 × 2 = 4,75	Ø18,75 <sup>+0,28</sup>
Заготовка – попередньо оброблена поверхня	14	Ra12,5	0,43		Ø14 <sup>+0,43</sup>
Зовнішня плоска поверхня 46±0,3					
Фрезерування чорнове торцевою фрезою	14	Ra12,5	0,6	1,1	46±0,3
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	1,0		47,1±0,5
Внутрішня радіусна поверхня R16,4 <sup>+0,43</sup>					
Зенкерування	14	Ra12,5	0,6	1,0	R16,4 <sup>+0,43</sup>
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	0,8		R15,4±0,4

Габаритні розміри заготовки: Ø80±0,55 × 97,4±0,55.

### 3.8. Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання та інструменти представлено в додатках.

Остаточні результати представлено таблиці 3.10.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>m</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S <sub>m</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2 Підрізати остаточно торець 1 з поперечного супорта, витримуючи розмір 96,2 <sub>-0,87</sub>	1,2	15	1	120	0,22	624	156,8	136,36	0,11	1,15
Перехід 3 Розточити попередньо отвір 2 з підрізкою торця 3 з поздовжнього супор- та, витримуючи розмір Ø71,62 <sup>+0,19</sup> ; 5,8±0,3	1,535	6,8	1	120	0,1	624	140,3	61,82	0,11	1,4
Перехід 4 Розточити остаточно отвір 2 з підрізкою торця 3 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри Ø72 <sup>+0,074</sup> ; 6±0,3	0,19	7	1	120	0,1	624	141	62,4	0,11	0,08
010 Агрегатна										
Позиція 2										
Свердлити два отвори 17, 20 з формуванням двох фасок 18, 21 одночасно з силової головки Па, витримуючи розміри Ø3,3 <sup>+0,12</sup> ; 0,5×45°	1,65	18	1	84	0,08	1929	20	154,3	0,12	0,12
Позиція 3 Підрізати торець 26 з формуванням внутрішньої фаски 25 з силової головки ПІа, витримуючи розміри 95 <sub>-0,87</sub> ; 5×45°	1,2	7	1	106,5	0,1	1543	155	154,3	0,05	0,31

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 4 Розсвердлити отвір 23, 15 з формуванням фаски 24 з силової головки IVa, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$ ; $\varnothing 18,75^{+0,28}$ ; $120^{\circ} \pm 50'$	2,375	41	1	109,5	0,125	1234	72,65	154,3	0,27	0,99
Позиція 5 Нарізати різь 19, 22 в двох отворах одночасно з силової головки Va, витримуючи розміри М4-7Н.	0,38	16	2	94,5	0,7	220	3	154,0	0,21	0,02
Позиція 6 Нарізати різь 16 з силової головки VIa, витримуючи розмір $G \frac{1}{2} - B$	1,38	21	2	150	1,8	85,7	5	154,3	0,27	0,17
015 Агрегатна										
Позиція 2 Свердлити два отвори 9, 12 з формуванням двох фасок 10, 13 одночасно з силової головки IIa, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $34 \pm 0,3$ ; $1,0 \times 45^{\circ}$	2,5	18	1	115	0,1	2036	32	203,6	0,09	0,16
Позиція 3 Свердлити два отвори 27, 30 з формуванням двох фасок 28, 31 одночасно з силової головки IIIa, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$ ; $32 \pm 0,3$ ; $0,5 \times 45^{\circ}$ ; свердлити отвір 6 з формуванням фаски 7 одночасно з силової головки IIIб, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$ ; $0,5 \times 45^{\circ}$	1,65	18	1	107 160	0,11	1929	20	203,6	0,09	0,12

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 4 Нарізати різь 11, 14 в двох отворах одночасно з силової головки IVa, витримуючи розміри M6-7H; 34±0,3	0,54	17	2	115	1,0	203	3,8	203	0,17	0,05
Позиція 5 Нарізати різь 29, 32 в двох отворах одночасно з силової головки Va, витримуючи розміри M4-7H; 32±0,3; нарізати різь 8 в отворі одночасно з силової головки Vб, витримуючи розмір M4-7H	0,38	18	2	$\frac{53}{160}$	0,7	291	3,7	203,6	0,18	0,02
Позиція 6										
Зенкерувати внутрішню радіусну поверхню 4 з силової головки VIa, витримуючи розміри R16,4 <sup>+0,43</sup>	1,0	12	1	107	0,3	1018	104,8	203,6	0,06	0,7
020 Вертикально-фрезерна										
Позиція 2										
Фрезерувати плоску поверхню 5, витримуючи розміри 46±0,3; 40 <sub>-0,62</sub>	1,1	365	1	120	0,2 мм/зуб	600	1910	3820	0,1	3,2

Розрахунок технічних норм часу представлено в додатках.

Результати розрахунку у таблиці 3.11.

					ДР 18-392.00.00					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 3.11 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T <sub>о</sub> , хв	Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстага, T <sub>ц</sub> хв	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв			T <sub>шт.</sub> , хв.	T <sub>п.з.</sub> , хв.	n, шт	T <sub>шт.к.</sub> , хв
		T <sub>у.</sub>	T <sub>пер.</sub>	T <sub>вим.</sub>			T <sub>тех.об.</sub>	T <sub>орг.об.</sub>	T <sub>відп.</sub>				
005 Токарна напів-автоматна	0,11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2975	0,23
010 Агрегатна	0,27	0,06	0,01	0,231	0,08	0,35	0,0054	0,0084	0,021	0,395	52		0,412
015 Агрегатна	0,18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,32
020 Вертикально-фрезерна	0,02	0,06	0,01	0,03	0,05	0,17	0,001	0,004	0,01	0,185	34		0,2

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

Розрахункову кількість верстатів M<sub>пр.</sub> на кожній операції:

$$M_{пр.} = \frac{T_{шт.} \cdot N_{пр.}}{\Phi_d \cdot 60}, \quad (3.47)$$

$$N_{пр} = \frac{\Phi_d \cdot K_z \cdot 60}{T_{шт.в.} \cdot (1 + \alpha)}, \quad (3.48)$$

За ведучу приймаємо операцію 010 агрегатну T<sub>шт.</sub> = 0,412 хв.

Розрахункове значення N<sub>пр</sub>:

$$N_{пр} = \frac{4000 \cdot 0,8 \cdot 60}{0,412 \cdot (1 + 0,08)} = 431499 \text{ шт.}$$

Приймаємо N<sub>пр.</sub> = 430 000 шт.

Річний об'єм випуску деталі-представника N<sub>річн.</sub> = 150 000 шт.

Проектний варіант

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{p.005} = \frac{0,23 \cdot 430000}{4000 \cdot 60} = 0,41; \text{ Приймаємо } M_{пр.005} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.010} = \frac{0,412 \cdot 430000}{4000 \cdot 60} = 0,74; \text{ Приймаємо } M_{пр.010} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.015} = \frac{0,32 \cdot 430000}{4000 \cdot 60} = 0,57; \text{ Приймаємо } M_{пр.015} = 1 \text{ верст.}$$

$$M_{p.020} = \frac{0,2 \cdot 430000}{4000 \cdot 60} = 0,36; \text{ Приймаємо } M_{пр.020} = 1 \text{ верст.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{з.о.} = \frac{M_p}{M_{пр.}}, \quad (3.49)$$

Для проектного варіанту

$$K_{з.о.005} = \frac{0,41}{1} = 0,41.$$

$$K_{з.о.010} = \frac{0,74}{1} = 0,74.$$

$$K_{з.о.015} = \frac{0,57}{1} = 0,57.$$

$$K_{з.о.020} = \frac{0,36}{1} = 0,36.$$

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{з.о.ср.} = \frac{\sum M_p}{\sum M_{пр.}}, \quad (3.50)$$

Для проектного варіанту

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{з.о.сер.} = \frac{0,41 + 0,74 + 0,57 + 0,36}{4} = 0,52.$$

Будуємо графік завантаження обладнання для проектного варіанту.

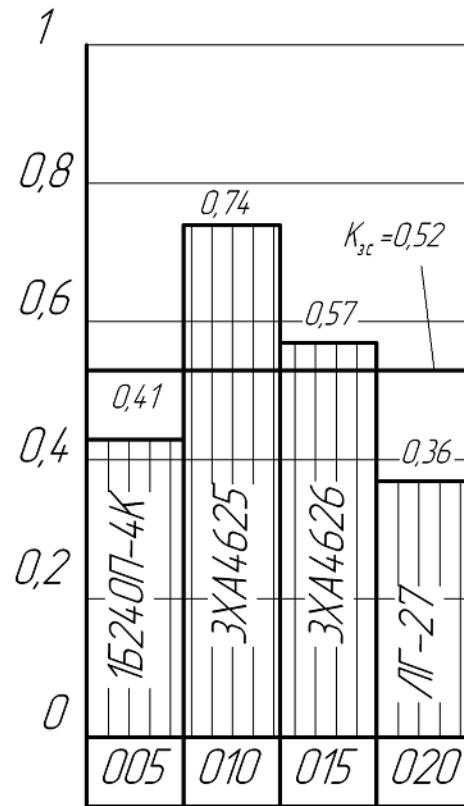


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання



## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1. Розрахунок похибки встановлення деталі в запропонованому пристосуванні

Похибка установки заготовки в пристосуванні обчислюється згідно [9].

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \text{ мм. [9] С.40.} \quad (4.1)$$

де  $\Delta \varepsilon_6$  – похибка базування;

$\Delta \varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$\Delta \varepsilon_{\text{пр}}$  – похибка пристосування.

