

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
на тему:  
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС  
БА-01»  
08-26.МКР.05.000.000.ПЗ

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1ПМ-18м  
спеціальності 131 –  
«Прикладна механіка»  
Бобела А. О. \_\_\_\_\_  
Керівник: к.т.н., доцент  
Савуляк В.В. \_\_\_\_\_  
Рецензент: д.т.н., професор  
Макаров В.А. \_\_\_\_\_

Вінниця ВНТУ – 2019 року

## Зміст

Анотація	3
Abstract	4
Вступ	5
1 Техніко-економічне обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	7
1.1 Сутність технічної проблеми	7
1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні вимоги на виготовлення	8
1.3 Характеристика базової маршрутної технології виготовлення виробу	9
1.4 Висновки	16
2 Технологічна частина	17
2.1 Розробка 3D моделі	17
2.2 Аналіз технологічності деталі	17
2.3 Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва	23
2.4 Аналіз варіантів виготовлення заготовки	
2.5 Розробка маршруту механічної обробки заготовки	31
3 Аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість поверхні за допомогою математичного планування експерименту	111
3.1. Вибір факторів	111
3.2. Встановлення граничних значень та нульового рівня факторів	111
3.3 Вибір матриці планування експерименту	113
3.4 Результати експериментальних дослідів	114
3.5 Розрахунок коефіцієнтів та побудова математичної моделі	115
3.6 Статистичний аналіз математичної моделі	118
3.7 Висновки	120
4 Економіка виробництва	121
4.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку технологічного процесу виготовлення деталі типу «Корпус БА-01»	121
4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на модернізацію	

технологічного процесу та вдосконалення його технічного оснащення	129
4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	134
4.4 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень	138
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	140
5.1 Аналіз умов праці	140
5.2 Виробнича санітарія	141
5.3 Техніка безпеки	144
5.4 Протипожежні заходи	152
5.5 Оцінка безпеки роботи дільниці механічної обробки деталі типу “Корпус БА-01” в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	153
5.6 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи дільниці механічної обробки деталі типу “Корпус БА-01 ” в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	158
Заключення	160
Список використаних джерел	161
Додатки	163

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний ступінь – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бобела Артур Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус БА-01»

керівник МКР доц., к.т.н. Савуляк В.В.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ВНТУ від «2» жовтня 2019 року № 254.

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі "Корпус БА-01", програма випуску деталі N = 4500

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Огляд технології виготовлення деталі типу "Корпус БА-01"; Технологічна частина; Розрахунок та планування ділянки механічного цеху; Аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість поверхні за допомогою математичного планування експерименту; Економічна частина; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Креслення деталі; креслення заготовки; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень; загальний вид ділянки; аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість.

## 6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В.В. доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Руда Л.П. доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 4 » жовтня 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2019	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.12.2019	
8	Попередній захист МКР	6.12.2019	
9	Перевірка роботи на плагіат	4.12.2019	
10	Нормоконтроль МКР	12.12.2019	
11	Рецензування МКР	13.12.2019	
12	Захист МКР	18.12.2019	

Студент  
Керівник МКР

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Анотація

Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус БА-01»: дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / А.О. Бобела. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

В магістерській кваліфікаційній роботі (МКР) розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БА-01».

Для досягнення поставленої мети було проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Диск»; виконано аналіз та варіантний вибір, техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено два варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» з використанням верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено ділянку механічної обробки.

В економічній частині МКР розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та ділянки механічної обробки.

Відповідність впроваджених розробок вимогам безпеки та аналіз умов праці на розробленій ділянці механічної обробки приведений у розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях».

Матеріали, які представлені в роботі, ілюстративно доповнені графічною частиною, що виконана за допомогою прикладних комп'ютерних програм.

## Abstract

Improvement of the technological process of machining the workpiece of the details of the type "Body BA-01": a thesis for obtaining an educational qualification level, master's degree in specialty 131 "Applied Mechanics" / A.O. Bobela - Vinnytsia National Technical University. - Vinnytsya, 2019.

In the master's qualifying work (MKR) the technological process of mechanical processing of the workpiece of the details of the type " Body BA-01" has been developed and economically substantiated.

To achieve this goal, an overview of the manufacturing technologies of the " Disk " type parts was conducted; the analysis and variant choice, the feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; Two variants of mechanical processing of details of type "Body BA-01" with the use of CNC machines and the choice of the best of them for a minimum of reduced expenses were developed; dimensional-precise modeling of the advanced technological process; Cutting regimes and time standards are defined; the number of equipment and employees is calculated; the machining section has been improved.

In the economic part of the MKR the capital investments are calculated, the cost of mechanical processing of the workpiece, the payback period and the economic effect obtained as a result of the improvement of the technological process and the machining section.

Compliance with the developed safety requirements and the analysis of working conditions at the developed machining section is provided in the section "Occupational safety and security in emergencies".

Materials presented in the work, illustrated supplemented by the graphic part, executed with the help of applied computer programs.

## ВСТУП

**Актуальність.** Розвиток технологій виготовлення деталей, підвищення конкуренції та розвиток технологій обробки металів призводить до принципових змін в побудові технологічних процесів. Інтенсифікація виробництва відбувається шляхом заміни ручної роботи працівників на універсальних верстатах на роботу меншої кількості кваліфікованих робітників, які виконують її на оброблювальних центрах та верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Застосування такого обладнання вимагає певної підготовки виробництва, в тому числі уточнення розмірів заготовки, параметрів технологічних операцій, побудови операцій механічної обробки, вибір схем базування тощо. Однак реалізація такого комплексу заходів дозволяє знизити вартість виготовлення деталей та підвищити їх якість.

**Мета і завдання дослідження.** Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БА-01» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

При цьому повинні бути вирішені такі **завдання:**

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- розробка варіантів маршруту механічної обробки з застосуванням верстатів з ЧПК;
- призначення режимів різання;
- визначення технічних норм часу;
- аналіз впливу факторів процесу різання на шорсткість обробленої діаметральної поверхні;
- розрахунок кількості обладнання та працівників дільниці;
- проектування дільниці механічної обробки;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.



**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення деталей типу «Фланець».

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Корпус БА-01».

**Методи дослідження.** Математичне планування експерименту та статистична обробка експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** За допомогою повного трифакторного експерименту отримала подальший розвиток математична модель залежності шорсткості обробленої діаметральної поверхні деталі «Корпус БА-01» при точінні на токарному верстаті від таких факторів процесу різання як швидкість різання, подача та глибини різання.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус БА-01» та дільниці для його реалізації. При цьому запропоновані такі нові рішення:

- обґрунтовано вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки деталі «Корпус БА-01»;

- розроблено технологічний процес механічної обробки, економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;

- за допомогою математичного планування експерименту встановлено вплив режимів процесу різання (радіуса вершини різця, подачі та глибини різання) на шорсткість обробленої діаметральної поверхні деталі «Корпус БА-01» при точінні на токарному верстаті;

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час проведення наукових досліджень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів.

