

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)  
Технології машинобудування  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розроблення проекту ділянки механічного цеху для  
виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 з дослідженням процесу  
правлення шліфувальних кругів**

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

131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	_____	<b>Заровенний М.В.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<b>Дячун А.Є.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль - 2019

## РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: “Розроблення проекту ділянки механічного цеху для виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 з дослідженням процесу правлення шліфувальних кругів”.

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

У другому розділі спроектовано та підібрано функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструментів для правлення абразивних кругів та плоского шліфування поверхні заготовки, проведено експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після шліфування правленим кругом від зміни трьох основних факторів: подачі правлення круга, глибини правлення круга та зернистості круга за постійних значень режиму шліфування, проведено лабораторні дослідження для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення на потужність шліфування заготовки із сталі 45.

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

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Заровенний</i>				РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ, каф ТМ гр. МТМ-61</i>		

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 1443400 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 119 сторінок.

Графічна частина представлена на 12 аркушах формату А1.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Одним із основних параметрів, що впливають на якість шліфованої поверхні та енергосилові параметри процесу різання є топографія шліфувальних кругів. Остання характеристика багато в чому визначається режимами процесу правлення робочих поверхонь шліфувальних кругів, зокрема подачею інструмента для правлення та глибиною правлення. Одержана робоча поверхня шліфувального круга вносить свої корективи щодо якості оброблених поверхонь після процесу шліфування та витрат потужності при шліфуванні. Тому якість поверхні після шліфування та потужність різання визначаються не тільки режимами шліфування, але й режимами правлення шліфувальних кругів. Змінюючи режими правлення кругів, можна керувати шорсткістю обробленої поверхні після шліфування, а також потужністю різання. Тому встановлення такого взаємозв'язку експериментальним шляхом є актуальним завданням.

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 керування, електронних і обчислювальних машин та іншої нової техніки, застосування прогресивних форм організації та економіки виробничих процесів – все це направлено на розв'язування головних задач дипломної роботи: збільшення ефективності виробництва і якості продукції, зокрема кришки ЖИЦД 732131.089, що входить до складу вибухозахищеного трьохфазного світильника, призначеного для загального освітлення вибухонебезпечних зон.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Заровенний</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>						
<i>Реценз.</i>					ВСТУП		
<i>Н. контр.</i>					ТНТУ, каф ТМ		
<i>Затв.</i>					гр. МТМ-61		

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

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

Операція правлення шліфувальних кругів – це процес, що полягає в покращенні робочої поверхні шліфувального круга з метою одержання бажаних властивостей під час шліфування. Навіть новий шліфувальний круг необхідно піддавати правленню перед першою операцією для того, щоб створити задовільну топографію шліфувального круга, що має значний вплив на шорсткість обробленої поверхні, силу різання, потужність та температуру.

Для правлення шліфувальних кругів винайдено багато різних способів. Ці способи ґрунтуються на двох методах формоутворення. До них належать правлення одноточковим інструментом та правлення обертовим інструментом. На рис. 1.1 представлено процес правлення одноточковим інструментом [22], для цього процесу основними режимами є подача інструменту вздовж шліфувального круга  $v_d$ , тангенціальна швидкість різання  $v_s$  та глибина правлення  $a_d$ . Ці рухи подібні до процесу токарної обробки циліндричної поверхні.

Переміщення паралельно осі шліфувального круга за один його оберт визначено як подачу правлення  $s_d$ , яку можна визначити, використовуючи рівняння:

$$s_d = \frac{\pi d_s v_d}{v_s}. \quad (1.1)$$

Коефіцієнт перекриття  $U_d$  визначено як відношення активної ширини  $b_d$  одноточкового алмазного інструменту до подачі правлення  $s_d$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<b>АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

$$U_d = \frac{b_d}{s_d} \quad (1.2)$$

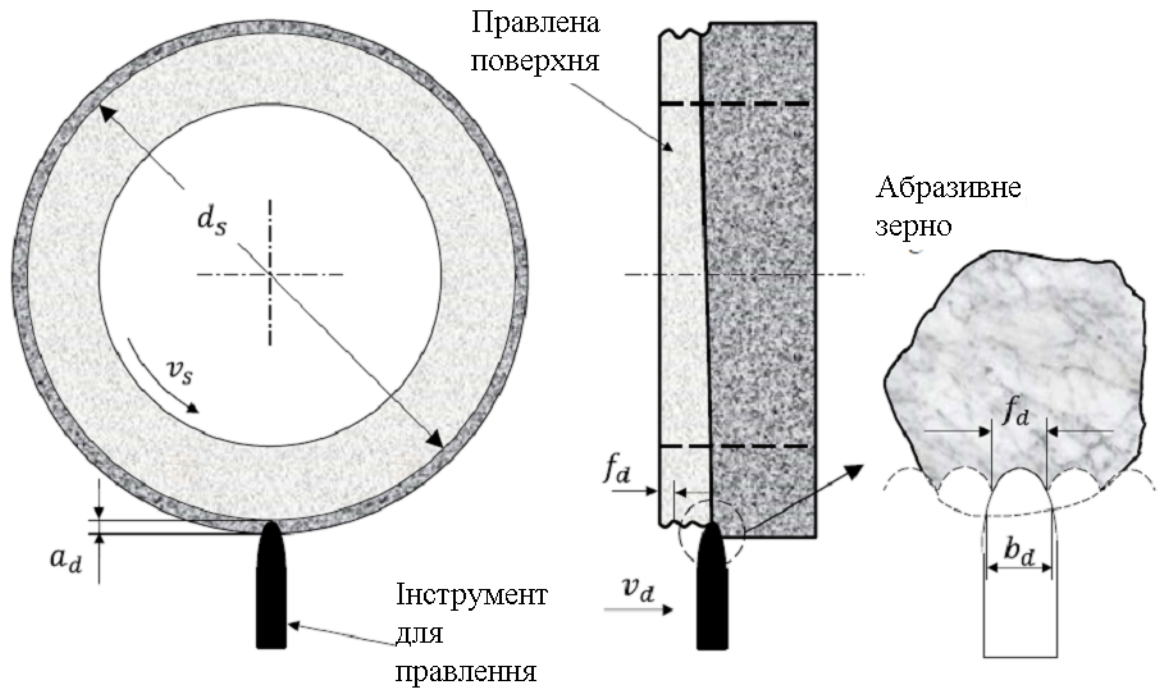


Рисунок 1.1 – Правлення шліфувального круга одноточковим алмазним інструментом [22]

При другому способі правлення шліфувальних кругів використовується ролик, що покритий алмазами. Однією з переваг цього способу є відносно швидке правлення складних профілів шліфувальних кругів. При цьому способі шліфувальний круг із кутовою швидкістю  $v_s$  подається радіально із швидкістю  $v_r$  до обертового ролика, що має свою кутову швидкість обертання. При цьому встановлюється глибина правлення  $a_r$  (рис. 1.2). Швидкість подачі при правленні визначає кількість матеріалу, що усувається з круга за один оберт. При встановленні режимів правлення також визначається співвідношення кутової швидкості обертання ролика до кутової швидкості шліфувального круга. Коли це співвідношення наближається до позначки, виникає процес правлення із руйнуванням, абразивні зерна та зв'язка руйнуються в зоні контакту за рахунок

дії високих напружень стиску.

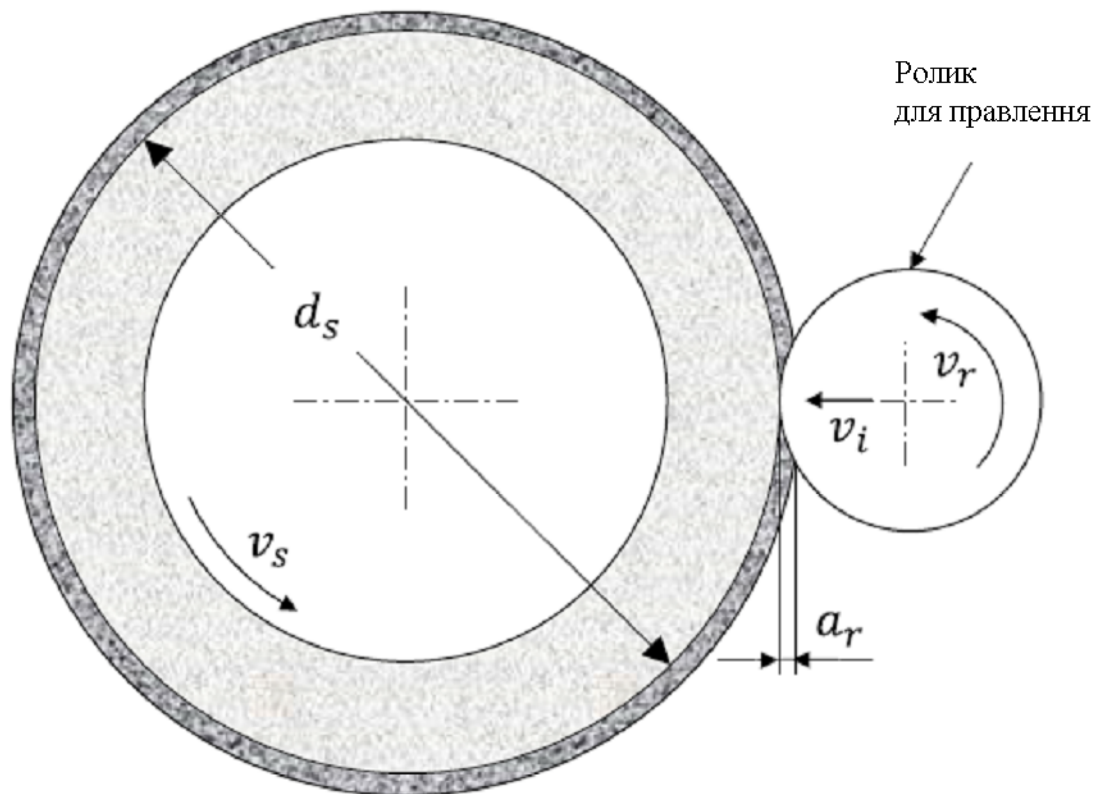


Рисунок 1.2 – Правлення шліфувального круга роликом [22]

Дослідники Чен та Ров [23] запропонували свою модель правлення шліфувальних кругів. При цьому топографія шліфувального круга визначається характеристиками шліфувального круга, формую алмазного інструмента для правлення та режимами правлення. На рис. 1.3 зображено співвідношення між вхідними та вихідними даними процесу правлення.

До характеристик шліфувального круга віднесено розміри зерен та густина розміщення зерен у шліфувальному крузі. У моделі Чена та Ров [23] прийнято допущення, що шліфувальний круг складається із сферичних зерен, однакового діаметра  $d_g$ , які випадковим чином розподілені в об'ємі шліфувального круга. Зерна початково розміщені у вигляді простої кубічної решітки. Потім їх переміщують випадковим чином. Розміщення таких зерен визначено наступною матрицею

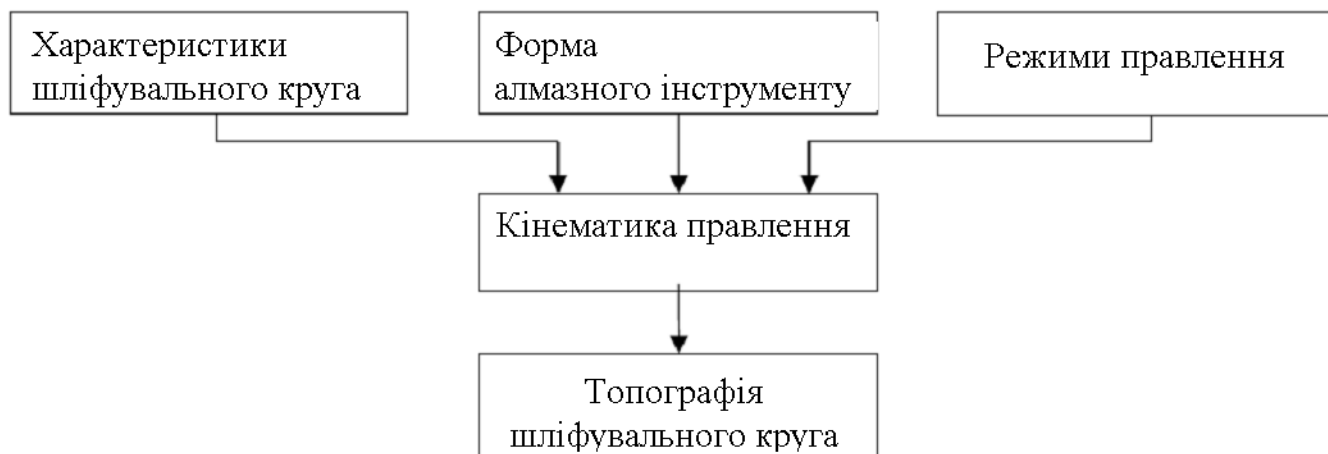


Рисунок 1.3 – Співвідношення параметрів під час процесу правлення шліфувального круга [23]

$$[G_{i,j,k}] = \begin{bmatrix} G_{i,j,k}^x \\ G_{i,j,k}^y \\ G_{i,j,k}^z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{0,0,0}^x + i\Delta x + R_x \\ G_{0,0,0}^y + i\Delta y + R_y \\ G_{0,0,0}^z + i\Delta z + R_z \end{bmatrix}, \quad (1.3)$$

де середнє зміщення в напрямку осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  дорівнює  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = L$ , тому просторову ймовірність прийнято однорідною. Загальний об'єм зерен в одній решітці визначено за рівнянням

$$V_{g1} = \frac{1}{6\pi d_g^3}, \quad (1.4)$$

де  $M$  – розмір решітки.

Густину розміщення зерен визначено за рівнянням (1.4), як відношення сумарного об'єму зерен в одній решітці до загального об'єму решітки, тому [23]:

$$V_g = \frac{\pi d_g^3}{6L^3}, \quad (1.5)$$

$$L = \left( \frac{\pi d_g^3}{6V_g} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (1.6)$$



$$V_g = 2(32 - S), \quad (1.7)$$

де  $S$  – структурне число шліфувального круга і є відстанню між сусідніми зернами. У рівнянні (1.3)  $R_x, R_y, R_z$  є випадковими числами, що генеруються між 0 та  $L$  комп'ютерною програмою. Відстань між зернами завжди повинна бути більшою за діаметр зерна  $d_g$ , в іншому випадку вони будуть заперечувати одне одного. Тому Чен та Ров створили правило, для процесу переміщення зерен, що задовольняє рівняння

$$d(G_{i,j,k}, G_{i',j',k'}) > d_g, \quad (1.8)$$

де  $d(G_{i,j,k}, G_{i',j',k'})$  - відстань між центрами сусідніх зерен.

Оскільки шліфувальні круги модифікуються процесом правлення, Чен та Ров використовували процес правлення безпосередньо на зернах, після процесу рандомізації для одержання реалістичнішої топографічної моделі. Для різання робочої поверхні шліфувального круга використовувався одноточковий алмазний інструмент. Вершина інструмента для правлення була у вигляді параболи. Переміщення інструменту по робочій поверхні шліфувального круга здійснювалось по гвинтовій траєкторії. Чен та Ров розглядали два основних механізми процесу правлення: в'язке різання та руйнування зерен. На рис. 1.4 показано, що одне шліфувальне зерно має декілька траєкторій ліній правлення. На практиці ці лінії точно не співпадають з поверхнями зрізування зерен після процесу правлення через розриви зерен на шліфувальному крузі, тому рівняння (1.9) описує модифіковану зрізану поверхню зерна

$$z_g(x) = f(x) + h[\sin(\omega x + \alpha) + 1], \quad (1.9)$$

де  $f(x)$  - поверхня зерна, утворена в результаті переміщення алмазного інструмента під час правлення,  $\omega$  - випадкова частота,  $\alpha$  - випадковий початковий кут,  $h$  - амплітуди синусоїдної хвилі.

На рис. 1.4 показано, що величина амплітуди  $h$  визначає розміри тріщини і

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є пропорційною величиною площ перекриття  $A_1$  між траєкторією переміщення алмазного інструменту та зерна. Тому амплітуду синусоїдної хвилі визначено за формулою [23]:

$$h = k \frac{A_1 U_d}{f_d}, \quad (10)$$

де  $k$  - коефіцієнт пропорційності, який встановили на рівні 0,25 для одержання реальних результатів;  $f_d$  - величина подачі при правленні.

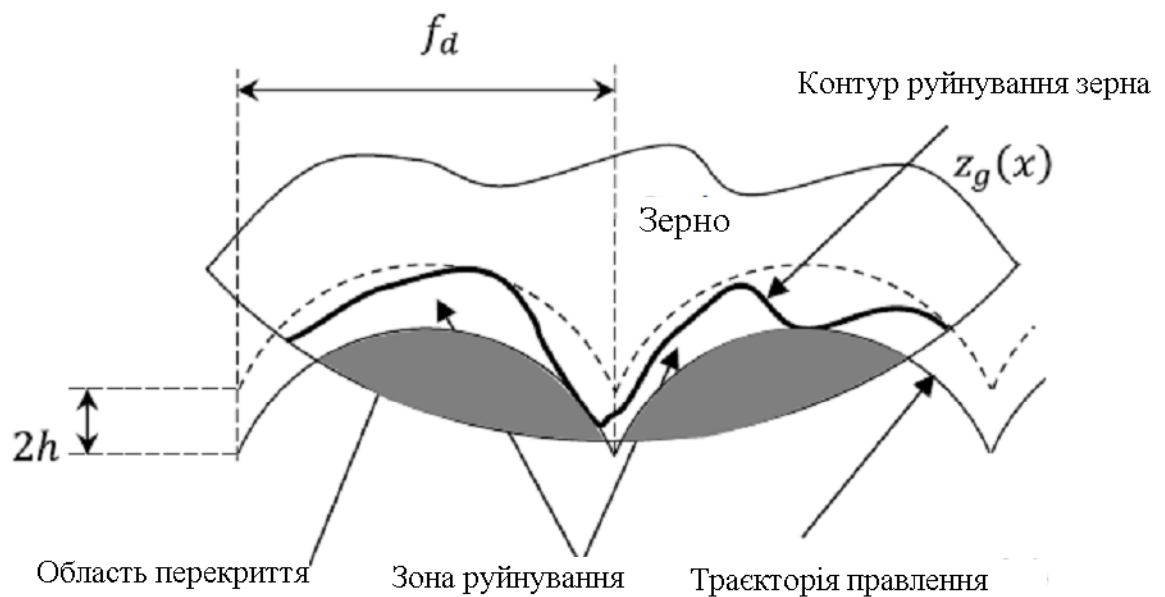


Рисунок 1.4 – Формування поверхні зерна після процесу правлення [23]

Попередній аналіз та огляд процесу правлення встановив, що цей процес супроводжується вибиванням зерен, розломом зерен та в'язким різанням. Відповідно до Чен та Ров [23], в процесі правлення матеріал зв'язки, що утримує зерна разом, намагається протистояти силі правлення (що намагається змістити зерна із поверхні шліфувального круга). Якщо сила правлення є достатньою, то вона може змістити ціле зерно із поверхні шліфувального круга або ж може виникнути руйнування зерна, коли зміщується значна частина зерна.

Мала сила правлення може бути не достатньою для виникнення руйнування зерна і тому призводить до в'язкого різання зерна, або матеріалу зв'язки. Степінь

взаємодії між інструментом для правлення та шліфувальним кругом можна розглянути як площі перетину між інструментом та зерном, що зображено на рис. 1.5. Максимальні площі перетину для чистового, напівчистового та чорнового правлення становили 0,001, 0,002 та 0,004 мм<sup>2</sup> відповідно.



Рисунок 1.5 – Схематичне зображення руйнування зерна однокочковим інструментом для правлення [22]

Оскільки максимальна площа перетину була найвищою для чорнового правлення, можна очікувати, що у такому випадку відбувається більше видалень зерен та їх більші руйнування порівняно з напівчистовим і чистовим правленням, що призводить до утворення меншої кількості ріжучих кромок.

Також в процесі правлення відбувається в'язке різання матеріалу. Відповідно до рисунка 1.5 [22], в'язка зона різання є відстанню між виступом інструмента для правлення і максимальної висоти вершини поверхні руйнування зерна, що дорівнювала 20, 2,4 та 0,8 мкм для чорнового, напівчистового та чистового

правлення відповідно. Якщо б відбувалось чисте в'язке різання, воно б виглядало як канавки між паралельними виступами на поверхні шліфувального круга. Можна було б очікувати, що результуючі відстані між цими виступами і канавками становила 41,7, 83,3 і 250 мкм для чистового, напівчистового та чорнового правлення відповідно, що відповідає величині подачі інструмента за один оберт.

На рис. 1.5 також зображено зону руйнування, яку визначено як глибину, при якій правлення створює ефект руйнування зерна. Кількість розломів та їх розміри пропорційні площі перекривання. Руйнування призводять до поділу окремих абразивних зерен на велику кількість менших ріжучих кромок або ж до усунення великих потовщених кусків, знижуючи кількість та розміри ріжучих кромок. Виникає комбінація обох типів руйнування. Оскільки чорнове правлення створює меншу кількість малих ріжучих кромок, тому ймовірно, що при цьому виникає другий тип руйнування.

Під час використання шліфувальних кругів можна побачити, що в процесі шліфування такі інструменти змінюють геометричні розміри, мікропрофіль і ріжучі властивості робочої поверхні інструменту.

Відомо дві основні причини, що викликають необхідність виконання правлення різального інструменту. [24] “Перша полягає в тому, що в шліфувального круга змінюються геометричні розміри та мікропрофіль робочої поверхні внаслідок нерівномірного видалення зі зв'язки абразивних зерен, викликаного нерівно-мірним їх розташуванням, неоднаковою гостротою їх різальних граней, різною міцністю з'єднання окремих зерен зі зв'язкою тощо. Інша причина полягає в тому, що шліфувальний круг втрачає різальну здатність внаслідок затуплення граней абразивних зерен і заповнення пор круга дрібними частинами зрізаного матеріалу і абразивним пилом, у результаті чого різальна здатність абразиву знижується. Подальша робота таким інструментом вимагає збільшення зусилля притискання шліфувального круга до оброблюваної деталі, що небезпечно не лише для деталі, але й для круга, внаслідок того, що останній

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

через збільшення тертя ковзання та значного виділення тепла, перегрівається та руйнується внаслідок пошкодження зв'язки в крузі”.