Для виконання точності розмірів в даному пристосуванні і на даній операції необхідно, щоб виконувалась наступна умова:

$$\Delta \varepsilon_y \leq \Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}} \quad (4.2)$$

де  $\Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}}$  – допустима похибка установки при виконанні даного розміру на даному обладнанні.

Тобто, похибка установки розраховується для конкретного розміру, що отримується на даній операції.

На операції 015 агрегатній проводиться обробка різевих отворів, основною вимогою з точки зору точності є їх взаємне розміщення, та розміщення відносно конструктивних елементів корпусу. Точність їх взаємного розміщення визначається точністю багатшпіндельної насадки для свердління і кондуктора.

Виходячи з конструкції пристосування та схеми базування, похибка радіального базування  $\Delta \varepsilon_{61}$  на розмір буде визначатися за наступною

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<b>КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ, каф. ТМ гр. МТм-61</i>		

формулою згідно [9], С.46, табл. 18:

$$\Delta\varepsilon_{\delta,1} = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (4.3)$$

де TD – допуск на розмір  $\varnothing 65H14(-0,74)$ , TD = 0,74 мм.

$\alpha$  – кут установчої призми, при  $2\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$ .

$$\text{Тоді, } \Delta\varepsilon_{\delta,1} = 0,5 \cdot 0,74 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,52 \text{ мм} = 520 \text{ мкм.}$$

Точність розміщення отворів відносно конструктивних елементів визначається розміром  $34 \pm 0,3$  мм і складає допуск 0,6 мм.

Похибка базування в осьовому напрямку визначається допуском торцевої поверхні  $9 \pm 0,18$  :  $\Delta\varepsilon_{\delta 2} = 0,36$  мм

Похибка закріплення, що виникатиме через зміщення технологічної бази при прикладанні сили Q вибираємо по [12] С.82, табл. 40.

При установці заготовки в затискне пристосування із пневмозатиском на литі поверхні під тискомі поверхні із найбільшим поперечним розміром до 80 мм похибка закріплення складе  $\Delta\varepsilon_3 = 50$  мкм.

Похибка пристосування  $\varepsilon_{\text{пр}}$  виникає за рахунок похибок виготовлення та похибок зношення опорних елементів пристосування. Для середньої точності пристосувань приймаємо:  $\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 0,04$  мм.

Таким чином, похибка установки на розмір  $34 \pm 0,3$  буде становити:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_{\delta}^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,52^2 + 0,05^2 + 0,04^2} = 0,524 \text{ мм.}$$

Допустима похибка установки  $\Delta\varepsilon_{y,\text{доп.}}$  при виконанні розмірів розміщення отворів буде дорівнювати допуску на їх розміщення:

$$\Delta\varepsilon_{y,\text{доп.}} = 0,6 \text{ мм.}$$

Отже,  $\Delta\varepsilon_y = 0,524 \text{ мм} < \Delta\varepsilon_{y,\text{доп.}} = 0,6 \text{ мм.}$ , відповідно обробка можлива із заданою точністю.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2. Розрахунок і вибір приводу пристосування

Для розрахунку сил затиску деталі на агрегатній операції 015 приводимо розрахункову схему дії сил (рис. 4.1) при зенкеруванні радіуса R16,4мм, коли виникає максимальний крутильний момент.

Заготовка базується на призму зовнішньою циліндричною поверхнею  $\varnothing 65h14$  і торцем – на плоскі поверхні призми; закріплення здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні  $\varnothing 65$ . Заготовка в пристосуванні закріплюється від пневмоциліндра через клин, важелі двома призмами. На заготовку при зенкеруванні діє крутий момент, який намагається повернути її.

Тоді необхідна сила для затиску заготовки в пристосуванні визначається за формулою згідно [6], С.83, табл. 8:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (4.4)$$

де  $f_2$  – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки із призмами;  $f_2 = 0,16$  [6], С.85, табл. 10;

$\alpha$  – кут установчої призми, при  $2\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ;

$M_{кр}$  – крутий момент, який виникає при зенкеруванні, Н·м;

$D_3$  – діаметр, по якому проходить затиск заготовки, м.

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (4.5)$$

де  $C_m$ ,  $q$ ,  $x$ ,  $y$  – табличні коефіцієнт та показники степені, для розрахунку крутного моменту;  $C_m = 0,051$ ;  $q = 0,85$ ;  $y = 0,8$ ,  $x = 1$  [6], С.281, табл. 32.

$D$  – діаметр обробки,  $D = 32,8$  мм;

$S$  – подача при зенкеруванні,  $S = 0,3$  мм/об.

$t$  – глибина різання,  $t = 1$  мм

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = K_{mp}, K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

$$\text{Отже, } M_{кр} = 10 \cdot 0,051 \cdot 32,8^{0,85} \cdot 1 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,22 = 4,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$K$  – коефіцієнт запасу. Вибирається згідно [6] С. 85

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 1,5 = 3,7.$$

$$\text{Отже, } P_з = \frac{3,7 \cdot 4,6}{0,065 \cdot \left( \frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 1157,2 \text{ Н.}$$

*Перевірочний розрахунок елементів силового приводу для затиску.*

Перевірочний розрахунок зводиться до того, що необхідно перевірити умову:

$$P_{зат1} \leq F_{шт.тяг.} \cdot i, \quad (4.6)$$

де  $F_{шт}$  – сила на штоці пневмоциліндра;

$i$  – передаточне відношення, яке залежить від типу проміжного механізму затискного пристрою. Воно може зменшувати або збільшувати силу приводу.

Враховуючи базову конструкцію пристосування нами був вибраний стандартний одинарний пневмоциліндр двохсторонньої дії за ГОСТ 21821-76 діаметром циліндра  $D = 100$  мм, діаметром штоку  $d = 20$  мм. [14] “Пневмоциліндри данного типу призначені для роботи на стисненому повітрі при тиску 0,4 МПа; 0,63 МПа; температурі від  $+5^\circ$  до  $50^\circ$  із швидкістю переміщення штоку не більше 0,5 м/с.”

Для даних пневмоциліндрів тягова сила на штоці буде визначатися за формулою згідно [14] С. 222:

$$F_{шт.тяг.} = 0,785 \cdot (D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (4.7)$$

де  $D_{ц}$  – діаметр пневмоциліндра, м;  $D_{ц} = 0,1$  м;

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$d_{шт}$  – діаметр штока, м,  $d_{шт} = 0,02$  м;

$p$  – тиск стиснутого повітря в системі [14] С. 223;  $p = 0,4$  Мпа =  $0,4 \cdot 10^6$  Па;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра [14] С. 222;  $\eta = 0,9$ .

Тоді  $F_{шт.тяг.} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2$  Н.

Розраховуємо передаточне відношення силового механізму і затискного пристрою, враховуючи конструкцію пристосування. Згідно даної конструкції пристрою силу тяги пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$W = \frac{F_{шт.тяг.}}{2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi)} \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (4.8)$$

де  $\beta$  – кут нахилу клина,  $\beta = 10^\circ$ ;

$\varphi$  – кут тертя між клином і циліндричним отвором,  $\varphi = 11^\circ$

$l_1$  – довжина плеча важеля із сторони штока;  $l_1 = 57$  мм ;

$l_2$  – довжина плеча важеля із сторони призми;  $l_2 = 56$  мм ;

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в ущільненнях поршня і штока,  $\eta = 0,9$ .

Тоді  $W = \frac{2689,2}{2 \operatorname{tg}(10 + 11)} \frac{57}{56} \cdot 0,9 = 3208$  Н.

Для надійності закріплення необхідно, щоб виконувалась умова:

$$W > Q.$$

В нашому випадку  $W = 3208$  Н  $>$   $Q_{зат} = 1157,2$  Н.

Висновок: заготовка надійно буде закріплена при зенкеруванні на 015 агрегатній операції.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Комп'ютерне моделювання процесу різання матеріалу, використовуючи спрощений двохмірний метод кінцевих елементів

Основними рішеннями моделювання процесу різання матеріалу, використовуючи спрощений двохмірний метод кінцевих елементів можуть бути:

1. Визначення впливу різальної кромки із фаскою (подачі, ширини і кута фаски, радіуса при вершині фаски) на напруження та температури інструменту.
2. Використання методу кінцевих елементів як засобу для оптимізації різальної кромки інструменту.

Процес різання металу можна спростити, застосовуючи теорію Окслі і програмне забезпечення I-DEAS для 3D моделювання геометрії інструменту. У цій теорії напрямок переміщення стружки визначається на основі геометрії ріжучого інструмента (переднього кута, допоміжного переднього кута, головного кута в плані, радіуса при вершині) і співпадає з напрямком результуючої сили тертя. Процес моделювання переміщення стружки розглядає стружку як серію елементів з нескінченно малою шириною, де товщина та напрямок частини стружки, що відповідає кожному елементу є змінними величинами.

Оскільки кромки із фасками не розглядаються в теорії Окслі, 3D твердотільна модель може використовуватись для визначення двохмірної геометрії різальної пластини в перетині вздовж площини, що розміщена між напрямком переміщення стружки і напрямком швидкості різання.

Для кожного випадку моделювання можна використати наступна процедуру для наближення двохмірного процесу різання до трьохмірного.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Консульт.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

1. Визначення кута зміщення стружки, нормального переднього кута, ефективної подачі, та ефективної глибини різання, використовуючи програму Matlab, що ґрунтується на теорії Окслі. В теорії передній кут та ефективна подача розміщені в площині вздовж кута зміщення стружки і паралельні напрямку швидкості різання та визначається на основі проєкцій кутів. Однак ефективна глибина різання визначається діленням площі контакту між стружкою та інструментом на ефективну подачу.

