

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
стійки ножа БМ 50.303

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41

спеціальності

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Олександр ОЛІЙНИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дмитро РАДИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Андрій ДЯЧУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Ігор ОКІПНИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Андрій БАБІЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль,
2026

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

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

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри

Окіпний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 24 » січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Олійнику Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення стійки ножа БМ 50.303.

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

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення стійки ножа БМ 50.303, Базовий технологічний процес виготовлення, річна програма випуску 36000 шт.

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

Зміст. Реферат. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності та основи охорона праці.

Висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

Креслення заготовки – А2. Схема налагодження на токарно-копіювальну операцію – А1.

Пристрій для зняття фасок – А1. Пристосування 3-х місне для фрезерування лиски – А1.

Пристосування для алмазного розточування – А1. Кондуктор для свердління 4-х отв. Ø11 – А1.

Головка 4-х шпindelна для свердління 4-х отв. Ø11 – А1. Борштанга для розточування

отворів Ø52 Н10 і Ø62 Н7 – А3. Калібр для контролю співвісності отворів Ø62 Н7 і

Ø72 Н7 – А3.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорона праці</i>	<i>Комар Р. В., доц. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 26 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Зміст</i>	<i>26.01.2026</i>	
	<i>Реферат</i>	<i>28.01.2026</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>30.01.2026</i>	
	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>09.01.2026</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>07.06.2026</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>12.06.2026</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорона праці</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>15.06.2026</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>16.06.2026</i>	
	<i>Додатки</i>	<i>17.06.2026</i>	
	<i>Графічний матеріал</i>	<i>20.06.2026</i>	

Студент

_____ (підпис)

Олександр ОЛІЙНИК

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дмитро РАДИК

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб	9
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	11
1.3 Аналіз базового технологічного процесу	13
1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	15
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки	19
2.3 Вибір технологічних баз	22
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення деталі	23
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	30
2.6 Вибір різальних та вимірювальних інструментів	32
2.7 Визначення режимів оброблення	32
2.8 Технічне нормування розробленого технологічного процесу	35
2.9 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання	38
2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	48
3.1 Розробка конструкцій спеціальних верстатних і контрольних пристосувань	48

3.1.1 Пристосування для зняття фасок	48
3.1.2 Пристосування для фрезерування лиски	49
3.1.3 Пристосування для алмазно-розточної операції	51
3.1.4 Кондуктор для свердління 4-х отворів Ø11 мм	53
3.1.5 Кондуктор для свердління отвору Ø9 мм	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Заходи щодо підвищення стійкості роботи механічного цеху при надзвичайних ситуаціях, аваріях, катастрофах і стихійних лихах	57
4.2 Оцінка стійкості об'єкту до дії проникаючої радіації і радіоактивного зараження	58
4.3 Розроблення заходів для зниження рівня шуму на виробничій ділянці	62
4.4 Розрахунок кількості засобів пожежогасіння, необхідних для оснащення виробничої ділянці	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи Олійника Олександра Івановича на тему: «Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення стійки ножа БМ 50.303», для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, гр. МП-41. Керівник – канд. техн. наук, доцент Радик Дмитро Леонідович.

Головним завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз та вдосконалення базового технологічного процесу (ТП) механічного оброблення стійки ножа БМ 50.303, призначеної для монтування і передачі крутного моменту на дискові ножі, різального апарату шестирядної гичкозбиральної машини, його обґрунтування за техніко-економічними параметрами, а також розроблення заходів щодо безпеки життєдіяльності та охорони праці у виробничих умовах.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є вдосконалення технологічного процесу виготовлення даної деталі, який був би прогресивнішим, економічнішим та продуктивнішим від базового.

Як вихідні дані для кваліфікаційної роботи було використано: робоче креслення стійки ножа БМ 50.303, базовий (заводський) ТП її виготовлення та програма випуску на один рік.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра:

Подано опис службового призначення деталі та визначено основні технічні вимоги до неї. Проведено оцінку технологічності конструкції та існуючого технологічного процесу виготовлення зазначеної деталі. Вдосконалено технологічний процес механічного оброблення деталі з обґрунтуванням вибору металорізальних верстатів, оснащення та засобів вимірювання. Проведено технічне та економічне обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки, визначено припуски за операціями маршруту

оброблення та її остаточні розміри. Здійснено розрахунок параметрів режимів оброблення та визначено часові норми для операцій технологічного процесу.

У графічній частині розроблення робоче креслення заготовки, проведено вибір та розрахунок верстатних пристосувань, спроектовано спеціальний ріжучий інструмент та калібр для контролю співвісності отворів.

У кваліфікаційній роботі також запропоновані заходи щодо охорони праці на виробництві та безпеки життєдіяльності. Розроблено комплект технологічної документації.

Пояснювальна записка включає вступ, 4 розділи, висновки, перелік посилань та додатки. Обсяг основної частини становить 66 сторінок, додатків – 55 сторінок формату А4. Графічна частина виконана на 7 аркушах формату А1.

ВСТУП

Науково-технічний розвиток машинобудівної галузі є ключовим чинником модернізації та прогресу всього господарського комплексу держави.

Рівень ефективності сучасного промислового виробництва, технічний прогрес та якісні характеристики продукції безпосередньо залежать від розвитку виробничих потужностей (машин, верстатів, апаратів). Крім того, застосування методів техніко-економічного аналізу гарантує обґрунтованість інженерних рішень та високу економічну доцільність нових розробок.

Технологія машинобудування – це сучасна наука, яка вивчає закономірності та розробляє високоефективні процеси виробництва машинобудівної продукції.

Застосування прогресивних методів механічної обробки для забезпечення високої точності та якості поверхонь, інтеграція інформаційних технологій, а також оптимізація економічних процесів підпорядковані головному завданню – максимізації ефективності виробництва та покращенню якості виробів

Важливу роль у вирішенні цих завдань відіграє підготовка висококваліфікованих інженерних кадрів через засвоєння здобувачами вищої освіти фахових компетентностей і набуття практичних результатів навчання в результаті самостійної роботи під час дипломного проектування. При виконанні кваліфікаційної роботи здобувач самостійно вирішує комплекс інженерних завдань, що дає можливість перевірити його вміння застосовувати отримані знання при виконанні конкретних виробничих конструкторсько-технологічних питань. Сюди відноситься: розроблення технологічних процесів, конструювання заготовок, пристосувань для механічного оброблення деталей та їх контролю, спеціального різального інструменту, розрахунок припусків та режимів різання, вибір обладнання, а також техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Якість виконаних проєктних робіт визначається глибиною технологічних і конструкторських розробок, елементами їх новизни.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технічних вимог на виріб

Вузол “Стійка БМ 50.370” є частиною різального апарату шестирядної гичкозбиральної машини, призначеної для зрізання гички з цукрових буряків на посівах з міжряддям 45 см. Цей вузол служить для монтування в ньому окремих закріплених на валах ножів дискового типу, з можливістю їх обертання в процесі роботи.

В даний вузол входить три деталі: труба БМ 50.301, кільце БМ 50.302 і стійка ножа БМ 50.303.

Деталь “Стійка ножа БМ 50.303” відноситься до класу корпусних деталей. За формою та службовим призначенням її можна віднести до групи корпусних деталей циліндричного типу.

Дана деталь виготовлена зі сталі 35Л, заготовка якої є відливка. Деталь із вказаного матеріалу може працювати при середніх статичних і динамічних навантаженнях.

З огляду механічного оброблення деталь є досить технологічною. Всі поверхні можуть бути оброблені на прохід. До всіх поверхонь можливий вільний доступ ріжучого інструменту. Деталь має хороші базові поверхні для всіх операцій. Допускається застосування високопродуктивних режимів оброблення, оскільки вони не обмежуються жорсткістю деталі.

Значення допустимих граничних відхилень розмірів і шорсткість поверхонь вибрані обґрунтовано. Самими точними і відповідальними поверхнями є такі: отвори – $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$; $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$; $\varnothing 92h8_{(-0,054)}$, а також поверхня $\varnothing 82h8_{(-0,054)}$.

Зовнішні поверхні є легкодоступними для їх механічного оброблення. Точність і якість, яка необхідна для зовнішніх циліндричних поверхонь деталі досягається за допомогою чорнового та чистового обточування. Чистове оброблення здійснюється шліфуванням.

Внутрішні поверхні спочатку розточують, а кінцеве оброблення цих поверхонь здійснюють алмазним розточуванням.

Контроль поверхонь проводиться універсальними та спеціальними вимірювальними інструментами та контрольними пристроями.

Шорсткість поверхні Rz80...Rz20 контролюється за допомогою спеціального пристрою, а шорсткість Ra2,5 можна проконтролювати за допомогою профілографа-профілометра.

Аналіз технічних вимог до поверхонь деталі та методи їх виконання й контролю наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Поверхня	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
А, Б	Rz40	Точіння одноразове	Профілограф-профілометр
Г	Rz40	Зенкування	Профілограф-профілометр
З	Rz80	Фрезерування	Профілограф-профілометр
Ж, Е	Rz40	Точіння	Профілограф-профілометр
Д	Rz20	Обточування	Профілограф-профілометр
Н	Rz20	Обточування	Профілограф-профілометр
Л, М, О	Ra2,5	Алмазне розточування	Профілограф-профілометр
П	Rz80	Свердління	Профілограф-профілометр

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка рівня технологічності конструкції окремої деталі, виробу чи складальної одиниці має на меті встановити відповідність конструкції сучасному рівню розвитку техніки й технології, ступінь економічності та вибір найбільш раціональних технологічних методів їх виготовлення.

Основні задачі, які вирішуються при аналізі технологічності конструкції деталі чи виробу зводяться до можливого зменшення трудомісткості її виготовлення та металомісткості, можливості застосування високо-продуктивних методів оброблення деталі та забезпечення енергоефективності технологічного процесу.

1.2.1 Якісна оцінка технологічності

Геометрична форма поверхонь деталі дає можливість використовувати високо-продуктивне обладнання й ріжучий інструмент. Оброблювані поверхні є прості за формою, що дає можливість без особливих затрат отримати необхідну якість і точність деталі. Деякі поверхні не обробляються механічно в процесі виготовлення деталі, точність та якість тих поверхонь, отриманих при литті є достатньою для нормальної роботи вузла.

1.2.2 Кількісна оцінка технологічності

Кількісна оцінка порівняння технологічності виробу може бути здійснена з допомогою наступних показників: за точністю оброблення, за шорсткістю поверхонь деталі, за коефіцієнтом використання матеріалу.

а) Показник технологічності конструкції виробу за точністю механічного оброблення визначається за співвідношенням:

$$K_{p.mч} = \frac{K_{б.мч}}{K_{д.мч}},$$

де $K_{\bar{\sigma}.mч}$ і $K_{\sigma}.mч$ – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнти точності оброблення деталі;

$$K_{m.mч} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

де $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i}$ – середнє числове значення параметру точності оброблення

виробу;

n – число розмірів з відповідними числовими значеннями параметру точності;

T – числове значення параметра точності обробки.

$$T_{сер} = \frac{14 \cdot 2 + 12 \cdot 3 + 11 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 2}{13} = 10,54;$$

$$K_{m.mч} = 1 - \frac{1}{0,54} = 0,9051.$$

б) Рівень технологічності за шорсткістю поверхонь деталі обчислюють за формулою:

$$K_{p.ш} = \frac{K_{\bar{\sigma}.ш.}}{K_{ш}};$$

де $K_{\bar{\sigma}.ш.}$ і $K_{ш}$ – відповідно базовий і фактичний коефіцієнти шорсткості оброблюваних поверхонь.

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш_{nim}};$$

$$Ш_{сер} = 1 - \frac{\sum Ш_{nim}}{\sum n_{im}}.$$

$Ш_{сер}$ – середнє числове значення параметра необхідної шорсткості поверхні виробу;

n – число поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості;

$Ш$ – числове значення параметру шорсткості певної поверхні виробу.

$$Ш_{сер} = \frac{13 \cdot 40 + 2 \cdot 80 + 5 \cdot 20 + 3 \cdot 2,5}{23} = 34,24;$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{34,24} = 0,97.$$

в) Коефіцієнт технологічності конструкції деталі за рівнем використання матеріалу розраховують за такою формулою:

$$K_{в.м.} = \frac{M}{M_з},$$

де M – маса готової деталі, кг;

$M_з$ – маса заготовки, кг;

$$K_{в.м.} = \frac{4,42}{5,1} = 0,87.$$

Отже, за коефіцієнтом використання матеріалу дана деталь є технологічною, так як $K_{в.м.}$ наближений до одиниці.