Отже, шліфувальні круги необхідно постійно оновлювати до початкового робочого стану із забезпеченням правильної геометричної форми та відповідної робочої поверхні на мікрорівні, при цьому вона повинна володіти високою ріжучою здатністю, що досягається за допомогою періодичного правлення алмазними інструментами, вибір яких визначається умовами роботи й особливостями шліфувальних кругів.

Правлення шліфувального круга з канавками відрізняється від правлення звичайного шліфувального круга, це зумовлено періодичністю такого процесу, що полягає в періодичній зміні зон контакту між інструментом та шліфувальним кругом. У роботі [24] вказано, що “в процесі правлення правлячий інструмент притискається до круга з певним зусиллям та під час проходження над канавкою відбувається западання алмазного стержня в глиб канавки, а під час виходу з канавки знімається значний шар абразиву в зоні передньої різальної кромки виступу. Оскільки на поверхні різального інструменту міститься ряд виступів, а сам круг обертається з певною коловою швидкістю, це призводить до того, що правлячий інструмент здійснює коливальні рухи вздовж своєї осі, внаслідок чого погіршується мікропрофіль робочої поверхні різального інструменту, що негативно позначається на точності оброблення (на поверхні оброблених деталей з'являється хвилястість, зростають складові сил різання, внаслідок чого погіршується шорсткість та зростають контактні температури).”

У роботі [24] відмічено, що “для уникнення цього явища та забезпечення правильної геометричної форми різального інструменту правлення переривчастих шліфувальних кругів необхідно проводити декількома правлячими інструментами одночасно, при цьому під час проходження над канавкою переривчастого різального інструменту інший правлячий інструмент повинен контактувати з поверхнею круга (рис. 1.6).”

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

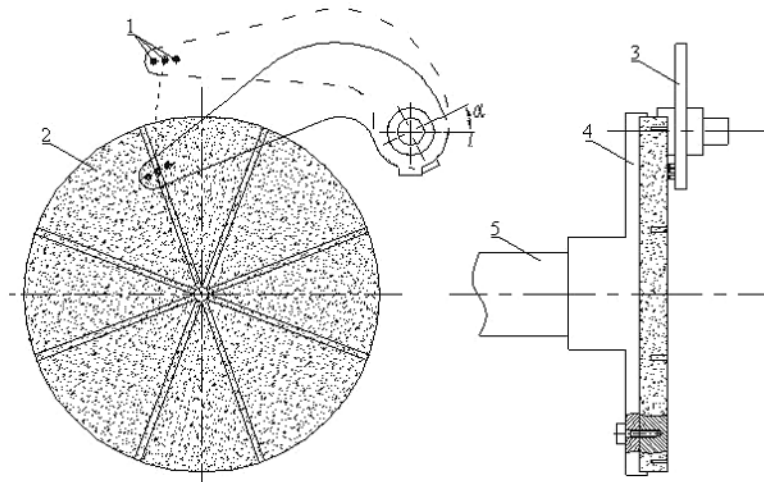


Рисунок 1.6 – “Схема правлення переривчастого шліфувального інструменту:  
1 - алмазно-металевий стержень; 2 - переривчастий шліфувальний інструмент; 3 -  
- правлячий механізм; 4 - планшайба; 5 – шпиндель” [24]

У таких випадках доцільно використовувати алмазно-металічні стержні для правлення, що мають заокруглену форму (рис 1.7, г). Це забезпечує плавність переходу інструменту для правлення над впадинами канавок в процесі правлення шліфувальних кругів.

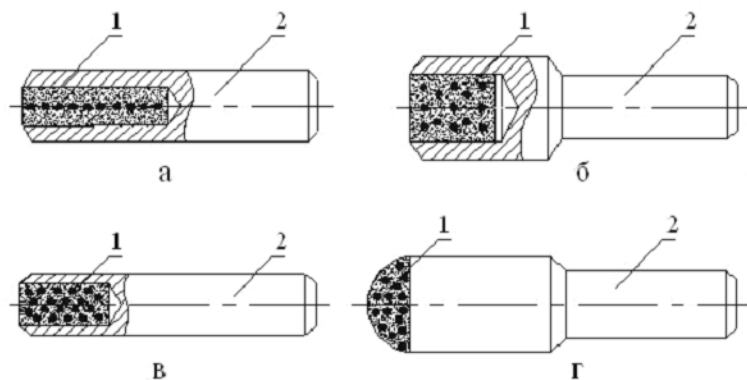


Рисунок 1.7 – “Типи алмазно-металічних правлячих інструментів:  
а) тип Л з ланцюговим розміщенням алмазних зерен; б) тип Ш з не  
перекриваючими шарами алмазних зерен; в) тип Ш з перекриваючими шарами  
алмазних зерен; г) тип Н з неорієнтованим розташуванням алмазних зерен;  
1- алмазна вставка; 2- державка” [24]

Перевірка та постійне підналагодження механізму правлення абразивних

					ДР 18-379.00.00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кругів дозволяє одержати необхідну перпендикулярність площини правлення до осі шпинделя верстата, що в свою чергу підвищує точність правлення шліфувальних кругів та забезпечує отримання заданих параметрів шорсткості, хвилястості та точності оброблених поверхонь.

На рис. 1.8 показана конструкція пристрою для правки шліфувального круга [25]. “Пристрій для правки шліфувального круга складається з державки 1, в якій закріплений алмазний олівець 2. Абразивні сегменти 3 встановлені на корпусі шліфувального круга 4. Засіб для подачі мастильно-охолоджувальної рідини містить сопло 5, з виконаним в ньому каналом 6, і встановленим у цьому каналі кавітаційним насадком 7. Захисний екран 8 встановлений в безпосередній близькості від зони правки. Пристрій працює наступним чином. Державка 1, разом з закріпленим у ній алмазним олівцем 2, підводиться до оброблюваних абразивних сегментів 3, встановлених на корпусі шліфувального круга 4. Подача мастильно-охолоджувальної рідини в зону правки здійснюється через виконаний в соплі 5 канал 6. При цьому мастильно-охолоджуюча рідина проходить через встановлений в каналі сопла кавітаційний насадок 7, який сприяє утворенню кавітаційних зародків в рідкому середовищі, активує її фізико-хімічні властивості. Високоенергетична, активована рідина потрапляє на поверхню контакту алмазного олівця та шліфувального круга, ефективно впливаючи при цьому на процес правки.”

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

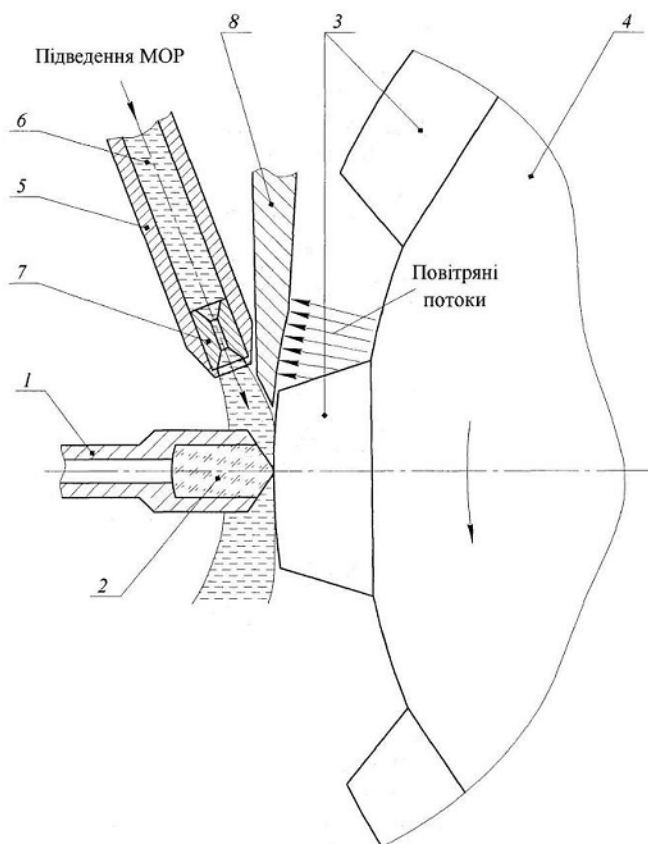
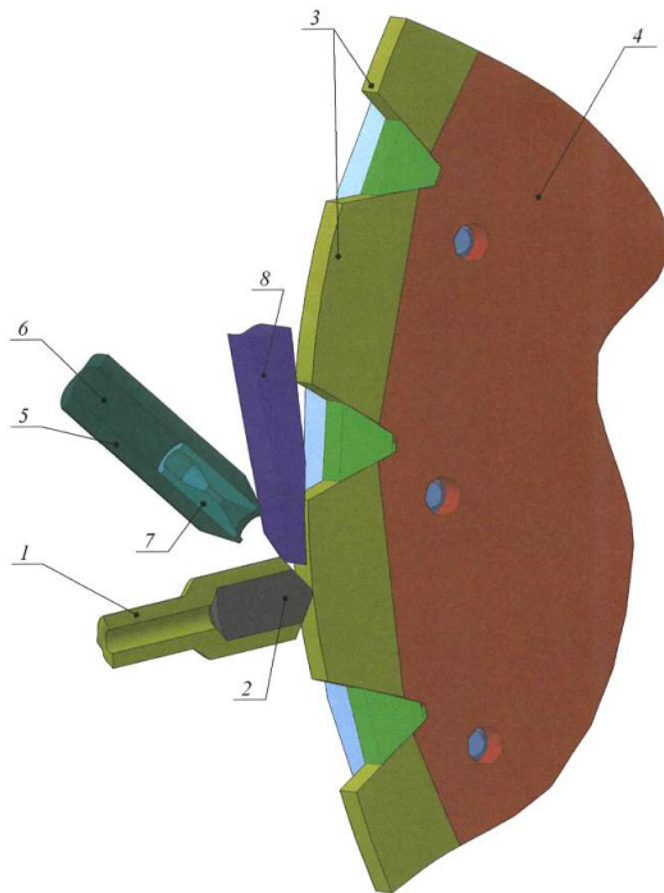


Рисунок 1.8 - Пристрій для правлення шліфувального круга [25]

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



“Для запобігання впливу повітряних потоків на струмінь рідини, які перешкоджають її потраплянню на поверхню абразивного матеріалу, передбачений захисний екран 8. Підведення пристрою для правки шліфувального круга може здійснюватися як в ручному, так і в автоматичному режимах. Алмазний олівець може бути встановлений під будь-яким кутом до оброблюваної поверхні.”

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

На основі проведеного аналізу результатів досліджень встановлено, що основними параметрами в процесі шліфування, які впливають на шорсткість обробленої поверхні є режими шліфування, характеристики, структура та топографія шліфувальних кругів. Остання характеристика багато в чому визначається особливостями процесу правлення робочих поверхонь шліфувальних кругів, зокрема його режимами: подачею інструмента для правлення та глибиною правлення. Одержана робоча поверхня шліфувального круга вносить свої корективи щодо якості оброблених поверхонь після процесу шліфування. Тому можна сказати, що якість поверхні після шліфування визначається не тільки режимами шліфування, але й режимами правлення шліфувальних кругів. Змінюючи режими правлення кругів, можна керувати шорсткістю обробленої поверхні після шліфування. Тому встановлення такого взаємозв'язку експериментальним шляхом є актуальним завданням.

У дипломній роботі слід вирішити такі завдання:

1. Спроекувати та підібрати функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструментів для правлення абразивних кругів та плоского шліфування поверхні заготовки.

2. Провести експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після шліфування правленим кругом від зміни трьох основних

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

факторів: подачі правлення круга, глибини правлення круга та зернистості круга за постійних значень режиму шліфування.

3. Провести лабораторні дослідження для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення на потужність шліфування заготовки із сталі 45.

4. Вдосконалити існуючий технологічний процес виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Програма і методика експериментальних досліджень обробки поверхні заготовки правленим шліфувальним кругом

На основі проведеного аналізу результатів досліджень встановлено, що одним із основних параметрів, що впливають на якість шліфованої поверхні та енергосилові параметри процесу різання є топографія шліфувальних кругів. Остання характеристика багато в чому визначається режимами процесу правлення робочих поверхонь шліфувальних кругів, зокрема подачею інструмента для правлення та глибиною правлення. Одержана робоча поверхня шліфувального круга вносить свої корективи щодо якості оброблених поверхонь після процесу шліфування та витрат потужності при шліфуванні. Тому можна сказати, що якість поверхні після шліфування та потужність різання визначаються не тільки режимами шліфування, але й режимами правлення шліфувальних кругів. Змінюючи режими правлення кругів, можна керувати шорсткістю обробленої поверхні після шліфування, а також потужністю різання.

Згідно теми та мети дипломної роботи та поставлених завдань, а також проведеного літературно-патентного огляду, програма експериментальних досліджень включає наступні етапи:

1. Спроекувати та підібрати функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструментів для правлення абразивних кругів та плоского шліфування поверхні заготовки.

2. Провести експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після шліфування правленим кругом від зміни трьох основних факторів: подачі правлення круга, глибини правлення круга та

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<b>НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

зернистості круга за постійних значень режиму шліфування.

3. Провести лабораторні дослідження для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення на потужність шліфування заготовки із сталі 45.

Для правлення шліфувальних кругів використовувався спеціальний алмазний олівець із радіусом заокруглення при вершині 0,2 мм. Обробка здійснювалась відповідно схемі, зображеній на рис. 1.1. Після кожного правлення круга, його використовували для здійснення процесу шліфування відповідно розробленій план-матриці. Потужність шліфування вимірювалась на основі одержаних значень напруги та сили струму, які подаються до двигуна шпинделя плоскошліфувального верстата, застосовуючи частотний перетворювач Altivar. Також протягом проведення експерименту шліфування відбувалось вимірювання поверхневої шорсткості заготовки за допомогою профілографа-профілометра. Глибини різання при шліфуванні становила 1 мм.

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

Для експериментів використовувалися шліфувальні круги 14А–СМ1 К5 різної зернистості на основі електрокорунду, діаметром 300 мм, розміри заготовки складали: довжина 100 мм, ширина 15 мм, висота 20 мм, обробка здійснювалась з постійними режимами шліфування. Швидкість різання при шліфування складала 20 м/с, при цьому величина подачі заготовки дорівнювала 2 мм/с.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Результати експериментальних досліджень шорсткості поверхні після шліфування правленим кругом

Для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення (незалежних факторів  $x_i$ ) на шорсткість шліфованої поверхні із сталі 45 (параметр оптимізації  $Ra$ ) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення шорсткості шліфованої поверхні від зміни трьох основних факторів: подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$ , тобто  $Ra=f(s,t,k)$ .

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням загальновідомих методик регресійного аналізу. Для отримання регресійних моделей параметрів оптимізації вибирали відповідний план повнофакторного експерименту.

Функцію відгуку, тобто шорсткість шліфованої поверхні  $Ra=f(s,t,k)$ , визначену експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 2.1.

Побудову даної таблиці проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами ПФЕ  $3^3$  прийнято:

- подача правлення круга  $s$ , яку кодували індексом  $x_1$ ;
- глибина правлення круга  $t$ , яку кодували індексом  $x_2$ ;
- зернистість круга  $k$ , яку кодували індексом  $x_3$ .

Після кодування вхідних факторів використовували план-матриці повного факторного експерименту для загальної кількості дослідів  $N_1 = P^k$ , де  $P$  – кількість рівнів варіювання,  $k$  – кількість вхідних факторів у експерименті.

Шорсткість шліфованої поверхні заміряли за допомогою пристроїв і способів, описаних в підрозділі 2.1. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Таблиця 2.1 - Результати кодування факторів та рівні їх варіювання при дослідженні шорсткості шліфованої поверхні

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натур.(кодовані)		
	натур.	код.				
Подача правлення круга	$s$ , мм/об	$x_1$	0,06	0,16 (+1)	0,1 (0)	0,04 (-1)
Глибина правлення круга	$t$ , мм	$x_2$	0,01	0,04 (+1)	0,03 (0)	0,02 (-1)
Зернистість круга	$k$	$x_3$	16	48 (+1)	32 (0)	16 (-1)

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома і отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 2.2.

Загальний вигляд рівняння регресії шорсткості шліфованої поверхні залежно від зміни подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$ , тобто  $Ra_{(x_1, x_2, x_3)} = f(s, t, k)$  за результатами проведених ПФЕ  $Z^3$  у кодованих величинах дорівнює:

- після шліфування сталі 45:

$$Ra_{(x_1, x_2, x_3)} = 0,802 + 0,395x_1 + 0,095x_2 + 0,165x_3 + 0,0063x_1x_2 + 0,044x_1x_3 + 0,019x_2x_3 - 0,099x_1^2 + 0,00129x_2^2 + 0,00129x_3^2, \quad (2.1)$$

де  $x_1$  - кодоване значення подачі правлення круга;  $x_2$  - кодоване значення глибини правлення круга;  $x_3$  - кодоване значення зернистості круга.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коеф.	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{33}$
Сталь 45	0,802	0,395	0,095	0,165	0,0063	0,044	0,019	-0,099	0,00129	0,00129

Усі коефіцієнти рівняння регресії (2.1) є значущими.

					<b>ДР 18-379.00.00</b>					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Відповідно у натуральних величинах рівняння регресії (2.1) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- після шліфування сталі 45:

$$Ra_{(s,t,k)} = 0,437 + 10,3s + 3,88t + 0,0018k + 10,5st + 0,046sk + 0,118tk - 27,5s^2 + 12,9t^2 + 5,04 \cdot 10^{-6} k^2. \quad (2.2)$$

Отримані рівняння регресії (2.1) та (2.2) можуть бути використані для прогнозування шорсткості  $Ra$  шліфованої поверхні із сталі 45 залежно від подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$  у таких межах зміни вхідних факторів:

$$0,04 \leq s \leq 0,16 \text{ (мм/об)}; 0,02 \leq t \leq 0,04 \text{ (мм)}; 16 \leq k \leq 48.$$

За допомогою програмного забезпечення Statistica для ПК побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів шорсткості  $Ra$  шліфованої поверхні із сталі 45 як функцію від двох змінних факторів  $x_{i(1,2)}$  за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора  $x_{i(3)} = const$ .

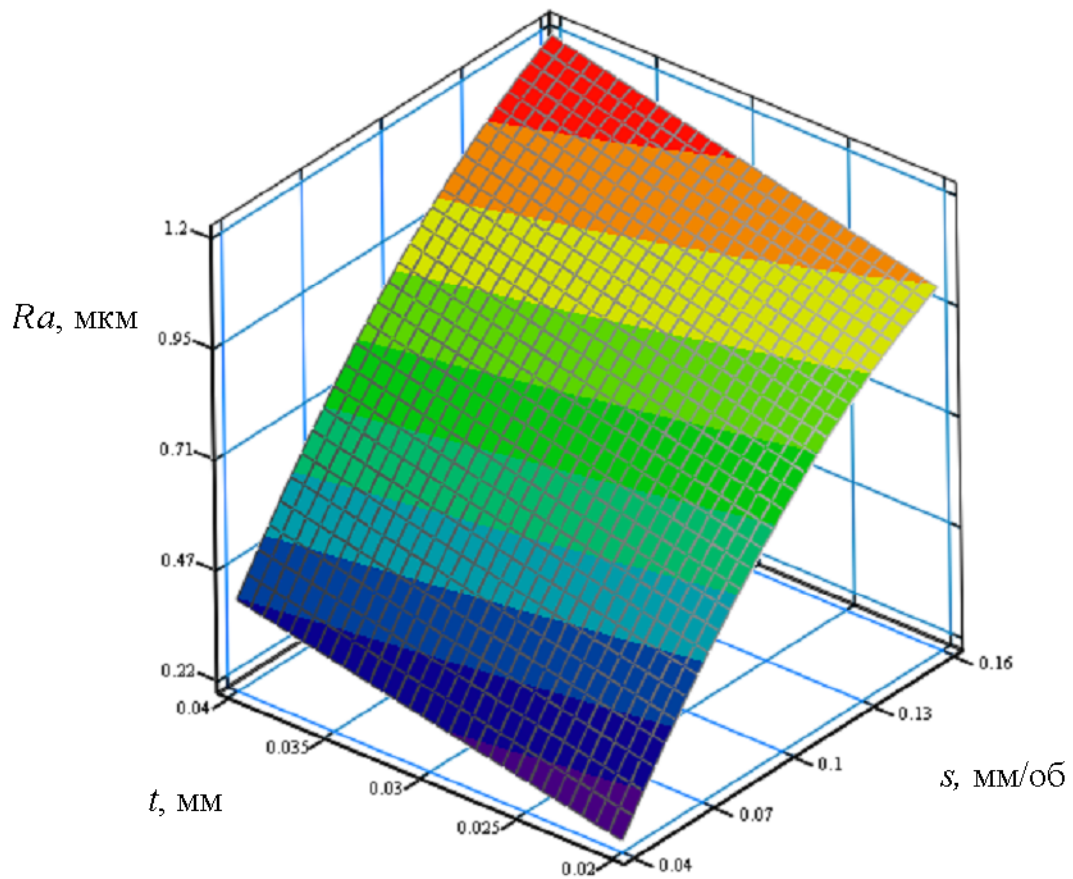
Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення шорсткості шліфованої поверхні є: фактори  $x_1$ ,  $x_3$ , ( $s$ ,  $k$ ) та комбінації цих факторів.

В загальному для зменшення шорсткості шліфованої поверхні необхідно зменшувати подачу правлення та використовувати шліфувальні круги із меншою зернистістю.