2. Розроблення креслення 3D моделі геометрії різальної пластини із фаскою та заокругленням та обертання цієї моделі відносно базової площини, так що можна розглядати різні кути різання (передній кут різання, головний кут в плані).

3. Розрізання моделі різальної пластини вздовж площини, що розміщена вздовж напрямку переміщення стружки та напрямку швидкості різання.

4. Визначення двохмірної геометрії поверхні різальної пластини, що визначає ефективну ширину фаски та її кут, ефективний передній кут (що дорівнює передньому куту, який визначений за теорією Окслі) та задній кут. Визначені геометричні параметри будуть використовуватись для двохмірного моделювання для випадків різання, коли використовується така ж геометрія різальної кромки (ширина фаски, кут фаски, радіус фаски).

5. Процес тертя можна змодельовати, застосовуючи модель тертя Кулона із коефіцієнтом тертя 0,5. Однак, для перевірки чутливості температури інструмента та напружень, в інструменті можна використовувати коефіцієнт тертя 0,3.

6. Розподіл сітки методу кінцевих елементів можна провести однаково для всіх моделей моделювання, використовуючи 3000 елементів для заготовки та 1500 елементів для різальної пластини. Елементи дуже малих розмірів бажано використовувати при вершині інструмента та вздовж границі контакту між інструментом та заготовкою. використано для усіх моделювань

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Можна використати стандартне ліцензійне програмне забезпечення DEFORM 2D, що забезпечує необмежену довжину різання для досягнення усталеного температурного режиму інструменту.

## 5.2. Підготовка вихідних даних для автоматизованого проектування технологічного процесу

Систему “Техно Про” використано для проектування технологічних процесів виготовлення деталей і складання виробів.

Для формування маршруту механічної обробки деталі використано її повний опис. Цей опис оформлено у вигляді таблиці 5.1., в яку занесено дані про матеріал, масу деталі і заготовки, а також розміри поверхонь, які обробляються.

Таблиця 5.1 – Вихідна інформація для автоматизованого проектування

Позначення тех. процесу	Деталь		
	Позначення	Назва	Маса, кг
14141.00115	ЖИЦД 732.131.002	Корпус	0,241
Матеріал	Заготовка		
	Вид	Профіль і розміри	Маса, кг
Сплав АК12 ГОСТ 1583-89	Литво під тиском	Ø80±0,55 ×97,4±0,55	0,268

Маршрут операцій і переходів представляється у вигляді дерева, а це істотно спрощує формування технологічного процесу. При вказуванні курсором на операцію або перехід – відкривається форма для її заповнення. Порядок проходження операцій або переходів можна змінити натисканням кнопок стрілками, номери переходів і операцій при цьому змінюються автоматично.

Приклад частини сформованого технологічного процесу виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 представлено на рис. 5.1., 5.2.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ГОСТ 3.1404-86										форма 1		САПР													
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
ТехноПро	Корпус світильника											1	1												
Разраб.	Шербінін																								
Проверил	Дичковський	ЖИЦД 732.131.002																							
Нормир.																									
Метролог																									
Н.контр.		Корпус																							
М 1	Сплав АК 12 ГОСТ 1583-89																								
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ												
М 2		10.241					відливка						10.268												
А	Цех	уч	РМ	Опер.	Код, найменування операції			Обозначение документа																	
Б	Код, найменування обладнання												СМ	Проф.	Р	УТ	КР	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт			
Р		ПИ	Д	или	В	І	Т	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і					
А01	24	9	8		005	Токарно-гвинторізна																			
02	Токарно-гвинторізний верстат 16К20												1520	13											
Б03	ПР. Патрон 7172-4008																								
04	ВИ. Державка 6300-4040; РИ. Різець ВК8 2136-0707 ГОСТ 18875-73																								
Т05	1 Підрізати торець в розмір 1																								
007	ВИ. Державка 6300-4040; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
08	2 Розточити попередньо отвір в розмірі 2 3																								
Т09	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
10	1 Підрізати торець в розмір 1												3.25	1	0.17										
Р11	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
12	2 Розточити попередньо отвір в розмірі 2 3																								
013	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
14	1 Підрізати торець в розмір 1																								
Т15	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
16	2 Розточити попередньо отвір в розмірі 2 3																								
Р17	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
18	1 Підрізати торець в розмір 1												188												
019	2 Розточити попередньо отвір в розмірі 2 3																								
20	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
Т21	ВИ. Державка 6300-4049; РИ. Різець ВК8 2146-4005-07; СИ. Штангенциркуль ЩЦ-І-125-0.1 ГОСТ 166-89																								
22	ВИ. Шітка ЩТР ОСТ17.830-80;																								
Р23	1 Підрізати торець в розмір 1												0.5	1	0.12										
	КТП																								

Рисунок 5.1 – Перша сторінка технологічного процесу виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 в системі “Техно Про”

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-392.00.00	Арк.

ГОСТ 3.1404-86															Форма 1а			САІР				
Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
ТехноПро	Корпус світильника																		2			
	ЖИЦД 732.131.002																					
	Корпус																					
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт	Обозначение документа					
В	Код, найменування обладнання					ПІ	Д	или	В	L	T	l	N	V	То/мин	ТВ/мин						
Р																						
01																						
A02	24	9	10	010	Вертикально-свердлильна																	
03																						
B04	Настольно-сверильний верстат НС-12А						1509	13												0.47		
05																						
T06	ПР. Кондуктор 7357-4392																					
07																						
08	1	Свердлити послідовно 2 отвори в розмір					1	2	3	4											0.47	0.4
09																						
T10	ВИ. Втулка 6100-0144ГОСТ13598-85; РИ. Сверло D4,95 2301-0189 ГОСТ10903-77; СИ. Пробка (4,95) 8133-4091																					
11																						
Р 12																						
13							2.5	1	0.1	500	10.7											
A 14	24	9	11	015	Вертикально-свердлильна																	
15																						
B16	Настольно-сверильний верстат НС-12А						1509	13													0.56	
17																						
T18	ПР. Кондуктор 7357-4393																					
19																						
0 20	1	Свердлити послідовно 2 отвори в розмір					1	2	3	4											0.47	0.4
21																						
T22	ВИ. Втулка 6100-0144ГОСТ13598-85; РИ. Сверло D3.3 2301-0189 ГОСТ10903-77; СИ. Калібр 8150-4601; СИ. Пробка (3.3) 8133-4091																					
23																						
Р 24																						
25							1,15	1	0.1	500	10.7											
A 26	24	9	12	020	Вертикально-свердлильна																	
27																						
B28	Настольно-сверильний верстат НС-12А						1509	13													0.56	
29																						
T30	ПР. Кондуктор 7357-4394																					
																			КТП			

Рисунок 5.2 – Друга сторінка технологічного процесу виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 в системі “Техно Про”

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

ДР 18-392.00.00

Арк.

## 6 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 6.1. Уточнення розгорнутої програми виробництва на дільниці

Згідно літератури [33] виробничу програму дільниці визначають виходячи з виробничої програми заводу з урахуванням встановленого проценту запасних частин. При цьому необхідно мати на увазі, що часто деталі та складальні одиниці виготовляють заводи-суміжники.

Таблиця 6.1 – Подетальна річна виробнича програма

№ П/П	№ креслення		Назва деталі	Марка матеріалу	Вид заготовки	Кількість деталей на виріб	% на запасні частини	Кількість деталей			Маса, кг		Маса на програму, т	
	вузла	деталі						на основну програму	на запасні частини	всього	Заготовки	деталі	заготовок	деталей
1	ЖИЦД 814.735.855	ЖИЦД 732.131.002	Корпус	АК 12	Виливок	1	10	150000	15000	165000	0,268	0,241	4,22	39,77

### 6.2. Розрахунок трудомісткості і верстатомісткості виготовлення виробів на основі розроблених технологічних процесів

Згідно рекомендацій [33] трудомісткість механічної обробки при детальному проектуванні визначається за технологічним процесом згідно рекомендацій, як сума штучних часів по всіх операціях :

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>						
<i>Реценз.</i>					ПРОЕКТНА ЧАСТИНА  ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

$$T_M = \sum T_{шт.} \quad (6.1)$$

$$T_M = 0,23 + 0,412 + 0,32 + 0,2 = 1,162 \text{ хв.}$$

### 6.3. Визначення річної потреби в технологічному обладнанні. Складання зведеного переліку обладнання

Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002

№ п/п	Тип і модель верстата	M <sub>пр.</sub> , шт.	K <sub>з.о.</sub>	Потужність, кВт		Габаритні розміри (l×b), мм.
				одного	всіх	
1	2	3	4	5	6	10
1	1Б240П-4К	1	0,85	17,0	17,0	4330×1600
2	2ХА4625	1	0,77	2,8	2,8	2500×3100
3	2ХА4626	1	0,6	2,8	2,8	2500×3100
4	ЛГ-27	1	0,74	7,5	7,5	2510×2660
	Всього:	4	0,72	30,1	30,1	

Крім основного на дільниці розміщується допоміжне обладнання:

- установка для промивання деталей;
- контрольний стіл.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 6.4. Вибір типу і розрахунок кількості вантажопідйомних і транспортних засобів

В даному випадку для потреб дільниці в якості міжопераційного транспорту приймемо електрокари з підйомною платформою вантажопідйомністю 0,5 т.