**Публікація результатів.** Результати опубліковані у вигляді тез електронної наукової конференції [1].

# 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ "КОРПУС БА-01"

## 1.1 Сутність технічної проблеми

Виконання завдань, які поставлені темою роботи, допомагають в розробці декількох варіантів технологічного маршруту механічної обробки заданої деталі і спираючись на передові технології, інструмент, оснащення та обране обладнання для заданих умов виробництва (попередньо за масою деталі та заданим обсягом річного виготовлення – це умови середньосерійного типу) обрати найбільш техніко-економічно доцільний варіант і на його базі спроектувати ділянку механічного цеху. Виконання цієї роботи дозволить, в порівнянні з розглянутими прототипами, підвищити продуктивність праці, зменшити собівартість виробу, підвищити його якість, і, зокрема, підвищити гнучкість обладнання, що особливо важливо для умов дрібно- та середньосерійного типу виробництва, тому що в ньому, окрім заданої деталі, для забезпечення рекомендованої величини завантаження обладнання будуть оброблятися ще інші, подібні до заданої, деталі – таким обладнанням повинні бути спеціалізовані та багато інструментальні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Тому, доцільно для даного робочого місця застосувати засоби автоматизації основними цілями яких буде: підвищення продуктивності праці за рахунок впровадження верстатів з ЧПК, зниження часу виробництва, шляхом зменшення частки холостих переміщень і завдання більш жорстких характеристик протікання процесів, досягнення оптимальних умов проходження технологічного процесу за рахунок зменшення виконуваних функцій людиною.

Впровадження цих засобів дозволить, зменшити собівартість виробу, а також час на його обробку, підвищити його якість і, зокрема, підвищити гнучкість обладнання, що особливо важливо для умов дрібно та середньосерійного типу, тому що в ньому, окрім заданої деталі, для забезпечення рекомендованої величини завантаження обладнання будуть оброблятися ще інші, подібні до заданої деталі.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні вимоги на виготовлення [1]

Складається із ряду циліндричних поверхонь і містить цілий ряд точних діаметральних розмірів, а саме:  $\varnothing 48H8$ ,  $\varnothing 58h9$ . Зображення деталі наведено на рисунку 1.1.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична та торцева поверхня, що служить для її приєднання до механізму чи пристрою.

Допоміжні конструкторські бази деталі – це внутрішні циліндричні поверхні.

Дану деталь можливо обробляти на верстатах з ЧПК.

Суміщення технологічної і вимірюваної баз можливе.

На креслені деталі допустимі відхилення розмірів відповідають шорсткості (більш точні поверхні мають меншу шорсткість) їх можна забезпечити на верстатах звичайної та високої точності. Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Конструкція деталі в цілому технологічна, нетехнологічні елементи відсутні. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

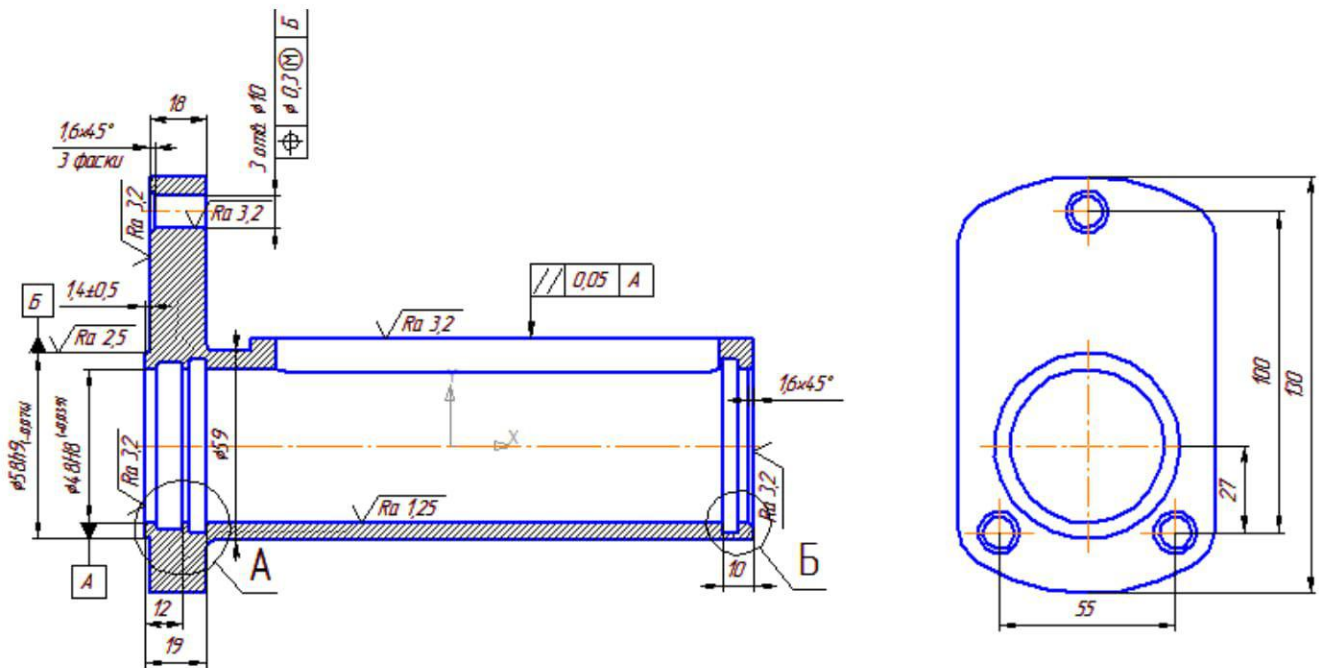


Рисунок 1.1 – Деталь “Корпус БА-01”

1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець» [2]

За конструкторськими ознаками деталь "Корпус БА-01" найбільш повно відноситься до класу фланців.

Типовий технологічний процес обробки деталі типу «Фланець» було розроблено на основі літературних даних [2].

При розробленні маршруту механічної обробки доцільно буде орієнтуватись на типовий технологічний процес для подібних деталей. Типізація технологічного процесу механічної обробки дозволяє застосовувати одноманітне обладнання для виготовлення деталей даного класу, скорочує кількість різних варіантів обробки до мінімуму в залежності від типу виробництва, скорочує строки проектування і покращує якість розробленого ТП.

Вид заготовки типової деталі: вилівок.

Матеріал типової деталі: СЧ20.