1.3 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення деталі забезпечує виконання вимог технічної документації. Раціонально вибрано спосіб одержання заготовки, правильно вибрані чорнові й чистові бази, дотримано принцип єдності баз, що забезпечує необхідну точність розмірів. Встановлений порядок операцій забезпечує досягнення заданої точності.

Параметри використаного обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту відповідають вимогам технологічних операцій.

Базовий технологічний процес механічного оброблення деталі дозволяє досягнути необхідну точність виконання розмірів, шорсткість поверхні, тобто задовільнити всі вимоги, які ставляться до даної деталі.

Недоліком базового технологічного процесу є те, що він характеризується великими затратами основного і допоміжного часів, а також часу на налагодження.

Для того, щоб зменшити час на виконання вище перелічених робіт можна замінити деякі верстати на інші, новіших моделей. Наприклад, застосування верстатів з ЧПК дає можливість зменшити час оброблення деталі, час на заміну інструменту та налагодження його на розмір. Завдяки цьому підвищується продуктивність праці на дільниці.

1.4 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Для забезпечення економічної ефективності запропонованих рішень необхідно вжити ряд заходів, а саме вибрати заготовку за формою і розмірами максимально наближену до готової деталі, що дасть можливість скоротити розхід металу, зменшити трудомісткість оброблення деталей на металорізальних верстатах, а також зменшити виробничі затрати. Підвищити продуктивності праці за рахунок застосування сучасніших методів оброблення, зменшити трудомісткість переміщення деталей між робочими місцями та інше.

У результаті аналізу технологічного процесу механічного оброблення даної деталі можна зробити наступні висновки.

Деталь є технологічною як за кількісними, так і якісними показниками.

Хоча базовий технологічний процес загалом відповідає встановленим вимогам щодо якості, точності та шорсткості поверхонь виробу, окремі операції потребують заміни. Це дозволить скоротити основний і допоміжний час механічної обробки, зменшити витрати, а також поліпшити фінішні параметри деталі. Технологічний процес механічного оброблення деталі можна також покращити в результаті застосування спеціального високопродуктивного ріжучого інструменту.

Отже, метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу на основі базового, який би був прогресивнішим, економічнішим і продуктивнішим.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Вибір типу виробництва проводиться залежно від значення коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$, який для одиничного типу виробництва приймає значення більше 40, для дрібносерійного 20–40, для середньосерійного 10–20, для великосерійного 1÷10, для масового 1.

Значення $K_{з.о}$ приймається згідно планового періоду в один місяць і визначають за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{O}{P},$$

де O – число різних операцій, що виконуються на дільниці;

P – число робочих місць на дільниці.

$$O_{р.н} = \frac{60 \cdot F_m \cdot \eta_n \cdot k_g}{\sum T_{шт.к} \cdot N_m},$$

де $O_{р.н}$ – число операцій, закріплених за одним робочим місцем;

F_n – місячний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному режимі роботи, год.

$$F_n = \frac{F}{12} = \frac{4015}{12} = 334,5 \text{ год.}$$

k_g – середній коефіцієнт виконання норм часу, $k_g = 1,3$;

$T_{шт.к}$ – штучно-калькуляційний час виконання проектної операції на даному верстаті;

N_m – місячна програма випуску.

$$N_m = \frac{N}{12},$$

де N – програма випуску деталей на один рік, $N = 36000$ шт.

$$N_m = \frac{36000}{12} = 3000 \text{ шт.}$$

η_n – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання при двохзмінному режимі роботи, $\eta_n = 0,75$.

$$T_{шт.к} = T_o \cdot \varphi_k,$$

де T_o – основний технологічний час, хв;

φ_k – коефіцієнт калькуляції.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт.к}$ виконання кожної операції механічного оброблення (Додаток В1).

Визначаємо число операцій, закріплених за одним робочим місцем (Додаток В2).

Тоді

$$K_{зо} = \frac{72,947}{6} = 12,157.$$

Оскільки $10 < K_{зо} < 20$, то вибираємо середньосерійний тип виробництва.

Існують два основних способи організації технологічних процесів на виробництві: групова і поточна. Рішення про доцільність використання організації поточної форми виробництва, як правило приймається на основі порівняння заданого випуску виробу добового при двохзмінній роботі і завантаження на 65-75%.

Добовий випуск виробу.

$$N_c = \frac{N}{K};$$

де N – програма випуску деталей на один рік;

K – число робочих днів у році.

$$N_c = \frac{36000}{253} = 142.2925 \text{ шт.}$$

Добова продуктивність поточної лінії.

$$a_c = \frac{F_1}{T_{cp}} \cdot \eta_3;$$

де F_1 – добовий обсяг часу роботи технологічного обладнання (при двозмінній роботі $F_1 = 960$ хв.);

T_{cp} – середня верстатоемність основних операцій;

η_3 – коефіцієнт завантаження обладнання.

Середня верстатоемність.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1} T_{шт.i}}{n \cdot K_v};$$

де $T_{шт.i}$ – штучний час i -ої операції (без врахування операції типу зняття фасок, зачищення заусенців);

K_v – середній коефіцієнт використання норм часу, $K_v = 1,3$.

$$T_{cp} = \frac{10,4616}{6 \cdot 1,3} = 1,3412 \text{ верстатохвилин.}$$

$$a_c = \frac{960}{1,3412} \cdot 0,7 = 501,5 \text{ шт.}$$

В даному випадку поточну лінію використовувати недоцільно, так як $a_c > N_c - 501,5 > 142,3$.

Такт виробництва визначаємо за формулою.

$$t_g = \frac{F_d \cdot 60}{N};$$

де F_d – дійсний час роботи обладнання, $F_d = 4015$;

N – програма випуску деталей на один рік.

$$t_g = \frac{4015 \cdot 60}{36000} \approx 6,7 \text{ хв.}$$

Число деталей в партії для одночасного запуску в роботу визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{F};$$

де a – періодичність запуску, дні;

F – число робочих днів у році, $F = 253$.

$$n = \frac{36000 \cdot 2}{253} = 284,6$$

Розрахункове число змін на обробку партії деталей визначаємо за формулою:

$$c = \frac{T_{шт.к.с} \cdot \Pi}{480 \cdot 0,8};$$

де $T_{шт.к.с}$ – середній штучний час.

$$T_{шт.к.с} = \frac{\sum T_{штк.i}}{\Pi} \text{ хв.}$$

$$T_{шт.к.с} = 1,8033 \text{ хв.}$$

Отже

$$c = \frac{1,8033 \cdot 284,6}{480 \cdot 0,8} = 1,337.$$

Приймаємо $c_{пр} = 2$ зміни.

Визначаємо прийнятне число деталей в партії.

$$n_{пр} = \frac{c_{пр} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{шт.к.с}};$$

$$n_{пр} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{1,8033} = 425,9.$$

Приймаємо $n_{пр} = 426$ деталей.

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

При виборі методу отримання заготовки необхідно вибрати такий метод, який би забезпечив одержання заготовки максимально наближеної по формі і розмірах до готової деталі.

Обґрунтуємо два методи отримання заготовки.

Перший метод – лиття в піщано-глинясті форми з ручними формуванням суміші.

Точність відливка 9-9-5-4 ДСТУ 8981:2020.

Собівартість заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн};$$

де C_i – базова вартість одної тони заготовок, грн;

K_m, K_c, K_v, K_m, K_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1 тони відходів;

Значення коефіцієнтів:

$$K_m = 1,0; \quad K_c = 1,0; \quad K_m = 1,2; \quad K_n = 1,1; \quad K_m = 0,94.$$

$$S_{\text{відх}} = 680 \text{ грн.}; \quad C_i = 2500 \text{ грн.}$$

Масу відливки визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{відл}} = Q_{\text{дет}} + Q_{\text{відх}};$$

$$Q_{\text{відх}} = \left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi D_2^2}{4} \right) \cdot l \cdot \rho,$$

де D_1, D_2 – діаметри відповідно заготовки і деталі;

l – довжина оброблюваної поверхні;

ρ – густина матеріалу, $\rho = 7830$ кг/м³.

$$Q_{\text{вiдх}} = 0,845 \text{ кг};$$

$$Q_{\text{дет}} = 4,42 \text{ кг};$$

$$Q_{\text{вiдл}} = 5,265 \text{ кг}.$$

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{2500}{1000} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 0,94 \cdot 5,265 \right) - (5,265 - 4,42) \cdot \frac{680}{1000} = 13,28, \text{ грн};$$

Другий спосіб – лиття в піщано-глинясті форми з машинним формуванням суміші. Точність відливка 8-8-4-3 ДСТУ 8981:2020.

Заготовка, отримана даними методом в порівнянні з першим, має більшу точність і якість поверхні. Цей метод забезпечує більшу продуктивність праці.

Собівартість заготовки отриманої даним методом визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{вiдх}}}{1000}, \text{ грн};$$

Значення коефіцієнтів

$$K_m = 1,32; \quad K_c = 1,0; \quad K_m = 1,2; \quad K_n = 0,94; \quad K_m = 0,94.$$

$$S_{\text{вiдх}} = 680 \text{ грн};$$

$$C_i = 2500 \text{ грн};$$

Маса заготовки $Q_3 = 5,1$ кг.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{2500}{1000} \cdot 5,1 \cdot 1,32 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \right) - (5,1 - 4,42) \cdot \frac{680}{1000} = 17,38, \text{ грн}.$$

Порівняльний економічний ефект від отримання заготовок різними способами, за умови що технологічний процес механічного оброблення не змінювати, визначаємо за формулою:

$$E_p = (S_{\text{заг.2}} - S_{\text{заг.1}}) \cdot N,$$

де $S_{заг.1}$, $S_{заг.2}$ – відповідно вартість одержання заготовки по першому і другому методу, грн.;

N – програма випуску деталей на один рік.

$$E_p = (17,38 - 13,28) \cdot 3000 = 12300 \text{ грн.}$$

Застосування лиття в піщано-глинясті форми з ручним формуванням форм дешевше ніж з машинним формуванням, але враховуючи вартість трудових ресурсів, час, який витрачається на завантаження та створення форми, доцільніше в середньо серійному виробництві застосувати лиття в піщано-глинясті форми з машинним формуванням суміші.

Порівняльна характеристика двох варіантів отримання заготовки наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика двох варіантів отримання заготовки

Показник	Варіант	
	Перший	Другий
Клас точності	III	II
Група складності	III	III
Маса заготовки, кг	5,265	5,1
Ціна заготовки, грн.	13,28	17,38

2.3 Вибір технологічних баз

Під час обґрунтування та вибору технологічних баз вихідною інформацією слугують робоче креслення виробу, технічні умови на її виготовлення, а також вид і стан поверхонь заготовки.

При обробленні заготовок, що отримуються литвом, необроблені поверхні в якості баз можна використовувати тільки на перших операціях. Тому користуючись рекомендаціями, в якості баз для вертикально-свердлильної операції вибираємо поверхні А, Б, В.

Під час проєктування технологічних процесів важливе значення має обґрунтований вибір технологічних (установчих) баз, порядок і зміна їх при виконанні технологічного процесу оброблення заготовки. Забезпечення заданої точності досягається при дотриманні принципу суміщення і постійності технологічних та вимірних баз.

Встановлення технологічних та вимірювальних баз є одним із найбільш відповідальних і складних етапів проєктування технологічного процесу.

Обґрунтований вибір технологічних баз суттєво впливає на точність лінійних розмірів деталі, взаємне розташування поверхонь, конструктивну складність верстатних пристроїв та інструментального оснащення, а також на загальну продуктивність оброблення заготовки

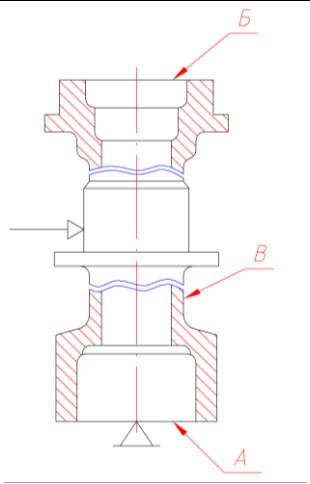
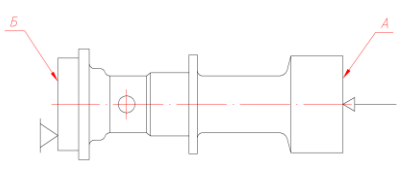
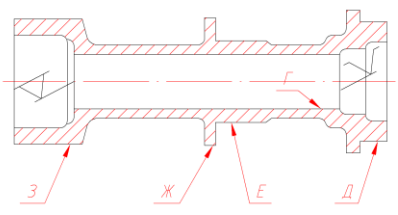
Дані з вибору базових поверхонь для механічного оброблення деталі наведені в табл. 2.3.