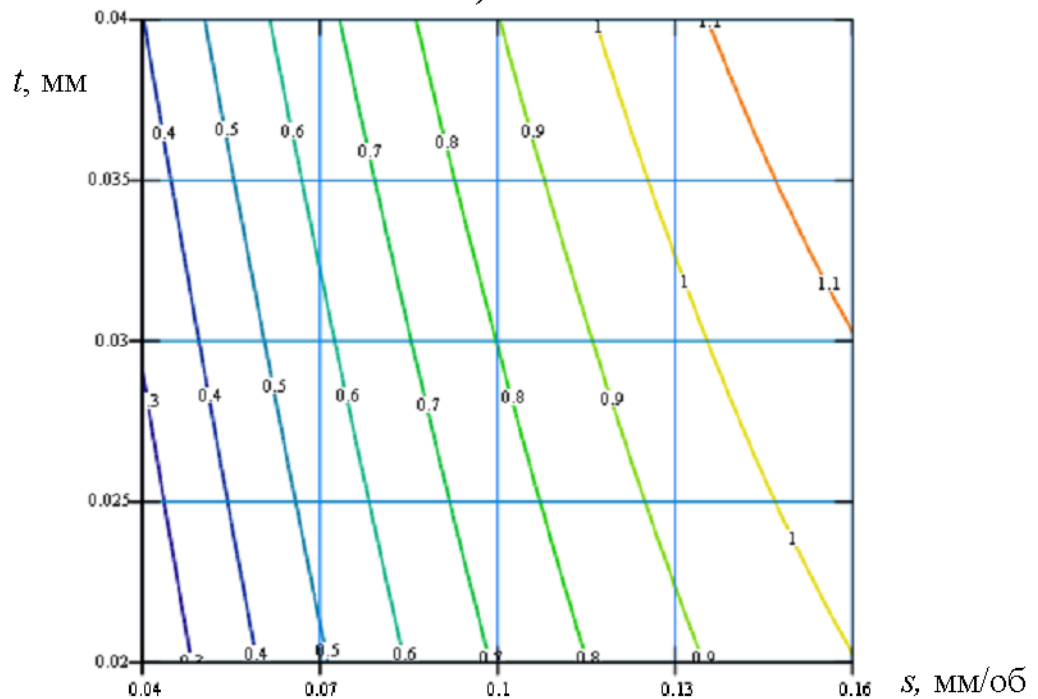
Графічні значення результатів залежності шорсткості шліфованої поверхні, одержаного з використанням Mathcad 2000 Professional, наведено на рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5.

З рисунків 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 та на основі аналізу рівняння регресії (2.2) видно, що із збільшенням подачі правлення круга, глибини правлення круга та зернистості круга шорсткість шліфованої поверхні зростає.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

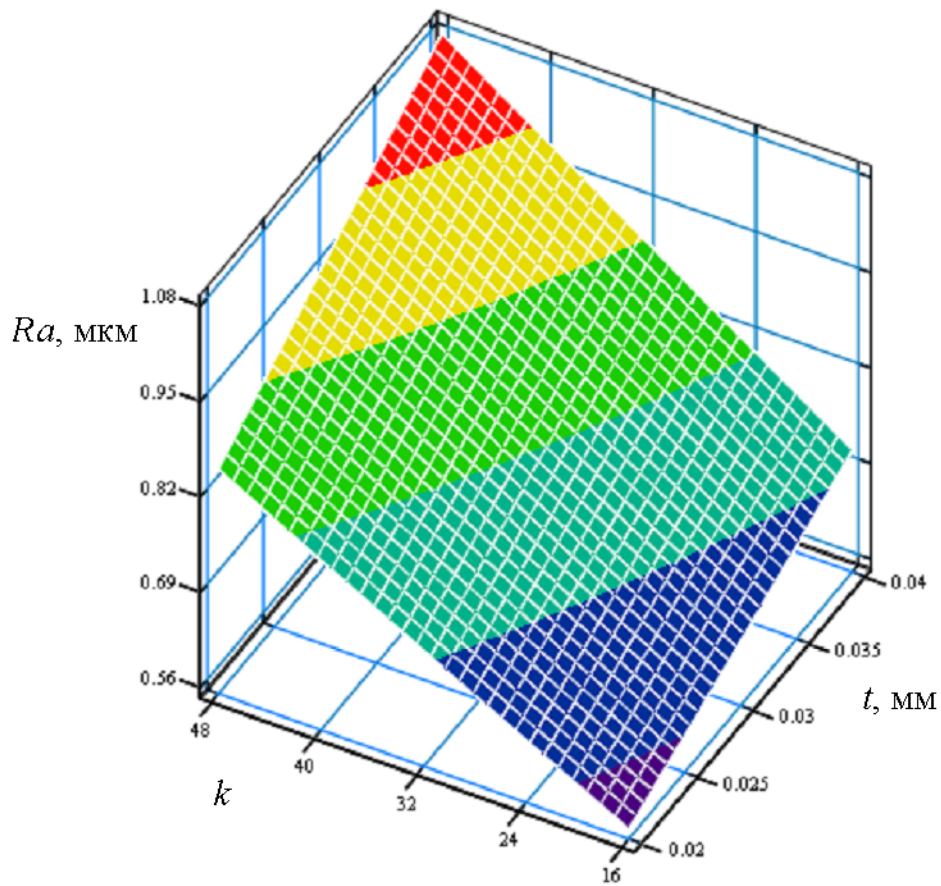
Рисунок 2.1 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності шорсткості шліфованої поверхні із сталі 45 від подачі правлення круга  $s$  та глибини правлення круга  $t$  ( $k=32$ )

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

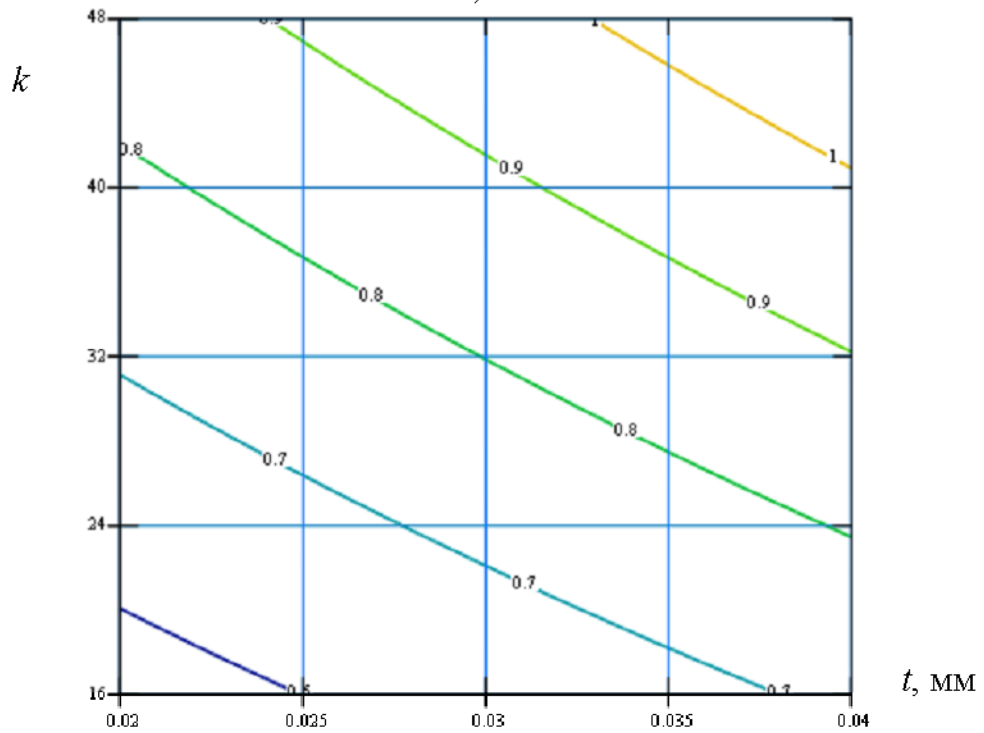
ДР 18-379.00.00

Арк.





а)



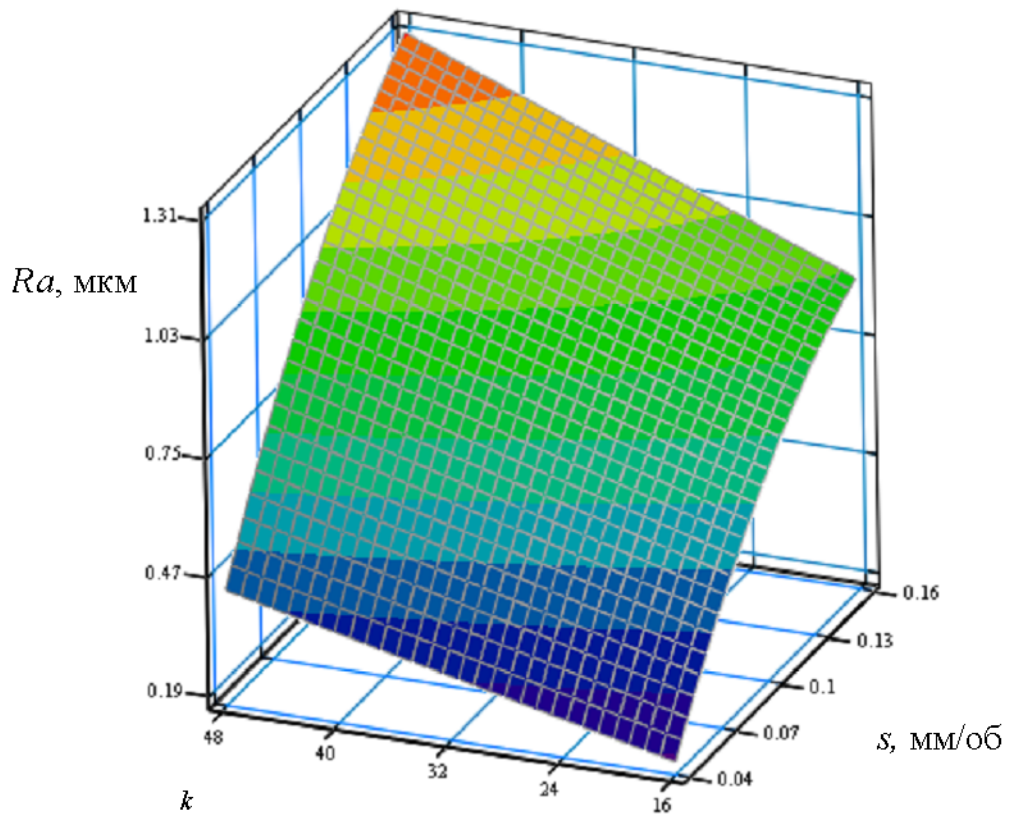
б)

Рисунок 2.2 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності шорсткості шліфованої поверхні із сталі 45 від зернистості круга  $k$  та глибини правлення круга  $t$  ( $s=0,1 \text{ мм/об}$ )

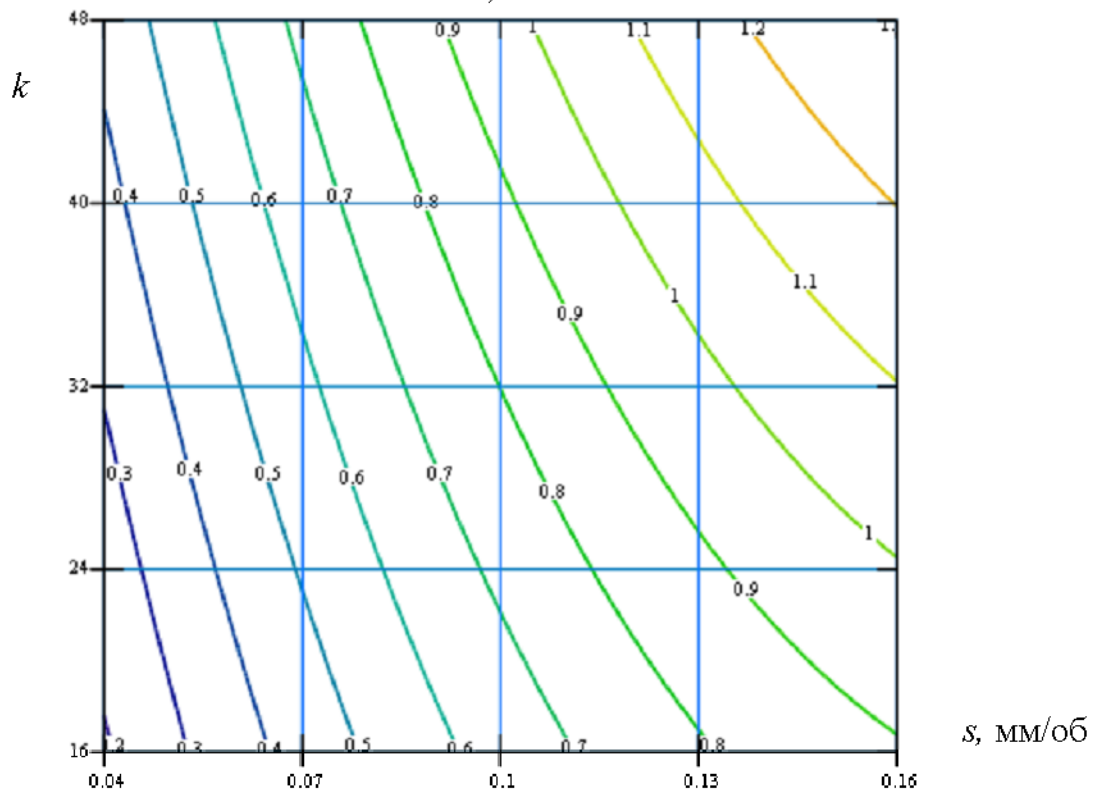
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.



а)



б)

Рисунок 2.3 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності шорсткості шліфованої поверхні із сталі 45 від подачі правлення круга  $s$  та зернистості круга  $k$  ( $t=0,03$  мм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.

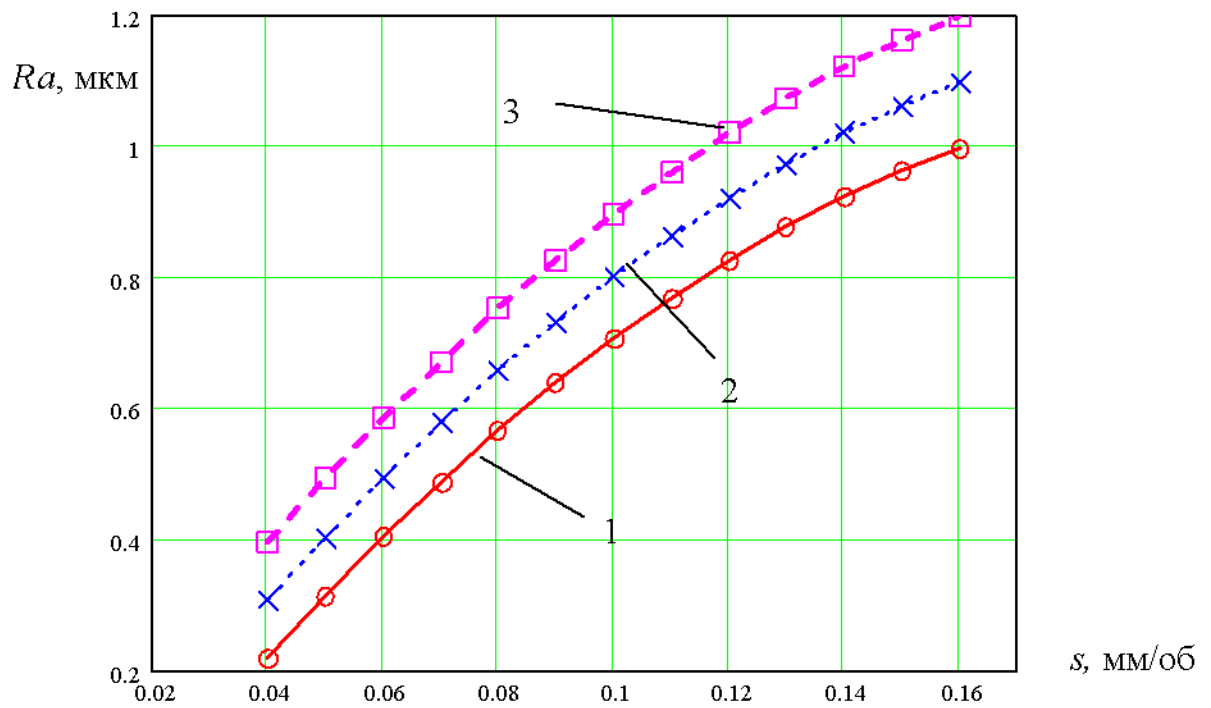


Рисунок 2.4 – Графіки залежності шорсткості обробленої поверхні після шліфування від подачі правлення круга  $s$ ,  $k=32$ : 1)  $t=0,02$  мм; 2)  $t=0,03$  мм; 3)  $t=0,04$  мм

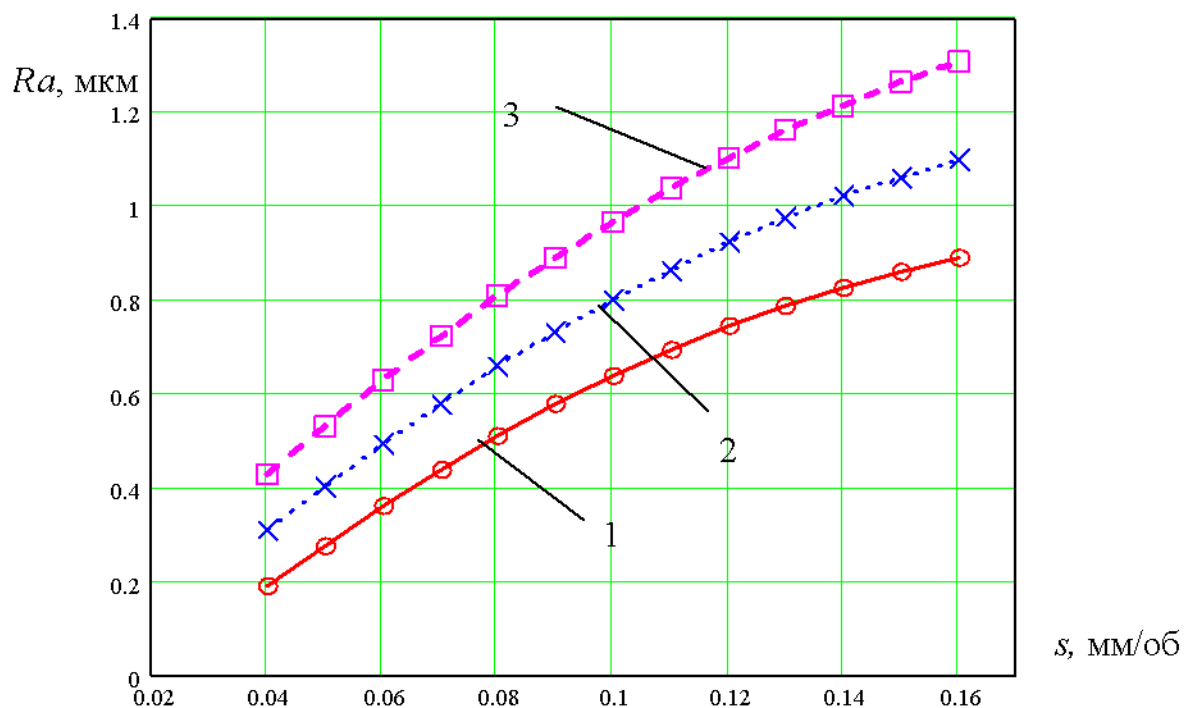


Рисунок 2.5 – Графіки залежності шорсткості обробленої поверхні після шліфування від подачі правлення круга  $s$ ,  $t=0,03$  мм: 1)  $k=16$ ; 2)  $k=32$ ; 3)  $k=48$

Максимальна шорсткість шліфованої поверхні складає 1,4 мкм, а мінімальна – 0,15 мкм. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення шорсткості шліфованої поверхні на 80%. При цьому збільшення глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм надає приросту шорсткості шліфованої поверхні до 22%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання шорсткості шліфованої поверхні на 41%.

### 2.3. Результати експериментальних досліджень витрат потужності при шліфуванні правленим кругом

Для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення (незалежних факторів  $x_i$ ) на потужність шліфування заготовки із сталі 45 (параметр оптимізації  $N$ ) аналогічно підрозділу 2.2 (при визначенні шорсткості шліфованої поверхні) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення величини потужності шліфування заготовки від зміни трьох основних факторів: подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$ , тобто  $N=f(s,t,k)$ .

Оброблення отриманих експериментальних даних проведено з використанням загальновідомих методик регресійного аналізу. Для отримання регресійних моделей параметрів оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту.

Функцію відгуку, тобто потужність шліфування заготовки  $N=f(s,t,k)$ , визначену експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома. Результати кодування факторів та рівні їх варіювання наведено у табл. 2.1.

Побудову даної таблиці проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами ПФЕ  $3^3$  прийнято:

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- подача правлення круга  $s$ , яку кодували індексом  $x_1$ ;
- глибина правлення круга  $t$ , яку кодували індексом  $x_2$ ;
- зернистість круга  $k$ , яку кодували індексом  $x_3$ .

Потужність шліфування заготовки заміряли за допомогою частотного перетворювача Altivar. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту.

Визначено невідомі коефіцієнти регресії квадратичного полінома і отримані значення коефіцієнтів регресії зведено у табл. 2.3.

Загальний вигляд рівняння регресії потужності шліфування заготовки залежно від зміни подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$ , тобто  $N_{(x_1, x_2, x_3)} = f(s, t, k)$  за результатами проведених ПФЕ 3<sup>3</sup> у кодованих величинах дорівнює:

- після шліфування сталі 45:

$$N_{(x_1, x_2, x_3)} = 1,21 + 0,155x_1 + 0,22x_2 + 0,13x_3 - 0,013x_1x_2 + \quad (2.3)$$

$$+ 0,012x_2x_3 + 0,006x_1^2 - 0,019x_2^2 - 0,019x_3^2,$$

де  $x_1$  - кодоване значення подачі правлення круга;  $x_2$  - кодоване значення глибини правлення круга;  $x_3$  - кодоване значення зернистості круга.