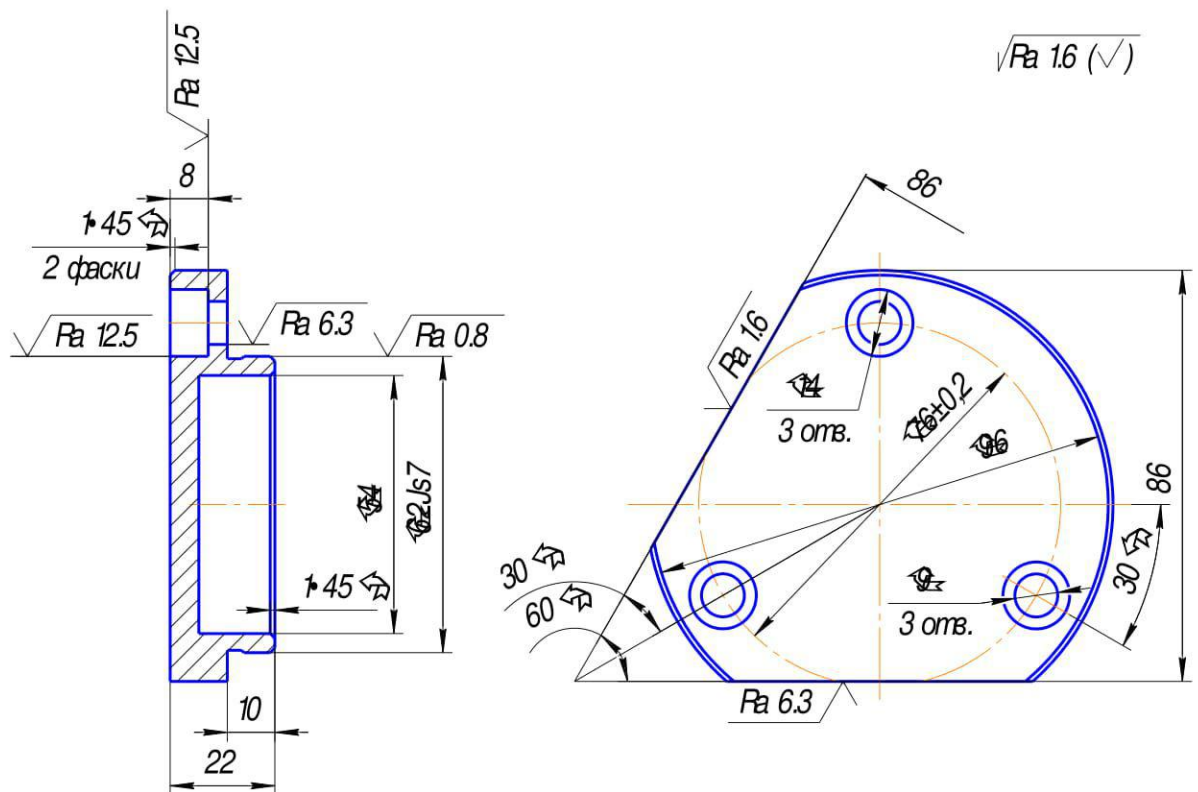


Рисунок 1.2 – Типова деталь типу «Фланець»

Таблиця 1.1 – Типовий маршрут механічної обробки деталі типу "Фланець"

№ операції	Найменування операції, і зміст технологічних переходів	Тип і модель верстата
1	2	3
005	Лиття	
010	Обробка і очистка вилівка	
015	Малярна	
020	Підрізати торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ і $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B=3$ і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний напівавтомат КТ141

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3
030	Свердлити й зенкерувати чотири отвори Ø9/ Ø14, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний верстат 21105H7Ф4
035	Затупити гострі кромки	Верстак механізований
040	Шліфувати поверхню Ø62 <sub>s</sub> 7 із підшліфовкою торця Ø96 <sub>s</sub> 7 остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ
045	Промити деталь	Машина для миття
050	Технічний контроль	
055	Нанесення антикорозійного покриття	

## 1.4 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Аналізуючи типовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01», який наведено у таблиці 1.1 відмітимо, що основним обладнанням є напівавтомати, що недоцільно в умовах середньоерійного виробництва. Тому, під час розробки удосконаленого маршруту механічної обробки намагатимусь застосовувати верстати з ЧПК. Це дозволить скоротити площу ділянки, кількість робітників, а також зменшити кількість різального і допоміжного інструментів та верстатних пристроїв.

Також недоліком типової технології є відносно велика кількість операції під час обробки деталі, коли це можна зробити на декількох верстатах ЧПК за меншу кількість операції, при цьому буде зменшена витрата часу на переустановку деталі

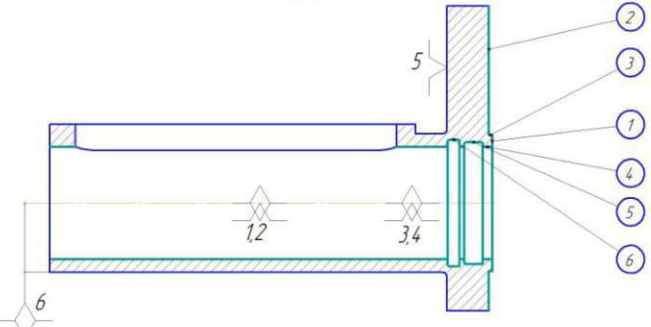
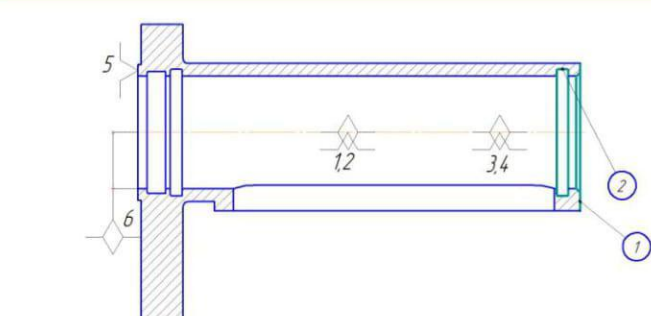
і до того ж деталь буде оброблятися за один установ, що значно зменшить похибку установлення.