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Вибір варіанту технологічного процесу для заданих умов оброблення здійснюється на основі співставлення варіантів за собівартістю й трудомісткістю механічного оброблення.

Маршрути оброблення даної деталі подано у вигляді табл. 2.2 і табл. 2.3.

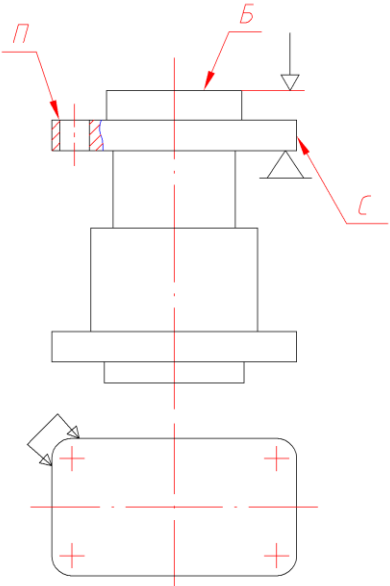
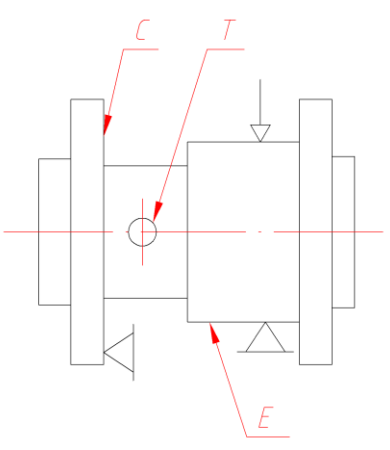
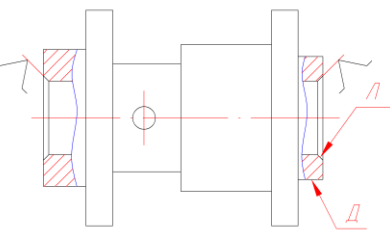
Таблиця 2.2 – Базовий технологічний маршрут механічного оброблення деталі

№ п/п	Назва операції (переходу)	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
1	2	3	4	5	6
005	Радіально-свердлильна 1 Зенкувати фаску 2 Переустановити 3 Зенкувати фаску	Г Г	А, В Б, В	2Н55	
010	Токарно-гвинторізна 1 Підрізати торець 2 Переустановити 3 Підрізати торець	А Б	Б А	1М63	
015	Токарно-копіювальна Обточити деталь	Д, Е, Ж, З	Г	1713	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
020	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>1 Фрезерувати лиску</p> <p>2 Перевстановити деталь</p> <p>3 Фрезерувати лиску</p> <p>4 Перевстановити деталь</p> <p>5 Фрезерувати лиску</p>	3 3 3	К К К	6P12	
025	Складальна				
030	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Точити поверхню</p> <p>2 Точити канавку</p> <p>3 Точити попередньо</p>	3 3, Д Д	Г, А Г, А Г, А	16K20Ф3	
035	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Підрізати торці</p> <p>2 Розточити отвір</p> <p>3 Розточити канавки</p>	Б Л, М Л, М	А, Н А, Н А, Н	16K20Ф3	
040	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Розточити отвір</p> <p>2 Розточити канавки</p>	О О	Б, З Б, З	16K20Ф3	
045	<p>Алмазно-розточна</p> <p>1 Розточити отвір</p> <p>2 Розточити отвір</p>	О Л, М	Д, В, Н Д, В, Н	OC5366	

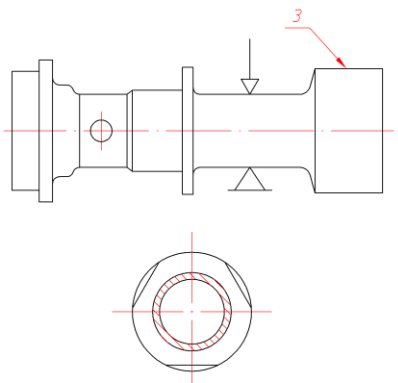
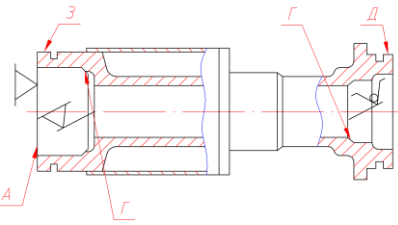
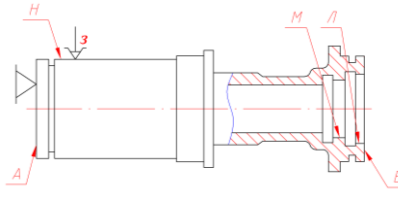
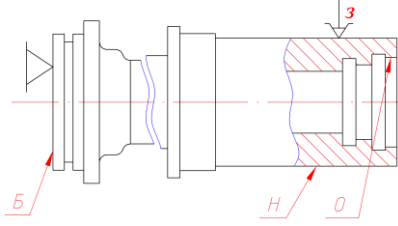
Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
050	Радіально-свердлильна Свердлити одночасно 4 отвори	П	Б, С	2Н55	
055	Радіально-свердлильна Свердлити отвір	Т	Е, С	2Н55	
060	Радіально-свердлильна Зенкувати фаску	Т	Е, С	2Н55	
065	Радіально-свердлильна Нарізати різь	Т	Е, С	2Н55	
070	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню	Д	О, Л	3М151	

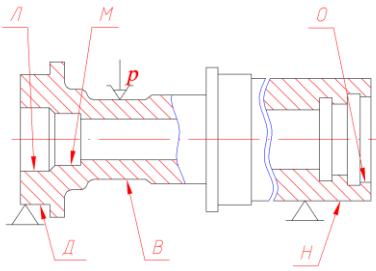
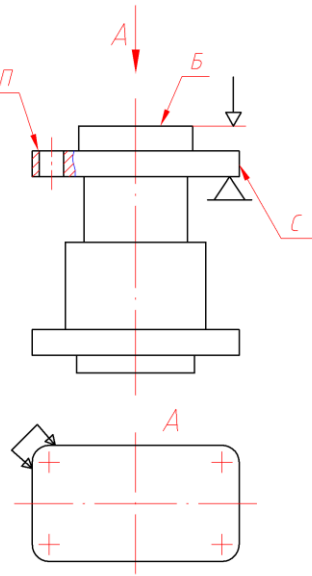
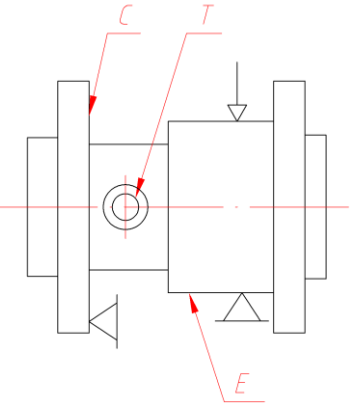
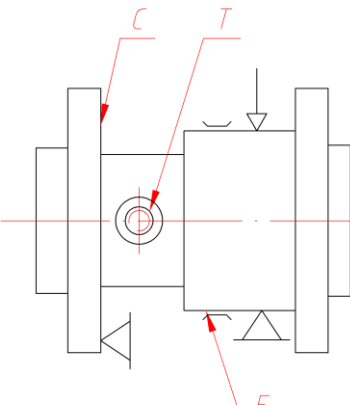
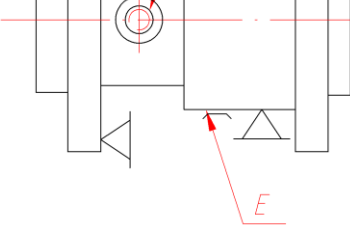
Таблиця 2.3 – Проектний варіант технологічного маршруту оброблення деталі

№ п/п	Назва операції (переходу)	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
1	2	3	4	5	6
005	Радіально-свердлильна 1 Зенкувати фаску 2 Переустановити 3 Зенкувати фаску	Г Г	А, В Б, В	2Н135	
010	Токарно-гвинторізна 1 Підрізати торець 2 Переустановити 3 Підрізати торець	А Б	Б А	1М63	
015	Токарно-копіювальна Обточити деталь	Д, Е, Ж, З	Г	16А20 Ф3	

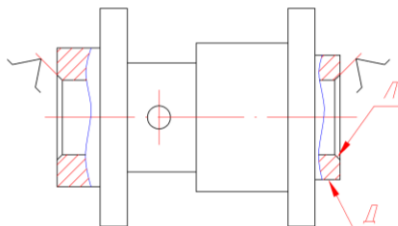
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
020	<p>Вертикально-фрезерна</p> <p>1 Фрезерувати лиску</p> <p>2 Перевстановити деталь</p> <p>3 Фрезерувати лиску</p> <p>4 Перевстановити деталь</p> <p>5 Фрезерувати деталь</p>	<p>3</p> <p>3</p> <p>3</p>	<p>К</p> <p>К</p> <p>К</p>	6Т13	
025	Складальна				
030	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Точити поверхню</p> <p>2 Точити канавку</p> <p>3 Точити попередньо поверхню</p>	<p>3</p> <p>3, Д</p> <p>Д</p>	<p>Г, А</p> <p>Г, А</p> <p>Г, А</p>	16K20 Ф3	
035	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Підрізати торці</p> <p>2 Розточити отвір</p> <p>3 Розточити канавки</p>	<p>Б</p> <p>Л, М</p> <p>Л, М</p>	<p>А, Н</p> <p>А, Н</p> <p>А, Н</p>	16K20 Ф3	
040	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Розточити отвір</p> <p>2 Розточити канавки</p>	<p>О</p> <p>О</p>	<p>Б, 3</p> <p>Б, 3</p>	16K20 Ф3	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
045	Алмазно-розточна 1 Розточити отвір 2 Розточити отвір	О Л, М	Д В Н Д В Н	ОС5366	
050	Вертикально- свердлильна Свердлити одночасно 4 отвори	П	Б, С	2Н135	
055	Радіально- свердлильна Свердлити отвір	Т	Е, С	2Н55	
060	Радіально- сверлильна Зенкувати фаску	Т	Е, С	2Н55	
065	Радіально- сверлильна Нарізати різь	Т	Е, С	2Н55	

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
070	Круглошліфувальна Шліфувати поверхню	Д	О, Л	ЗМ151	

Вибір раціонального технологічного маршруту оброблення деталі ґрунтується на результатах техніко-економічних розрахунків та порівнянні їхніх вартісних показників.

Детальний розрахунок вартості операцій механічного оброблення даної деталі наведено в розділі 2.10.

При проектуванні та детальному розробленні технологічного процесу виготовлення деталі слід впроваджувати сучасні способи механічного оброблення, прогресивний різальний інструмент, що дозволяє підвищити режими різання, а отже скорочення основного часу оброблення деталі, а також використовувати сучасні моделі верстатів, що зменшує число операцій та забезпечує економію енерговитрат.

При розробленні технологічного маршруту оброблення деталі слід дотримуються таких правил:

- з метою економних затрат праці та часу на технологічну підготовку виробництва слід використовувати типові процеси оброблення деталей;
- не проектувати обробку на унікальних верстатах;
- слід використовувати за можливості стандартний різальний та вимірювальний інструменти;
- обробляти найбільше число поверхонь за один установ, за рахунок чого зменшиться число переходів при обробленні кожної поверхні.

Перевагу надаємо тому технологічному маршруту оброблення, який забезпечує найкоротший шлях для досягнення необхідних розмірів, точності й шорсткості поверхонь деталі.

2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Розрахунок припусків на механічне оброблення проводимо розрахунково-аналітичним і табличним методами.

Розраховуємо припуски і граничні розміри за технологічними переходами на розточування отвору $\text{Ø}62\text{H}7(-0,030)$. Технологічний маршрут оброблення – чорнове. Чистове і алмазне розточування.

Розрахунки заносимо в табл. 2.5 (Додаток В3).

Значення Rz і T для основних видів заготовок вибираємо з таблиці 27 [5].