Таблиця 2.3 - Значення коефіцієнтів рівнянь регресії

Коеф.	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{33}$
Сталь 45	1,21	0,155	0,22	0,13	-0,013	0	0,012	0,006	-0,019	-0,019

Коефіцієнт рівняння регресії (2.3)  $b_{13}$  є незначущими.

Відповідно у натуральних величинах рівняння регресії (2.3) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- після шліфування сталі 45:

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{(s,t,k)} = -0,192 + 2,9s + 33,17t + 0,01k - 21,67st + 0,075tk + 1,67s^2 - 190t^2 - 7,42 \cdot 10^{-5}k^2. \quad (2.4)$$

Отримані рівняння регресії (2.3) та (2.4) можуть бути використані для визначення потужності шліфування заготовки із сталі 45 залежно від подачі правлення круга  $s$ , глибини правлення круга  $t$  та зернистості круга  $k$  у таких межах зміни вхідних факторів:

$$0,04 \leq s \leq 0,16 \text{ (мм/об)}; 0,02 \leq t \leq 0,04 \text{ (мм)}; 16 \leq k \leq 48.$$

За допомогою програмного забезпечення Statistica для ПК побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів потужності  $N$  шліфування заготовки із сталі 45 як функцію від двох змінних факторів  $x_{i(1,2)}$  за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора  $x_{i(3)} = const$ .

Аналіз наведених регресійних рівнянь показує, що основними факторами, які впливають на збільшення потужності шліфування є: фактори  $x_1, x_3, (s, k)$  та комбінації цих факторів.

В загальному для зменшення потужності шліфування заготовки необхідно зменшувати подачу правлення та використовувати шліфувальні круги із меншою зернистістю.

Графічні значення результатів залежності потужності шліфування заготовки, одержаного з використанням Mathcad 2000 Professional, наведено на рис. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10.

З рисунків 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 та на основі аналізу рівняння регресії (2.4) видно, що із збільшенням подачі правлення круга, глибини правлення круга та зернистості круга потужність шліфування заготовки зростає. Максимальна потужність шліфування складає 1,68 кВт, а мінімальна – 0,65 кВт. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення потужності шліфування на 48%.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

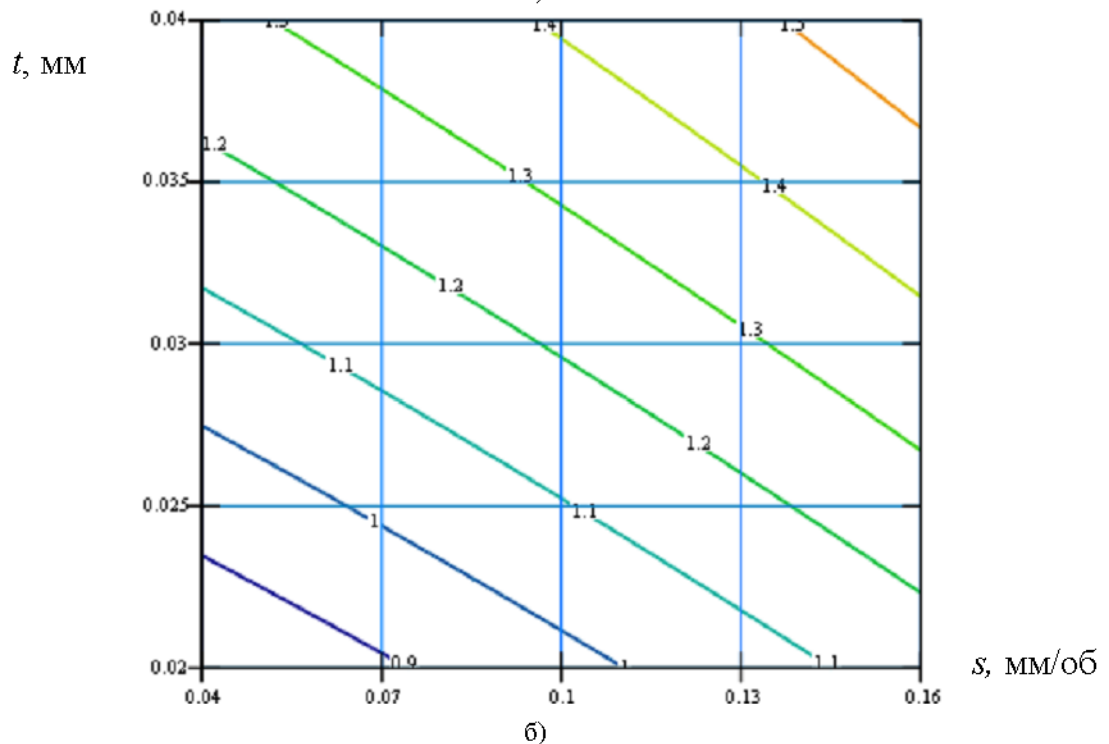
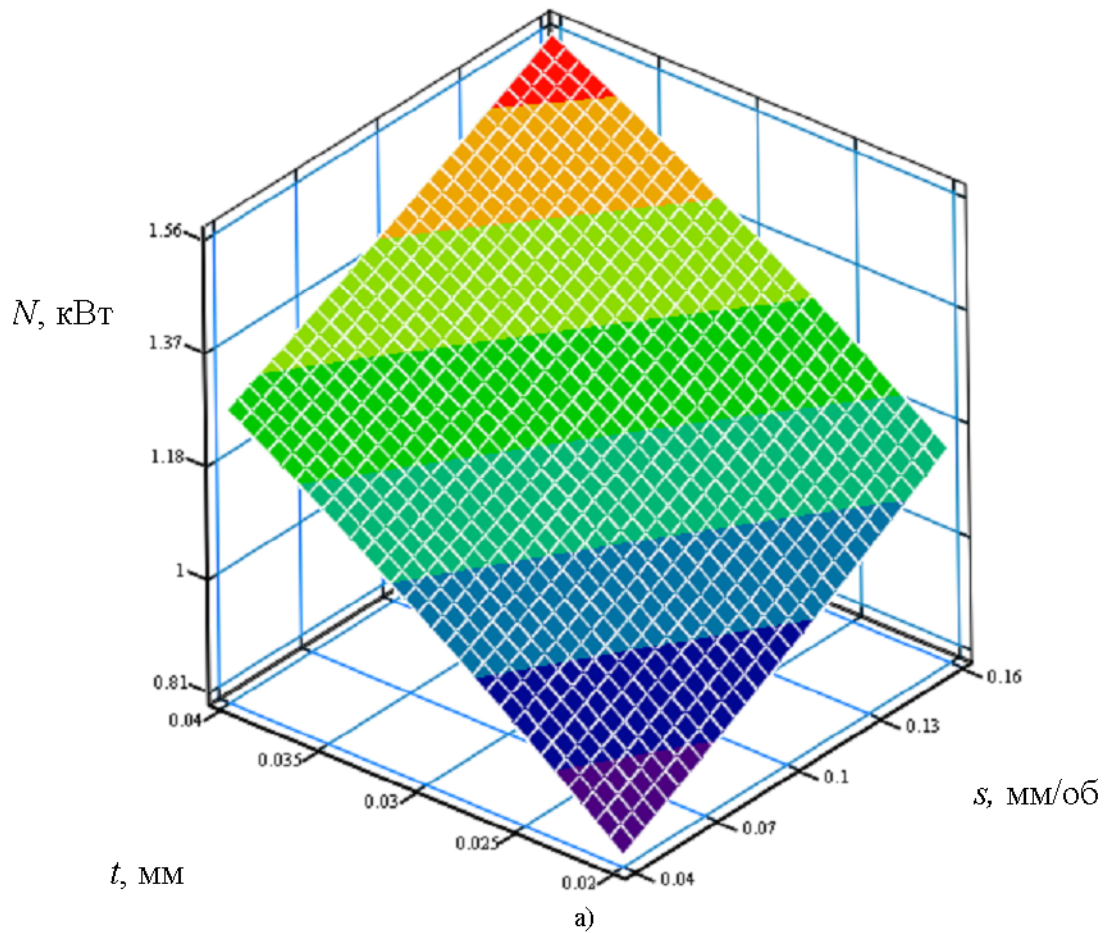


Рисунок 2.6 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності потужності шліфування заготовки із сталі 45 від подачі правлення круга  $s$  та глибини правлення круга  $t$  ( $k=32$ )

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.

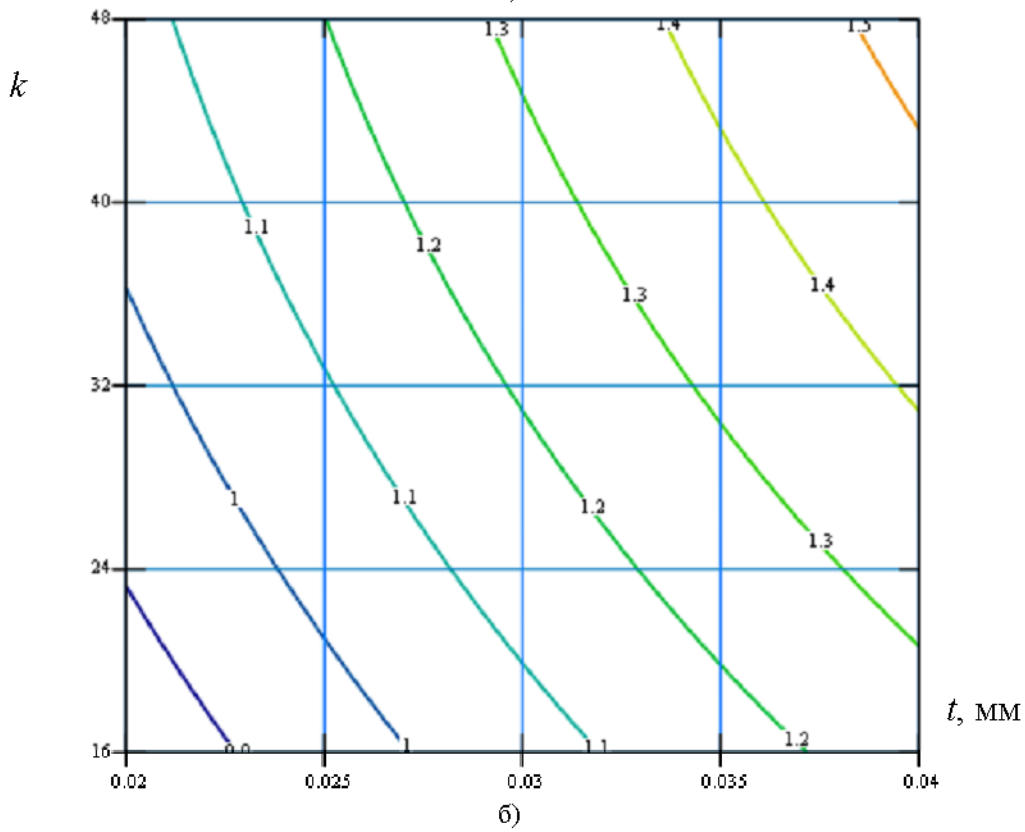
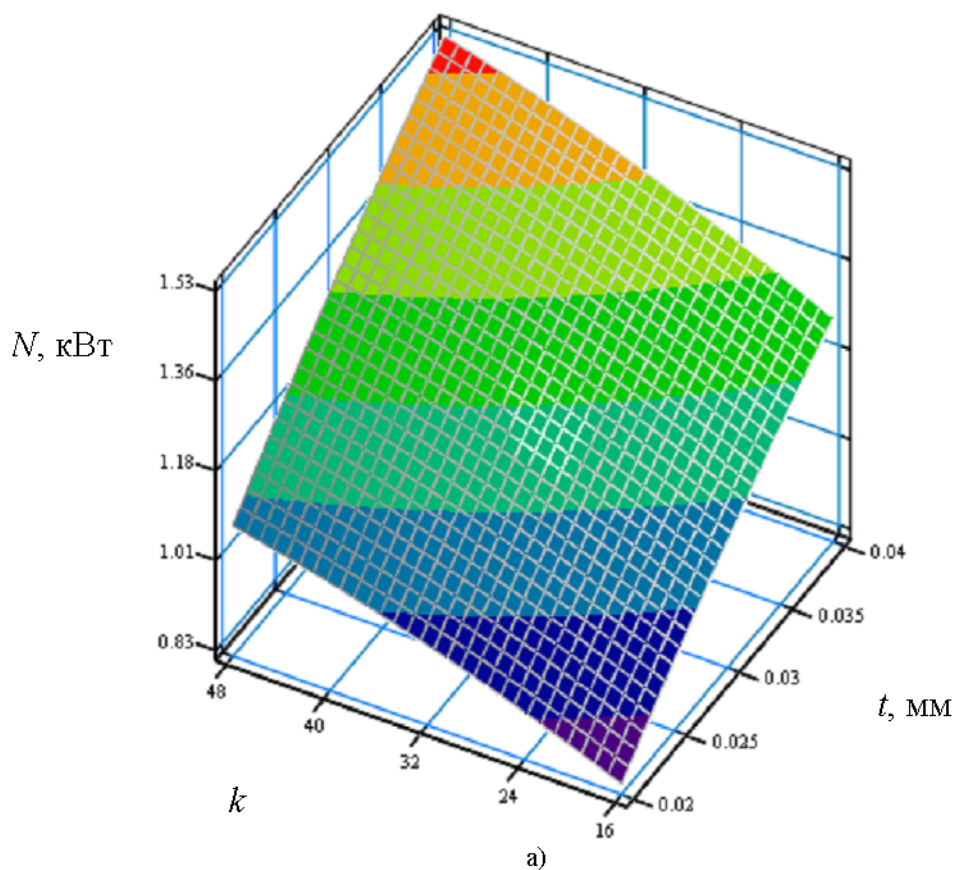


Рисунок 2.7 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності потужності шліфування заготовки із сталі 45 від зернистості круга  $k$  та глибини правлення круга  $t$  ( $s=0,1$  мм/об)



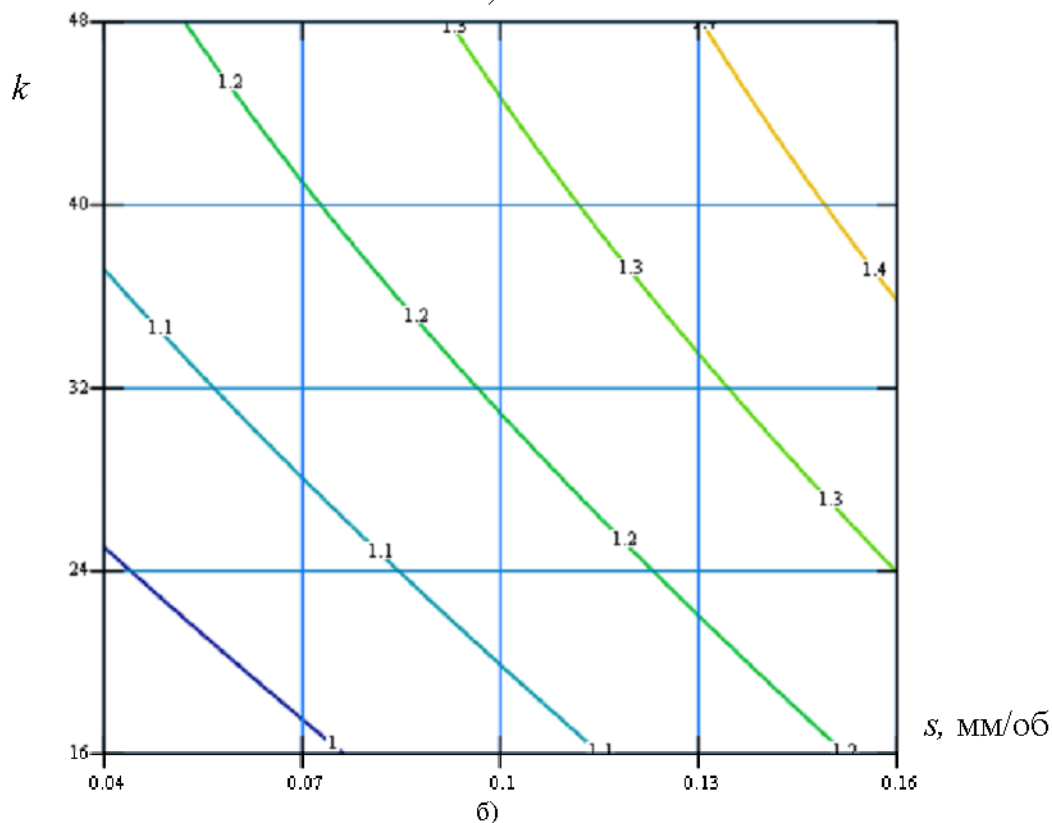
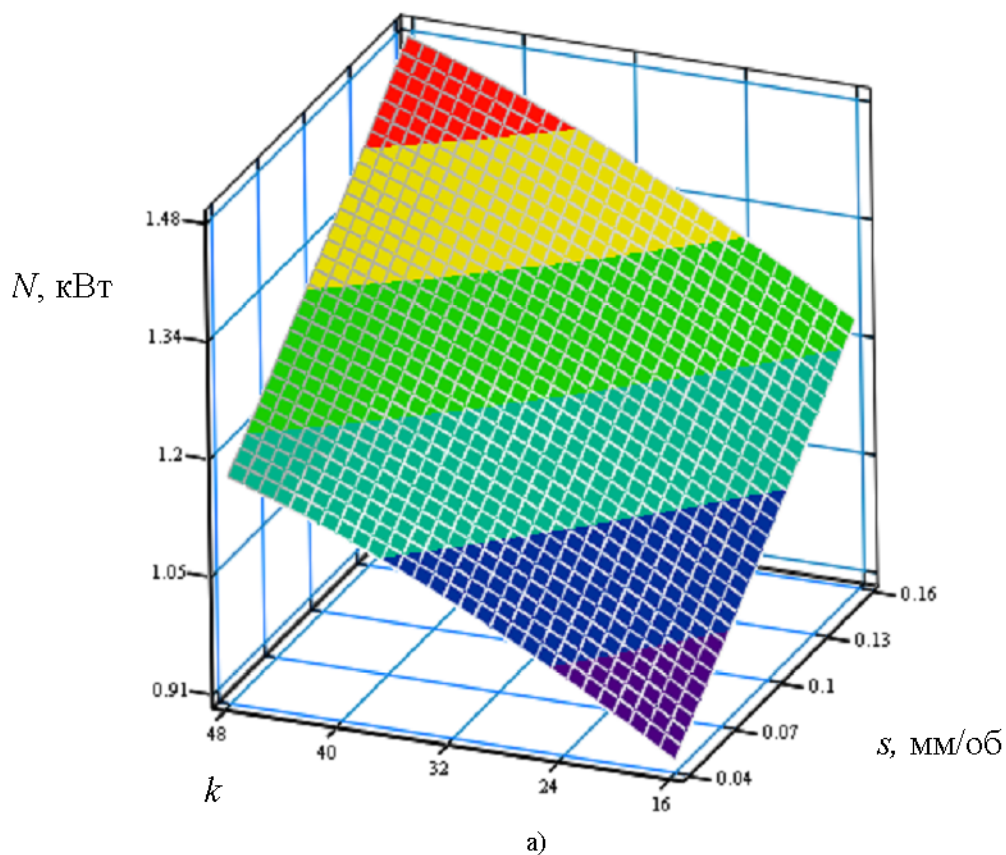


Рисунок 2.8 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності потужності шліфування заготовки із сталі 45 від подачі правлення круга  $s$  та зернистості круга  $k$  ( $t=0,03$  мм)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.



При цьому збільшення глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм надає приросту потужності шліфування до 26%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання потужності шліфування на 18%.

#### 2.4. Висновки

У цьому розділі представлено програму та методику проведення обробки поверхні заготовки правленим шліфувальним кругом та їх результати у вигляді рівнянь регресії та графіків. Встановлено, що якість поверхні після шліфування та потужність різання визначаються не тільки режимами шліфування, але й режимами правлення шліфувальних кругів. Змінюючи режими правлення кругів, можна керувати шорсткістю обробленої поверхні після шліфування, а також потужністю різання.

Максимальна шорсткість шліфованої поверхні складає 1,4 мкм, а мінімальна – 0,15 мкм. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення шорсткості шліфованої поверхні на 80%. При цьому збільшення глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм надає приросту шорсткості шліфованої поверхні до 22%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання шорсткості шліфованої поверхні на 41%.

Максимальна потужність шліфування складає 1,68 кВт, а мінімальна – 0,65 кВт. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення потужності шліфування на 48%. При збільшенні глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм зростає потужність шліфування до 26%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання потужності шліфування на 18%.

					<i>ДР 18-379.00.00</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 “Кришка” ЖИЦД 732131.089 входить до складу вибухозахищеного трьохфазного світильника, призначеного для загального освітлення вибухонебезпечних зон класів 1, 2 та пожежонебезпечних зон класів П-I, П-II в приміщеннях та зовнішніх установках нафтопереробної, газової, хімічної, цементної та інших галузей промисловості. Виготовляється деталь на ТОВ “ОСП Корпорація Ватра”.

Основне призначення деталі “Кришка” ЖИЦД 732131.089 – це взаємне розміщення елементів світильника, захист струмопровідних частин від дії оточуючого середовища.