### 1.5 Розробка модернізованого технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01»

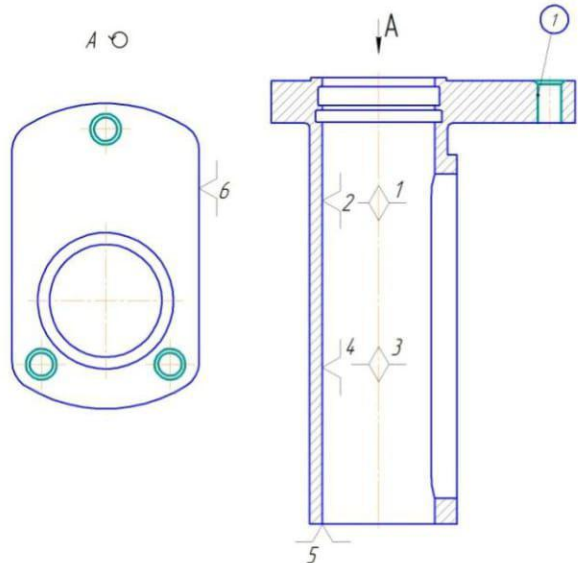
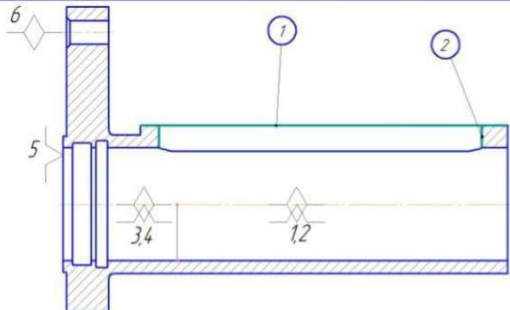
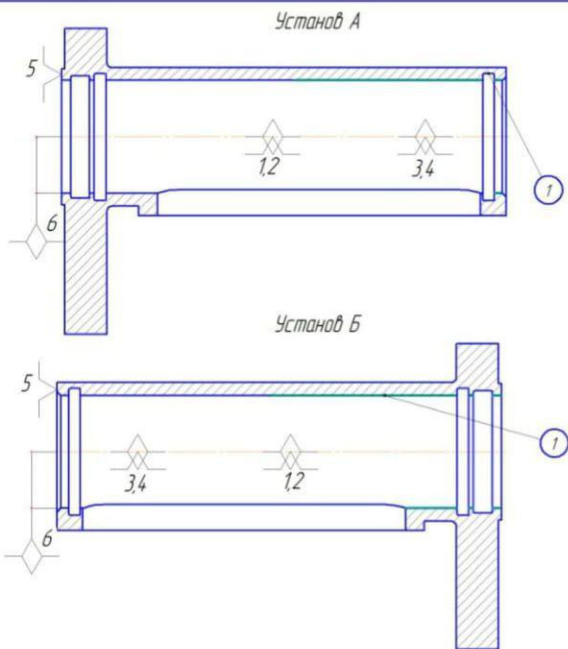
Базуючись на критичному аналізі прийнятого базового технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01», розробимо варіант модернізованого технологічного процесу:

Покажемо розроблений модернізований маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Модернізований маршрут механічної обробки деталі типу "Корпус БА-01"

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торці 1, 2 однократно та поверхню 3 попередньо.</li> <li>3. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 6 однократно.</li> <li>6. Точити 3 попередньо.</li> <li>7. Точити поверхню 3 остаточно.</li> <li>8. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>9. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34,0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Підрізати торець 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34,0Ф30

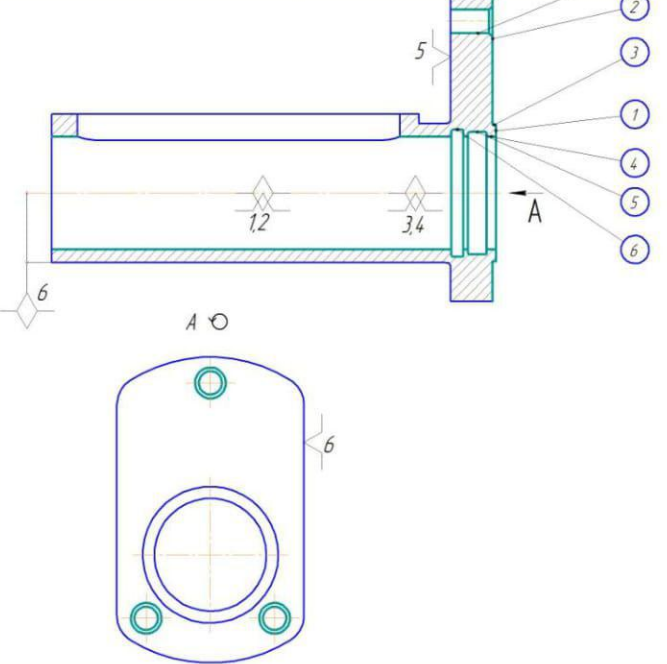
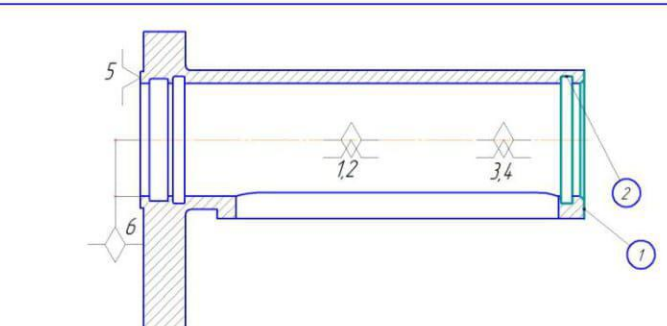
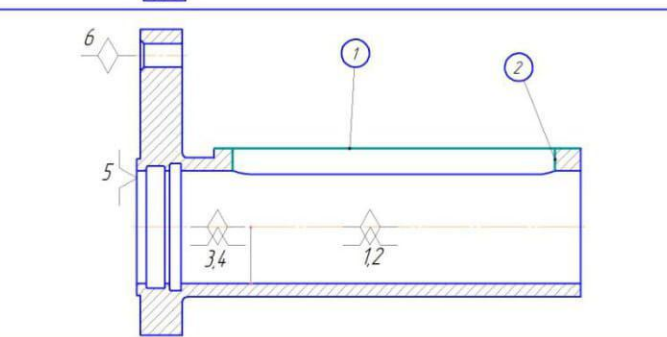
## Продовження таблиці 1.2

015	<p><b>Вертикально-свердильна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Центрувати 3 отвори 1.</li> <li>3. Свердлити 3 отвори 1.</li> <li>4. Зенкувати 3 отвори 1 однакратно.</li> <li>5. Зняти заготовку</li> </ol>		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2
020	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 та паз 2 однакратно.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6P13ФФ3
025	<p><b>Внутрішньошліфувальна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку Установ А</li> <li>2. Шліфувати поверхню 1 однакратно. Установ Б</li> <li>3. Шліфувати поверхню 1 однакратно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Внутрішньошліфувальний верстат з ЧПК моделі 3M227АФ2

Як альтернативний варіант можна розглянути маршрут механічної обробки представлений в таблиці 1.3



Таблиця 1.3 – Альтернативний варіант модернізації маршруту механічної обробки деталі типу "Корпус БА-01"

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Багатоцільова з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торці 1, 2 однократно та поверхню 3 попередньо.</li> <li>3. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 6 однократно.</li> <li>6. Точити 3 попередньо.</li> <li>7. Центрувати 3 отвори 7.</li> <li>8. Свердлити 3 отвори 7.</li> <li>9. Зенкувати 3 отвори 7 однократно.</li> <li>10. Точити поверхню 3 остаточно.</li> <li>11. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>12. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>13. Зняти заготовку.</li> </ol>		Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ПЧ.201Ф40
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Підрізати торець 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі ТВ.34.0Ф.30
020	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 та паз 2 однократно.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6Р13РФ3