Визначаємо сумарне відхилення

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2},$$

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

$$\rho_{кор} = \Delta K \cdot l,$$

де $\Delta K = 0,7 \div 1$;

$$\rho_{кор} = 1 \cdot 270 = 270; \quad \rho_{см} = 220 \text{ мкм};$$

$$\rho = \sqrt{270^2 + 220^2} = 348.$$

Розраховуємо припуск $2Z_{i\min}$, мкм

$$2Z_{i\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_i^2 - \varepsilon_i^2} \right);$$

$$\text{Алмазне розточування } 2Z_{\min} = 2 \left(20 + 25 + \sqrt{10^2} \right) = 55 \cdot 2;$$

$$\text{Чистове розточування } 2Z_{\min} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{25^2} \right) = 2 \cdot 125;$$

$$\text{Чорнове розточування } 2Z_{\min} = 2 \cdot \left(700 + 700 + \sqrt{348^2} \right) = 2 \cdot 1748.$$

Визначаємо розрахункові розміри

$$d_p = d_{\max} - 2Z_{i\min};$$

$$d_{p1} = 62,03 - 0,110 = 61,92 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 61,92 - 0,250 = 61,67 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 61,67 - 3,496 = 58,174 \text{ мм}.$$

Значення граничних припусків $2Z_{\max}$ визначаємо як різницю найбільших розмірів, а $2Z_{\min}$ – як різницю найменших розмірів попереднього і виконуваного переходів.

Результати розрахунків вносимо в табл. 2.5 (Додаток В3).

Для визначення припусків сумуємо проміжні припуски і записуємо їх в табл. 2.6 (Додаток В4).

$$2Z_{\min} = 3856 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max} = 4226 \text{ мкм};$$

Викреслюємо схему розміщення припусків і допусків на розточування отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$, рис. 2.1.

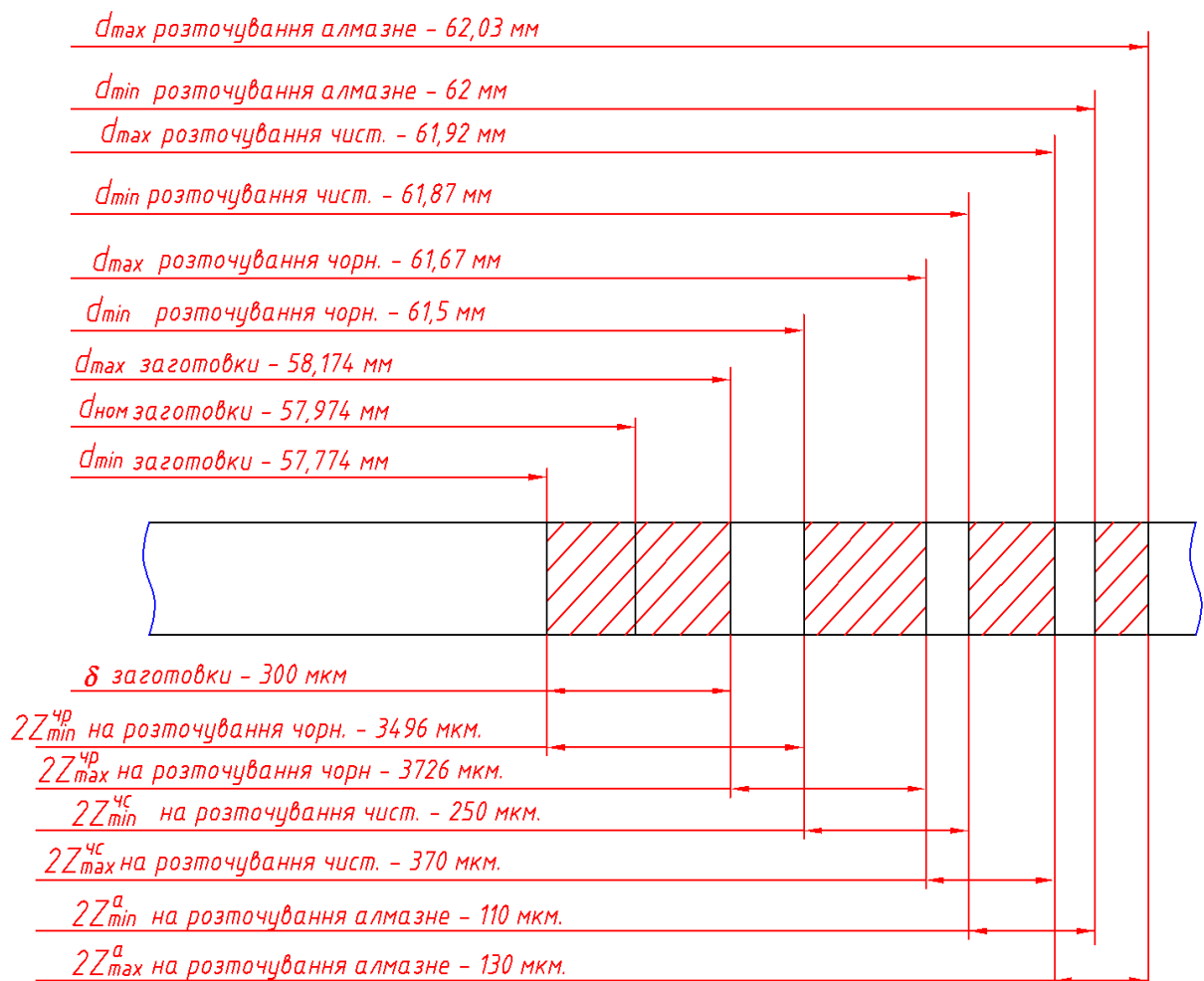


Рисунок 2.1 – Схема розміщення припусків і допусків на розточування отвору $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$.

Після цього, як ми визначили допуски і припуски, визначаємо розміри заготовки. По цих розмірах виконуємо креслення заготовки.

2.6 Вибір різальних та вимірювальних інструментів

Вибір різального та вимірного інструменту проводимо згідно рекомендацій, наведених в літературі [15], а також враховуючи дані з наявного інструменту в існуючому (базовому) техпроцесі. Результати вибору зводимо в табл. 2.7 (Додаток В5).

2.7 Визначення режимів оброблення

Розрахунок режимів різання аналітичним методом проводимо за літературою.

Розраховуємо режими різання для розточування отвору $\text{Ø}62\text{H}7^{(+0,03)}$. обробка здійснюється за 3 переходи: чорнове розточування, чистове і алмазне розточування.

Чорнове розточування

$$t = 1,8 \text{ мм.};$$

$$S = 0,25 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

де $T = 60 \text{ хв.};$

Значення коефіцієнтів для формули з визначення швидкості різання:

$$C_v = 420; \quad x = 0,15; \quad y = 0,2; \quad m = 0,2.$$

Поправочний коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{n_v};$$

$$K_r = 1;$$

$$n_v = 1.$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 1;$$

$$K_{nv} = 0,85;$$

$$K_{uv} = 1,0.$$

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,85;$$

Отже

$$V = \frac{420 \cdot 0,85 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 1,8^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} = 57 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 57}{3,14 \cdot 62} = 292,79 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{np} = 292 \text{ об/хв.};$

Тоді дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000};$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 62 \cdot 292}{1000} = 56,84 \text{ м/хв.}$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1,0; \quad y = 0,75;$$

$$n = -0,15.$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{qp} \cdot K_{rp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p};$$

$$K_{mp} = 1,0;$$

$$K_{\varphi p} = 0,89;$$

$$K_{\eta p} = 1,0;$$

$$K_{\lambda p} = 1,0;$$

$$K_{\tau p} = 1,0.$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,8^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 56,8^{-0,15} \cdot 0,89 = 925,92 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N_p = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.}$$

$$N_p = \frac{925,92 \cdot 56,8}{1020 \cdot 60} = 0,86 \text{ кВт.}$$

$$N_{\varepsilon} = 11 \text{ кВт.}$$

$$\eta = 0,8$$

$$N_{\text{дв}} = 11 \cdot 0,86 = 8,8 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{дв}} > N_p$ - умова забезпечується $8,8 > 0,86$.

Режими різання при чистовому і алмазному розточуванні

Глибина різання $t_q = 0,18 \text{ мм.}$

$$t_a = 0,06;$$

Подача $S_q = 0,25 \text{ мм/об.}$

$$S_a = 0,12 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання

$$V_q = \frac{420 \cdot 0,85 \cdot 0,9}{45^{0,2} \cdot 0,18^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} = 156,2 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання при алмазному розточуванні вибирається із таблиці 19 [9] і становить $V_a = 200 \text{ м/хв.}$

Частота обертання

$$n_x = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$

$$n_x = \frac{1000 \cdot 156,2}{3,14 \cdot 62} = 802 \text{ об/хв.}$$

$$n_a = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 62} = 1030 \text{ об/хв.}$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,18^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 156,2^{-0,15} \cdot 0,89 = 79,4 \text{ Н.};$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,06^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,89 = 14,8 \text{ Н.}$$

Потужність різання

$$N_{pc} = \frac{79,4 \cdot 156,2}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт.}$$

$$N_{pa} = \frac{14,8 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт.}$$

Потужність різання не перевищує потужність приводу верстату.

Для решти операцій техпроцесу режими оброблення визначаємо за довідковими таблицями і для зручності зводимо в табл. 2.8 (Додаток В6).

Для вище перерахованих операцій вибираємо наступне обладнання:

Вертикально-свердильний верстат 2Н135;

Токарно-гвинторізний верстат 1М63

Токарний верстат з ЧПК 16А20Ф3С32;

Вертикально-фрезерний 6Т13;

Алмазно-розточний ОС5366;

Круглошліфувальний верстат 3М151.

2.8 Технічне нормування розробленого технологічного процесу

Технічне нормування часу, для умов серійного типу виробництва, здійснюють із застосуванням розрахунково-аналітичного методу.

Штучний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обсл} + T_{від}, \text{ хв,}$$

де T_o – основний (технологічний) час, хв;

T_e – час допоміжний, хв;

$T_{обсл}$ – витрати часу на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{від}$ – витрати часу на відпочинок і особисті потреби, хв.

В умовах серійного виробництва ще розраховується підготовчо-заклучний $T_{пз}$ і штучно-калькуляційний $T_{шт.к.}$ часи.

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

де n – величина партії деталей, шт;

Розрахунок норми часу проводимо для вертикально-фрезерної операції, яка проводиться на верстаті 6Т13 (фрезерувати 3 лиски).

Основний час, який є лімітуючим на позиції тривалістю 4,0 хв.

Визначаємо обсяг допоміжних робіт та тривалість їх виконання. На операцію встановлення та зняття заготовки для однієї позиції відводимо час тривалістю 0,5 хв. На вимірювання деталі приймаємо час 0,24 хв. Час, необхідний для керування обладнанням, підведення та відведення різального інструменту, визначається за формулою:

$$T_k = T_1 + T_2 + T_3, \text{ хв},$$

де T_1 – тривалість переміщення заготовки з позиції завантаження до робочої зони верстата, $T_1 = 2,3$ с;

T_2, T_3 – час, затрачений на швидкий підвід і відвід інструменту, пропорційний шляху переміщення L_n, L_o при швидкості 5м/хв, знаходимо із залежності

$$T_2 + T_3 = 0,017(l_n + l_o);$$

$$T_2 + T_3 = 0,017(30 + 176) = 3,5;$$

$$T_k = 2,3 + 3,5 = 5,8.$$

Час затрачений на замірювання і заміну заготовок переривається основним часом на позиції, що є лімітуючою.

У цьому випадку допоміжний час рівний $T_\delta = 0,75$ хв.

Операційний час

$$T_{оп} = 4,0 + 0,75 = 4,75 \text{ хв};$$

При визначенні часу технічного обслуговування робочого місця враховують лише час на заміну зношеного (затупленого) інструменту, оскільки час на видалення стружки перекривається основним технологічним часом.

Тривалість зміни інструменту

$$T_{з.м.} = 1,09 \cdot 1 = 1,09 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок за стійкістю і основним часом

$$T_{mex} = \frac{T_{зм} \cdot T_o}{T} = \frac{1,09 \cdot 4}{180} = 0,0242.$$

Витрати часу на організаційне обслуговування робочого місця становлять 2,4 % від тривалості робочого часу

$$T_{орг} = \frac{2,4 \cdot 4,75}{100} = 0,114 \text{ хв.}$$

Витрати часу на відпочинок та особисті потреби робітника становлять 6% від тривалості робочого часу:

$$T_{відп} = \frac{6 \cdot 4,75}{100} = 0,285, \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію

$$T_{шт} = T_{он} + T_{орг} + T_{mex} + T_{відп};$$

$$T_{шт} = 4,75 + 0,114 + 0,0242 + 0,285 = 5,1732 \text{ хв.}$$

Користуючись нормативами і виходячи з характеру і об'єму підготовчих робіт $T_{н.з.} = 25$ хв.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{n};$$

$$T_{шт.к.} = \frac{25}{426} + 5,1732 = 5,202 \text{ хв.}$$

Нормування інших операцій проводимо табличним методом і зводимо в табл. 2.9 (Додаток В7).