Визначимо кількість електрокарів [33]:

$$E = \frac{Q \cdot k_n \cdot T_{\text{пр}}}{Q_e \cdot k_v \cdot F_d \cdot 60}, \quad (6.2)$$

де  $Q$  – річний вантажообіг,  $Q = 0,268 \cdot 165000 \approx 44,22$  т;

$k_n$  – коефіцієнт нерівномірності виконання рейсів,  $k_n = 1,25$ ;

$T_{\text{пр}}$  – загальний час пробігу одиниці транспортного обладнання,  $T_{\text{пр}} \approx 20$  хв.;

$Q_e$  – вантажопідйомність одного транспортного засобу,  $Q_e = 0,5$  т.;

$k_v$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності транспорту,  $k_v = 0,8$ ;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу,  $F_d = 4015$  год.

$$E = \frac{44,22 \cdot 1,25 \cdot 20}{0,5 \cdot 0,8 \cdot 4015 \cdot 60} = 0,01 \text{ шт.}$$

– отже, приймаємо 1 електрокар.

Для переміщення деталей між позиціями механічної обробки використовуються підвісний ланцюговий конвеєр з вантажопідйомністю однієї каретки 250 кг і швидкістю транспортування 10 м/хв.

Згідно рекомендацій [33] кількість підйомних кранів для складальних робіт може визначатися розрахунковим методом, але доцільніше кількість підйомних засобів приймати на основі графіків складання, у яких наводиться тривалість роботи крана на кожній операції.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нашому випадку кількість мостових кранів можна визначити за формулою [33]:

$$K = \frac{N \cdot i \cdot T_{кр}}{m \cdot T_{зм}}, \quad (6.3)$$

де  $N$  – кількість деталей, що транспортуються за зміну,  $N = 2975$  шт.;

$i$  – середня кількість транспортних операцій на одну деталь,  $i = 3$ ;

$T_{кр}$  – загальний час пробігу крана,  $T_{кр} = 25$  хв.;

$T_{зм}$  – тривалість зміни,  $T_{зм} = 480$  хв.;

$m$  – кількість деталей, що переміщуються одночасно,  $m = 500$  шт.

$$K = \frac{2975 \cdot 3 \cdot 25}{500 \cdot 480} = 0,93 \approx 1 \text{ шт.}$$

Укрупнено кількість кранів можна приймати [33]: для механічних цехів один кран на 40...80 м довжини прольоту; в складальних цехах – на 30...50 м.

### 6.5. Проектування допоміжних відділень цеху

Площа складу матеріалів та заготовок визначається за залежністю [33]:

$$F_3 = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (6.4)$$

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

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

$q$  – допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги складу,  $q = 1,4$  т/м<sup>2</sup>;

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

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

– проміжний склад;

Проміжний склад [33] призначений для міжопераційного нагромадження вузлів і деталей і його площа визначається за формулою 6.4.

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

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

Площа цього відділення визначається за рекомендаціями в залежності від кількості верстатів і приймається рівною 60 м<sup>2</sup>.

– відділення для збирання і переробки стружки;

Площа цього відділення визначається аналогічно до попереднього і приймається рівною 50 м<sup>2</sup>.

– інструментально-роздавальна комора;

Норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення. Приймаємо площу рівною 40 м<sup>2</sup>.

Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 25...30% площі цеху. Приймаємо площу рівною 25%, а отже – 700 м<sup>2</sup>.

Площа ділянки для виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 залежить від [33] 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>.

Таблиця 6.3 – Площа ділянки для виготовлення корпусу ЖИЦД 732131.002

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Токарний напівавтомат	1Б240П-4К	4330×1600	середній	22
Агрегатний	2ХА4625	2500×3100	середній	20

Закінчення таблиці 6.3

1	2	3	4	5
Агрегатний	2ХА4626	2500×3100	середній	20
Вертикально-фрезерний	ЛГ-27	2510×2660	середній	20
Слюсарний верстак	—	1500×1000	—	6
Промивочна машина	—	1500×1000	—	6
Контрольний стіл	—	2000×1000	—	6
Місця склад. заг. і дет.	—	—	—	19
Загальна площа ділянки механічної обробки				119



## 7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 7.1. Визначення економічної ефективності прийнятих в проекті рішень

Для проведення розрахунків використано загальновідому методику [34]. Організаційно-економічна частина дипломної 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.

Результати розрахунків представлено в додатку А.

Характеристику варіантів технологічного процесу і склад технологічного обладнання оформляють у вигляді таблиць А.1, А.2.

Розрахункову кількість робочих місць визначають за формулою:

$$C_p = T / t_B \quad (7.1)$$

де  $T$  – трудомісткість механічної обробки;

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Щербінін</i>			ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дичковський</i>						
<i>Консульт</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

$t_B$  – такт випуску, визначений в технологічній частині.

Отримане розрахункове значення округляють до найближчого більшого цілого і на основі цих даних визначають коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість основних виробничих робітників визначають за формулою:

$$P_c = \frac{C_n \cdot \Phi_o \cdot k_3}{\Phi_{op} \cdot k_6}, \quad (7.2)$$

де  $C_n$  – прийнята кількість обладнання;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\Phi_o$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\Phi_{op}$  – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

$k_6$  – коефіцієнт багатостатного обслуговування.

Результати розрахунків представлені в таблиці А.3

Розрахунок капітальних витрат на основні виробничі фонди виконують за групами:

- а) будівлі виробничого, допоміжного і адміністративно-побутового призначення;
- б) споруди і передавальні пристрої;
- в) обладнання (виробниче, допоміжне, енергетичне, піднімально-транспортне і контрольно-вимірювальне);
- г) цінні інструменти і пристрої;
- д) виробничий і господарський інвентар.

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

					<b>ДР 18-392.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даними розрахунків, виконаних в проектній частині.

Питому вартість м<sup>2</sup> площі будівель виробничого призначення приймають за даними базових підприємств.

Площу допоміжних приміщень та адміністративно-побутових приміщень та висоту промислової будівлі приймають за даними розрахунків, які виконані в проектній частині.

Вартість споруд і передавальних пристроїв приймають укрупнено в розмірі 5...7% від вартості будівель.

Вартість виробничого обладнання визначається згідно виконаних раніше розрахунків. Вартість силових машин і обладнання, з врахуванням витрат на їх транспортування, монтаж і налагодження приймають за даними базового підприємства.

Вартість піднімально-транспортних засобів при укрупнених розрахунках може бути прийнята в розмірі 10...15% від вартості технологічного (виробничого) обладнання або за даними базового підприємства.

Витрати на контрольно-вимірювальне обладнання приймають в межах 2...5% від вартості виробничого обладнання. Витрати на інструмент і пристрої приймають: в масовому виробництві 25...30% від вартості виробничого обладнання; в серійному виробництві – 15...20% і в одиничному виробництві – 6...15% від вартості вказаного обладнання. З цієї суми в основні виробничі фонди включають 55...60%, а інші 40...45% витрат призначені для придбання малоцінного інструменту (пристроїв) і включають в статтю «Зношення малоцінного інструменту» витрат на утримання та експлуатацію обладнання.

Вартість виробничого і господарського інвентарю становить 1...2% від вартості виробничого обладнання.

Розрахунок амортизаційних відрахувань проводять за кожною групою основних виробничих фондів шляхом множення їх балансової вартості на норму амортизації. Норми амортизації за групами основних фондів встановлені чинним законодавством.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Результати розрахунку капітальних витрат за варіантами зводять в табл. А.4.

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

$$\Phi_{н.в.} = C_1 \cdot K_c \cdot T_{ум} \cdot N_{в.}, \quad (7.3)$$

де  $C_1$  – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду відповідної професії, 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:

$$\Phi_{ов.} = \Phi_{н.в.} + D_{в.}, \quad (7.4)$$

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:

$$\Phi_{н.п.} = P \cdot C_1 \cdot K_{сд} \cdot \Phi_{еф.}, \quad (7.5)$$

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

Річний фонд основної зарплати робітників-погодинників визначають за формулою:

$$\Phi_{он.} = \Phi_{н.п.} + D_{п.}, \quad (7.6)$$

де  $D_{п.}$  – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

погодинників, грн., які орієнтовно приймають в розмірі 25...30% від тарифного заробітку.

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

$$\Phi_{zn} = \Phi_o + \Phi_{dod}, \quad (7.7)$$

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

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

До складу додаткової заробітної плати входять оплати чергових і додаткових відпусток, учбових відпусток, оплата часу виконання державних і суспільних обов'язків та інше. Величину додаткової заробітної плати можна визначити у відсотках від основного фонду заробітної плати. Орієнтовно для основних і допоміжних робітників вона становить 3...10% від основної заробітної плати.

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

$$\Phi_{zn,k} = O \cdot P_k \cdot 12, \quad (7.8)$$

де  $O$  – місячний оклад працівника відповідної категорії;

$P_k$  – кількість працівників певної категорії, чол.

Посадові оклади ІТП, службовців і МОП включають в себе основну і додаткову заробітну плату.

Витрати на виробництво продукції крім річного фонду заробітної плати включають ще й соціальні нарахування. Нормативи нарахувань на заробітну плату приймають згідно норм чинного законодавства.

Результати розрахунку річного фонду заробітної плати та нарахувань зводять в таблицю А.5.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
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:

$$B_m = H_m \cdot N_{\text{зст}} \cdot C_m, \quad (7.9)$$

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

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

Із визначеної загальної вартості сировини і матеріалів вираховують вартість повернутих відходів, які підлягають реалізації. До одержаного результату слід додати транспортно-заготівельні витрати, що дорівнюють 6...10% від вартості сировини і матеріалів.