## 1.6 Розробка технічного завдання на МКР

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудування необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## 2. Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалення технології механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» з урахуванням передових технологій і нових методів обробки подібних заготовок;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

## 3. Джерела розробки для виконання МКР

Джерела розробки: завдання на дипломний проект, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

При виконанні МКР в якості вихідних даних було задано:

- деталь типу «Корпус БА-01»;
- маса деталі  $m = 1,95$  кг;
- річна програма випуску розрахункового представника – 4500 шт.;
- приведена програма – 69384 шт.;
- матеріал деталі – сталь 30Л ГОСТ 977-88;

## 4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

## 5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.09.19 р.	20.09.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	1.09.19 р.	20.09.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	1.09.19 р.	24.11.19 р.	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	05.09.19 р.	30.11.19 р.	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	05.09.19 р.	30.11.19 р.	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.09.19 р.	04.12.19 р.	пояснювальна записка

6 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції

Максимальний термін окупності має становити не більше 5 років.

Орієнтовна річна потреба в продукції – 4500 шт.

7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

## 8. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів дослідницько-технологічної частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

## 9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Вимоги відсутні.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісна оцінка

Деталь «Корпус БА-01» відноситься до класу фланців. Складається із ряду циліндричних поверхонь і містить цілий ряд точних діаметральних розмірів, а саме:  $\varnothing 48H8$ ,  $\varnothing 58h9$ . Зображення деталі наведено на рисунку 1.1.

Виготовляється в умовах середньосерійного виробництва з матеріалу Сталь 30Л ГОСТ 1050-88. Заготовка отримується литтям, що дає змогу отримати максимально наближену конфігурацію деталі.

Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних, фрезерних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі технологічні операції. А поверхні з підвищеними вимогами точності мають отримуватися на шліфувальних верстатах, або верстатах з підвищеними вимогами точності.

Деталь відноситься до типу тіл обертання з призматичною фланцевою частиною, тому для обробки її поверхонь доцільно застосувати високопродуктивні методи обробки, такі як токарна, фрезерна та свердлильна механічні обробки.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення геометричної форми та розміщення поверхонь менші за відповідні показники верстатів – це не дає можливість забезпечити вимоги точності на обладнанні звичайної точності, а змушує застосовувати високоточне обладнання.

В якості базових поверхонь можуть використовуватись розвинені зовнішні торцьові поверхні та циліндричні поверхні.

Аналіз робочого креслення деталі показав, що основною конструкторською базою є зовнішні поверхня  $\varnothing 48H8$  та торець 18, що прилягає до даної поверхні.

Допоміжні конструкторські бази деталі – це торці 190h12, Ø58h9, Ø10, паз 17 та торець 33,5.

Вільною є зовнішня поверхня Ø59 та фаски.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є основні та допоміжні конструкторські бази (діаметральні розміри). До них ставиться вимога обробки по 8 та 9 квалітету з шорсткістю  $R_a = 1,25$  мкм та  $R_a = 2.5$  мкм .

Конструкція деталі в цілому технологічна. До нетехнологічних елементів можна віднести внутрішні канавки призначені для розташування ущільнювальних елементів. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпечені на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

### 2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Знайдемо коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.1)$$

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, [шт];

$Q_e$  – загальна кількість елементів, [шт].

Для розрахунку даного коефіцієнта створюється таблиця лінійних, діаметральних, кутових розмірів, різьб та інших конструктивних елементів в які

заносяться розміри, що вказані на кресленні деталі та відмічається які з них є уніфіковані. Результати аналізу заносяться до зведеної таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Лінійні, діаметральні, різьові розміри

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь
190*	Ø58	45* (4 пов.)	12,5 (8)*	
138	Ø48*			
11*	Ø59		3,2 (9)*	
12*	Ø10(3 отв.)*		2,5 (9)*	
19*	Ø52		1,25 (1)*	
1,4*	Ø54 (2 пов.)			
28*				
10*				
55*				
27*				
100*				
130*				
5*(2 пов.)				
8*				
17*				
38*				
33,5				
$\Sigma_{\text{заг.}} = 18$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 9$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 27$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 0$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 17$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 3$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 27$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 0$

Примітка: позначення «\*» мають уніфіковані розміри.

$$K_y = 51/58 = 0,879 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 / \bar{Ш}_{cp} ; \quad (2.2)$$

$$\bar{Ш}_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i}, \quad [\text{мкм}] \quad (2.3)$$

де  $Ш_i$  – шорсткість  $i$ -ої поверхні;

$n_i$  – кількість поверхонь з шорсткістю  $Ш_i$ . Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Відповідно до наведених даних отримаємо:

$$\bar{Ш}_c = 152,55 / 27 = 5,65$$

$$K_{ш} = 1 / 5,65 = 0,177 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,25	1 (48Н8)	$1,25 \cdot 1 = 1,25$
2,5	9	$2,5 \cdot 9 = 22,5$
3,2	9	$3,2 \cdot 9 = 28,8$
12,5	8	$12,5 \cdot 8 = 100$
Всього:	27	152,55

3) Коефіцієнт точності визначається (таблиця 2.3):

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.4)$$



$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.5)$$

де  $T_i$  – квалітет точності  $i$ -го розміру;

$n_i$  – кількість розмірів з квалітетом  $T_i$  ..

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
8	1 (48H8)	$8 \cdot 1 = 8$
9	1 (49h9)	$9 \cdot 1 = 9$
12	1 (190h12)	$12 \cdot 1 = 12$
14	15	$14 \cdot 15 = 210$
Всього	18	239

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 239 / 18 = 13.28$$

$$K_T = 1 - 1/13.28 = 0,92$$

За даним показником деталь є також технологічною. Отже, деталь "Корпус БА-01" технологічна за якісними і кількісними показниками.

## 2.2 Попереднє визначення типу та організації форми виробництва

Тип виробництва [4] визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} \quad (2.6)$$

де  $\sum O_i$  – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$  – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} \leq 1$  – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$  – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$  – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$  – дрібносерійне виробництво;

$40 < K_{з.о.}$  – одиничне виробництво.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “ Корпус БА-01” – це розточування циліндричної поверхні  $\varnothing 48H8$ , підрізання торця 18 та фрезерування пазу 17.

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки  $T_{осн}$ , для кожного переходу формули для розрахунку записані в таблицю 2.4. Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \quad [хв] \quad (2.7)$$

де  $\varphi_K$  – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, [шт.] \quad (2.8)$$

де  $N = 4500$  шт. – річна програма випуску деталі “ Корпус БА-01”;  $T_{шт.к.}$  – штучно-калькуляційний час, хв;  $F_d$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_d = 2040$  год);  $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,8$ ).