Основними поверхнями деталі для службового призначення, є: зовнішня торцева поверхня  $35H14_{(-0,62)}$ ;  $Ra12,5$ , два різевих отвори  $M6-7H$ ;  $Ra6,3$ ,  $66\pm 0,1$ , два пази  $10H14^{(+0,36)}$ ;  $Ra12,5$  – для кріплення і точного позиціонування кришки до корпусу світильника, в якому розміщені основні елементи електричної схеми, при цьому в пазах розміщують штифти для відкривання і закривання кришки, на торцевій поверхні встановлюють ущільнюючу гумову стрічку, два різцевих отвори використовують для встановлення елементів фіксації кришки у замкнутому стані; два отвори  $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$ ;  $166\pm 0,2$ ;  $Ra12,5$  – для встановлення сальників, які використовують для забезпечення підводу та затиску кабелів (наявність другого отвору забезпечує під'єднання світильників у транзитному виконанні); різевий отвір  $M4-7H$ ;  $Ra6,3$ ,  $50\pm 0,2$  для загвинчування гвинта заземлення із проводом; п'ять різевих отворів  $M4-7H$ ;

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						<i>ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61</i>		

Ra6,3, 166±0,2, 92±0,2, 61±0,2 для встановлення елементів пуско-регулюючої апаратури світильника; два отвори  $\varnothing 6H7(^{+0,012})$ , 53±0,1, Ra1,6 для запресовування штифтів. Усі решта поверхні є другорядними.

Результати аналізу зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 35h14( <sub>-0,62</sub> )	14	Ra12,5
2, 3, 4, 5, 6	П'ять глухих отворів $\varnothing 3,3^{+0,14}$ , 166±0,2, 92±0,2, 61±0,2; l=11 під різь М4-7H	12	Ra6,3
7	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,14}$ , 35,5±0,2, 92±0,2, 61±0,2; l=12 під різь М4-7H	12	Ra6,3
8, 9, 10, 11, 12, 34	Шість внутрішніх фасок 1×45°	14	Ra12,5
14, 15	Два глухих отвори $\varnothing 4,95^{+0,26}$ , l=10 під різь М6-7H, 66±0,1	12	Ra6,3
16, 17	Дві внутрішні фаски 1×45°	14	Ra12,5
18, 19	Два отвори $\varnothing 7H14(^{+0,36})$ ; 166±0,2	14	Ra12,5
20, 21	Два отвори $\varnothing 6H7(^{+0,012})$ , 53±0,1	7	Ra1,6
22, 23, 24, 25, 26	П'ять різевих отворів М4-7H; l=7	12	Ra6,3
27	Різевий отвір М4-7H; l=8	12	Ra6,3
28, 29	Два різевих отвори М6-7H; l=7	12	Ra6,3
30, 31	Дві внутрішні фаски 0,5×45°	14	Ra12,5
32, 33	Два внутрішніх пази 10H14( <sup>+0,36</sup> ), 2H14( <sup>+0,25</sup> )	14	Ra12,5

Деталь “Кришка” ЖИЦД 732131.089 виготовляється з конструкційного алюмінієвого литтєвого сплаву АК12 ГОСТ 1583-89. [3] “За призначенням цей сплав відноситься до групи сплавів, які вирізняються високою герметичністю. За хімічним складом в залежності від основного легуючого елементу – кремнію,

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середній відсотковий вміст якого становить 12%, сплав АК12 1583-89 відноситься до першої системи: Al-Si-Mg”.

В нижченаведених таблицях приводимо хімічний склад та механічні властивості даного матеріалу згідно [3] С. 224, табл. 98.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сплаву АК12 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 АК12 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 використовуємо ГОСТ 14.205-83 і дані таблиці

3.1.

Коефіцієнт точності обробки

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

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 15 + 12 \cdot 16 + 7 \cdot 2}{33} = 12,61;$$

$$K_{т.ч} = 1 - \frac{1}{12,61} = 0,92.$$

При  $K_{т.ч} = 0,92 > 0,8$  деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 2 + 4 \cdot 16 + 3 \cdot 15}{33} = 3,61,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,61} = 0,28.$$

При  $K_{ш} = 0,28 > 0,16$  деталь технологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{28}{33} = 0,85, \quad (3.3)$$

При  $K_{y.e.} = 0,9 > 0,6$  деталь технологічна.

При  $K_{y.e.} < 0,6$  деталь нетехнологічна.

Заміну конструкції деталі проводити не доцільно.

### 3.3. Аналіз типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва крупносерійний відповідно до завданням  $N = 140000$  шт. і маси деталі  $m = 0,45$  кг.

### 3.4. Вибір способу одержання заготовки

Для порівняння приймаємо два методи отримання заготовки:

- 1) лиття в піщані форми при машинній формовці по металевих моделях із складанням стержнів;
- 2) лиття під тиском.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно таблиці [7] С. 57, табл. Е 8.2 встановлюємо для обох методів отримання заготовок клас точності розмірів і мас, ряд припусків на механічну обробку виливків по ГОСТ 26645-85.

Отже, для лиття в піщані форми при машинній формовці по металевих моделях: 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.

Встановлені загальні табличні припуски в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – 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 металевих моделях: клас точності розмірів і мас – 11 клас; ряд припусків на механічну обробку – 3.				
Торцева поверхня 35h14 <sub>(-0,62)</sub>	Ra12,5	3,6	5,0	40±1,8
Зовнішня поверхня 208,5	Rz50	5,6	Не підлягає механічній обробці	208,5 ±2,8
Зовнішня поверхня 203,5	Rz50	5,6	Не підлягає механічній обробці	203,5 ±2,8
Зовнішня поверхня 115	Rz50	5,0	Не підлягає механічній обробці	115 ±2,5
2) лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1				
Торцева поверхня 35h14 <sub>(-0,62)</sub>	Ra12,5	0,9	1,2	36,2±0,45
Зовнішня поверхня 208,5	Rz50	1,4	Не підлягає механічній обробці	208,5 ±0,7



Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Зовнішня поверхня 203,5	Rz50	1,4	Не підлягає механічній обробці	203,5 ±0,7
Зовнішня поверхня 115	Rz50	1,2	Не підлягає механічній обробці	115 ±0,6

Розраховуємо масу заготовки:

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

де  $q = 0,45$  – маса деталі, кг;

$m_{\text{пр}}$  – маса припуску, кг.

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

де  $\rho$  – густина матеріалу,  $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$ .

Об'єми припусків циліндричної форми:

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

Об'єми припусків прямокутної форми:

$$V_{\text{пр}} = L \cdot B \cdot H. \quad (3.7)$$

Об'єми припусків для двох заготовок.

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

$$V_{\text{пр1}} = (208,5 \cdot 203,5 - 184 \cdot 179) \cdot 5 = 47469 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 10 \cdot 28 \cdot 2 \cdot 2 = 1120 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 10}{4} \cdot 2 = 565 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 11}{4} \cdot 5 = 691 \text{ мм}^3;$$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 12}{4} = 151 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 2}{4} \cdot 2 = 154 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 7}{4} \cdot 2 = 396 \text{ мм}^3;$$

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

$$V_{\text{пр}} = 50546 \text{ мм}^3 = 50,55 \text{ см}^3.$$

– лиття під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = (208,5 \cdot 203,5 - 184 \cdot 179) \cdot 1,2 = 11392 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 10 \cdot 28 \cdot 2 \cdot 2 = 1120 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 10}{4} \cdot 2 = 565 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 11}{4} \cdot 5 = 691 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 12}{4} = 151 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 2}{4} \cdot 2 = 154 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 7}{4} \cdot 2 = 396 \text{ мм}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 14469 \text{ мм}^3 = 14,47 \text{ см}^3.$$

Маса припуску для двох заготовок:

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 50,55 \cdot 2,6 = 131,43 \text{ г} = 0,131 \text{ кг}.$$

– лиття під тиском:

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\text{гр2}} = 14,47 \cdot 2,6 = 37,6 \text{ г} \approx 0,038 \text{ кг.}$$

Маси заготовок:

– лиття в піщані форми:

$$Q_1 = 0,45 + 0,131 = 0,581 \text{ кг.}$$

– лиття під тиском:

$$Q_2 = 0,45 + 0,038 = 0,488 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.8)$$

де  $q = 0,45 \text{ кг}$  – маса деталі;

– для лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,45}{0,581} = 0,77.$$

– для лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,45}{0,488} = 0,92.$$

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця

Назва позиції	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	лиття в піщані форми	лиття під тиском
$K_{\text{в.м.}}$	0,77	0,92

### 3.5. Вибір методів оброблення і технологічних баз

На 005 операції вертикально-фрезерній використовуємо пристосування спеціальне з базуванням деталі по зовнішній торцевій поверхні та по контуру  $203,5 \times 208,5$  на площину бази і циліндричні пальці з пневмозатиском по боковій поверхні штовхачем.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На 010 агрегатній операції використовуємо пристосування спеціальне із базуванням деталі по торцю 1 і внутрішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані конічні пальці з пневмозатиском по зовнішній торцевій поверхні.

На 015 вертикально-свердлильній операції використовуємо підставку спеціальну із базуванням деталі по торцю 1 і двох отворах 20, 21 на циліндричний та зрізаний пальці.

На 020, 025 вертикально-фрезерних операціях використовуємо пристосування спеціальні із базуванням деталі по торцю 1 і зовнішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані пальці з пневмозатиском двома прихватами по зовнішній торцевій поверхні.

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

Всі послідовні дії зводимо в таблицю 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 35h14 <sub>(-0,62)</sub>	14	Ra12,5	Фрезерування торцевою фрезою чорнове	Фрезерування циліндричною фрезою напівчистове
2, 3, 4, 5, 6	П'ять глухих отворів $\varnothing 3,3^{+0,14}$ , 166±0,2, 92±0,2, 61±0,2; l=12 під різь М4-7H	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1. Центрування 2. Свердління

Арк.

ДР 18-379.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6
7	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,14}$ ; $35,5 \pm 0,2$ , $92 \pm 0,2$ , $61 \pm 0,2$ ; $l=12$ під різь М4-7H	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1. Центру- вання 2. Свердління
8, 9, 10, 11, 12, 34	Шість внутрішніх фасок $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Формування при свердлінні комбінованим свердлом	Зенкування
14, 15	Два глухих отвори $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=10$ під різь М6-7H, $66 \pm 0,1$	12	Ra6,3	Свердління по кондуктору	1. Центру- вання 2. Свердління
16, 17	Дві внутрішні фаски $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Формування при свердлінні комбінованим свердлом	Зенкування
18, 19	Два отвори $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$ ; $166 \pm 0,2$	14	Ra12,5	1. Центрування 2. Свердління	Свердління по кондуктору
20, 21	Два отвори $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ ; $53 \pm 0,1$	7	Ra1,6	1. Свердління 2. Розвертання чорнове 3. Розвертання чистове	1. Центру- вання 2. Свердління 3. Розвертання чорнове 4. Розвертання чистове
22, 23, 24, 25, 26	П'ять різевих отворів М4-7H; $l=7$	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
27	Різовий отвір М4-7H; $l=8$	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
28, 29	Два різевих отвори М6- 7H; $l=7$	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	—
30, 31	Дві внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,5	Формування при свердлінні комбінованим свердлом	Зенкування
32, 33	Два внутрішні пази $10H14^{(+0,36)}$ ; $2H14^{(+0,25)}$	14	Ra12,5	Фрезерування кінцевою фрезою напівчистове	-

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.

В проектному варіанті пропонуємо замінити операції вертикально-свердлильні і різенарізні на агрегатну.

Розробку операційної технології проводимо для всіх операцій проектного технологічного процесу виготовлення деталі “Кришка” ЖИЦД 732131.089.

Операція 005. Вертикально-фрезерна.

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Фрезерувати остаточно торцеву поверхню 1, витримуючи розміри  $35h14(-0,62)$ ;  $203,5\pm0,7$ ;  $208,5\pm0,7$ .
3. Розкріпити деталь, зняти.
4. Перевірити розмір  $35h14(-0,62)$ .

Операція 010. Агрегатна.

1. Встановити заготовку, закріпити.
2. Свердлити шість отворів 2, 3, 4, 5, 6, 7 з формуванням шести фасок 8, 9, 10, 11, 12, 34, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,14}$ ;  $35,5\pm0,2$ ;  $92\pm0,2$ ;  $61\pm0,2$ ;  $166\pm0,2$ ;  $l=12$ ;  $l=11$  під різь М4-7Н,  $1\times 45^\circ$  одночасно з горизонтальної шестишпindelної силової головки Пб; свердлити два отвори 14, 15 з формуванням двох фасок 16, 17 витримуючи розміри  $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ;  $l=10$  під різь М6-7Н,  $66\pm0,1$ ,  $1\times 45^\circ$  одночасно з вертикальної силової головки Па.
3. Свердлити два отвори 7, 9, витримуючи розміри  $\varnothing 7H14(+0,36)$ ;  $166\pm0,2$  та два отвори 20, 21, витримуючи розміри  $\varnothing 5,6(+0,12)$ ,  $53\pm0,1$  з чотирьохшпindelної горизонтальної силової головки ПІб одночасно.
4. Розвернути попередньо два отвори 20, 21, витримуючи розміри  $\varnothing 5,89(+0,03)$ ,  $53\pm0,1$  з двохшпindelної горизонтальної силової головки ІVб одночасно.
5. Розвернути остаточно два отвори 20, 21, витримуючи розміри  $\varnothing 6H7(+0,012)$ ,  $53\pm0,1$  з двохшпindelної горизонтальної силової головки Vб одночасно.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Нарізати різь в шести отворах 22, 23, 24, 25, 26, 27, витримуючи розміри М4-7Н; l=7; l=8; 35,5±0,2, 92±0,2, 61±0,2; 166±0,2 з горизонтальної шестишпindelьної силової головки VIб одночасно; нарізати різь в двох отворах 28, 29, витримуючи розміри М6-7Н; l=7; 66±0,1 з вертикальної двохшпindelьної силової головки VIа одночасно.

7. Розкріпити деталь, зняти.

8. Перевірити розміри: М6-7Н, l=7, М4-7Н; l=7; l=8 35,5±0,2, 92±0,2, 61±0,2; 166±0,2; 66±0,1;  $\varnothing 6Н7(+0,012)$ ; 53±0,1; 1×45°. Контроль 30%.

Операція 015. Вертикально-свердлильна.

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Зенкувати послідовно дві фаски 30, 31, витримуючи розміри 0,5×45°, 53±0,1.

3. Розкріпити деталь, зняти.

4. Перевірити розміри 0,5×45°, 53±0,1.

Операція 020. Вертикально-фрезерна.

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Фрезерувати остаточно внутрішній паз 32, витримуючи розміри 10Н14(+0,36), 2Н14(+0,25); 18±0,2.

3. Розкріпити деталь, зняти.

4. Перевірити розміри: 10Н14(+0,36), 2Н14(+0,25); 18±0,2.

Операція 025. Вертикально-фрезерна.

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Фрезерувати остаточно внутрішній паз 33, витримуючи розміри 10Н14(+0,36), 2Н14(+0,25); 18±0,2.

3. Розкріпити деталь, зняти.

4. Перевірити розміри: 10Н14(+0,36), 2Н14(+0,25); 18±0,2.

Операція 030. Контроль.

Вибір обладнання у таблиці 3.7.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Вибір обладнання та оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Прийомлення
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний напівавтомат мод. ВФ-91	Прийомлення спеціальне з базуванням деталі по зовнішній торцевій поверхні та по контуру 203,5 × 208,5 на площину бази і циліндричні пальці з пневмозатиском по боковій поверхні штовхачем.
010	Агрегатна	Агрегатний верстат мод. 2ХА4602	Прийомлення спеціальне із базуванням деталі по торцю 1 і внутрішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані конічні пальці з пневмозатиском по зовнішній торцевій поверхні Кондуктори спеціальні. Багатошпindelні насадки спеціальні.
015	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат мод. 2Н125	Підставка спеціальна із базуванням деталі по торцю 1 і двох отворах 20, 21 на циліндричний та зрізаний пальці.
020	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний напівавтомат мод. ВФ-91	Прийомлення спеціальне із базуванням деталі по торцю 1 і зовнішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані пальці з пневмозатиском двома прихватами по зовнішній торцевій поверхні.



Закінчення таблиці 3.7

1	2	3	4
025	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний напівавтомат мод. ВФ-91	Прийняття спеціальне із базуванням деталі по торцю 1 і зовнішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані пальці з пневмозатиском двома прихватами по зовнішній торцевій поверхні.
030	Контроль		Стіл контролера

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

Мінімальні операційні, припуски знаходимо за формулою[8]:

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (3.9)$$

Розрахунок проведемо для внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 6H7(^{+0,012})$ ; Ra 1,6.

Технологічні переходи обробки цієї поверхні наступні:

1. Свердління H12.
2. Розвертання чорнове H9.
3. Розвертання чистове H7.

Свердління та розвертання отворів виконується на 010 операції – агрегатній із базуванням деталі по торцю 1 - 35h14( $_{-0,62}$ ) і внутрішньому прямокутному контуру на базову плиту і припасовані конічні пальці з пневмозатиском по зовнішній торцевій поверхні.

Перехід свердління в даному випадку є розміром заготовки, тобто розрахунком необхідно вийти на номінальний розмір свердла.

Складові формули для кожного переходу:

					<b>ДР 18-379.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розвертання чорнового:

$R_{z_{i-1}} = 32$  мкм,  $T_{i-1} = 50$  мкм при свердлінні [8] С. 20, табл. А 3.1.

З літератури [8] “похибка установки литої заготовки по попередньо обробленій поверхні в пристосуванні з пневмозатиском на оправку” складе [8] С. 22, табл. А4.4:

$$\varepsilon_{y_{i-1}} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_{z_{i-1}}^2}, \quad (3.10)$$

де  $\varepsilon_{\sigma_{i-1}}$  – похибка базування, мкм;

$\varepsilon_{z_{i-1}}$  – похибка закріплення, мкм;

$$\varepsilon_{\sigma_{i-1}} = S_{\min} + \delta_{\text{отв.}} + \delta_{\text{опр.}}. \quad (3.11)$$

Конічні пальці припасовуються до кришки під час виготовлення пристрою, відповідно приймаємо  $S_{\min} = 0,043$  мм.

$$\varepsilon_{\sigma_{i-1}} = 0,043 + 0,1 + 0,04 = 0,183 \text{ мм} = 183 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення  $\varepsilon_{z_{i-1}} = 80$  мкм при встановленні заготовки з упором в торець в пристосування з пневмозатиском [8] С. 38, табл. А15.4.

Тоді, 
$$\varepsilon_{y_{i-1}} = \sqrt{183^2 + 80^2} = 200 \text{ мкм.}$$

При розвертанні чорновому, відповідно:

$$\varepsilon_{y_2} = K_y \cdot \varepsilon_{y_{i-1}}, \quad (3.12)$$

де  $K_y = 0,06$  – коефіцієнт уточнення [8] С. 32, табл. А11.;

$$\varepsilon_{y_2} = 0,06 \cdot 200 = 12 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення при свердлінні заготовки з литва [8] С. 25, табл. А5:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y l)^2}, \quad (3.13)$$

де  $\rho$  – сумарні значення просторових відхилень, мм;

$C_o = 15$  мкм – зміщення вісі отворів при свердлінні [8] С. 31, табл. А10;

$\Delta_y = 1,7$  мкм/мм – питомий відвід свердла [8] С. 31, табл. А10;

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l = 3,4$  мм – довжина обробки;

$$\rho_{i-1} = \sqrt{15^2 + (1,7 \cdot 3,4)^2} = 16 \text{ мкм.}$$

Для розвертання чистового:

$R_{zi-2} = 10$  мкм,  $T_{i-2} = 20$  мкм при розвертанні чорновому [8] С. 20, табл. А 2.2.

Через те, що значення похибки установки на цьому переході дуже мале, то цією величиною можна знехтувати, тобто  $\varepsilon_{y2} = 0$ .

Враховуючи те, що при розвертанні не усуваються похибки форми та розташування просторові відхилення на даному переході відповідають значенням попереднього переходу:  $\rho_{i-2} = \rho_{i-1} = 16$  мкм.

Мінімальні припуски для кожного переходу:

1. Для розвертання чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (32 + 50 + \sqrt{16^2 + 12^2}) = 204 \text{ мкм} = 0,204 \text{ мм.}$$

2. Для розвертання чистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (10 + 20 + 16) = 92 \text{ мкм} = 0,092 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри для переходів:

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

1. Для розвертання чистового:

$$D_{p2} = D_{\max.деталі} = 6,012 \text{ мм.}$$

2. Для розвертання напівчистового:

$$D_{p1} = D_{p2} - 2Z_{2\min.} = 6,012 - 0,092 = 5,92 \text{ мм.}$$

3. Для свердління:

$$D_{pзг} = D_{p1} - 2Z_{1\min.} = 5,92 - 0,204 = 5,716 \text{ мм.}$$

Визначаємо допуски для переходів за таблицями “Економічної точності” [1] С. 78, дод. Г1.

Заготовка (свердління) Н12  $\rightarrow \delta_{зг} = 0,12$  мм.

1. Розвертання чорнове Н9  $\rightarrow \delta_1 = 0,03$  мм.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розвертання чистове H7  $\rightarrow \delta_2 = 0,012$  мм.

Граничні розміри  $D_{\max,i}$  за переходами.

Для розвертання чистового:  $D_{\max,2} = 6,012$  мм

Для розвертання напівчистового :  $D_{\max,1} = 5,92$  мм.

Для свердління:  $D_{\max, \text{заг.}} = 5,72$  мм.