2.9 Визначення кількості обладнання. Побудова графіків завантаження та використання обладнання

Обґрунтований вибір обладнання забезпечує його раціональне використання за часом та підвищує коефіцієнт завантаження верстатів. Для цього поряд з іншими техніко-економічними показниками визначають критерії, що характеризують коефіцієнт використання кожного верстату.

Коефіцієнт завантаження обладнання η_z обчислюється як відношення розрахункової кількості верстатів m_p , необхідних для виконання певної операції, до їх фактичної (прийнятої) кількості m_n .

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}.$$

Розрахункове число верстатів для даної операції обчислюємо за формулою:

$$m_p = \frac{T_{ум}}{t_g},$$

де $T_{ум}$ – штучний час на даній операції, хв;

t_g – такт випуску, $t_g = 6,7$ хв.

Вертикально-свердильний 2Н135

$$m_p = \frac{1,19 + 0,8332 + 0,53}{6,7} = \frac{3,386}{6,7} = 0,51;$$

Приймаємо $m_n = 1$

$$\eta_z = \frac{0,51}{1} = 0,51.$$

Токарно-гвинторізний верстат 1М63

$$m_p = \frac{1,19}{6,7} = 0,18;$$

$$m_n = 1;$$

$$\eta_3 = \frac{0,18}{1} = 0,18.$$

Токарний верстат з ЧПК 16A20Ф3

$$m_p = \frac{17,432}{6,7} = 2,64;$$

$$m_n = 4;$$

$$\eta_3 = \frac{2,64}{4} = 0,66.$$

Фрезерний верстат 6Т13

$$m_p = \frac{5,2}{6,7} = 0,78;$$

$$m_n = 1;$$

$$\eta_3 = \frac{0,78}{1} = 0,78.$$

Алмазно-розточний верстат ОС5366

$$m_p = \frac{5,414}{6,7} = 0,81;$$

$$m_n = 1;$$

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

Шліфувальний верстат ЗМ151

$$m_p = \frac{1,09}{6,7} = 0,167;$$

$$m_n = 1;$$

$$\eta_3 = \frac{0,163}{1} = 0,163.$$

Для більш наглядного представлення будемо графіки завантаження верстатного обладнання, рис. 2.3.

Визначаємо коефіцієнти використання верстатного обладнання за основним часом в загальному часі роботи верстату.

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{\text{ит.к}}}.$$

Вертикально-свердильний

$$\eta_0 = \frac{1,8}{3,39} = 0,531.$$

Токарно-гвинторізний

$$\eta_0 = \frac{0,35}{1,22} = 0,29.$$

Токарний з ЧПК

$$\eta_0 = \frac{10,93}{16,964} = 0,645.$$

Вертикально-фрезерний

$$\eta_0 = \frac{4}{5,202} = 0,77.$$

Алмазно-розточний

$$\eta_0 = \frac{3,2}{4,96} = 0,65.$$

Круглошліфувальний

$$\eta_0 = \frac{0,6}{1,02} = 0,59.$$

Графік використання верстатного обладнання за основним часом зображений на рис. 2.4.

Використання верстатів за потужністю приводу.

Цей фактор характеризується коефіцієнтом використання верстатного обладнання за потужністю.

$$\eta_n = \frac{N_{np}}{N_e},$$

де N_{np} – потужність необхідна для різання;

N_6 – потужність верстату.

Вертикально-свердильний

$$\eta_n = \frac{1,3}{4,5} = 0,29.$$

Токарно-гвинторізний

$$\eta_n = \frac{0,95}{6,3} = 0,151.$$

Токарний з ЧПК

$$\eta_n = \frac{1,2}{10} = 0,12.$$

Вертикально-фрезерний

$$\eta_n = \frac{0,322}{11} = 0,032.$$

Алмазно-розточний

$$\eta_n = \frac{0,05}{3,5} = 0,015.$$

Круглошліфувальний

$$\eta_n = \frac{0,6}{7,5} = 0,08.$$

Графік використання верстатного обладнання за потужністю зображений на рис. 2.5.

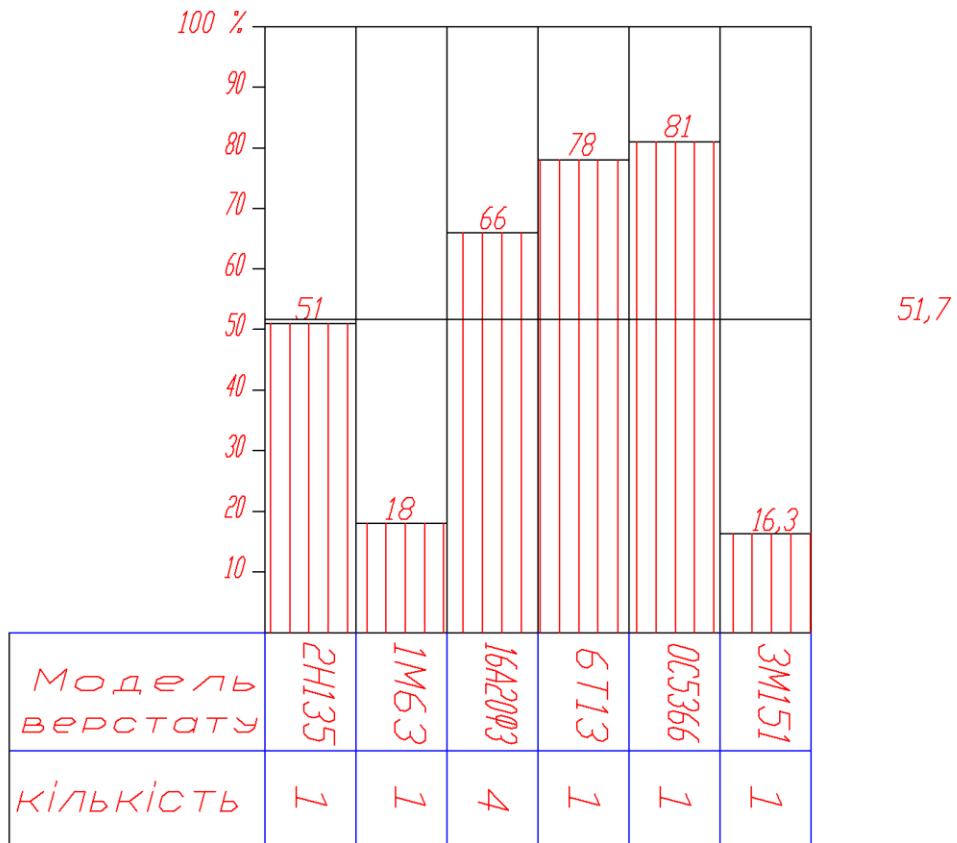


Рисунок 2.3 – Графік завантаження обладнання

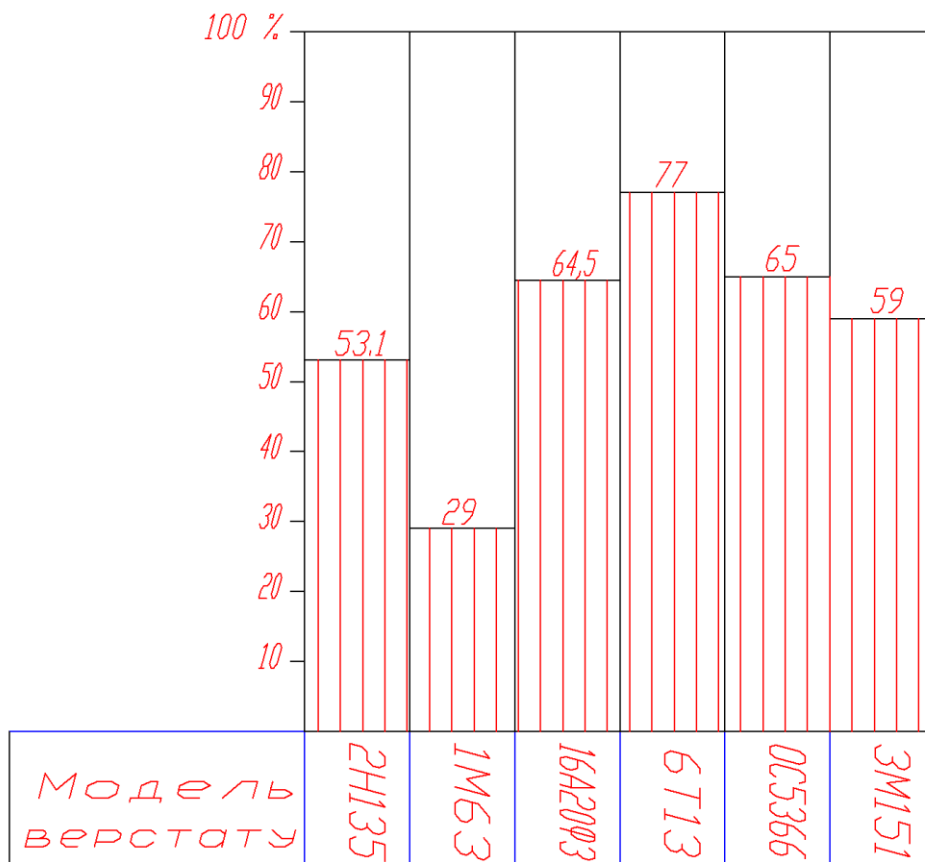


Рисунок 2.4 – Графік використання обладнання за основним часом

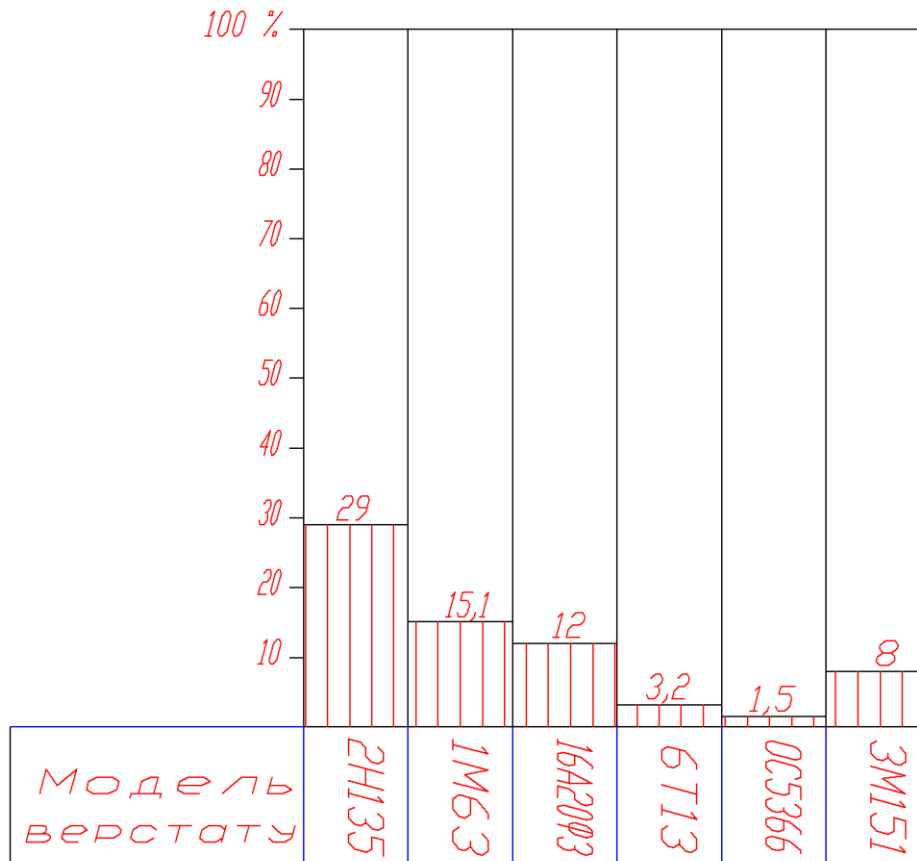


Рисунок 2.5 – Графік використання обладнання за потужністю

2.10 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Відповідно до оцінки економічної ефективності нової техніки і технологій приймається той варіант, в якого сума поточних і приведених капітальних витрат на одиницю продукції буде мінімальною.