Наприклад, при попередньому точінні поверхні  $\varnothing 48H8$  отримаємо:

$$C_{p1} = \frac{4500 \cdot 0.81}{60 \cdot 2040 \cdot 0.8} = 0.037$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийнятну кількість верстатів Р (по одному верстату на кожне робоче місце).

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.9)$$

де  $C_{pi}$  – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;  $P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці визначаються:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.10)$$

де  $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;  $\eta_{з.ф.i}$  – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на  $i$ -ій операції.

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\sum O_i$ :

$$\sum O_i = 21,6 + 7,74 + 31,14 + 14,72 + 15,92 = 91,11$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$ . Відповідно коефіцієнт закріплення  $K_{з.о}$ :

$$K_{з.о} = 91,11 / 5 = 18,22$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.4. Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – середньо серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів  $N_\partial$  і розрахункової добової продуктивності лінії  $Q_\partial$ . Якщо  $N_\partial < Q_\partial$ , то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_d = \frac{N}{254} [\text{шт.}], \quad (2.11)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$T_{\text{шт-к}_{\text{сер}}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к}_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.12)$$

де  $T_{\text{шт-к}_i}$  – штучно-калькуляційний час виконання  $i$ -го переходу, хв.;  $\sum n_i$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт-к}_i} = (0,81 + 2,25 + 0,56 + 1,18 + 1,09) / 5 = 1,18 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{1,18 \cdot 0,8} = 1009 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	$T_{\text{очн}}$ , хв	$\Phi_k$	$T_{\text{шт.к.}}$ , хв	$C_p$	$P$	$\eta_{\text{з.ф.}}$	$O$	$K_{\text{з.о.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Розточити поверхню Ø48Н8 попередньо	0,62	1,3	0,81	0,037	1	0,037	21,60	18,22
2	Розточити поверхню Ø48Н8 попередньо	1,73	1,3	2,25	0,103	1	0,103	7,74	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Розточити поверхню Ø48H8 остаточно	0,43	1,3	0,56	0,026	1	0,026	31,14	
4	Точити торець 130*80 однократно	0,91	1,3	1,18	0,054	1	0,054	14,72	
5	Фрезерувати паз 17*138	0,81	1,35	1,09	0,050	1	0,050	15,92	
6	Всього	4,50		5,89		5		91,11	

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{4500}{254} = 18 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.13)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (4 дні).

$$n = \frac{4500 \cdot 4}{254} = 71 \text{ (шт.)}$$

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 71 штук.

## 2.3 Розробка маршруту механічної обробки заготовки

2.3.1 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу одержання заготовки з розробкою 3D моделі заготовки

Таблиця 2.5 – Порівняльна характеристика різних способів виготовлення заготовки деталі типу «Корпус БА-01»

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливки	Маса виливки	Товщина стінок, мм	Досягнення точності розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні	Коеф. використання матеріалу заготовки
В піщано-глинисті форми	Одиничне, серійне	Сірий чавун, ковкий чавун, сталь	10...1000	>3	14...17	320...80	0,55...0,7
В облицьований кокіль	Серійне	Сталь, чавун, кольорові метали	0,1...50	>3	12..15	80..20	0,71..0,75
В оболонкові форми	Серійне, масове	Чавун, вуглецева і легована сталь, кольорові метали	0,1..80	2...4	12...15	160...20	0,85...0,9
Відцентрове лиття	Серійне, масове	Сірий чавун, сталь, мідні сплави	0,3...3000	4	13...15	80...20	0,7...0,8

Таблиця 2.6 – Якісна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
В піщано-глинисті форми	Для кожного вилівка виготовляється модель з елементами ливникових систем із дерева або металу. В роз'ємні опоки засипається формувальна суміш, в яку далі встановлюється модель. Потім модель виймають, опоки з'єднують між собою і заливають метал.	Можливість отримання заготовок будь-якого розміру та конфігурації. Мінімальні затрати на виготовлення заготовок. Можливість механізації та автоматизації процесу.	Тривалий і трудомісткий спосіб лиття, низька точність та велика шорсткість отриманих виливків.
В кокіль	На робочу поверхню металевої форми наноситься формувальна (облицювальна) суміш, яка забезпечує більш повільне охолодження металу при контакті з формою. Розплавлений метал заливається в багаторазову форму, остигає і кристалізується. Після застигання виливок виймається.	Мала трудомісткість, короткий цикл виготовлення, можливість механізації та автоматизації процесу. Точність 12 – 15 квалітету. Шорсткість 120 – 80 мкм	Обмежена по формі виливків, масі та розмірах, можливість виникнення ливарних дефектів (раковин, пустот) внаслідок швидкого охолодження металу.

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
В оболонкові форми	<p>Виготовляють дві напівформи товщиною 6-20 мм із формувальної суміші, що складається із піску та органічних зв'язуючих - термореактивних смол. Після зборки оболонкові форми поміщують в нероз'ємні опоки, які засипаються піском і дробом. Розплавлений метал заливають у форму. Після застигання вилівок вибивають з форми і направляють на наступну обробку.</p>	<p>Процес виготовлення може бути повністю механізований. Зменшення об'єму формуючої суміші в 10-20 разів. Зменшення обрубних і очисних робіт на 50%. Шорсткість <math>R_z = 20...10_{\text{мкм}}</math></p>	<p>Висока вартість зв'язуючої речовини. Формоутворення проводиться за допомогою більш дорогого металевого модельного оснащення.</p>
Відцентрове лиття	<p>При цьому способі метал повністю покриває стінки форми за рахунок дії відцентрових сил. При цьому неметалеві домішки, зосереджуються на внутрішній поверхні виливка. Потім вилівок охолоджують. Після застигання вилівок виймають із форми. Неметалеві домішки видаляються під час обробки різанням.</p>	<p>Можливо отримувати біметалеві заготовки. Шорсткість <math>R_z = 80...20_{\text{мкм}}</math> Неметалеві домішки зосереджуються на внутрішній поверхні виливка та видаляються при механічній обробці</p>	<p>Можливо використання для деталей циліндричної, або близької до неї форми без значного відхилення форми.</p>



Проаналізувавши різні способи отримання литих заготовок можна зробити висновок, що лиття в кокіль в даному випадку використовувати не доцільно. Враховуючи те, що дана деталь буде виготовлятися в умовах дрібносерійного виробництва обираємо такі способи отримання заготовки як: лиття в піщано-глинисті форми з машинною формовкою та лиття в піщано-глинисті форми з ручною формовкою.