Граничні розміри  $D_{\min,i}$  за переходами:

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

Для розвертання чистового:

$$D_{\min,2} = 6,012 - 0,012 = 6,0 \text{ мм.}$$

Для розвертання напівчистового:

$$D_{\min,1} = 5,92 - 0,03 = 5,89 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\min, \text{заг.}} = 5,72 - 0,12 = 5,6 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків  $2Z_{i \min}$ ,  $2Z_{i \max}$  для кожного переходу:

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

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

Для розвертання чистового:

$$2Z_{2 \max} = 6,0 - 5,89 = 0,11 \text{ мм.}$$

$$2Z_{2 \min} = 6,012 - 5,92 = 0,092 \text{ мм.}$$

Для розвертання напівчистового:

$$2Z_{1 \max} = 5,89 - 5,6 = 0,29 \text{ мм.}$$

$$2Z_{1 \min} = 5,92 - 5,72 = 0,20 \text{ мм.}$$

Загальні припуски:

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

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

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді, загальні припуски складають:

$$2Z_{\text{заг. max.}} = 0,29 + 0,11 = 0,4 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{заг. min.}} = 0,20 + 0,092 = 0,292 \text{ мм.}$$

Загальний номінальний припуск  $2Z_{\text{заг.ном.}}$  та номінальний розмір заготовки  $D_{\text{заг.ном.}}$ :

$$2Z_{\text{заг.ном.}} = 2Z_{\text{заг. min.}} + ES_{\text{заготовки}} - ES_{\text{деталі}} \quad (3.20)$$

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

Відповідно:

$$2Z_{\text{заг.ном.}} = 0,292 + 0,12 - 0,012 = 0,4 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{заг.ном.}} = 6 - 0,4 = 5,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо свердло СС  $\varnothing 5,6A L=93$  ГОСТ 10902-77 згідно [9] С.225, табл. 74.

Перевіряємо розрахунки:

$$2Z_{\text{imax}} - 2Z_{\text{imin}} = \delta_{D_{i-1}} - \delta_{D_i} \quad (3.22)$$

Для розвертання напівчистового:

$$0,29 - 0,20 = 0,09 \text{ мм;}$$

$$0,12 - 0,03 = 0,09 \text{ мм.}$$

Для розвертання чистового:

$$0,11 - 0,092 = 0,018 \text{ мм;}$$

$$0,03 - 0,012 = 0,018 \text{ мм.}$$

Висновок: Розрахунки проведені правильно.

Дані представлено в таблиці 3.8.

Схема розташування припусків для поверхні  $\varnothing 6H7$  на рис. 3.1.

У таблиці 3.9 результати розрахунку припусків

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Розрахункові припуски і граничні розміри на механічну обробку поверхні  $\varnothing 6H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 6H7$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{i\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір $D_{pi}$ , мм	Допуск $\delta_a$ , 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
Свердління H12 (заготовка)	32	50	16	200		5,716	0,12	5,6	5,72	5,6	5,72
Розвертання чорнове H9	10	20	–	12	204	5,92	0,03	5,89	5,92	0,20	0,29
Розвертання чистове H7	6,4	–	–	4,5	92	6,012	0,012	6,0	6,012	0,092	0,11
Загальний припуск										0,292	0,40

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 $35h14_{(-0,62)}$					
Фрезерування чорнове	14	Ra12,5	0,62	1,2	$35h14_{(-0,62)}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	$R_z50$	0,45	–	$36,2 \pm 0,45$

Закінчення таблиці 3.9

1	2	3	4	5	6
Внутрішній паз 10H14(+0,36), 2H14(+0,25)					
Фрезерування чорнове	14	Ra12,5	0,36 0,25	2,0	8H14(+0,36); 5,5H14(+0,3)
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R <sub>z</sub> 50	-	-	Площина заготовки

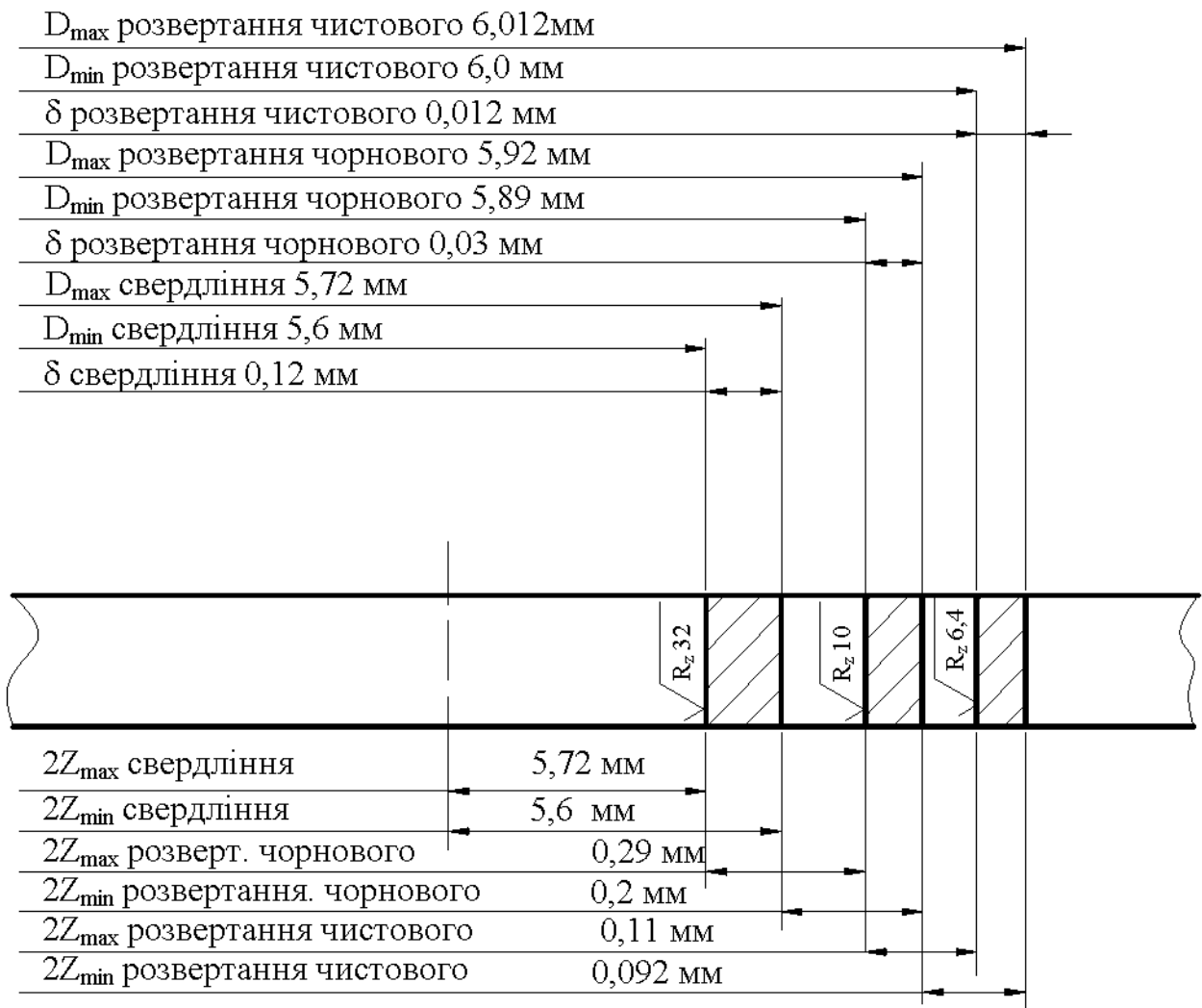


Рисунок 3.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 6H7$

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

Розрахунок режимів різання представлено в додатках.

Результати розрахунків режимів у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>м</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S <sub>м</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно торцеву поверхню 1, витримуючи розміри 35h14(-0,62); 203,5±0,7; 208,5±0,7.	1,2	220	1	100	0,8	900	217	720	0,3	0,5
010 Агрегатна										
Позиція II										
Свердлити шість отворів 2, 3, 4, 5, 6, 7 з формуванням шести фасок 8, 9, 10, 11, 12, 34, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,14}$ ; 35,5±0,2, 92±0,2, 61±0,2; 166±0,2; l=12; l=11 під різь М4-7H, 1×45° одночасно з горизонтальної шести шпindelьної силової головки IIб;	1,65	17	1	142	0,12	2033	21,1	244	0,07	0,73

Арк.

ДР 18-379.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата



Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
свердлити два отвори 14, 15 з формуванням двох фасок 16, 17 витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=10$ під різь М6-7Н, $66\pm 0,1$ , $1\times 45^\circ$ одночасно з вертикальної силової головки Па.	2,5	15	1	134	0,12	2033	31,9	244	0,06	0,61
Позиція III										
Свердлити два отвори 7, 9, витримуючи розміри $\varnothing 7Н14^{(+0,36)}$ ; $166\pm 0,2$ та два отвори 20, 21, витримуючи розміри $\varnothing 5,6^{(+0,12)}$ , $53\pm 0,1$ з чотирьохшпіндельної горизонтальної силової головки IIIБ одночасно.	3,5	12	1	200	0,12	2033	44,7	244	0,05	1,22
Позиція IV										
Розвернути попередньо два отвори 20, 21 витримуючи розміри $\varnothing 5,89^{(+0,03)}$ , $53\pm 0,1$ з двохшпіндельної горизонтальної силової головки IVБ одночасно.	2,8						35,7			
	0,145	10	1	150	1,0	580	10,7	580	0,02	0,03

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція V Розвернути остаточно два отвори 20, 21 витримуючи розміри $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ , $53\pm 0,1$ з двохшпindelної горизонтальної силової головки Vб одночасно	0,055	10	2	150	0,8	480	9,0	384	0,03	0,01
Позиція VI										
Нарізати різь в шести отворах 22, 23, 24, 25, 26, 27, витримуючи розміри M4-7H; l=7; l=8; $35,5\pm 0,2$ , $92\pm 0,2$ , $61\pm 0,2$ ; $166\pm 0,2$ з горизонтальної шестишпindelно ї силової головки VIб одночасно;	0,202	21	1	120	0,7	387	4,9	271	0,16	0,77
нарізати різь в двох отворах 28, 29, витримуючи розміри M6-7H; l=7; $66\pm 0,1$ з вертикальної двохшпindelної силової головки VIa одночасно	0,54	21	1	120	1,0	271	5,1	271	0,16	0,58
015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2										

Арк.

ДР 18-379.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зенкувати послідовно дві фаски 30, 31, витримуючи розміри 0,5×45°, 53±0,1.	0,5	5,5	2	200	0,08	1400	35,2	112	0,05	0,08
020 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати остаточно внутрішній паз 32, витримуючи розміри 10Н14 <sup>(+0,36)</sup> , 2Н14 <sup>(+0,25)</sup> ; 18±0,2.	2	32	1	100	0,15	800	25,1	120	0,26	0,41
025 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2										
Фрезерувати остаточно внутрішній паз 33, витримуючи розміри 10Н14 <sup>(+0,36)</sup> , 2Н14 <sup>(+0,25)</sup> ; 18±0,2.	2	32	1	100	0,15	800	25,1	120	0,26	0,41

Розрахунок технічних норм часу представлено в додатках.

Результати розрахунку у таблиці 3.11.

Арк.

ДР 18-379.00.00

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 пвидких переміщень, хв	Час циклу верстага, T <sub>ц</sub> хв	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв			T <sub>шт.</sub> , хв.	T <sub>пз.</sub> , хв.	п, 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>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
005 Вертикально-фрезерна	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1414	0,453
010 Агрегатна	0,16	0,08	0,01	0,22	0,12	0,28	0,003	0,007	0,017	0,53	135		0,6
015 Вертикально-свердлильна	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,18
020 Вертикально-фрезерна	0,26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,39
025 Вертикально-фрезерна	0,26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,39

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

Кількість верстатів M<sub>пр.</sub> на кожній проектній операції:

$$M_{пр.} = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{пр.}}{\Phi_d \cdot 60}, \quad (3.23)$$

$$N_{пр.} = \frac{\Phi_d \cdot K_z \cdot 60}{T_{шт.в.} \cdot (1 + \alpha)}, \quad (3.24)$$

За ведучу приймаємо операцію 005 вертикально-фрезерну T<sub>шт.к.</sub> = 0,453 хв.  
α – коефіцієнт допустимих втрат на переналадку; α = 0,05-0,08. Приймаємо 0,08.

$$N_{пр.} = \frac{4000 \cdot 0,8 \cdot 60}{0,453 \cdot (1 + 0,08)} = 392445 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо  $N_{\text{пр.}} = 392\,000$  шт.

Річна програма випуску деталей  $N_{\text{річн.}} = 140000$  шт.

Проектний варіант

$$M_{\text{р.005}} = \frac{0,453 \cdot 392000}{4000 \cdot 60} = 0,74; \text{ Приймаємо } M_{\text{пр.005}} = 1 \text{ (верст).}$$

$$M_{\text{р.010}} = \frac{0,6 \cdot 392000}{4000 \cdot 60} = 0,98; \text{ Приймаємо } M_{\text{пр.010}} = 1 \text{ (верст).}$$

$$M_{\text{р.015}} = \frac{0,18 \cdot 392000}{4000 \cdot 60} = 0,29; \text{ Приймаємо } M_{\text{пр.015}} = 1 \text{ (верст).}$$

$$M_{\text{р.020}} = \frac{0,39 \cdot 392000}{4000 \cdot 60} = 0,64; \text{ Приймаємо } M_{\text{пр.020}} = 1 \text{ (верст).}$$

$$M_{\text{р.025}} = \frac{0,39 \cdot 392000}{4000 \cdot 60} = 0,64; \text{ Приймаємо } M_{\text{пр.025}} = 1 \text{ (верст).}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{M_{\text{р.}}}{M_{\text{пр.}}}, \quad (3.25)$$

Проектний варіант

$$K_{\text{з.о.005}} = \frac{0,74}{1} = 0,74;$$

$$K_{\text{з.о.010}} = \frac{0,98}{1} = 0,98;$$

$$K_{\text{з.о.015}} = \frac{0,29}{1} = 0,29;$$

$$K_{\text{з.о.020}} = \frac{0,64}{1} = 0,64;$$

$$K_{\text{з.о.025}} = \frac{0,64}{1} = 0,64.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{\text{з.о.сєр.}} = \frac{\sum M_{\text{р.}}}{\sum M_{\text{пр.}}}, \quad (3.26)$$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{з.о.сер.} = \frac{3,29}{5} = 0,66.$$

Графік завантаження обладнання представлено на рис. 3.2.

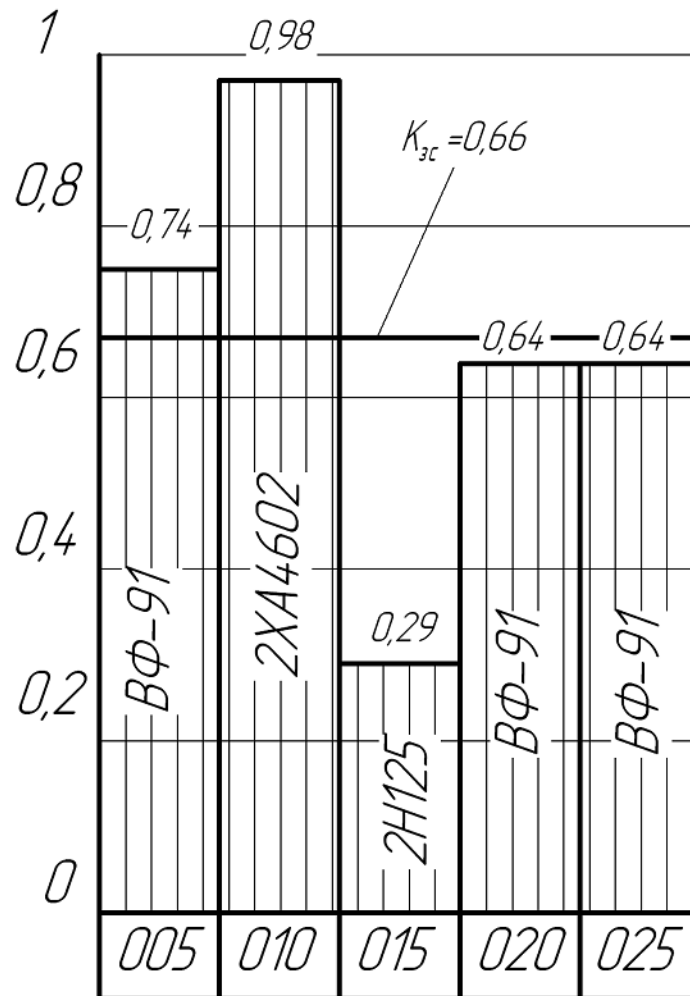


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

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

Похибка установки заготовки в пристосуванні обчислюється згідно [9] С.40

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (4.1)$$

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 010 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 багатопшпindelної насадки для свердління і кондуктора. Точність розміщення отворів відносно конструктивних елементів визначається 14 квалітетом і складає допуск до 0,4 мм.

Виходячи з конструкції пристосування та схеми базування, похибка базування  $\Delta \varepsilon_{61}$  буде дорівнювати зазору між заготовкою та базою. Оскільки

					<i>ДР 18-379.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>						
<i>Реценз.</i>					КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА  ТНТУ, каф. ТМ гр. МТм-61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							

базові пальці припасовуються до розміру базової поверхні із зазором 0,1..0,15мм, то похибка базування в радіальному напрямку дорівнює максимальному подвійному зазору  $\Delta\epsilon_{61}=0,3\text{мм}$ .

Похибка базування в осьовому напрямку визначається допуском торцевої поверхні  $35h14(-0,62)$ :  $\Delta\epsilon_{62}=0,62\text{ мм}$ .

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 260 мм похибка закріплення складе  $\Delta\epsilon_3 = 80\text{ мкм}$ .

Похибка пристосування  $\epsilon_{\text{пр}}$  виникає за рахунок похибок виготовлення та похибок зношення опорних елементів пристосування. Для середньої точності пристосувань приймаємо:  $\Delta\epsilon_{\text{пр}} = 0,02\text{ мм}$ .

Таким чином, похибка установки буде становити:

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{\Delta\epsilon_6^2 + \Delta\epsilon_3^2 + \Delta\epsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,08^2 + 0,02^2} = 0,311\text{мм}.$$

Допустима похибка установки  $\Delta\epsilon_{y,\text{доп}}$  при виконанні розмірів розміщення отворів буде дорівнювати допуску на їх розміщення відносно конструктивних елементів:

$$\Delta\epsilon_{y,\text{доп}} = 0,4\text{ мм}. \quad (4.3)$$

Отже,  $\Delta\epsilon_y = 0,311\text{ мм} < \Delta\epsilon_{y,\text{доп}} = 0,4\text{ мм}$ ., відповідно обробка можлива із заданою точністю.

#### 4.2. Розрахунок і вибір приводу пристосування

Для розрахунку сил затиску деталі на агрегатній операції 010 приводимо розрахункову схему дії сил (рис. 4.1) при свердлінні шести отворів  $\varnothing 3,3\text{ мм}$  та двох отворів  $\varnothing 5\text{мм}$ , коли виникає одночасна дія осьової сили і крутного моменту

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$M_{\text{різ}}$ . Осьове зусилля на даній позиції визначили розрахунково-аналітичним методом :  $P_{\text{опа}}=440 \text{ Н}$ ;  $P_{\text{опб}}=222 \text{ Н}$ .

Для забезпечення стійкого положення заготовки при її обробці необхідно, щоб момент різання  $M_{\text{різ}}$  був менший за момент тертя  $M_{\text{тр}}$  від сил тертя при закріпленні.

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (4.4)$$

де  $K$  - коефіцієнт запасу.

Момент тертя визначаємо із виразу:

$$\sum M_{\text{тр}} = P_{\text{заг}} \cdot R \cdot f_1 + \frac{2P_{\text{заг}}f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)}, \quad (4.5)$$

де  $P_{\text{заг}}$  – сила затиску, Н;

$f_1=0,2$  – коефіцієнт тертя між деталлю і притискачем;

$f_2=0,2$  – коефіцієнт тертя між деталлю і базою;

$R_1=69\text{мм}$  – радіус вписаного кола основи корпусу;

$R_2=81\text{мм}$  – радіус описаного кола основи корпусу;

$R=19\text{мм}$  – радіус затиску заготовки притискачем.

Підставляючи  $M_{\text{тр}}$  у рівняння рівноваги одержуємо:

$$P_{\text{заг}} = \frac{KM_{\text{різ}}}{f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}} + P_0. \quad (4.6)$$

Момент різання визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}1,2} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (4.7)$$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $C_m$ ,  $q$ ,  $x$ ,  $y$  – табличні коефіцієнт та показники степені, для розрахунку крутного моменту;  $C_m = 0,005$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  [6], С.281, табл. 32.

$D$  – діаметр обробки,  $D = 3,3$  мм;  $D = 5$  мм

$S$  – подача при свердлінні,  $S = 0,12$  мм/об.

$$K_p = K_{mp} = 1$$

$$\text{Отже, } M_{piz1} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1 = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{piz2} = 10 \cdot 0,005 \cdot 5^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1 = 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент різання:

$$M_{piz} = 4M_{piz1} + 2M_{piz2};$$

$$M_{piz} = 6 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,23 = 1,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу  $K$  вибирається згідно [6]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.8)$$

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

Підставляючи дані у формулу (4.8) одержимо:

$$P_{zat} = \frac{3,1 \cdot 1,06}{0,2 \cdot 0,019 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,081^3 - 0,069^3}{3 \cdot (0,081^2 - 0,069^2)}} + 440 + 222 = 836 \text{ Н}.$$

*Перевірочний розрахунок елементів силового приводу для затиску.*

Перевірочний розрахунок зводиться до того, щоб перевірити умову:

$$P_3 K \leq W, \quad (4.9)$$

де  $W$  – сила тяги пневмоциліндра, Н;

$K=1,5$  – коефіцієнт запасу.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи базову конструкцію пристосування нами був вибраний [14] «нормалізований пневмоциліндр двосторонньої дії, діаметром циліндра  $D_{ц} = 100$  мм, діаметром штока  $d = 32$  мм. Пневмоциліндри данного типу призначені для роботи на стисненому повітрі при тиску 0,4 МПа; 0,63 МПа і температурі від +5 до +50 зі швидкістю переміщення штока не більше не більше 0,5 м/с.»

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

$$F_{шт.тяг.} = 0,785 \cdot (D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (4.10)$$

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

$d_{шт}$  – діаметр штока, м;  $d_{шт} = 0,032$  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:  $F_{шт.тяг.} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2536$  Н.