Потребу в допоміжних матеріалах визначають, виходячи з встановлених норм їх витрат на один верстат або одного робітника в процентному відношенні від вартості основних матеріалів (1.5...2%).

Результати розрахунку витрат на сировину і матеріали оформляють у вигляді таблиці А.6.

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

$$B_{\text{ем}} = \frac{P_{\text{вст}} \cdot \Phi_{\text{д.о.}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{п}}}{\eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{м}}} \cdot C_e, \quad (7.10)$$

де  $P_{\text{вст}}$  – сумарна встановлена на ділянці потужність електрообладнання, кВт;

$K_{\text{ч}}$  – коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів по часу (0,4...0,7);

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів за потужністю (0,5...0,8);

$\eta_{\text{д}}$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0,9...0,96);

					<b>ДР 18-392.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_m$  – коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0.86...09);

$C_e$  – 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:

$$B_{eo} = \frac{1.05 \cdot H_{ve} \cdot T_{ocv} \cdot S_m \cdot C_e}{1000} \quad (7.11)$$

де 1.05 – коефіцієнт, який враховує контрольне освітлення;

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

$T_{ocv}$  – 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 0.15...0.5 м<sup>3</sup> на 1 тону деталей, що промиваються.

Розрахунок витрат води на побутові потреби проводять на основі таких норм: для господарсько-побутових потреб – 25л на кожного працюючого в зміну; для душових – 40л гарячої води на кожного, хто користується душем. Вартість 1 м<sup>3</sup> холодної і гарячої води приймають згідно діючих тарифів.

Усереднені витрати пари приймають на рівні: а) на сушіння 1т деталей в сушильних камерах періодичної дії – 80...100 кг/год., в конвеєрних – 45...75 кг/год.; б) для нагрівання води в миючих машинах – 60...90 кг/год. на 1 т деталей.

Витрати на опалення приміщень визначають згідно з питомими нормами витрат та тривалістю опалювального сезону.

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., для пневматичних пристосувань –

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0,9 м<sup>3</sup>/год.

Вартість кошторису цехових витрат викликана необхідністю розрахунку проектної цехової собівартості одиниці продукції. В залежності від характеру утворення затрат, цехові витрати поділяють на дві групи: а) витрати на утримання та експлуатацію обладнання; б) загальноцехові витрати. Кошторис цехових витрат оформляють у вигляді таблиці А.7.

Загальновиробничі витрати включають: витрати на управління виробництвом; витрати на утримання і експлуатацію обладнання; витрати на вдосконалення технології та організації виробництва; витрати на обслуговування виробничого процесу; витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища; інші витрати: витрати від браку, оплата простоїв тощо.

До адміністративних витрат належать загальногосподарські витрати, які спрямовані на обслуговування та управління підприємством: загальні корпоративні витрати; витрати на службові відрядження і утримання апарату управління підприємством та іншого загальногосподарського персоналу; витрати на утримання основних засобів, інших матеріальних необоротних активів загальногосподарського використання (страхування майна, амортизація, ремонт, опалення, освітлення, водопостачання, охорона); винагороди за юридичні, аудиторські і т.п. послуги; витрати на зв'язок; амортизація нематеріальних активів загальногосподарського використання; витрати на врегулювання суперечок в судових органах та інші витрати загальногосподарського призначення.

Адміністративні витрати допускається приймати в розмірах 50...60 % від суми основної і додаткової заробітної плати основних робітників.

Позавиробничі витрати включають витрати на збут продукції та інші операційні витрати (оплату торгово-збутової та рекламної діяльності, фінансування науково-дослідних робіт, створення фонду освоєння нових виробів та ін ) та примаються в розмірі 3...6.5 % від виробничої собівартості.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Собівартість річного випуску та одиниці продукції визначають на основі проведених вище розрахунків. Для річного випуску складається кошторис за елементами витрат (таблиця А.8), а для визначення собівартості одиниці продукції розрахунок проводять за статтями калькуляції (таблиця А.9).

Калькуляцію собівартості одиниці продукції оформляють у вигляді табл. А.10.

Основним показником, який характеризує економічну ефективність виробництва і ступінь використання всіх ресурсів підприємства, є прибуток, який визначається шляхом зменшення суми скоригованого валового доходу за звітний період на суму валових витрат та амортизаційних відрахувань.

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

$$П = Д - В, \quad (7.12)$$

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

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

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

$$Д = Ц - К, \quad (7.13)$$

де  $Ц$  – ціна одиниці продукції, грн.

$$Ц = (1.1 \dots 1.15) - C_{од.min}, \quad (7.14)$$

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

Витрати підприємства на виготовлення та реалізацію продукції визначають за формулою:

					<b>ДР 18-392.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B = C_{од} - K, \quad (7.15)$$

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

Рентабельність виробництва  $P_e$  (в %):

$$P_e = \frac{\Pi}{\Phi_{e.ос} + H_{ос}} \cdot 100\%, \quad (7.16)$$

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

$\Phi_{e.ос}$  – середньорічна вартість основних фондів, грн.;

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

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

$$P_{пр} = \frac{\Pi_{од}}{C_{од}} \cdot 100\%, \quad (7.17)$$

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

Величина приведеної річної економії – економічний ефект на програму визначається за формулою:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N, \quad (7.18)$$

де  $C_1$ ,  $C_2$  – собівартості деталей, виготовлених за базовим і проектним варіантами технологічних процесів.

$$E = (37,96 - 22,87) \cdot 150000 = 2263500 \text{ грн.}$$

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 8.1. Інструкція з охорони праці для обслуговуючого персоналу верстату, що проектується (модернізується)

Для виготовлення корпусу ЖИЦД 732.131.002 використовується спеціальний агрегатний верстат.

Робота на агрегатних верстатах відноситься до робіт з підвищеною небезпекою. Усім робітникам, які працюють на агрегатних верстатах, необхідно присвоїти II групу з електробезпеки. До самостійної роботи на агрегатному верстаті допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли:

- медичний огляд;
- інструктаж з основної спеціальності;
- інструктаж з цієї Інструкції.

Під час експлуатації агрегатного верстата необхідно користуватися інструкцією (паспортом) заводу-виготовлювача.

Підключення (відключення) агрегатного верстата до електромережі, планово-попереджувальний ремонт повинен проводити електротехнічний працівник, що має III групу з електробезпеки.

Під час роботи на агрегатному верстаті робітник для захисту від дії стружки забезпечується захисними окулярами, а також спецодягом (без висячих кінців). Захисні окуляри повинні видаватися під розпис.

Металеві частини агрегатного верстата, що можуть опинитися під напругою у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути заземленими. Заземлення здійснюється металевою шиною або спеціальною жилою живильного кабелю, що не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Щербінін</i>			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		
<i>Консульт.</i>							
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
					<i>ТНТУ каф. ТМ зр. МТм -61</i>		

забороняється.

Під час введення в експлуатацію електрообладнання агрегатного верстата підлягає випробуванню (вимірювання опору ізоляції, наявності та параметрів кола заземлення тощо). Агрегатний верстат підлягає також періодичній перевірці в терміни, встановлені графіком планово-попереджувального ремонту, затвердженого головним інженером та узгодженого головними спеціалістами підприємства.

Дані про проведені ремонти заносяться в паспорт верстата, а результати перевірок і випробувань електрообладнання верстата заносяться в журнал.

На верстаті повинна бути прикріплена табличка з інвентарним номером, даними про особу, відповідальну за її технічний стан, і вивішена інструкція з безпечної експлуатації верстата.

Перелік робітників, які мають право працювати на агрегатному верстаті, повинен бути затверджений начальником виробничого підрозділу та вивішеним на видному місці на виробничій ділянці.

Біля верстата на підлозі повинен бути дерев'яний трап на всю довжину робочої зони завширшки не менше 0,6 м, відстань між планками якого повинна бути не більше 30 мм.

Біля верстата повинна передбачатися площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи та інші пристосування для розміщення оснастки, матеріалів, заготовок, готових виробів і відходів виробництва.

Агрегатний верстат повинен бути захищеним від впливу зовнішнього середовища (атмосферних опадів) та розташовуватися у приміщенні згідно з вимогами до умов експлуатації, зазначеними в паспорті заводу-виготовлювача.

Для зняття, установлення деталей або заготовок масою понад 20 кг необхідно використовувати вантажно-підіймальний механізм, що обладнаний спеціальним пристроєм (захватом).

Забороняється використовувати під час роботи на агрегатному верстаті несправний інструмент або інструмент не за призначенням, а також працювати

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

без інвентарного огороження частин, що обертаються, та знятих конструктивних елементів верстата.

Дозволяється працювати на агрегатному верстаті тільки тим робітникам, які пройшли відповідний інструктаж з питань охорони праці.

Під час встановлення свердл та інших різальних інструментів у шпиндель верстата необхідно звертати особливу увагу на міцність їх закріплення і точність центрування.

Видалення стружки з просвердленого отвору дозволяється виконувати тільки після зупинення верстата і відведення інструмента.

Усі предмети, призначені для обробки, за виключенням особливо важких, повинні бути встановлені і закріплені на столі або плиті агрегатного верстата нерухомо за допомогою лещат, кондукторів або інших надійних пристроїв.

Для витягання інструмента зі шпинделя верстата повинні застосовуватися спеціальні молотки і вибивачі (клини), зроблені із матеріалу, який виключає відокремлення його частинок під час удару.

Забороняється:

— застосовувати свердла і патрони з забитим або спрацьованим хвостовиком;

— використовувати під час роботи на верстаті рукавиці;

— утримувати деталь під час роботи руками.