2.3.1.2. Розрахунок розмірів заготовки для двох способів виготовлення заготовок

Таблиця 2.7 – Параметри точності методів лиття

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) Твердість не менше 90 одиниць		Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	6-11т	10	8-13т	12
Ступінь жолоблення елементів виливки	6-9	8	6-9	8
Ступінь точності поверхні виливка	9-16	14	12-18	16
Шорсткість поверхонь виливка	Ra= 40 мкм		Ra = 63 мкм	
Клас точності маси	5-13т	11	7-15	12
Ряд припусків	5-8	7	7-10	9

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з

врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво дрібносерійне і виливок середньої складності приймаємо середні значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка від 100 до 250 мм (190 мм), тип матеріалу – Сталь 30Л, термообробка – відпал:

– при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 8-13т (8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т). Приймаємо 10 клас розмірної точності.

– при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 8-13т (9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13). Приймаємо 12 клас розмірної точності.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 190 мм, найменший – 5 мм, отже, відношення –  $5/190 = 0,026$ . Також враховуємо те, що в процесі виготовлення заготовки використовуються разові форми (піщано-глинисті) і виливок потребує наступної термообробки відпалом:

– при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 6-9 (6, 7, 8, 9);

– при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 6-9 (6, 7, 8, 9).

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка від 100 до 250 мм (190 мм) і матеріал – Сталь 30Л:

– при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 9-16;

– при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 12-18.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

– при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 40 мкм;

– при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 63 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка від 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу Сталь

30Л.

- при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 5-13т;
- при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 7-15.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням: 5-8;
- при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням: 7-10.

Вибір допусків.

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо призначають напуски.

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують.

Призначаємо допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 10, ручна формовка – 12) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуски форми та розміщення поверхонь виливка (відхилення від прямолінійності, площинності, паралельності, перпендикулярності, заданого профілю) вибираються згідно з номінальним розміром та ступенем жолоблення елементів виливка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 8, ручна формовка – 8). За номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента виливку.

Допуск зміщення по площині роз'єднання вибирається на рівні класу розмірної точності виливка за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що виходить на лінію роз'єднання півформ або перетинаючи її. Тому перед вибором цієї величини потрібно абсолютно точно знати із скількох частин складається форма і де розміщена лінія роз'єднання. В нашому випадку площина

роз'єму проходить вздовж осі симетрії та впливає на всі розміри заготовки.

Допуск зміщення, що виникає внаслідок перекосу стержня при формуванні отворів у виливків, приймається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності вилівка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок вилівка, що формується з участю стержня. В нашому випадку це  $\varnothing 48H8$ . Призначається на 2 класи точніше класу розмірної точності (приймаємо: лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 9, лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) – 11) по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які формуються за участю стержня, в нашому випадку розмір найбільш тонкої стінки становить: для розміру  $\varnothing 48H8 (59-48)/2 = 4,5$  мм для обох способів виготовлення заготовки.

Допуск нерівностей (шорсткостей) поверхонь вилівка вибирається в залежності від ступеня точності поверхонь вилівка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 14, лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) – 16).

Допуск маси призначається в залежності від маси вилівка та класу точності маси вилівка (лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 11, лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) – 12).

Вибір припусків.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [2]:

- при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка) мінімальний припуск (для ряду припусків 7) 0,8 мм;
- при литті в піщано-глинисті форми (ручна формовка) (для ряду припусків 9) – 1,2 мм.

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні вилівка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента вилівка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [2]:

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками розмірів деталі і вилівка;

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка):

$$\text{Для розміру } \varnothing 48\text{H}8^{(+0,039)} \quad \frac{T_{дет}}{T_{вил}} = \frac{0,039}{2,4} = 0,01625. \text{ Приймаємо 4 переходи}$$

механічної обробки.

$$\text{Для розміру } \varnothing 190\text{h}12^{(-0,46)} \quad \frac{T_{дет}}{T_{вил}} = \frac{0,46}{3,6} = 0,128 \quad \text{Приймаємо 2 переходи}$$

механічної обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка):

$$\text{Для розміру } \varnothing 48\text{H}8^{(+0,039)} \quad \frac{T_{дет}}{T_{вил}} = \frac{0,039}{5,0} = 0,0078. \text{ Приймаємо 4 переходи}$$

механічної обробки.

$$\text{Для розміру } \varnothing 190\text{h}12^{(-0,46)} \quad \frac{T_{дет}}{T_{вил}} = \frac{0,46}{7,0} = 0,066 \quad \text{Приймаємо 2 переходи}$$

механічної обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск вилівка, від кінцевої обробки і ряд припуску.

Розрахунок розмірів заготовки

При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Таблиця 2.8 – Вибір допусків та припусків для лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)	$\varnothing 48H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 190h12_{(-0,46)}$	19	33,5
Допуски розмірів	2,4	3,6	2,0	2,2
Допуск форми чи розміщення	0,64	1,0	0,64	0,64
Допуски зміщення по площині роз'єму	1,4	1,4	1,4	1,4
Допуск зміщення через перекос стержня	1,1	-	-	-
Допуски маси	24%			
Допуски нерівностей	1,0			
Загальний допуск	3,2	4,4	2,8	2,8
Припуск мінімальний	0,8			
	Кількість переходів механічної обробки			
По точності розмірів	4	2	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1
Прийнята кількість переходів	4	2	1	1
Припуск загальний	4,9	4,9	2,6	2,6
Розміри заготовки	38,2	199,8	23,9	36,1

Таблиця 2.9 – Вибір допусків та припусків для лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)	$\varnothing 48H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 190h12_{(-0,46)}$	19	33,5
Допуски розмірів	5,0	7,0	4,0	4,4
Допуск форми чи розміщення	0,64	1,0	0,64	0,64
Допуски зміщення по площині роз'єму	2,8	2,8	2,8	2,8
Допуск зміщення через перекос стержня	2,2	-	-	-
Допуски маси	32%			
Допуски нерівностей	1,6			
Загальний допуск	6,4	8,0	5,0	5,0
Припуск мінімальний	1,2			
	Кількість переходів механічної обробки			
По точності розмірів	4	2	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1
Прийнята кількість переходів	4	2	1	1
Припуск загальний	8,8	8,3	4,3	4,3
Розміри заготовки	30,4	206,6	27,3	37,8

Вибір товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів та інших конструктивних елементів литої заготовки

Товщина стінок

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття.

Визначаємо приведений габаритний розмір заготовки

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{4} = \frac{(2 \cdot 0,1998 + 0,08 + 0,13)}{4} = 0,1524 \text{ (м)}.$$

Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{4} = \frac{(2 \cdot 0,2066 + 0,08 + 0,13)}{4} = 0,1558 \text{ (м)}.$$

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [2] в залежності матеріалу, маси виливка, і від способу лиття.

Для лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) – 8 мм,

Для лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) – 8 мм.