Згідно даної конструкції пристрою силу тяги пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$W = \frac{F_{шт.тяг.}}{\left( \operatorname{tg} \left( \beta + \operatorname{arctg} \left( \varphi \cdot \frac{d}{D} \right) \right) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right)}, \quad (4.11)$$

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

$d$  – діаметр отвору ролика,  $d = 12$  мм;

$D$  – зовнішній діаметр ролика,  $D = 24$  мм;

$\varphi_1$  – кут тертя між штоком і циліндричним отвором.

$$W = \frac{2536}{\left( \operatorname{tg} \left( 10 + \operatorname{arctg} \left( 6 \cdot \frac{12}{24} \right) \right) + \operatorname{tg} 6 \right)} = 4474$$
 Н.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надійності закріплення необхідно, щоб виконувалась умова:

$$P_3 K \leq W.$$

В нашому випадку  $KP_3 = 1254 \text{ Н} < W = 4474 \text{ Н}$ .

Висновок: заготовка надійно буде закріплена під час обробки на 010 агрегатній операції.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1. Можливість комп'ютерного моделювання методом кінцевих елементів для аналізу зношення ріжучого інструменту та формування задирок на заготовці

При моделюванні методом кінцевих елементів процесу різання можна розглядати чотири основні аспекти:

- 1) Напруження, що виникають у матеріалі заготовки та тертя між інструментом та заготовкою;
- 2) Вплив переднього кута та зношення задньої поверхні ріжучого інструменту;
- 3) Визначення ріжучих властивостей інструментів із різними радіусами кромки;
- 4) 3D моделювання процесу різання матеріалу заготовки.

Для моделювання процесів різання можна використовувати програмне забезпечення DEFORM-2D™ та DEFORM-3D™.

При ортогональному різанні можна прийняти 2D умови деформації. Процес формування стружки можна моделювати як пластичний рух матеріалу і відокремлення стружки на вершині інструменту одержувати на основі поновлення сітки. Біля радіуса кромки інструмента доцільно сформувати сітку з високою густиною елементів для уникнення накопичення цифрових помилок в процесі оновлення сітки.

Процедуру моделювання процесу формування задирок на заготовці можна поділити на два кроки:

- 1) стабільне формування стружки в процесі різання;
- 2) формування задирок при виході інструмента із зони різання.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>								
<i>Консульт.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61				
<i>Н. контр.</i>									
<i>Затв.</i>									
СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА									

При стабільному формуванні стружки можна використовувати підпрограму “Konti-Cut”, що розроблена в університеті Ахен, Німеччина, 2001. Нижче опишемо принцип роботи підпрограми “Konti-Cut”. Кожного разу, коли починається крок оновлення сітки, підпрограма “Konti-Cut”, обрізає надлишковий матеріал стружки із зони деформації і частину обробленого матеріалу заготовки позаду ріжучої кромки в межах фіксованої “контрольної зони”, що визначена користувачем. Тим часом подається новий матеріал у зону деформації зі сторони необробленої частини заготовки. Повторюючи цю процедуру, моделювання процесу різання можна проводити безперервно із меншим часом на розрахунки, завдяки меншій кількості елементів сітки заготовки ніж та, що застосовується при типовому моделюванні на основі функції Лагранжа.

Після стабільного процесу формування стружки можна проводити моделювання формування задирок, усуваючи граничні обмеження на границі виходу заготовки. Термічні граничні умови на виході також можна змінити з постійної кімнатної температури до теплообміну із навколишнім середовищем. В загальному процедура моделювання дозволяє прогнозувати форму задирок (тобто геометрію та розміри), що є результатом формування стружки та полів напружень на інструменті та заготовці.

Трьохмірне моделювання методом кінцевих елементів можна проводити із використанням програмного забезпечення DEFORM-3D™. Метою 3D моделювання є оцінювання можливостей 3D моделей методу кінцевих елементів в порівнянні з реальними процесами різання, а також порівнювати прогнозовані задирки з результатами із 2D моделювання і з результатами вимірювання при експериментальних дослідженнях процесу різання.

При моделюванні також можна використовувати загострені та зношені інструменти. Трьохмірна модель ріжучої пластини повинна відповідати розмірам твердосплавних ріжучих пластин. Трьохмірна модель заготовки також має бути сформована аналогічним чином відповідно до умов різання.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Кількість елементів сітки на інструменті повинна відповідати не менше 16000, на заготовці – не менше 70000. Вищу густину сітки бажано застосовувати в областях біля вершини інструменту, вздовж траєкторії різання заготовки і при виході ріжучого інструменту. Мінімальний розмір елемента сітки повинен складати 50 мкм. Властивості матеріалів інструменту та заготовки а також процес тертя повинні відповідати 2D моделюванню. Зростання температури можна оцінити разом із потоком стружки та напруженнями в інструменті.

## 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
2830.4024	ЖИЦД 732131.089	Кришка	0,45
Матеріал	Заготовка		
	Вид	Профіль і розміри	Маса, кг
Сплав АК12 ГОСТ 1583-79	Виливок	228,5±0,7 × 203,5±0,7× 36,2±0,45	0,488

Приклад частини сформованого технологічного процесу виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 представлено на рис. 5.1., 5.2.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ГОСТ 3.1404-86										Форма 1		САПР				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
ТехноПро										Корпус світильника		1				
Вираб.	Заровнений															
Проверил	Дячун															
Нормир.																
Метролог																
Н.контр.	Ткаченко															
М 1 Слав АК12 ГОСТ 1583-89										ВЕКТОР		ЖИЦД 732131.089				
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры			КД	МЗ					
М 2		10.45					відливка				10.488					
А	Цех	Уч	РМ	Опер.		Код, наименование операции	Обозначение документа									
В	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
Р	ПИ	Д	или В	L	T	i	S	N	V	U	То/мин	Тв/мин				
A01	24	17	8	005		Вертикально-фрезерна										
O2																
B03						Вертикально-фрезерный верстат 6P12		1520	13						55	4.6
O4																
T05						ПР. Приспосовування спеціальне										
O06																
O07						1 фрезерувати остаточно торцеву поверхню в розмір 1 2								2.6	0.46	
O08																
T09						ВИ. Оправка для насадних торцевих фрез 6222-0138 ГОСТ 26538-85; РИ. Фреза торцева d=250; V=45; z=26 ВК8 ГОСТ 1092-80 СИ. Штангенциркуль ЩЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-88										
10																
11																
P12								1.2	1	0.8	900		217			
13																
A14	24	9	9	010		Вертикально-свердильна										
15																
B16						Вертикально-сверлильний верстат 2N125		1509	13							0.56
17																
T18						ПР. Кондуктор 7357-4393										
19																
O20						1 Свердлити послідовно 2 отвори в розмір 1 2 3 4									0.27	0.4
21																
T22						ВИ. Втулка 6100-0144 ГОСТ13598-85; РИ. Сверло D5.0 2301-0187 ГОСТ10903-77; СИ. Калібр 8150-4600; СИ. Пробка (5.0) 8133-4091										
23																
КТП																

Рисунок 5.1 – Перша сторінка технологічного процесу виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 в системі “Техно Про”

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

ДР 18-379.00.00

Арк.



ГОСТ 3.1404-86													Форма 1а			САПР							
Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
ТехноПро	Корпус світильника																					2	
	ЖИЦД 732131.089											Кришка											
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт								
В	Код, найменування обладнання					Т	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	
Р	ПІ	Д	В	І	Л	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	І	
01																							
Р02																							
03																							
А 04	24	9	10	015	Вертикально-свердильна																		
05																							
В06					Вертикально-свердильний верстат 2Н125			1509	13													0.56	
07																							
Т08					ПР. Кондуктор 7357-4395																		
09																							
О10					1 Свердлими послідовно 6 отворів в розмір	1	2	3	4												0.45	0.4	
11																							
Т12					ВИ. Втулка 6100-0144 ГОСТ13598-85; РИ. Сверло D3.3 2301-01650СТ10903-77; СИ. Калібр																		
13					8150-4619 СИ. Пробка (3,3) 8133-4092																		
14																							
Р15																							
16																							
А 17	24	9	11	020	Вертикально-свердильна																		
18																							
В19					Вертикально-свердильний верстат 2Н125			1509	13													0.56	
20																							
Т21					ПР. Кондуктор 7357-4396																		
22																							
О23					1 Свердлими послідовно 2 отвори в розмірі	1	2	3	4													0.27	
24																							
Т25					ВИ. Втулка 6100-0144 ГОСТ 13598-85; РИ. Сверло D5.6 2301-0175 ГОСТ10903-77; СИ. Калібр																		
26					8150-4612 СИ. Пробка (5,6) 8133-4092																		
27																							
28																							
Р29																							
30																							
													КТП										

Рисунок 5.2 – Друга сторінка технологічного процесу виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 в системі “Техно Про”

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

ДР 18-379.00.00

Арк.

## 6 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 6.1. Уточнення розгорнутої програми виробництва на дільниці

Згідно літератури [29] 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

№ з/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 732131.000	ЖИЦД 732131.089	Кришка	Сплав АК12 ГОСТ 1583-89	Виливок	1	10	140000	14000	154000	0,488	0,45	75,15	69,3

### 6.2. Розрахунок трудомісткості виготовлення виробів

Згідно рекомендацій [29] трудомісткість механічної обробки при детальному проектуванні визначається за технологічним процесом згідно рекомендацій, як сума штучних часів по всіх операціях :

<i>ДР 18-379.00.00</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Заревенний			
Перевір.	Дячун			
Реценз.				
Н. контр.				
Затв.				
ПРОЕКТНА ЧАСТИНА				
		Літ.	Аркуш	Аркушіє
ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61				

$$T_M = \sum T_{шт.} \quad (6.1)$$

$$T_M = 0,454 + 0,6 + 0,18 + 0,39 + 0,39 = 2,014 \text{ хв.}$$

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

Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 наведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Специфікація основного технологічного обладнання дільниці механічного цеху для виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089

№ 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	ВФ-91	1	0,74	3,0	3,0	1895×1875
2	2ХА4602	1	0,98	10,0	10,0	3200×3790
3	2Н125	1	0,18	3,0	3,0	785×915
4	ВФ-91	1	0,64	3,0	3,0	1895×1875
5	ВФ-91	1	0,64	3,0	3,0	1895×1875
	Всього:	7	0,56	35	35	

Крім основного на дільниці розміщується допоміжне обладнання:

- установка для промивання деталей;
- контрольний стіл.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Визначимо кількість електрокарів [29]:

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

де  $Q$  – річний вантажообіг,  $Q = 75,15$  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,  $Q_e = 0,2$  т.;

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

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

$$E = \frac{75,15 \cdot 1,25 \cdot 20}{0,2 \cdot 0,8 \cdot 4015 \cdot 60} = 0,05 \text{ шт.}$$

– отже приймаємо 1 електрокар.

Для переміщення деталей між позиціями механічної обробки використовуються підвісний ланцюговий конвеєр з вантажопідйомністю однієї каретки 150 кг і швидкістю транспортування 10 м/хв.

Згідно рекомендацій [29] 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 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нашому випадку кількість мостових кранів можна визначити за формулою [29]:

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

де  $N$  – кількість деталей, що транспортуються за зміну,  $N = 1414$  шт.;

$i$  – середня кількість транспортних операцій на одну деталь,  $i = 6$ ;

$T_{\text{кр}}$  – загальний час пробігу крана,  $T_{\text{кр}} = 10$  хв.;

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

$m$  – кількість деталей, що переміщуються одночасно,  $m = 60$  шт.

$$K = \frac{1414 \cdot 6 \cdot 10}{60 \cdot 480} = 2,95 \approx 3 \text{ шт.}$$

Укрупнено кількість кранів можна приймати [29]: 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 [29]:

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

де  $M_{\Sigma}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску,  $M_{\Sigma} = 144,45$  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,  $k_B = 0,3 \dots 0,4$ .

$$F_3 = \frac{144,45 \cdot 6}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,35} = 6,8 \text{ м}^2.$$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $F_3 = 20 \text{ м}^2$ .

– проміжний склад;

Проміжний склад [29] призначений для міжопераційного нагромадження вузлів і деталей і його площа визначається за формулою 6.4.

$$F_3 = \frac{144,45 \cdot 1}{260 \cdot 1,4 \cdot 0,3} = 1,32 \text{ м}^2.$$

Приймаємо  $F_3 = 10 \text{ м}^2$ .

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

Площа цього відділення визначається за рекомендаціями в залежності від кількості верстатів і приймається рівною  $68 \text{ м}^2$ .

– відділення для збирання і переробки стружки;

Площа цього відділення визначається аналогічно до попереднього і приймається рівною  $97 \text{ м}^2$ .

– інструментально-роздавальна комора;

Норми для розрахунку площі цього відділення залежать від кількості верстатів механічного відділення. Приймаємо площу рівною  $37 \text{ м}^2$ .

Площа службово-побутових приміщень приймається рівною 25...30% площі цеху. Приймаємо площу рівною 25%, а отже –  $725 \text{ м}^2$ .

Площа дільниці для виготовлення кришки ЖИЦД 732131.089 залежить від [29] розмірів та маси верстатів і приймається для легких верстатів в межах  $14...18 \text{ м}^2$ , для середніх –  $18...22 \text{ м}^2$ , для важких –  $22...30 \text{ м}^2$ .

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Площа ділянки для виготовлення кришки  
ЖИЦД 732131.089

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м <sup>2</sup>
Вертикально-фрезерний напівавтомат	ВФ-91	1895×1875	середній	20
Агрегатний	2ХА4602	3200×3790	важкий	23
Вертикально-свердильний верстат	2Н125	785×915	середній	18
Вертикально-фрезерний напівавтомат	ВФ-91	1895×1875	середній	20
Вертикально-фрезерний напівавтомат	ВФ-91	1895×1875	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				138

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

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

Для проведення розрахунків використано загальновідому методику [30]. 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 18-379.00.00</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>								
<i>Консульт</i>					ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61				
<i>Н. контр.</i>									
<i>Затв.</i>									
ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ									



$t_B$  – 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:

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

де  $C_n$  – прийнята кількість обладнання;

$k_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\Phi_\delta$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

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

$k_6$  – коефіцієнт багатостанкового 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.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішню виробничу площу цеху (дільниці, лінії) визначають за питомою площею (м<sup>2</sup>), яка припадає на одиницю обладнання і приймають за даними розрахунків, виконаних в проектній частині.

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 контроль-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

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

амортизації. Норми амортизації за групами основних фондів встановлені чинним законодавством.

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:

$$\Phi_{n.e.} = C_1 \cdot K_c \cdot T_{um} \cdot N_e, \quad (7.3)$$

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

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

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

$$\Phi_{ov.} = \Phi_{n.e.} + D_e, \quad (7.4)$$

де  $D_e$  – 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:

$$\Phi_{n.n.} = P \cdot C_1 \cdot K_{cd} \cdot \Phi_{ef}, \quad (7.5)$$

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

Річний фонд основної зарплати робітників-погодинників визначають за формулою:

					<b>ДР 18-379.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{o.n.} = \Phi_{n.n.} + D_n, \quad (7.6)$$

де  $D_n$  – сумарні річні доплати до прямої заробітної плати робітників-погодинників, грн., які орієнтовно приймають в розмірі 25...30% від тарифного заробітку.

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

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

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

$\Phi_{доо}$  – 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.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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:

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

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);

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує завантаження електроприводів за потужністю

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(0.5...0.8);

$\eta_0$  – коефіцієнт корисної дії електродвигунів (0.9...0.96);

$\eta_m$  – коефіцієнт, який враховує втрати в електромережах (0.86...0.9);

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

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

$$B_{eo} = \frac{1.05 \cdot H_{ee} \cdot T_{осв} \cdot S_m}{1000} \cdot C_e, \quad (7.11)$$

де 1.05 – коефіцієнт, який враховує контрольне освітлення;

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

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

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

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

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 – 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: втрати 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

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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.

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

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

					<b>ДР 18-379.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Витрати підприємства на виготовлення та реалізацію продукції визначають за формулою:

$$B = C_{од} - K, \quad (7.15)$$

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

Рентабельність виробництва  $P_{\epsilon}$  (в %):

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

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

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

$H_{оз}$  – 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.

$$E = (50,23 - 39,92) \cdot 140000 = 1443400 \text{ грн.}$$

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 8.1. Розробка засобів захисту від статичної електрики виробничого обладнання

Основні заходи, що використовуються для захисту від статичної електрики виробничого походження включають методи, що виключають або зменшують інтенсивність генерації зарядів, і методи, що знімають утворені заряди. Інтенсивність генерації зарядів можна зменшити відповідним підбором пар тертя або змішуванням матеріалів таким чином, що в результаті тертя один із змішаних матеріалів створює заряд одного знаку, а інший – протилежного. В даний час створений комбінований матеріал з нейлону і дакрону, що забезпечує захист від статичної електрики за цим принципом.

Зміною технологічного режиму обробки матеріалів також можна добитися зниження кількості зарядів, що генеруються (зменшення швидкостей обробки, швидкостей транспортування і зливу діелектричних рідин, зменшення сил тертя).

При заповненні сипкими речовинами або рідинами (діелектриками) резервуарів на вході в них застосовують ємності релаксацій, частіше всього у вигляді заземленої ділянки трубопроводу збільшеного діаметра, що забезпечує стікання всього заряду статичної електрики в землю.

Заряди утвореної статичної електрики усувають частіше всього шляхом заземлення електропровідних частин виробничого обладнання. Опір такого заземлення повинен бути не більше 100 Ом. При неможливості встановлення пристрою заземлення практикується підвищення відносної вологості повітря в приміщенні. Також збільшують об'ємну провідність діелектрика, для чого в нього вносять графіт, ацетиленову сажу, алюмінієву пудру, а в рідкі

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Зареваний</i>				ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Консульт.</i>								
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затв.</i>								
						ТНТУ каф. ТМ зр. МТм -61		

діелектрики – спеціальні добавки. Для ряду машин і агрегатів знайшли застосування нейтралізатори статичної електрики (коронного розряду, радіоізотопні, аеродинамічні і комбіновані). У всіх типах цих пристроїв шляхом іонізації повітря поблизу елемента конструкції, що накопичує заряд статичної електрики, утворюються іони, у тому числі із знаком, протилежним знаку заряду, що і викликає його нейтралізацію.

До засобів індивідуального захисту від статичної електрики відносяться електростатичні халати і спеціальне взуття, підошва якого виконана з шкіри або електропровідної гуми, а також антистатичні браслети.

Значно більшу небезпеку представляє атмосферна статична електрика, ефективним засобом захисту від якого є захист від блискавок. Вона включає комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, запобіганню вибухів, загорянь і руйнувань будівель, споруд, обладнання і матеріалів від вибухів, можливих при дії блискавок.

Для всіх будівель і споруд, не пов'язаних з виробництвом і зберіганням вибухових речовин, а також для ліній електропередач і контактних мереж проектування і виготовлення захисту від блискавок повинне виконуватися згідно «Інструкції по захисту від блискавок будівель і споруд» РД 34.21.122–87.

Для створення зон захисту застосовують одиночний стрижньовий громовідвід; подвійний стрижньовий громовідвід; багатократний стрижньовий громовідвід; одиночний або подвійний тросовий громовідвід. Контроль за засобами забезпечення електробезпеки, і зокрема за відповідністю їх вимогам безпеки, покладений на службу головного енергетика і електриків підрозділів.

## **8.2. Проведення рятувальних та інших невідкладних робіт на машинобудівному заводі в осередках ураження (зараження)**

Рятувальні й інші невідкладні роботи у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, є однією з найголовніших задач цивільної оборони. Мета

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проведення рятувальних робіт – порятунком людей і надання медичної допомоги постраждалим, ліквідація аварій.

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт — це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт.

До рятувальних робіт відносяться:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;
- визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;
- пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;
- розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;
- надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;
- організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;
- відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;
- пошук, розпізнавання і поховання загиблих;
- санітарна обробка уражених;
- соціально-психологічна реабілітація населення.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До невідкладних робіт відносяться:

— прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території;

— локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;

— ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;

— зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт;

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються у три етапи. На першому етапі вирішуються завдання:

— щодо екстреного захисту населення;

— з запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків;

— з підготовки до виконання рятувальних робіт.

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є:

— оповіщення про небезпеку;

— використання засобів захисту;

— додержання режимів поведінки;

— евакуація з небезпечних у безпечні райони;

— здійснення санітарно-гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги;

— локалізація аварій;

— зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва;

— попередження (запобігання) і гасіння пожеж,

На другому етапі проводяться:

— пошук потерпілих;

— витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів;

— евакуація людей із зони лиха, аварії, осередку ураження;

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- надання медичної допомоги;
- санітарна обробка людей;
- знезараження одягу, майна, техніки, території;
- проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

На третьому етапі вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення у районах, які потерпіли від наслідків надзвичайних ситуацій:

- відновлення чи будівництво житла;
- відновлення енерго-, тепло-, водо-, газопостачання, ліній зв'язку;
- організація медичного обслуговування;
- забезпечення продовольством і предметами першої необхідності;
- знезараження харчів, води, фуражу, техніки, майна, території;
- соціально-психологічна реабілітація;
- відшкодування збитків;
- знезараження майна, території, техніки.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 9 ЕКОЛОГІЯ

### 9.1. Очищення стічних вод проектованого цеху

По своєму фазово-дисперсному стану стічні води, що одержуються в проектованому цеху виготовлення кришки ЖИЦД 732.131.089 поділяються на чотири групи (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 - Класифікація домішок води по їх фазово-дисперсному стану

Група	Коротка характеристика домішок
Гетерогенні системи	
I – суміші	Суспензії і емульсії, що обумовлюють каламутність води, а також мікроорганізми і планктон; колоїди і високомолекулярні з'єднання, що обумовлюють окислення і кольоровість води
II - колоїдні розчини	
Гомогенні системи	
III – молекулярні розчини	Гази, розчинні у воді, органічні речовини, додаючі запахи і смак. Солі, , кислоти, жорсткість, лужність або кислотність води
IV – іонні розчини	

Промислові стічні води очищають різними методами, до найважливіших з яких відносяться: механічний, хімічний, фізико-хімічний, біологічний і термічний.