Клини, гвинти та інші елементи, що використовуються для закріплення інструмента, не повинні виступати над периферією шпинделя.

Під час роботи не можна близько нахилитися до шпинделя і свердлильного інструмента.

Щоб уникнути вильоту деталі, яка обробляється, деталь, лещата і пристрої повинні бути міцно закріплені на столі або фундаментній плиті. Кріплення виконується спеціальними кріпильними деталями: болтами, що відповідають пазу стола, притискними планками, упорами тощо.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Установку деталей на верстаті і їх знімання з верстата необхідно виконувати тільки тоді, коли шпиндель з ріжучим інструментом знаходяться у вихідному положенні.

Під час заміни інструмента на багатошпиндельних головках, де руки під час цього знаходяться в зоні розташування головок, необхідно користуватися спеціальними підставками, що запобігають падінню головки у разі обриву вантажу.

Під час встановлення в шпиндель свердла з конусним хвостовиком необхідно остерігатися порізу рук об ріжучу крайку інструмента.

Подані на обробку і оброблені деталі необхідно стійко укладати на підкладках і стелажах; висота штабеля не повинна перевищувати для дрібних деталей 0,5 м, для середніх — 1 м, для крупних — 1,5 м.

Маса і габаритні розміри деталі, яка обробляється, повинні відповідати паспортним даним верстата.

Не дозволяється свердління тонких пластинок, смуг або інших подібних деталей без кріплення в спеціальних пристроях.

Якщо деталь обертається на столі разом з свердлом, необхідно зупинити верстат і зробити необхідні поправки.

Під час свердління глибоких отворів необхідно виводити свердло з отвору для видалення стружки.

Під час свердління отворів у в'язких матеріалах необхідно застосовувати спіральні свердла зі стружкодробильними канавками.

Свердлильний інструмент необхідно підводити до оброблювальної деталі поступово і плавно, без ударів.

Не дозволяється обдувати стиснутим повітрям верстат і деталь, яка обробляється.

Забороняється залишати без нагляду працюючий агрегатний верстат, а також передавати його особам, що не мають права з ним працювати. У разі

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

залишення робочого місця (навіть короткочасно) робітник повинен виключити агрегатний верстат.

Забороняється працювати на агрегатному верстаті у разі виникнення хоча б однієї з таких несправностей:

- пошкодження кабелю електроживлення верстата;
- пошкодження пускових органів верстата;
- поява диму або специфічного запаху, характерного для ізоляції, що горить;
- поява підвищеного шуму, стукоту, вібрації;
- послаблення кріплення захисного огородження;
- пошкодження заземлюючого пристрою.

Агрегатний верстат необхідно зупинити у разі:

- припинення електроживлення верстата;
- прибирання, очищення, змащення верстата;
- підтягування болтів, гайок та інших з'єднувальних деталей верстата;
- установлення, вимірювання, заміни деталі;
- перевірки і чищення свердлильної крайки інструмента;
- зняття і надягання ременів шківа верстата.

Робітнику забороняється самостійно усувати несправності в роботі електрообладнання агрегатного верстата.

Під час виконання роботи робітник повинен дотримуватися вимог санітарних норм і правил особистої гігієни, забороняється зберігання та вживання їжі на робочому місці.

## **8.2. Аварії та ліквідації аварійних ситуацій на підприємстві**

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Результатами великих виробничих аварій можуть бути пожежі, вибухи, руйнування і обвали будівель, загазованість і зараженість ядовитими речовинами і іншими небезпечними явищами, внаслідок яких можливі різні ураження людей. Виробничі аварії виникають досить часто, що пояснюється розвитком промисловості, великим науково-технічним прогресом і швидкістю у зв'язку з цією зміною технології виробництва.

Виробничі аварії можуть бути досить різними. Їх характер визначається причинами виникнення, масштабами і собівартістю виробництва.

Причинами виникнення аварій є:

- недоліки проектування підприємств, недотримання техніки безпеки, а також відсутність постійного контролю за станом виробництва і особливо при використанні легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;

- виникнення аварій на сусідніх підприємствах чи на енергетичних і газових мережах;

- стихійні лиха, які викликають аварії;

- виникнення аварій внаслідок невідомих науці явищ, які проявляються на підприємствах, які використовують різні хімічні речовини.

Аварії мають різні наслідки, які залежать від характеру виробництва.

Найбільш типовими проявами аварій можуть бути:

- вибухи, які призводять до руйнувань промислових будівель;

- інтенсивні пожежі;

- отруєння людей ядовитими рідинами і газами;

- ураження людей електричним струмом;

- затоплення підприємств разом з людьми, які знаходяться там;

- зараження місцевості сильнодіючими ядовитими і радіоактивними речовинами.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
						98
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру - проведення комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Роботу потрібно починати зразу, щоб не дати можливості аварії розростися до катастрофічних розмірів. Чим швидше почнуться рятувальні роботи, тим більше людей вдається врятувати.

Послідовність виконання ліквідацій аварій залежить від характеру руйнувань будівель і споруд, аварій комунікаційних, енергетичних і технологічних мереж і степені радіаційного і хімічного зараження території об'єкту, пожеж і інших умов, які впливають на дії формувань.

Дуже важливо забезпечувати загальний порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань цивільної оборони (ЦО) до місця аварії. Служба формування охорони загального порядку повинна приступити до виконання своїх обов'язків в першу чергу.

Проводяться роботи розчищення проїзду до зруйнованих захисних споруд, пошкоджених і зруйнованих будівель, де можуть знаходитися люди, а також у місцях аварій, які перешкоджають чи ускладнюють проведення рятувальних робіт.

Дуже важливі дії аварійно-технічних формувань, які зразу відключають ще не пошкоджені енергетичні і комунікаційно-технічні мережі і локалізують аварії.

Рятувальні формування ЦО повинні як можна швидше приступити до виконання роботи із рятування людей, діючи разом з формуваннями ЦО медичної служби.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		99

## 9 ЕКОЛОГІЯ

### 9.1. Методи очищення атмосфери на дільниці виготовлення деталі

В процесі виготовлення корпусу ЖИЦД 732131.002 відбувається забруднення атмосфери викидами оксиду вуглецю CO та діоксиду сірки SO<sub>2</sub> в результаті розплавлення алюмінієвого сплаву в печах, де в якості горючої речовини використовується природній газ. Під час литва розплавленого металу під тиском у кокіль для формування заготовок відбувається випаровування фенолу та складових змащувально-охолоджуючих рідин. Під час механічної обробки корпусу відбуваються викиди в атмосферу дрібних частинок силуміну. Усі вищенаведені фактори негативно впливають на фізичний стан людини і можуть призвести до виникнення захворювань робітників проектного цеху. Тому для очищення повітря використовуються витяжні вентиляції із засобами для відділення шкідливих речовин. Одним із найдосконаліших видів очищення газів від зважених в них частинок пилу і туману є електричне очищення. Цей процес заснований на ударній іонізації газу в зоні коронуючого розряду, передачі заряду іонів частинкам домішок і осадженні останніх на осаджуючих і коронуючих електродах.

Забруднені гази, що поступають в електрофільтр, завжди виявляються частково іонізованими за рахунок різних зовнішніх дій (рентгенівського і космічного проміння, радіоактивних випромінювань, нагріву газу і ін.), тому вони здатні проводити струм, потрапляючи в простір між двома електродами. Сила струму залежить від числа іонів і напруги між електродами. При збільшенні напруги в рух між електродами втягується все більше число іонів і сила струму росте до тих пір, поки в русі не виявляться всі іони, що є в газі.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЕКОЛОГІЯ		
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>				<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. контр.</i>					ТНТУ каф. ТМ гр. МТм-61		
<i>Зав. каф.</i>							

При цьому величина сили струму стає постійною (струм насичення), не дивлячись на подальше зростання напруги. При деякій достатньо великій напрузі іони і електрони настільки пришвидшуються, що, стикаючись з молекулами газу, іонізують їх, перетворюючи нейтральні молекули на позитивні іони і електрони. Нові іони і електрони, що утворилися, пришвидшуються електричним полем і, у свою чергу, іонізують нові молекули газу. Цей процес, названий ударною іонізацією газу, протікає стійко лише в неоднорідному електричному полі, характерному для циліндричного конденсатора.

В зазорі між коронуючим 1 і осаджувальним 2 електродами створюється електричне поле пониженої напруженості з силовими лініями 3, направленими від осаджувального до коронуючого електроду або навпаки. Напруга до електродів подається від випрямляча 4.

Аерозольні частинки, що поступають в зону між коронуючим н осаджувальним електродами, адсорбують на своїй поверхні іони, набуваючи електричний заряд, і одержують тим самим прискорення, направлене у бік електроду із зарядом протилежного знаку. Процес зарядження частинок залежить від рухливості іонів, траєкторії руху і часу перебування частинок в зоні коронуючого заряду. Враховуючи, що в повітрі і димових газах рухливість негативних іонів вище, ніж позитивних, електрофільтри звичайно роблять з короною негативної полярності. Час зарядження аерозольних частинок невеликий і вимірюється частками секунди. Необхідно відзначити, що частинки, що поступають в електрофільтр, звичайно вже мають невеликий заряд, отриманий за рахунок тертя об стінки трубопроводів і устаткування. Цей заряд (трубозаряд) не перевищує 5% заряду, одержуваного частинкою при коронному розряді.

Рух заряджених частинок до осаджувального електроду відбувається під дією аеродинамічних сил, сили взаємодії електричного нуля і заряду частинки, сили ваги і сили тиску електричного вітру.