Так як розглядувані варіанти маршрутів оброблення дещо відрізняються, то визначаємо вартість механічного оброблення на операції, що відрізняються.

Величина годинних приведених затрат $C_{пз}$ для верстатів, що співставляються при однаковій продуктивності свідчить про те, що верстат (процес оброблення) більш економічний (умовні позначення символів наведені в додатку В9).

$$C_{nz} = \frac{C_3}{M} + C_{чз} + E_n (K_c + K_3), \text{ грн./год.},$$

Основна і додаткова заробітна плата, а також нарахування на соцстрах оператору і наладчику за фізичний час роботи обслуговуючих машин (умовні позначення символів наведені в додатку В9)

$$C_3 = C_{mf} \cdot 1,53 \cdot k, \text{ коп./год.}$$

Годинні затрати з експлуатації робочого місця (умовні позначення символів наведені в додатку В9).

$$C_{чз} = C_{чз}^{by} \cdot k_m, \text{ коп./год.};$$

Капітальні вкладення у верстат і будинок визначаємо для серійного виробництва за формулою (умовні позначення символів наведені в додатку В9):

$$K_6 = \frac{Ц \cdot 100}{3200}, \text{ коп./год.};$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \text{ коп./год.}$$

Виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів (умовні позначення символів наведені в додатку В9):

$$F = \chi \cdot k_\chi,$$

Визначаємо по складеній методиці вартість механічного оброблення на операції, які відрізняються по двох варіантах.

Операція 005 Радіально-свердлильна

1-й варіант

Радіально-свердлильний верстат 2Н55

$C_{mf} = 49,6$ коп./год; 4-й розряд (ст.42, [5]).

$Ц = 26000$ грн; $M = 1$;

$$F = 2,445 \cdot 3,5 = 8,56 \text{ м}^2;$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 0,437 \text{ хв.}$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 1 \cdot 49,6 = 75,89 \text{ коп./год};$$

$$C_{\text{чз}} = 36,3 \cdot 1,6 = 58,08 \text{ коп./год};$$

$$K_6 = \frac{26000 \cdot 100}{3200} = 812,5 \text{ коп./год};$$

$$C_{\text{нз}} = 75,89 + 58,08 + 0,2(812,5 + 20,063) = 300,483;$$

$$C_o = \frac{C_{\text{нз}} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60};$$

$$C_o = \frac{300,483 \cdot 0,437}{60} = 2,19.$$

2-й варіант

Верстат 2Н135

$$\frac{C_3}{M} = \frac{1,53 \cdot 1 \cdot 49,6}{1} = 75,888 \text{ коп./год.};$$

$$C_{\text{чз}} = 36,3 \cdot 0,7 = 25,41 \text{ коп./год.};$$

$$K_6 = \frac{22000 \cdot 100}{3200} = 687,5;$$

$$K_3 = \frac{75 \cdot 6 \cdot 100}{3200} = 14,0625 \text{ коп./год}^4$$

$$C_{\text{нз}} = 75,89 + 25,41 + 0,2(687,5 + 14,0625) = 241,62;$$

$$C_o = \frac{C_{\text{нз}} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60} = \frac{241,62 \cdot 0,437}{60} = 1,76.$$

Операція 015 Токарна

1-й варіант

Верстат 1713

$$\frac{C_3}{M} = \frac{1,53 \cdot 49,6}{1} = 75,89 \text{ коп./год.};$$

$$C_{чз} = 36,3 \cdot 1,5 = 54,45 \text{ коп./год.};$$

$$K_6 = \frac{40000 \cdot 100}{3200} = 1250;$$

$$K_3 = \frac{75 \cdot 8,9 \cdot 100}{3200} = 20,859 \text{ коп./год4}$$

$$C_{нз} = 75,89 + 54,45 + 0,2(1250 + 20,859) = 389,52 \text{ коп./год.};$$

$$C_o = \frac{389,52 \cdot 2,0023}{60} = 12,83.$$

2-й вариант

Верстат з ЧПК 16A20Ф3

3-й розряд

$C_{мф} = 44,7,6 \text{ коп./год.};$ 4-й розряд (ст.42, [5]).

$$\frac{C_3}{M} = \frac{1,53 \cdot 44,7}{1} = 68,391 \text{ коп./год.};$$

$$C_{чз} = 36,3 \cdot 0,9 = 32,67 \text{ коп./год.};$$

$$K_6 = \frac{45000 \cdot 100}{3200} = 1406,25;$$

$$K_3 = \frac{8,362 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 19,598 \text{ коп./год4}$$

$$C_{нз} = 68,391 + 32,67 + 0,2(1406,25 + 19,598) = 376,23 \text{ коп./год.};$$

$$C_o = \frac{376,23 \cdot 3,0023}{60} = 12,5.$$

Результати розрахунків технологічної собівартості по двох варіантах зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологічна собівартість по двох варіантах

Назва	Варіант	
	Базовий	Проектний
1	2	3
Метод отримання заготовки	Лиття в піщано-глинясті форми з ручним формуванням форм	Лиття в піщано-глинясті форми з машинним формуванням форм.
Вартість заготовки	4,4	4,86
Вартість механічного оброблення:		
- свердлильна	2,19	1,76
- токарна	12,83	12,5
Разом	19,42	19,12

Приведена річна економія

$$E = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N,$$

де C_{o1} – вартість механічного оброблення, по базовому варіанту;

C_{o2} – вартість механічного оброблення і виготовлення заготовки по проектному варіанту;

N – програма випуску деталей на один рік.

$$E = (19,42 - 19,12) \cdot 36000 = 10800 \text{ грн.}$$

Таким чином використання проектного варіанту виготовлення деталі є доцільнішим, так як він дешевший, річний економічний ефект при цьому становить 10800 грн.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка конструкцій спеціальних верстатних і контрольних пристосувань

3.1.1 Пристосування для зняття фасок

В даному пристосуванні деталь обробляється за два установи.

Деталь базується в призмі 5 за допомогою пластини з внутрішнім кутом типу призми, яка забезпечує направляючу упорну базу.

Затискування деталі відбувається в напрямі до призми 5 пневмоциліндром через тягу, до якої болтом М20 прикріплено прихоплювач 4, який притискає заготовку.

Встановлення заготовки в пристосуванні відбувається так: деталь встановлюється на пристосуванні провертається золотник 1 в позицію “затиск”, потім проводиться оброблення.

Схема затискування деталі в пристосуванні для зняття фасок зображена на рис. 3.1.

Розраховуємо необхідне значення зусилля затискування.

Крутний момент $M_{кр} = 97,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

Силу затискування визначаємо за формулою:

$$F_{mp} = P_3 \cdot f ,$$

звідки

$$P_3 = \frac{F_{mp}}{f} .$$

Момент тертя

$$M_{mp} = F_{mp} \cdot \frac{d}{2} ;$$

$$M_{кр} = K \cdot M_{mp} ,$$

де K – коефіцієнт запасу, $K = 2$.

$$M_{mp} = 2 \cdot 97,6 = 195,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$F_{mp} = 2 \cdot M_{mp} / d;$$

$$F_{mp} = \frac{195,2}{0,027} = 7098 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$\frac{d}{2} = \frac{54}{2} = 27 \text{ мм} = 0,027 \text{ м}.$$

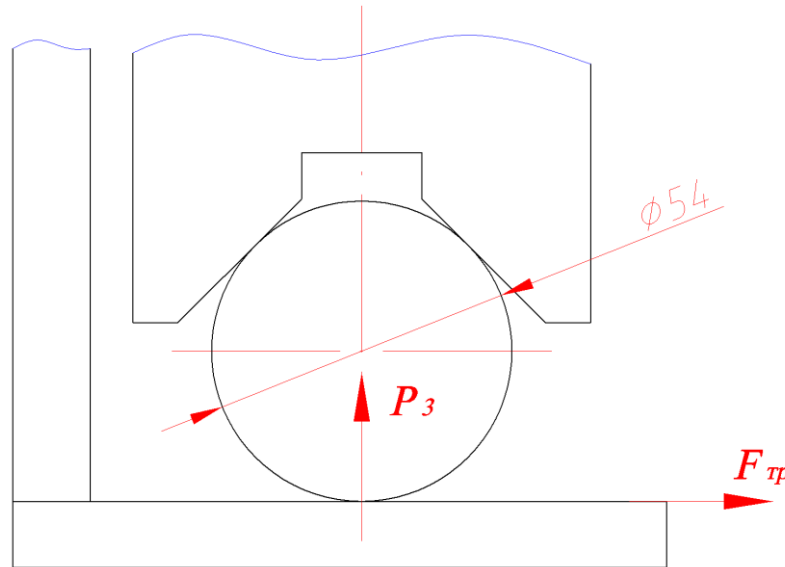


Рисунок 3.1 – Схема для визначення зусилля затискування деталі при зенкуванні фасок.

3.1.2 Пристосування для фрезерування лиски

Принцип дії пристосування.

Пристосування за своєю конструкцією спроектовано як багатопозиційне. В ньому для оброблення лисок встановлюють одночасно три деталі. Зусилля затискування через коромисло 7 створює пневмопривід. Коромисло з'єднано з двома тягами 10, на яких через штифт закріплено притискувачі. Базування деталей проводиться в елементах пристосування типу призми 2, які використовують в якості направляючої бази. Як опорну базу використовують фіксатор 5, який входить в паз деталі, який обробляється на попередній операції.

Встановлення деталі відбувається в такій послідовності: всі деталі встановлюють в призми 2 і базуються в пристосуванні, далі повертається ручка керування пневмопровода в позицію “затиск” і з допомогою притискувачів відбувається закріплення деталей. Зняття деталей після оброблення виконується у зворотному порядку.

Розраховуємо зусилля затискування при фрезеруванні.

Схема для розрахунку зображена на рис. 3.2.

Сила різання $P_z = 502$ Н.

Силу затискування визначаємо за формулою

$$P_{зат} = \frac{P_z \cdot f \cdot \kappa}{2},$$

де κ – коефіцієнт запасу;

f – коефіцієнт тертя;

$$P_{зат} = \frac{502 \cdot 0,16 \cdot 2}{2} = 80,32 \text{ Н.}$$

Так як в пристосуванні встановлено одночасно 3 деталі, то сумарне зусилля затискування буде

$$P_{зат} = 3 \cdot 80,32 = 241 \text{ Н.}$$

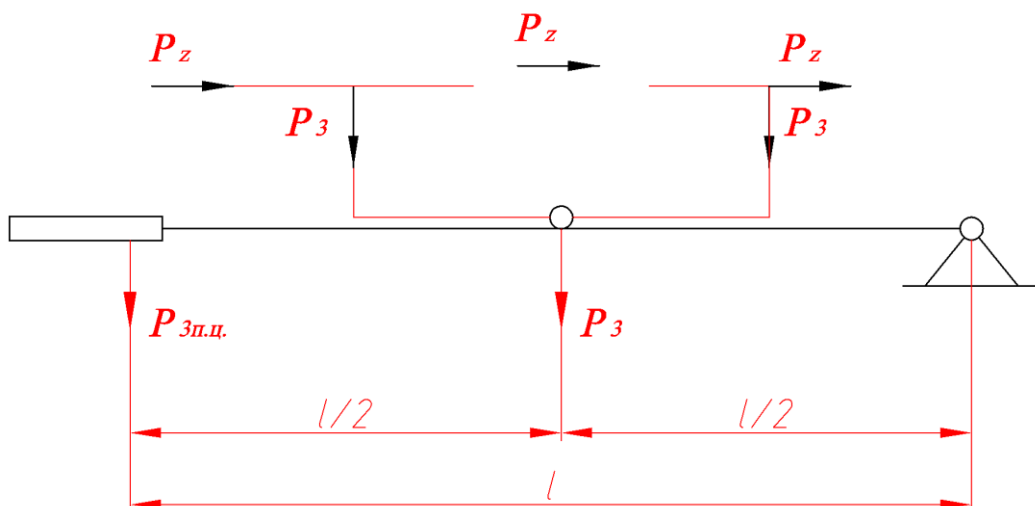


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку зусилля затискування при фрезеруванні

Затискування деталей здійснюється за допомогою пневмоприводу, який керується пневморозподільником 4. Повітря подається через повітропровід 2. Хід штока – 60 мм, діаметр штока – 200 мм.