Механічне очищення стічних вод застосовують при виділенні нерозчинних домішок методами проціджування, відстоювання і фільтрування. Звичайно ці методи застосовують як попереднє очищення стічних вод. Проціджування за допомогою різноманітних пристосувань типу ґрат, сит, сіток і самовловлювачів дозволяє позбутись крупнодисперсних домішок, а дрібні тверді частинки видаляються методом відстоювання і фільтрування. Важкі частинки домішок осідають, легкі ж речовини спливають на поверхню води відстійника, звідки можуть бути легко видалені. При необхідності очищення

					<i>ДР 18-379.00.00</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				ЕКОЛОГІЯ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Зав. каф.</i>								
						ТНТУ каф. ТМ гр. МТм-61		

вод, що містять нафтопродукти, застосовують широко поширені масловловлювачі, жировловлювачі, нафтовловлювачі, які, проте, малоефективні, оскільки процес очищення в них малоінтенсивний і вимагає спеціальних пристроїв для відведення нафти.

Для інтенсифікації процесів відстоювання і фільтрації в стічні води зазвичай додають коагулянти і флокулянти або використовують гідроциклони і центрифуги, які підвищують швидкість очищення дією відцентрових сил. Використання сучасних пристроїв для механічного очищення дозволяє досягти виділення з побутових стічних вод до 60% нерозчинених речовин, а з виробничих - до 90–95%.

Хімічні методи очищення засновані на додаванні в стічні води таких реагентів, які, вступаючи в хімічну реакцію із забруднюючими речовинами, сприяють отриманню малотоксичних речовин, а також випаданню в осад (нерозчинених колоїдних або частково розчинених водних домішок). Серед хімічних методів очищення широко поширена нейтралізація і окислення (активним хлором, киснем повітря, озоном і іншими речовинами), що сприяють зменшенню кількості нерозчинених домішок стічних вод до 95% і розчинених - до 25%.

Фізико-хімічне очищення застосовують для видалення з вод суспензій і емульгованих домішок, а також органічних і неорганічних речовин, розчинених в стічній воді за допомогою коагуляції, іонного обміну, адсорбції, екстракції, ультрафільтрації, кристалізації, дистиляції, дезодорування і інших методів.

Термічне очищення стічних вод застосовується в тих випадках, коли промислові стічні води не піддаються очищенню перерахованими методами. В цьому випадку забруднену воду піддають термічному знешкодженню або ж перекачують її в глибинні свердловини.

Біологічне очищення полягає в мінералізації органічних забруднень стічних вод, які окислюються мікроорганізмами. В природних умовах таке очищення проводиться на спеціальних полігонах, названих полями фільтрації

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



або полями зрошення. На цих полях стічні води розливаються по системах каналів, де очищення їх від забруднень здійснюється шляхом фільтрації вод в шарах ґрунту товщиною не менше 0,8 м.

## **9.2. Захист від шуму на ділянці обробки кришки ЖИЦД 732.131.089**

Ефективність будь-якої конструкції, що використовується як ізолятор від шуму, характеризується перш за все такими показниками, як маса, жорсткість, однорідність, побічна передача шуму, повітряний прошарок в ізоляції, однорідність. Розглянемо декілька прикладів технічних рішень захисту від шуму, що використовуються в проєктованому цеху для виготовлення кришки ЖИЦД 732.131.089.

При роботі витяжної системи типу циклон утворюється шум, який випромінюється від стінок вентилятора, трубопроводу і циклону, а також безпосередньо на впуску і випуску. Шум виникає при русі повітря, роботі механізмів і від ударів частинок об металеві стінки. Чим крупніший об'єкт (його розміри і маса), тим більшу проблему може представляти шум, особливо якщо швидкість потоку частинок непостійна. На рис. 9.5 показаний приклад проведення заходів щодо зниження шуму витяжною системою типу циклон.

Різні форми огорож від шуму для виробничого устаткування, що використовується при виготовленні кришки ЖИЦД 732.131.089 представлені на рис. 9.6. Така конструкція забезпечує максимальний ефект екранування шуму машин, зручність в експлуатації.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

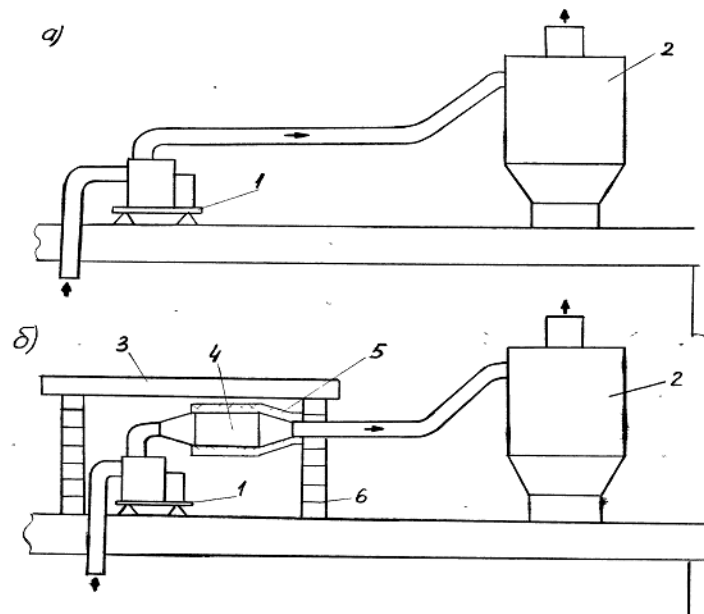


Рисунок 9.5- Витяжна система типу циклон:

а - до проведення заходів щодо зниження шуму; б - після проведення заходів щодо зниження шуму; 1 – вентилятор з радіальним робочим колесом; 2 – циклон; 3- залізобетонний дах; 4- глушник; 5 – звукоізоляція; 6 – будівельні

блоки

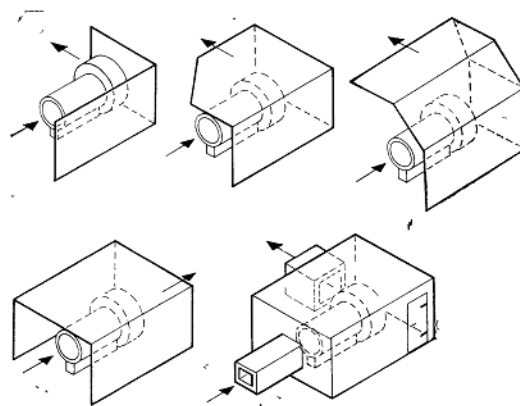


Рисунок 9.6 - Різні конструкції акустичної огорожі від шуму для виробничого устаткування

На рис. 9.7 показано багат шарове звукоізолююче покриття, що використовується для трубопроводів газу з нагнітальної сторони турбінного газу, забезпечуюче зниження шуму. Товщина і маса використаних матеріалів,

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк

показаних на рисунку, підібрано так, щоб їх резонансні частоти не співпадали. Такий підхід забезпечує високоефективну звукоізоляцію.

Складне звуконепроникне покриття для сталеві труби, випромінюючої шум, включає (рис. 9.7): 1 – покриття з оцинкованої сталі завтовшки 1 мм; 2 – водонепроникну оболонку з полівінілхлориду; 3 – мінеральну вату завтовшки 50 мм; 4 – свинцевий лист завтовшки 2 мм; 5 – мінеральну вату завтовшки 25 мм; 6 – сталеву трубу.

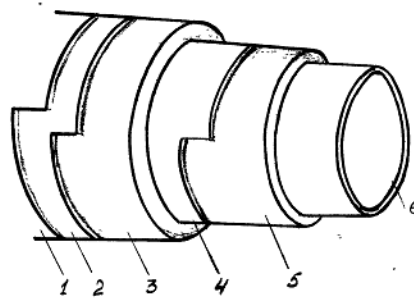


Рисунок 9.7 – Багатошарова ізоляція сталеві труби

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз стану питання щодо дослідження процесу правлення шліфувальних кругів. Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра. Спроектовано та підібрано функціонально здатні зразки технологічного оснащення та інструментів для правлення абразивних кругів та плоского шліфування поверхні заготовки. Проведено експериментальні дослідження шорсткості поверхні обробленої заготовки після шліфування правленим кругом від зміни трьох основних факторів: подачі правлення круга, глибини правлення круга та зернистості круга за постійних значень режиму шліфування. Проведено лабораторні дослідження для визначення впливу зернистості шліфувального круга та режимів його правлення на потужність шліфування заготовки із сталі 45.

Встановлено, що якість поверхні після шліфування та потужність різання визначаються не тільки режимами шліфування, але й режимами правлення шліфувальних кругів. Змінюючи режими правлення кругів, можна керувати шорсткістю обробленої поверхні після шліфування, а також потужністю різання.

Максимальна шорсткість шліфованої поверхні складає 1,4 мкм, а мінімальна – 0,15 мкм. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення шорсткості шліфованої поверхні на 80%. При цьому збільшення глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм надає приросту шорсткості шліфованої поверхні до 22%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання шорсткості шліфованої поверхні на 41%.

Максимальна потужність шліфування складає 1,68 кВт, а мінімальна – 0,65 кВт. Збільшення подачі правлення круга  $s$  від 0,04 мм/об до 0,16 мм/об призводить до підвищення потужності шліфування на 48%. При збільшенні

					<i>ДР 18-379.00.00</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>						
<i>Реценз.</i>					ТНТУ, каф ТМ гр. МТм-61		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Затв.</i>							
ВИСНОВКИ							

глибини правлення круга від 0,02 мм до 0,04 мм зростає потужність шліфування до 26%, а збільшення зернистості круга від 16 до 48 призводить до зростання потужності шліфування на 18%.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</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 18-379.00.00</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розроб.</i>	<i>Заревенний</i>							<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Дячун</i>									
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. контр.</i>										
<i>Затв.</i>										
					ТНТУ, каф. ТМ гр. МТм-61					

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. Abdalslam Darafon. Measuring and modeling of grinding wheel topography. Doctoral Thesis, Dalhousie University, 2013, 184 p.

23. Chen X. and Rowe W. B. Analysis and Simulation of the Grinding Process. Part I: Generation of the Grinding Wheel Surface. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1996, (36), P. 871-882.

24. 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.

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Пат. №74552 Україна, МПК (2012.01) В24В 53/00. Пристрій для правки шліфувального круга / Фесенко А. В., Любимий Ю. М. ; заявник і патентовласник Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", – № u 2011 10716; заявл. 05.09.11; опубл. 12.11.12, Бюл. № 21.

26. Заровенний М. Моделювання процесу плоского шліфування / 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. 122.

27. 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.

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

29. 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.

30. 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 18-379.00.00</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	147368	0.5	0,008	1178,944	3
010	147368	1.2	0,02	2947,36	3
015	147368	0.3	0,005	736,84	3
020	147368	0.6	0,01	1473,68	3
025	147368	0.8	0,013	1915,784	3
030	147368	0.6	0,01	1473,68	3
035	147368	0.9	0,015	2210,52	3
040	147368	0.2	0,003	442,104	3
045	147368	0.3	0,005	736,84	3
050	147368	0.2	0,003	442,104	3
055	147368	0.4	0,007	1031,576	3
060	147368	0.4	0,007	1031,576	3
065	147368	0.6	0,01	1473,68	3
070	147368	0.8	0,013	1915,784	3
075	147368	0.8	0,013	1915,784	3
080	147368	0.4	0,007	1031,576	3
085	147368	0.4	0,007	1031,576	3
090	147368	0.4	0,007	1031,576	3
Сума		9,8	0,163	24020,984	

*ДР 18-379.00.00*

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Заревенний			ДОДАТОК А	Літ.	Аркуш	Аркушіє
Перевір.		Дячун						11
Реценз.						ТНТУ каф. ТМ гр. МТм -61		
Н. контр.								
Затв.								

Закінчення таблиці А.1

Проектний варіант					
005	147368	0.45	0,008	1178,944	3
010	147368	0.6	0,01	1473,68	3
015	147368	0.18	0,003	442,104	3
020	147368	0.39	0,006	884,208	3
025	147368	0.39	0,006	884,208	3
Сума		2,01	0,033	4863,144	

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	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	14
010	1	3	3	30000	30000	2400	32400	14
015	1	3.0	3	30000	30000	2400	32400	14
020	1	3	3	30000	30000	2400	32400	14
025	1	3	3	30000	30000	2400	32400	14
030	1	3	3	30000	30000	2400	32400	14
035	1	3	3	30000	30000	2400	32400	14
040	1	1.5	1,5	20000	20000	1600	21600	14
045	1	1.5	1,5	20000	20000	1600	21600	14
050	1	1.5	1,5	20000	20000	1600	21600	14
055	1	1.5	1,5	20000	20000	1600	21600	14
060	1	1.5	1,5	20000	20000	1600	21600	14

## Закінчення таблиці А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
065	1	1.3	1,3	20000	20000	1600	21600	14
070	1	1.3	1,3	20000	20000	1600	21600	14
075	1	1.3	1,3	20000	20000	1600	21600	14
080	1	1.3	1,3	20000	20000	1600	21600	14
085	1	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	14
090	1	7.5	7,5	40000	40000	3200	43200	14
Сума	18		53,2		480000	38400	518400	14
Проектний варіант								
005	1	3	3	40000	40000	3200	43200	14
010	1	10.0	10	500000	500000	40000	540000	14
015	1	3.0	3	30000	30000	2400	32400	14
020	1	3	3	40000	40000	3200	43200	14
025	1	3	3	40000	40000	3200	43200	14
Сума	5		22		650000	52000	702000	14

Таблиця А.3 - Зведена відомість складу працюючих

№ п/п	Категорія працюючих	Кількість	Процентне відношення
1	2	3	4
Базовий варіант			
1	Виробничі робітники	19	-
2	Допоміжні робітники	8	42
3	Молодший обслуговуючий персонал	1	2-3
4	Інженерно-технічні працівники	3	10-13
5	Лічильно-конторський персонал	2	4-5
Всього		33	

## Закінчення таблиці А.3

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
Проектний варіант			
1	Виробничі робітники	6	-
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		12	

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	322	1,75	2450	0,02
	б) допоміжні приміщення	112,7	0,61	854	0,01
	в) адмін.-побутові	127,05	0,69	966	0,01
	ВСЬОГО:	561,75		4270	0,04
2	Споруди і передаючі пр.	28,0875	0,15	210	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	518,4	2,81	3934	0,03
	б) енергетичне	3,99	0,02	28	0
	в) транспортне	51,84	0,28	392	0
	г) контр.- вимірювальне	25,92	0,14	196	0
	ВСЬОГО:	600,15		4550	0,03

Арк.

ДР 18-379.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

## Закінчення таблиці А4

1	2	3	4	5	6
4	Інструмент і пристрої	62,208	60	37324,8	0,27
5	Виробн. і госп. інвентар	5,184	24	1244,16	0,01
	ВСЬОГО:	1257,3795		47598,96	0,35
Проектний варіант					
1	Будівлі:				
	а) виробничі приміщення	93,2	0,51	714	0,01
	б) допоміжні приміщення	32,62	0,18	252	0
	в) адмін.- побутові	46,2	0,25	350	0
	ВСЬОГО:	172,02		1316	0,01
2	Споруди і передаючі пр.	8,601	0,05	70	0
3	Обладнання:				
	а) виробниче	702	3,81	5334	0,04
	б) енергетичне	1,65	0,01	14	0
	в) транспортне	70,2	0,38	532	0
	г) контр.- вимірювальне	35,1	0,19	266	0
	ВСЬОГО:	808,95		6146	0,04
4	Інструмент і пристрої	84,24	60	50544	0,36
5	Виробн. і госп. інвентар	7,02	24	1684,8	0,01
	ВСЬОГО:	1080,831		59760,8	0,42

Арк.

ДР 18-379.00.00

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	190,84	57,252	248,092	11,4504	259,54	72,5192	332,0592	7138,33
- допоміжні	114,65	28,6625	143,3125	6,879	150,19	43,567	193,757	5564,48
ІТП	47,34	11,835	59,175	2,8404	62,02	17,9892	80,0092	7722,78
ЛКП	28,66	7,165	35,825	1,7196	37,54	10,8908	48,4308	5564,17
МОП	14,33	3,5825	17,9125	0,8598	18,77	5,4454	24,2154	5564,17
ВСЬОГО:	395,82	108,497	504,317	23,7492	528,06	150,4116	678,4716	
Проектний варіант								
Робітники:								
- основні	34,34	10,302	44,642	2,0604	46,7	13,0492	59,7492	7648,61
- допоміжні	37,72	9,43	47,15	2,2632	49,41	14,3336	63,7436	5372,5
ІТП	13,84	3,46	17,3	0,8304	18,13	5,2592	23,3892	7510,83
ЛКП	12,57	3,1425	15,7125	0,7542	16,47	4,7766	21,2466	5372,5
МОП	12,57	3,1425	15,7125	0,7542	16,47	4,7766	21,2466	5372,5
ВСЬОГО:	111,04	29,477	140,517	6,6624	147,18	42,1952	189,3752	

Арк.

ДР 18-379.00.00

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

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	0.49	72,21	3754920	300393,6	31153,6	4024160
2	Допоміжні матеріали	0,009	1,26	65711,1	5256,89	545,19	70422,8
Проектний варіант							
1	Основні матеріали	0.49	72,21	3754920	300393,6	31153,6	4024160
2	Допоміжні матеріали	0,009	1,26	65711,1	5256,89	545,19	70422,8

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	4,55	6,15
2	Експлуатація обладнання		
	а) допоміжні матеріали	70,42	70,42
	б) електроенергія	0,02	0
	в) стиснуте повітря	0,058	0,016
	г) вода для виробничих потреб	2,835	0,854
	д) пара для виробничих потреб	11,95	11,95
	е) зарплата основна і додаткова	332,06	59,75
3	Черговий ремонт		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.

## Закінчення таблиці А.7

1	2	3	4
	а) обладнання	25,92	35,1
	б) цінний інструмент	9,33	12,64
4	Внутрішні переміщення вантажів	2,59	3,51
5	Зношення малоцінного і швидкозношуваного інструменту	41,47	56,16
6	Інші витрати	12,65	17,13
	ВСЬОГО по розділу А:	513,853	273,68
	А. ЗАГАЛЬНОЦЕХОВІ ВИТРАТИ		
1	Утримання апарату управління цехом		
	а) ІТП	80,0092	23,3892
	б) службовці (ЛКП)	48,4308	21,2466
2	Утримання решти цехового персоналу		
	а) МОП	24,2154	21,2466
	б) доп.робітники, не вказанні в розд. А	116,25	38,25
3	Амортизація будівель та інвентаря	5,72	3,07
4	Утримання будівель, споруд та інвентаря		
	а) електроенергія для освітлення	335,37	97,07
	б) пара для опалення	111,84	32,371
	в) вода для побутових потреб	9,00075	3,273
	г) матеріальні та інші витрати	5,9	1,81
	д) інвентаря	5,18	7,02
5	Черговий ремонт будівель, споруд, інвентаря	17,85	5,63
6	Випробування, досліди та дослідження, раціоналізація і винахідництво	9,96	1,79
7	Охорона праці	26,56	4,78
8	Зношення малоцінного та швидкозношуваного інвентаря	2,07	2,81
9	Інші витрати	15,97	5,28
	ВСЬОГО по розділу Б:	814,33	269,04
	ВСЬОГО цехових (побічних) витрат	1328,183	542,72

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

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	4024,16	4024,16
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	248,09	44,64
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	11,45	2,06
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	72,52	13,05
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	513,85	273,68
6	Загальноцехові витрати	814,33	269,04
	Всього цехова собівартість	5684,4	4626,63
7	Загальнозаводські витрати	195,7	45,9
	Всього виробнича собівартість	5880,1	4672,53
8	Позавиробничі витрати	235,2	186,9
	Всього повна собівартість	6115,3	4859,43
9	Плановий прибуток	917,3	728,91
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	7032,6	5588,34

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	28,74	28,74
2	Основна зарплата основних виробничих робітників	1,77	0,32
3	Додаткова зарплата основних виробничих робітників	0,08	0,01
4	Відрахування на соцстрах із зарплати основних виробничих робітників	0,52	0,09

					<b>ДР 18-379.00.00</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Закінчення таблиці А.9

5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	3,67	1,95
6	Загальноцехові витрати	5,82	1,92
	Всього цехова собівартість	40,6	33,05
7	Загальнозаводські витрати	1,4	0,33
	Всього виробнича собівартість	42	33,38
8	Позавиробничі витрати	1,68	1,34
	Всього повна собівартість	43,68	34,71
9	Плановий прибуток	6,55	5,21
	Всього випуск в оптових цінах підприємства	50,23	39,92

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.	140000	140000
	б) у вартісному вираженні	грн.	7032600	5588340
2	Капітальні затрати:			
	а) загальні	тис. грн.	1257,38	1080,83
	б) питомі	грн./шт.	8,98	7,72
	в) виробнича площа загальна	кв. м.	805	233
	г) кількість верстатів	шт.	18	5
	д) енергопотужність обладнання	кВт	53,2	22
3	Оборотні засоби, що нормуються	тис. грн.	298,63	256,7
4	Загальна чисельність працюючих	чол.	33	12
5	Річний фонд зарплати	тис. грн.	678,4716	189,3752

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР 18-379.00.00

Арк.

## Закінчення таблиці А.10

1	2	3	4	5
6	Середньомісячна зарплата:			
	а) виробничих робітників	грн.	7138,33	7648,61
	б) ІТР	грн.	7722,78	7510,83
7	Виробіток на одного працюючого	грн./чол.	213108,94	465695,38
8	Випуск продукції:			
	а) на один грн. основних фондів	грн.	5887,43	5442,54
	б) на один квадратний метр площі	грн.	8736,14	23984,31
9	Завантаження верстатів	%	0,18	0,04
10	Собівартість деталі	грн.	50,23	39,92
11	Побічні витрати цеху	грн.	235200	186900
12	Рівень рентабельності виробу	%	15	15,01
13	Рівень рентабельності цеху	%	63,99	59,16

					<i>ДР 18-379.00.00</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		