Під дією аеродинамічних сил частинка рухається по напрямку основного

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

поток газу із швидкістю, близької до швидкості газу, яка складає 0,5—2 м/с. Основною причиною руху частинки до осаджувального електроду є сила взаємодії між електричним полем і зарядом частинки. Розрахунки швидкості цього руху показують, що її значення залежить головним чином від розмірів частинок і напруженості електричного поля.

Сила ваги не робить помітного впливу на траєкторію руху частинок пилу. За час перебування в електрофільтрі частинки розміром 10 мкм падають всього на 3—5 см, тому в розрахунках силу ваги звичайно не враховують.

Електричний вітер, що виникає і місцях генерації іонів, тобто у коронуючих електродів, викликаючий циркуляцію газу в міжелектродному проміжку з швидкістю до 0,5—1,0 м/с, обумовлений механічною дією іонів, що рухаються, на молекули газу і частинки пилу. Цей вітер робить вплив на рух частинок до осаджувальних електродів і на перемішування іонів та зважених частинок в міжелектродному просторі. Проте через відсутність методики розрахунку швидкості електричного вітру його впливом на рух частинок нехтують.

Таким чином, негативно заряджені аерозольні частинки рухаються до осаджувального електроду під дією аеродинамічних і електричних сил, а позитивно заряджені частинки осідають на негативному коронуючому електроді. З огляду на те, що об'єм зовнішньої зони коронного розряду у багато разів більший об'єму внутрішньої, більшість частинок пилу одержує заряд негативного знаку. Тому основна маса пилу осідає на позитивному осаджувальному електроді і лише відносно невелика кількість - на негативному коронуючому електроді.

Конструкцію електрофільтрів визначають умови роботи склад і властивості газів, що очищаються, концентрація і властивості зважених частинок, параметри газового потоку і т. д.

В промисловості використовують декілька типових конструкцій сухих і мокрих електрофільтрів, що використовуються для очищення технологічних

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

викидів.

Сухі електрофільтри типу УГМ (уніфіковані горизонтальні малогабаритні) рекомендується застосовувати для тонкого очищення газів від пилу різних видів. В корпусі електрофільтру встановлені коронуючі і осаджувальні електроди. Рівномірне підведення газу до електродів досягається установкою розподільних ґрат на вході у фільтр. Періодичне очищення коронуючих і осаджувальних електродів проводиться струшуючим механізмом.

На рис. 9.1 показана конструктивна схема мокрого електрофільтру типу С. В корпусі 3 встановлені коронуючі і осаджувальні електроди 2, до яких підводиться газ через розподільні ґрати 1. У верхній частині фільтру встановлені самовловлюючі парасольки 4. Уловлена на електродах смола стікає в бункер і через гідрозатвор виводиться з апарату. При загусанні смоли апарат розігрівають парою.

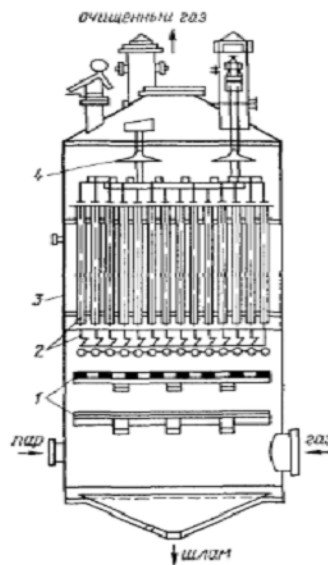


Рисунок 9.1 - Електрофільтр типу С

Експлуатаційні характеристики електрофільтрів досить чутливі до зміни рівномірності поля та швидкостей на вході у фільтр. Для отримання високої ефективності очищення необхідно забезпечити рівномірне підведення газу до електрофільтру за рахунок правильної організації газового потоку, застосування розподільних ґрат у вхідній частині електрофільтру.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз стану питання щодо впливу параметрів шліфувальних кругів на характеристики процесу шліфування. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра. Спроектовано функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструменту для плоского шліфування поверхні заготовки. Проведено лабораторні дослідження для визначення потужності на шпинделі плоскошліфувального верстата. Проведено експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після процесу шліфування. Виконано дослідження силових параметрів процесу шліфування звичайним кругом, та шліфувальними кругами із канавками. Встановлено кількісний показник ефективності процесу шліфування. Проведено експериментальні дослідження щодо встановлення впливу формування канавок на шліфувальному крузі на його зношування.

Встановлено, що при досліджуваних режимах різання, шліфувальні круги із канавками дозволяють збільшувати глибину різання до 2 разів із зменшувати потужність шліфування до 45% у порівнянні із звичайними шліфувальними кругами, при цьому забезпечується достатня якість обробленої поверхні. Максимальна глибина різання, при якій забезпечувалась достатня якість поверхні для звичайних шліфувальних кругів складала 2 мм, а для шліфувальних кругів із канавками – до 4 мм. При цьому питома енергія шліфування та співвідношення тангенціальної та нормальної сил різання, є тим меншими величинами, чим більшими є площі канавок на циліндричній поверхні круга. Також встановлено, що утворення канавок на поверхні круга не призводить до його підвищеного зношування.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61</i>		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Куцак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>							<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>									
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. контр.</i>								<i>ТНТУ, каф. ТМ</i>		
<i>Затв.</i>								<i>гр. МТм-61</i>		

13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.

14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.

15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. М.: Высш. школа, 1969. 480 с.

21. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. К.: Вища шк., 1991. 247 с.

22. Сипайлов В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. М., Машиностроение, 1978. 167 с.

23. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования материалов. К., 1978. 201 с.

24. Капанянц Э.Ф. Точность обработки при шлифовании. Минск: Наука и техника, 1987. 152 с.

25. Якимов А. В. Прерывистое шлифование. Киев-Одесса: Вища школа, 1986. 174 с.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



26. Якимов А. А. Основы теории обеспечения и стабилизации качества поверхностного слоя при прерывистом шлифовании зубчатых колес. Харьков, 1997. 210 с.

27. Мишнаевский Л. Л. Износ шлифовальных кругов. К.: Наукова думка, 1982. 132 с.

28. Пташенчук В. В. Підвищення продуктивності та якості оброблення торців кілець роликотідшипників методом переривчастого шліфування: дис. ... кандидата техн. наук : 05.02.08. Луцьк, 2011. 180 с.

29. Al-Mokhtar Omran Mohamed. Investigation of circumferentially-grooved grinding wheels for creep-feed grinding. Doctoral Thesis, Dalhousie University, 2014, 176 p.

30. Щербінін І. Дослідження процесу шліфування плоских поверхонь / II Міжнародна студентська науково-технічна конференція “Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання”: 25-26 квітня 2019 р. : тези доп. – Тернопіль : вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – С. 148.

31. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

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

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

34. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Таблиця А.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	157894	1.33	0,022	3473,668	3
010	157894	0.65	0,011	1736,834	3
015	157894	0.33	0,006	947,364	3
020	157894	0.42	0,007	1105,258	3
025	157894	0.52	0,009	1421,046	3
030	157894	0.33	0,006	947,364	3
035	157894	0.7	0,012	1894,728	3
040	157894	0.32	0,005	789,47	3
045	157894	0.32	0,005	789,47	3
050	157894	0.32	0,005	789,47	3
055	157894	0.58	0,01	1578,94	3
060	157894	0.58	0,01	1578,94	3
065	157894	0.58	0,01	1578,94	3
070	157894	0.55	0,009	1421,046	3
075	157894	0.37	0,006	947,364	3
080	157894	0.38	0,006	947,364	3
085	157894	0.36	0,006	947,364	3
090	157894	0.7	0,012	1894,728	3

					<i>ДР 18-392.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Щербінін</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дичковський</i>						<i>11</i>
<i>Реценз.</i>					<b>ДОДАТОК А</b> <i>ТНТУ каф. ТМ</i> <i>гр. МТм - 61</i>		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

Закінчення таблиці А.1

1	2	3	4	5	6
095	157894	0.64	0,011	1736,834	3
100	157894	0.43	0,007	1105,258	3
Сума		10,41	0,175	27631,45	
Проектний варіант					
005	157894	0.23	0,004	631,576	3
010	157894	0.412	0,007	1105,258	3
015	157894	0.32	0,005	789,47	3
020	157894	0.2	0,003	473,682	3
Сума		1,162	0,019	2999,986	

Таблиця А.2 - Склад технологічного обладнання

№ п/п	Кількість місць	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 витрат, грн	Категорія ремонтної складності
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	1	10	10	40000	40000	3200	43200	11
010	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
015	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
020	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
025	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
030	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
035	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
040	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
045	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
050	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
055	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
060	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
065	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
070	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
075	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
080	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
085	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
090	1	2.2	2,2	20000	20000	1600	21600	11
095	1	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	11
100	1	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	11
Сума	20		62,4		460000	36800	496800	11
Проектний варіант								
005	1	18	18	150000	150000	12000	162000	20
010	1	2.8	2,8	300000	300000	24000	324000	20
015	1	2.8	2,8	300000	300000	24000	324000	20
020	1	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	20
Сума	4		31,1		790000	63200	853200	20

Таблиця А.3 - Зведена відомість складу працюючих

№ п/п	Категорія працюючих	Кількість	Процентне відношення
1	2	3	4
Базовий варіант			
1	Виробничі робітники	21	-
2	Допоміжні робітники	9	42
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

## Закінчення таблиці А.3

4	Інженерно-технічні працівники	4	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	2	4-5
Всього		37	
Проектний варіант			
1	Виробничі робітники	5	-
2	Допоміжні робітники	3	42
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	1	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	1	4-5
Всього		11	