Розраховуємо силу затискування, яку створює пневмопривід.

$$P_{ц} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} p \cdot \eta_{мех},$$

де $p = 0,8$ МПа – технічний тиск в повітрепроводі.

$\eta_{мех}$ – коефіцієнт корисної дії, $\eta_{мех} = 0,85$;

d – діаметр штока, $d = 200$ мм.

$$P_{ц} = \frac{3,14 \cdot 200^2}{4} 0,8 \cdot 0,85 = 10676 \text{ Н.}$$

Умова забезпечення надійності затискування, при якій деталь не прокручується.

$$P < P_{ц}$$

Оскільки розрахункове зусилля P затискування у 3-х деталей менше сили затиску $P_{ц}$, яку створює пневмопривід ($241 < 10676$) то умова забезпечення надійності затиску деталі виконується.

3.1.3 Пристосування для алмазно-розточної операції

В даному пристосуванні деталь базується по двох пластинах 3 і 2 типу призми, що забезпечують упорну базу.

Затискування відбувається в напрямі до пластини з допомогою двох притискувачів 5 і 6, які закріплюють деталь в пристосуванні.

Силу затискування деталі створює пневмоциліндр через важіль 10.

Закріплення відбувається таким чином: деталь встановлюється і базується в пристосуванні, повертається важіль керування пневмоциліндра в положення “затиск”.

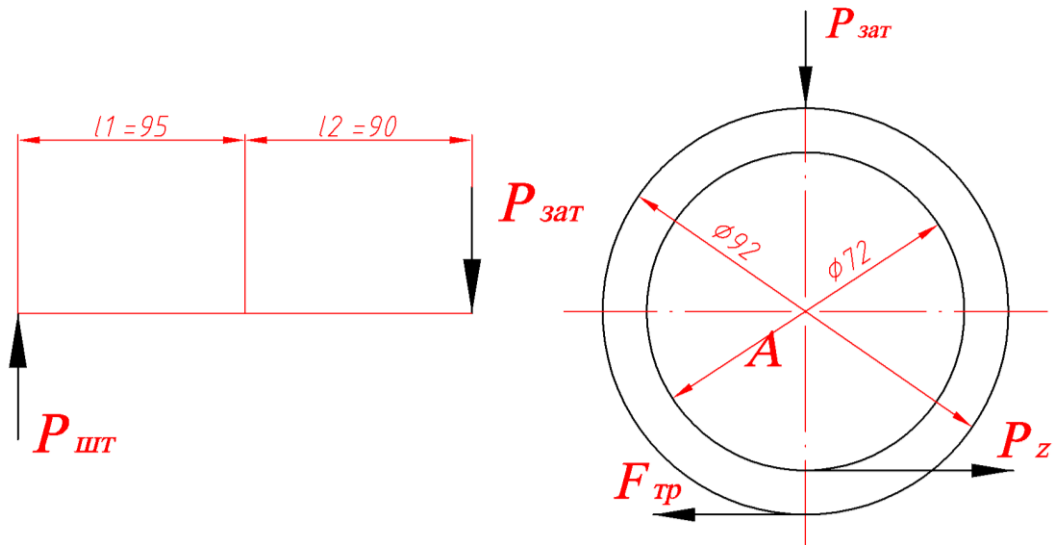


Рисунок 3.3 – Схема розрахунку зусилля затискування і необхідного діаметра пневмоциліндра

$$\sum M_A = P_z \frac{72}{2} - F_{тр} \frac{92}{2};$$

$$F_{тр} = P_z \frac{72}{2} \cdot \frac{2}{92} = P_z \frac{72}{92};$$

$$F_{тр} = P_{зат} \cdot k.$$

Необхідне зусилля затискування

$$P_{зат} = \frac{F_{тр}}{k},$$

де k – коефіцієнт тертя;

$$F_{тр} = 14,8 \cdot \frac{72}{92} = 11,6 \text{ Н};$$

$$P_{зат} = \frac{11,6}{0,16} = 72,5 \text{ Н}.$$

Визначаємо необхідне зусилля затискування на штоці пневмоциліндра

$$\sum M_0 = P_{шт} \cdot l_1 - P_{зат} \cdot l_2 = 0;$$

$$P_{шт} = \frac{P_{зат} \cdot l_2}{l_1} = \frac{72,5 \cdot 90}{95} = 68,7 \text{ Н}.$$

Визначаємо необхідний діаметр пневмоциліндра.

$$P_{ум} = P_{зат} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4};$$

$$d = \sqrt{\frac{P_{ум} \cdot 4}{P_{зат} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{68,7 \cdot 4}{3,14 \cdot 7,25}} = 13,47.$$

Приймаємо $d = 20$ мм.

3.1.4 Кондуктор для свердління 4-х отворів Ø11 мм.

В даному пристосуванні деталь базується по внутрішньому отвору на палець 7. Зверху деталь притискається кондукторною плитою 3 за допомогою пружини 7. Силу затискування створює гвинт 10 з допомогою притискувача 9.

Визначаємо необхідне зусилля затискування.

Схема для розрахунку сили затискування для свердління 4-х отворів Ø11 мм зображена на рис. 3.4.

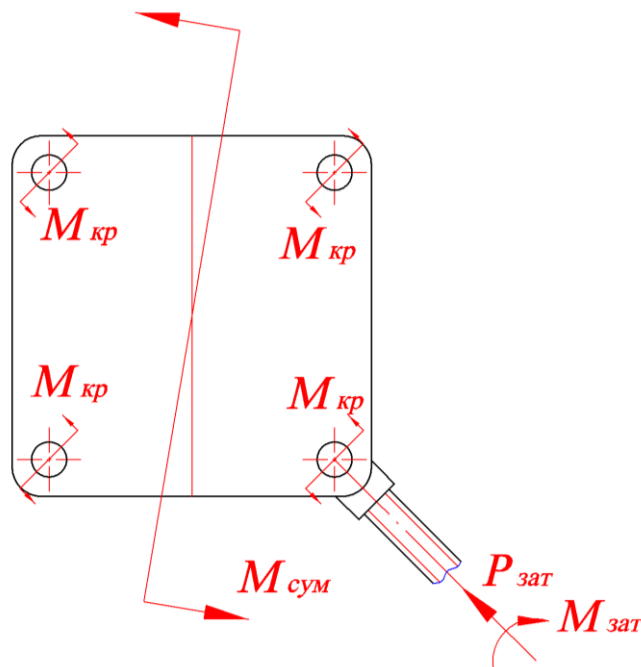


Рисунок 3.4 – Схема розрахунку сили затискування при свердлінні 4-х отворів

$$M_{\Sigma} = 4M_{кр};$$

$$M_p = M_{\Sigma};$$

$$M_p = P_{зам} \cdot l_1 \cdot k;$$

$$P_{зам} = \frac{M_p}{l_1 \cdot k}.$$

$$P_{зам} = \frac{6,52}{0,65 \cdot 0,16} = 62,7 \text{ Н.}$$

Для свердління одночасно 4-х отворів вищезгаданим кондуктором використовується 4-х шпindelна свердлильна головка. Вона складається з складальних одиниць: хомут 1, комплект універсальний 2 і чотирьох шпинделів 3, в яких кріпиться чотири свердла $\varnothing 1$ мм. Свердлильна головка переміщається по двох напрямних колонках кондуктора 5. При переміщенні вгору з головкою переміщається колонка, підпружинена пружинами 4. Переміщення колонок обмежується двома гвинтами 2, які фіксуються двома гайками 2. Обертання до 4-х шпинделів передається від шпинделя верстату через повідковий патрон на ведучий вал 8, патрон 4, який через зубчасте колесо 5 передає рух на чотири шестерні 6.

Розрахунок пружини на міцність.

Вибираємо пружину згідно ДСТУ EN 13906-1-2013

Основні параметри пружини:

Жорсткість одного витка $z_1 = 53,827 \text{ Н/мм}$.

Матеріал пружини – сталь 40Х13.

Сила пружини при максимальній деформації

$$P_3 = 465,975 \approx 466 \text{ Н.}$$

Основна формула для розрахунку пружини на міцність:

$$\frac{8 \cdot k \cdot P_3 \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau],$$

де k – коефіцієнт, що залежить від індексу пружини;

P – кінцева сила;

D – середній діаметр пружини, $D = 38$ мм;

d – діаметр дроту, $d = 5$ мм;

$[\tau]$ – допустиме дотичне напруження при крученні $[\tau] = 900$ МПа.

$$\tau = \frac{8 \cdot 1,14 \cdot 465,975 \cdot 38}{3,14 \cdot 5^3} = 411,44 \text{ МПа.}$$

$$[\tau] > \tau;$$

$$900 > 411,44.$$

Умова виконується, отже пружина витримає навантаження.

3.1.5 Кондуктор для свердління отвору Ø9 мм.

В даному пристосуванні деталь базується по двох отворах 6 і 7, які забезпечують напрямну упорну базу.

Затискування відбувається в напрямку від штока пневмоциліндра 1 до призми через важіль 5, який здійснює затискування деталі.

Визначимо силу яка діє на штоці циліндра

$$P_{шт} = P_{атм} \cdot \eta \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4};$$

$$P_{шт} = 0,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 960,84 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу затискування деталі, яка передається важелем.

Розрахункова схема зображена на рис. 3.5.

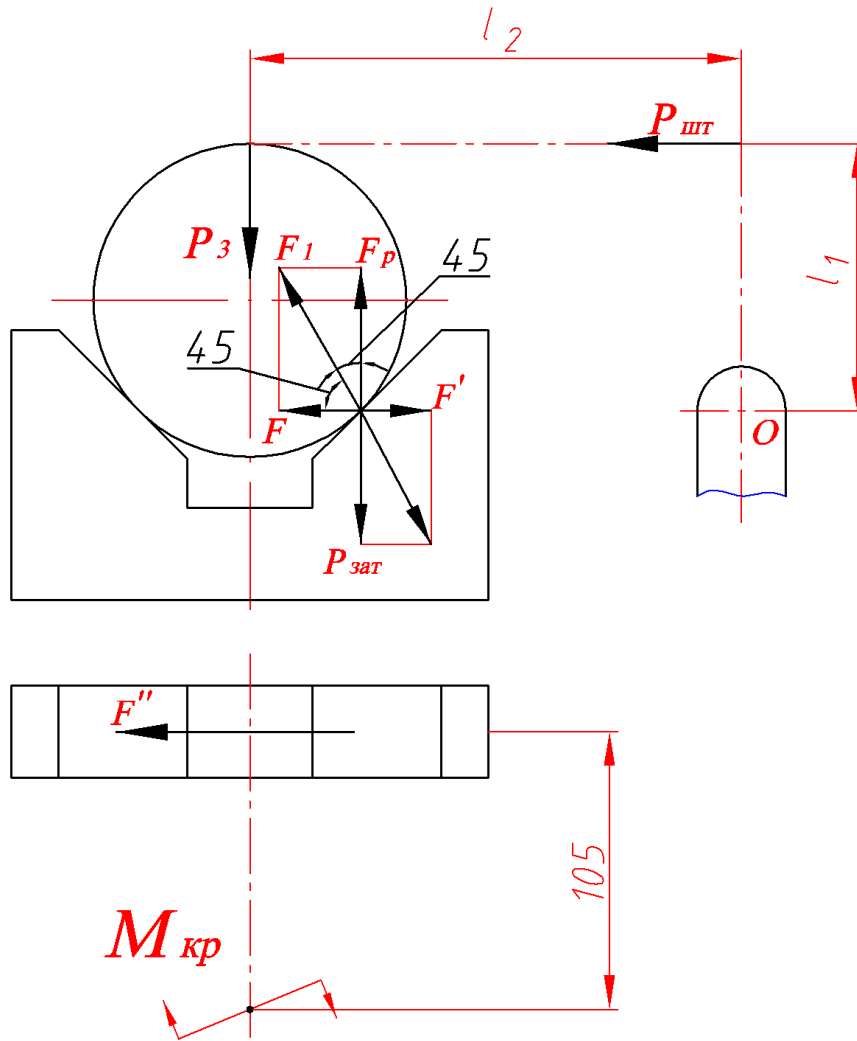


Рисунок 3.5 – Схема розрахунку сили затискування при свердлінні отвору $\varnothing 9$ мм

$$\sum M = P_{шт} \cdot l_1 - P_{зат} \cdot l_2 = 0;$$

$$P_{зат} = \frac{P_{шт} \cdot l_1}{l_2} = \frac{70 \cdot 960,84}{90} = 747,32 \text{ Н};$$

$$P_{зат} = F_p = F_1 \cos 45^\circ;$$

$$F_1 = \frac{P_{зат}}{\cos 45^\circ} = \frac{747,32}{0,707} = 1057,0 \text{ Н}.$$

Умова затиску деталі при свердлінні отвору $\varnothing 9$ мм $F'' < F$

$$142,9 < F_1 \cdot \cos 45^\circ;$$

Оскільки $142,9 < 747,32$ то умова забезпечення надійності кріплення заготовки в пристосуванні при обробленні – виконується.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи щодо підвищення стійкості роботи механічного цеху при надзвичайних ситуаціях, аваріях, катастрофах і стихійних лихах

Надійна робота підприємства в умовах надзвичайної ситуації (НС) нерозривно пов'язана із захистом працівників від зброї масового ураження. Для забезпечення надійної роботи підприємства в умовах НС проводяться наступні заходи: підтримуються в постійній готовності засоби оповіщення і забезпечення укриттів на об'єкті для працюючої зміни; планування і виконання підготовчих робіт з будівництва на об'єкті швидко споруджувальних приміщень, підтримання в готовності захисних споруд і організація обслуговування сховищ; планування і підготовка до розподілення і евакуації в приміську зону виробничого персоналу; накопичення, зберігання і підтримка готовності засобів індивідуального захисту; навчання працівників і службовців методам захисту від зброї масового ураження та діям за сигналом оповіщення цивільної оборони.

Підготовленість об'єкта до швидкого відновлення і функціонування підприємства при слабких і середніх руйнуваннях є одним із основних критеріїв його роботи у військовий час. Вона полягає в попередньому розробленні плану відновлення об'єкту, створення запасів необхідних матеріалів, обладнання, будівельних конструкцій і в підготовці ремонтно-відновлюваних робіт.

План відновлення розробляється для кожного із можливих варіантів руйнування об'єкта, які визначаються на основі даних оцінки його стійкості до впливу ударної хвилі ядерного вибуху і вторинних вражаючих факторів. Доцільно проводити оцінку стійкості об'єкту, задаючись значеннями надлишкового тиску, при яких об'єкт отримує слабкі, середні та сильні руйнування. По результатах досліджень складається оцінка ситуації на об'єкті.

Відновлення може носити тимчасовий і частковий характер, щоб забезпечити швидкий випуск необхідної продукції. Тому при розробці плану і проектів відновлення виробництва повинні враховувати: можливість максимального прощення технології виробництва; можливість розподілення робочої сили, верстатного обладнання, приміщень, ресурсів; можливість розміщення обладнання на відкритих площах.

В основу плану і проектів по відновленню виробництва повинна бути покладена вимога – як можна швидше відновити випуск продукції.

На основі плану відновлення об'єкту розробляються заходи з підготовки об'єкта в мирний час до відновлення порушеного виробництва.

Основними критеріями оцінки підготовленості підприємства до відновлення виробничого процесу у випадку його порушення є: кількість ремонтівідновлюваних робіт та бригад і їх готовність до відновлюваних робіт; створення запасів необхідних матеріалів, обладнання, ресурсів, будівельних конструкцій; наперед розроблені проекти відновлення по кожному варіанту руйнувань; надійність зберігання будівельно-монтажної і технологічної документації; кількість приписаних до об'єкта будівельних і монтажних організацій.

4.2 Оцінка стійкості об'єкту до дії проникаючої радіації і радіоактивного зараження

Радіоактивне випромінювання, яке утворилось безпосередньо при ядерному вибуху, називається проникаючою радіацією.

Проникаюча радіація являє собою потік гама-променів і нейтронів із зони ядерного вибуху. Джерелами проникаючої радіації є ланцюгова реакція і розпад радіоактивних продуктів, які утворились в результаті ядерної реакції. Час дії проникаючої радіації не перевищує 10-15 с з моменту вибуху. Її дія на виробничу діяльність механічної дільниці проявляється через дію, головним чином на людей, а також на матеріали і пристрої, які чутливі до радіації.

Ураження людей проникаючою радіацією залежить від дози радіації. загальна доза проникаючої радіації визначається сумою норми гама-променів і дози нейтронів.

Доза радіації залежить від густини повітря. Густина повітря літом буде менша ніж взимку. Тому літом доза проникаючої радіації буде більша, ніж зимою на одному ж тому відрізку від центра вибуху.

В залежності від отриманої людиною дози радіації розрізняють чотири степені променевої хвороби: легка, середня, важка, особливо важка.

Ефективність захисту від радіації характеризується коефіцієнтом послаблення радіації K_{noc} який показує в скільки разів дана перешкода послаблює радіацію, і його визначаємо за формулою:

$$K_{\text{noc}} = 2^{\frac{h}{a}},$$

де h – товщина захисної перешкоди, см;

a – шар половинного послаблення, см.

Дія проникаючої радіації на матеріали і обладнання механічної ділянки залежить в основному від виду випромінювання, дози радіації, природи опроміненої речовини, умов оточуючого середовища.

Найбільша дія проникаючої радіації виявляється на електрообладнанні, в тому числі на обчислювальні машини і оптичні прилади і т.д.

При опроміненні потоком нейтронів в радіодеталях відбуваються незворотні процеси і апаратура виходить з ладу.

Найбільше піддаються дії проникаючої радіації напівпровідникові пристрої. Особливо небезпечно для техніки нейтронне випромінювання. Нейтрони проникають в середину у кристалічні решітки напівпровідників і утворюють домішки. Із конденсаторів найбільш чутливі (до дії проникаючої радіації) електролітичні і їм подібні.

Електровакуумні пристрої також чутливі до дії радіації, особливо телевізійні передаючі трубки і фотоелементи. Під дією гамма-випромінювання погіршується діелектрична проникність середовища.

Радіоелектронна апаратура і елементи електронної техніки можуть виходити з ладу при потокові нейтронів 10^{13} Н/см³, потужності дози гама-променів 10^7 Р/с.

4.3 Розроблення заходів для зниження рівня шуму на проектованій ділянці

Захист від виробничого шуму має велике народногосподарське значення. Шум на виробництві завдає великих економічних і соціальних збитків. Шум негативно впливає на організм людини, викликає психічні та фізіологічні порушення, які знижують працездатність і створюють передумови для загальних і професійних захворювань і виробничого травматизму.

З фізіологічної точки зору шумом вважають будь-який небажаний, неприємний для сприйняття звук.

Шум не дає можливості працівнику зосередитись. Шум в діапазоні 20-30 дБ не є шкідливим

в діапазоні 80 дБ – викликає больові відчуття;

90 дБ – глухоту;

130 дБ – непереносимий;

190 дБ – втому металу і руйнування металевих конструкцій.

З дією шуму вчені порівнюють ріст нервових, серцево-судинних захворювань, язви, розвитку глухоти працівників деяких професій.

Шум перш за все травмує орган слуху. В поганих з точки зору звукоізоляції, умовах знижується як фізична так і розумова діяльність людини.

Шум погано впливає на центральну нервову систему, викликає перевтомлення клітин кори головного мозку. Під впливом шуму виникає безсоння, швидко розвивається втома, знижується увага, порушується координація рухів, рівновага тіла, понижується загальна працездатність. Тривалий вплив шуму на організм людини і пов'язані з цим порушення з боку центральної нервової системи розглядаються як один із факторів, які сприяють гіпертонії.

Методи і засоби боротьби з шумом прийнято поділяти на:

- методи зменшення шуму на шляху поширення його утворення;
- засоби індивідуального захисту від шуму.

Зменшення шуму в джерелі досягається шляхом його конструктивних змін. Це забезпечується заміною зворотно-поступального руху деталі на обертовий; заміною ударних процесів на безударні⁴ підвищення кінетичної енергії балансування деталей, які обертаються і класу частоти деталей, які труться; заміною матеріалів, а також зубчастих передач клинопасовими і гідравлічними, заміною підшипників ковзання на підшипники ковзання.

Методи зменшення шуму на шляху його поширення:

1. Акустична обробка приміщень – облицювання частини внутрішніх огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також розміщення штучних поглиначів.

2. Звукоізолюючі огороження, методи звукоізоляції можна ізолювати джерело шуму чи приміщення від шуму, який проникає ззовні. Звукоізоляція досягається створенням повітряного шуму у вигляді стін, кабін, кожухів, екранів.

3. Звукоізолюючі кожухи. Висока звукоізолююча ефективність кожуха може бути досягнута тільки у випадку відсутності щілин і отворів, при досконалій віброізоляції кожуха від фундаменту і трубопроводу, а також при наявності на внутрішній частині кожуха звукопоглинаючих матеріалів;

4. Звукозахисні кабінки, які являють собою локальні засоби захисту встановлюються на автоматизованих лініях біля постів управління, там де неможливо на довгий час ізолювати людину від шуму;

5. Акустичні екрани – частково зменшують вплив шуму на людину шляхом створення на їх шляху перешкод;

6. Глушники шуму: активного і реактивного типу. В глушниках активного типу зменшення шуму відбувається за рахунок перетворення звукової енергії в теплову в звукопоглинаючому матеріалі. В глушниках реактивного типу рівень звуку зменшується за рахунок відбиття енергії

звукових хвиль в системі розширювальних і резонансних камер, які з'єднані між собою. Шум зменшується за рахунок відбиття енергії звукових хвиль.

Проаналізувавши виробничу дільницю механічного цеху і технологічний процес виготовлення деталі ми переконались, що токарні, фрезерні, свердлильні й інші спеціальні верстати, які використовуються не перевищують рівень шуму в 80 дБ.

Рівні шумів визначаються за “Загальними вимогами системи стандартів безпеки праці від шуму”. Згідно цього документу для виробничих цехів встановлено допустимий рівень шуму 56–80 дБ. Оскільки рівень шуму на виробничій дільниці не перевищує цих норм, то передбачати спеціальні засоби боротьби з шумом не потрібно.

4.4 Розрахунок кількості засобів пожежогасіння, необхідних для оснащення виробничої дільниці

Розраховуємо необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння на діючих промислових виробництвах і складах, до яких відноситься і виробнича дільниця.

Для цього визначимо категорію даного виробництва за вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпеками.

Дана дільниця відноситься до категорії Д. [7, с. 688, табл. 26]

До категорії Д відносяться підприємства де використовують негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Для виробничих будівель за категорією Д вибираємо і розраховуємо необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння за нормативами [7, с.706, табл. 339]

За цими нормативами вибираємо на кожних 600–800 м² площі необхідну кількість вогнегасників, піску, води і т.д. Площі дільниці 860м².

Крім цього дана дільниця входить в склад цеху який має свій пожежний щит і вивід труби водопроводу.

Таблиця 4.1 – Первинні засоби пожежогасіння

Найменування	Кількість, шт.
Вуглекислотні вогнегасники, ручний ОУ-2, ОУ-5	2
Пінний, хімічний, повітряно-пінні вогнегасники	2
Аерозольні та вуглекислотні вогнегасники	–
Порошкові вогнегасники	–
Ящик з піском ємністю 0,5 м ³	1
Лопата	1
Войлок, кошма	–
Бочка з водою ємністю 0,2 м ³	1

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: “Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення стійки ножа БМ 50.303” передбачає проектування технологічного процесу виготовлення даної деталі, проектування технологічного оснащення для її виготовлення (пристрої, наладки, різальний та вимірювальний інструмент), техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки, розробку заходів безпеки життєдіяльності та охорони праці на виробничій ділянці.

В результаті проведеної роботи зменшилась трудомісткість виготовлення деталі, вдосконалено оснащення для забезпечення технологічного процесу, застосовано прогресивне обладнання та різальний інструмент.

Річний економічний ефект від запропонованих рішень, щодо вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення стійки ножа БМ 50.303 становить 10,8 тис. грн. Трудомісткість виготовлення деталі знизилась на 7,5%, собівартість знижено на 3,5%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світ, 1996. 368 с.
2. Добрянський С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно–конструкторські розрахунки пристосувань : навч. Посіб. Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2001. 277 с.
4. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
5. Дичковський М. Г., Радик М. Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
6. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
7. Желібо Є. П. Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності : підручник. Київ : Каравела, 2009. 280 с.
8. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навчальний посібник./ О. У. Захаркін. Суми : Вид-во СумДУ, 2011. 137 с.
9. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.

10. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом : Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ ім. І. Пулюя, 2003. 81 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. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

13. Практикум з охорони праці [Текст] / Під ред. В. Ц. Жидецького. Львів : Афіша, 2000. 350 с.

14. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посіб. К. : Вища школа, 1993. 414 с.