Таблиця А.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	357,2	1,81	2715	0,02
	б) допоміжні приміщення	125,02	0,63	945	0,01
	в) адмін.- побутові	142,45	0,72	1080	0,01
	ВСЬОГО:	624,67		4740	0,04
2	Споруди і передаючі пр.	31,2335	0,16	240	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	496,8	2,52	3780	0,03

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці А4

1	2	3	4	5	6
	б) енергетичне	4,68	0,02	30	0
	в) транспортне	49,68	0,25	375	0
	г) контр.-вимірювальне	24,84	0,13	195	0
	ВСЬОГО:	576		4380	0,03
4	Інструмент і пристрої	59,616	60	35769,6	0,24
5	Виробн. і госп. інвентар	4,968	24	1192,32	0,01
	ВСЬОГО:	1296,4875		46321,92	0,32

## Проектний варіант

1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	75,6	0,38	570	0
	б) допоміжні приміщення	26,46	0,13	195	0
	в) адмін.-побутові	42,35	0,21	315	0
	ВСЬОГО:	144,41		1080	0
2	Споруди і передаючі пр.	7,2205	0,04	60	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	853,2	4,32	6480	0,04
	б) енергетичне	2,3325	0,01	15	0
	в) транспортне	85,32	0,43	645	0
	г) контр.-вимірювальне	42,66	0,22	330	0
	ВСЬОГО:	983,5125		7470	0,04
4	Інструмент і пристрої	102,384	60	61430,4	0,41
5	Виробн. і госп. інвентар	8,532	24	2047,68	0,01
	ВСЬОГО:	1246,059		72088,08	0,46

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця А.5 - Зведена відомість річного фонду зарплати

Категорії працюючих	Основна зарплата, тис. грн	Доплата, тис. грн	Всього фонд основної зарплати, тис. грн	Додаткова зарплата, тис. грн	Річний фонд зарплати, тис. грн	Нарахування на зарплату, тис. грн	Всього витрати на зарплату,	Середньо-місячна зарплата
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
Робітники:								
- основні	217,2	65,16	282,36	13,032	295,39	82,536	377,926	7172,18
- допоміжні	128,99	32,2475	161,2375	7,7394	168,98	49,0162	217,9962	5564,63
ІТП	63,12	15,78	78,9	3,7872	82,69	23,9856	106,6756	7722,71
ЛКП	28,66	7,165	35,825	1,7196	37,54	10,8908	48,4308	6564,17
МОП	14,33	3,5825	17,9125	0,8598	18,77	5,4454	24,2154	5564,17
ВСЬОГО:	452,3	123,935	576,235	27,138	603,37	171,874	775,244	
Проектний варіант								
Робітники:								
- основні	20,42	6,126	26,546	1,2252	27,77	7,7596	35,5296	7462,83
- допоміжні	36,21	9,0525	45,2625	2,1726	47,44	13,7598	61,1998	5317,78
ІТП	13,29	3,3225	16,6125	0,7974	17,41	5,0502	22,4602	7450,83
ЛКП	12,07	3,0175	15,0875	0,7242	15,81	4,5866	20,3966	6317,5
МОП	12,07	3,0175	15,0875	0,7242	15,81	4,5866	20,3966	5317,5
ВСЬОГО:	94,06	24,536	118,596	5,6436	124,24	35,7428	159,9828	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

Таблиця А.6 - Відомість витрат на матеріали

№ п/п	Матеріали	Розхід на деталь, кг	Річна витрата, т.	Вартість, грн.	Загальні тр. витрати, грн.	Загальна вартість відходів, грн.	Загальна вартість матеріалу, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Базовий варіант							
1	Основні матеріали	0,335	52,89	2750280	220022,4	78440,16	2891862,24
2	Допоміжні матеріали	0,006	0,93	48129,9	3850,39	1372,7	50607,59
Проектний варіант							
1	Основні матеріали	0,268	42,32	2200640	176051,2	22530,68	2354160,52
2	Допоміжні матеріали	0,005	0,74	38511,2	3080,9	394,29	41197,81

Таблиця А.7 - Кошторис цехових витрат

№ з/п	Найменування статей витрат	Витрати, тис. грн. Базовий варіант	Витрати, тис. грн. Проектний варіант
1	2	3	4
	А. НА УТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБЛАДНАННЯ		
1	Амортизація обладнання	4,38	7,47
2	Експлуатація обладнання		
	а) допоміжні матеріали	50,61	41,2
	б) електроенергія	0,03	0
	в) стиснуте повітря	0,043	0,009
	г) вода для виробничих потреб	2,099	0,46
	д) пара для виробничих потреб	8,753	7,004
	е) зарплата основна і додаткова	377,93	35,53
3	Черговий ремонт		

					<b>ДР 18-392.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Закінчення таблиці А.7

1	2	3	4
	а) обладнання	24,84	42,66
	б) цінний інструмент	8,94	15,36
4	Внутрішні переміщення вантажів	2,48	4,27
5	Зношення малоцінного і швидкозношуваного інструменту	39,74	68,26
6	Інші витрати	12,12	20,82
	ВСЬОГО по розділу А:	531,965	243,043
	<b>А. ЗАГАЛЬНОЦЕХОВІ ВИТРАТИ</b>		
1	Утримання апарату управління цехом		
	а) ІТП	106,6756	22,4602
	б) службовці (ЛКП)	48,4308	20,3966
2	Утримання решти цехового персоналу		
	а) МОП	24,2154	20,3966
	б) доп.робітники, не вказанні в розд. А	130,8	36,72
3	Амортизація будівель та інвентаря	6,17	3,19
4	Утримання будівель, споруд та інвентаря		
	а) електроенергія для освітлення	197,89	41,88
	б) пара для опалення	124,066	26,258
	в) вода для побутових потреб	9,97775	2,77225
	г) матеріальні та інші витрати	6,56	1,52
	д) інвентаря	4,97	8,53
5	Черговий ремонт будівель, споруд, інвентаря	19,83	4,8
6	Випробування, досліди та дослідження, раціоналізація і винахідництво	11,34	1,07
7	Охорона праці	30,23	2,84
8	Зношення малоцінного та швидкозношуваного інвентаря	1,99	3,41
9	Інші витрати	14,46	3,92
	ВСЬОГО по розділу Б:	737,61	200,16
	ВСЬОГО цехових (побічних) витрат	1269,575	443,203

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-392.00.00

Арк.

Таблиця А.8 - Кошторис витрат на виробництво продукції

№ з/п	Найменування статей витрат	Базовий варіант сума, тис. грн.	Проектний варіант сума, тис. грн.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з вирахуванням відходів	2891,86	2354,16
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	282,36	26,55
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	13,03	1,23
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	82,54	7,76
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	531,96	243,04
6	Загальноцехові витрати	737,61	200,16
	Всього цехова собівартість	4539,36	2832,9
7	Загальнозаводські витрати	221,8	35,9
	Всього виробнича собівартість	4761,16	2868,8
8	Позавиробничі витрати	190,45	114,75
	Всього повна собівартість	4951,61	2983,55
9	Плановий прибуток	742,74	447,53
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	5694,35	3431,08

Таблиця А.9 - Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ з/п	Найменування статей витрат	Базовий варіант Сума, грн.	Проектний варіант Сума, грн.
1	2	3	4
1	Основні матеріали з врахуванням транспортних витрат та з вирахуванням відходів	19,28	15,69
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	1,88	0,18
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	0,09	0,01
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	0,55	0,05

## Закінчення таблиці А.9

1	2	3	4
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	3,55	1,62
6	Загальноцехові витрати	4,92	1,33
	Всього цехова собівартість	30,26	18,89
7	Загальнозаводські витрати	1,48	0,24
	Всього виробнича собівартість	31,74	19,13
8	Позавиробничі витрати	1,27	0,76
	Всього повна собівартість	33,01	19,89
9	Плановий прибуток	4,95	2,98
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	37,96	22,87

Таблиця А.10 - Калькуляція собівартості одиниці продукції

№ з/п	Нормативні показники	Одиниця виміру	Величина показника базового варіанту	Величина показника проектного варіанту
1	2	3	4	5
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	шт.	150000	150000
	б) у вартісному вираженні	грн.	5694350	3431080
2	Капітальні затрати:			
	а) загальні	тис. грн.	1296,49	1246,06
	б) питомі	грн./шт.	8,64	8,31
	в) виробнича площа загальна	кв. м.	893	189
	г) кількість верстатів	шт.	20	4
	д) енергопотужність обладнання	кВт	62,4	31,1
3	Оборотні засоби, що нормуються	тис. грн.	307,92	295,94
4	Загальна чисельність працюючих	чол.	37	11

Арк.

ДР 18-392.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці А.10

1	2	3	4	5
5	Річний фонд зарплати	тис. грн.	775,244	159,9828
6	Середньомісячна зарплата:			
	а) виробничих робітників	грн.	2172,18	7462,83
	б) ІТР	грн.	2722,71	7450,83
7	Виробіток на одного працюючого	грн./чол.	153901,39	311916,59
8	Випуск продукції:			
	а) на один грн. основних фондів	грн.	4623,3	2898,47
	б) на один квадратний метр площі	грн.	6376,65	18153,88
9	Завантаження верстатів	%	0,29	0,03
10	Собівартість деталі	грн.	37,96	22,87
11	Побічні витрати цеху	грн.	190450	114750
12	Рівень рентабельності виробу	%	15	14,98
13	Рівень рентабельності цеху	%	50,25	31,5

					<i>ДР 18-392.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		