Мінімальна товщина стінки при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка) складає 8 мм. Згідно виконаних розрахунків (див. табл. 3.4) при виготовленні виливка отримуємо такі мінімальні товщини стінок:  $(59 - 38,2) / 2 = 10,4$  мм. Це значення є більшими за мінімальну товщина стінки (8 мм), тому вони можуть бути виготовлені у виливку.

Мінімальна товщина стінки для лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) складає 8 мм. Згідно виконаних розрахунків (див. табл. 3.5) при виготовленні виливка ми отримуємо такі товщини стінок:  $(59 - 30,4) / 2 = 14,3$  мм. Це значення є більшими за мінімальну товщина стінки (8 мм), тому вони можуть бути виготовлені у виливку.

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин,



якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [2] вибираємо в залежності від співвідношення  $(S+S_1)/2$  і від матеріалу вилівка.

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{(59 - 38,2) / 2 + 21,6}{2} = 16 \text{ (мм)}.$$

Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{(59 - 30,4) / 2 + 23,3}{2} = 18,8 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо радіуси заокруглень 12 мм.

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям [2] – 1 - 3 °.

При використанні піщано-глинистих сумішей і металевих комплексу та відношенні  $d > h$  приймаємо кут нахилу  $1^\circ 13'$ .

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S \text{ (мм)},$$

де  $d_0$  – вихідний діаметр;  $S$  – товщина стінки, мм.

Для сталі  $d_0 = 10$  мм, тому

лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

$$d_{min} = 10 + 0,1 \cdot (59 - 38,2) / 2 = 11,04 \text{ (мм)}.$$

лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

$$d_{min} = 10 + 0,1 \cdot (59 - 30,4) / 2 = 11,43 \text{ (мм)}.$$

Для обох варіантів лиття мінімальний розмір отвору більше за гранично допустимий, а відтак – проливається.

### 3.3 Оформлення двох ескізів заготовки

Оскільки обидва способи - це лиття в піщано-глинисті форми, то суттєвої різниці в заготовках немає, вони відрізняються лише розмірами (див. таблиці 3.4 і 3.5), а не формою.

Призначення технічних вимог на заготовку отриману литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

1. Точність вилівка 10 – 8 – 14 – 7 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2 – 1,8 – 0,4 – 4,2 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 12 мм, формувальні нахили – 1-2<sup>0</sup>.

Призначення технічних вимог на заготовку отриману литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням.

1. Точність вилівка 12 – 8 – 16 – 9 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2 – 2,8 – 0,4 – 5,2 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 12 мм, формувальні нахили – 1-2<sup>0</sup>.

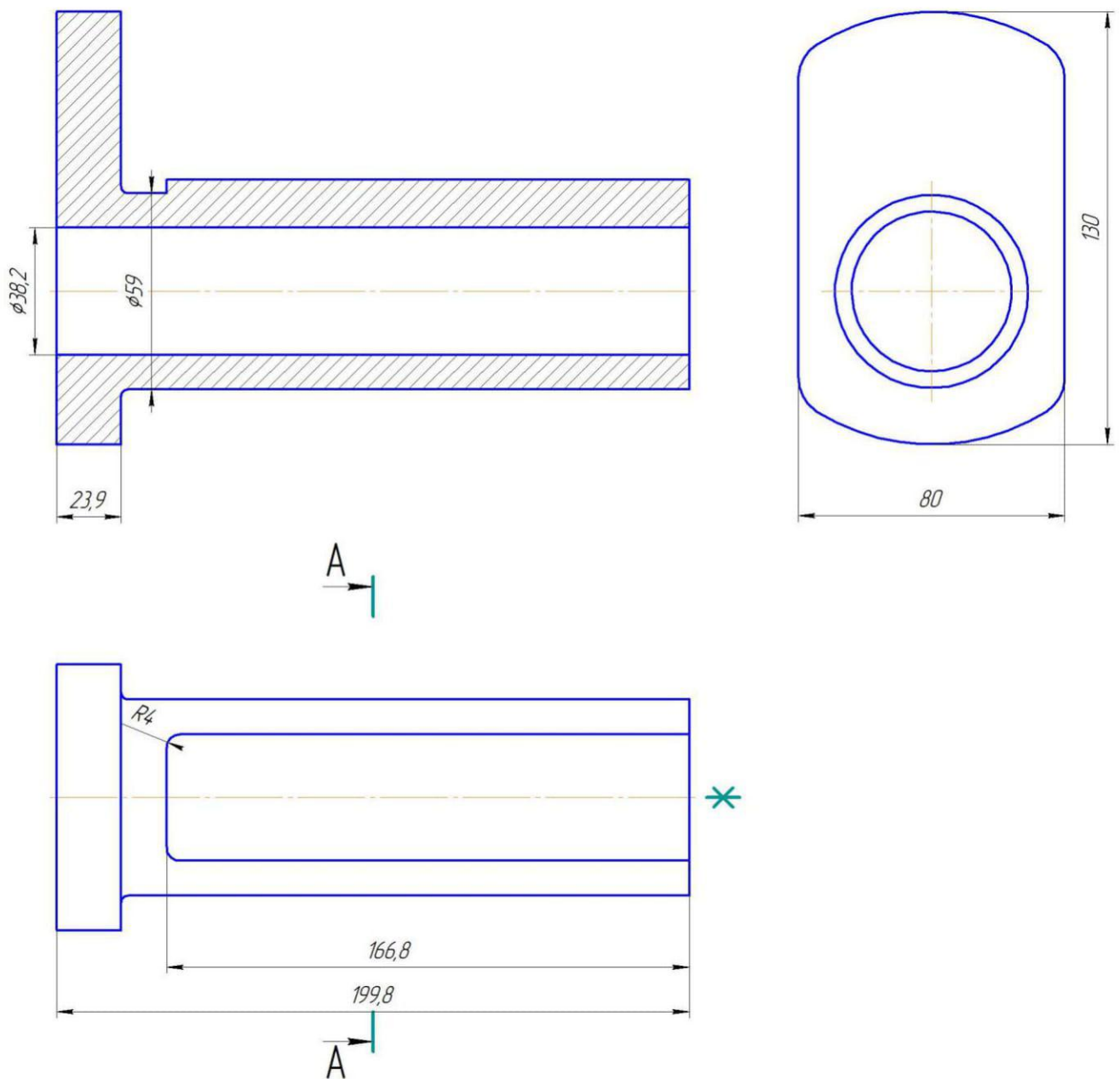


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки для виготовлення литтям (ескіз для лиття в піщано-глинисті форми з машинним та ручним формуванням)

Визначення маси заготовки проводимо за допомогою програми КОМПАС 3D методом побудови 3D-моделі. Для піщано-глинистих форм з машинним формуванням маса заготовки  $m = 4,2$  кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки для лиття з машинним формуванням

$$K_{mm} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}} = \frac{1,95}{4,2} = 0.46$$

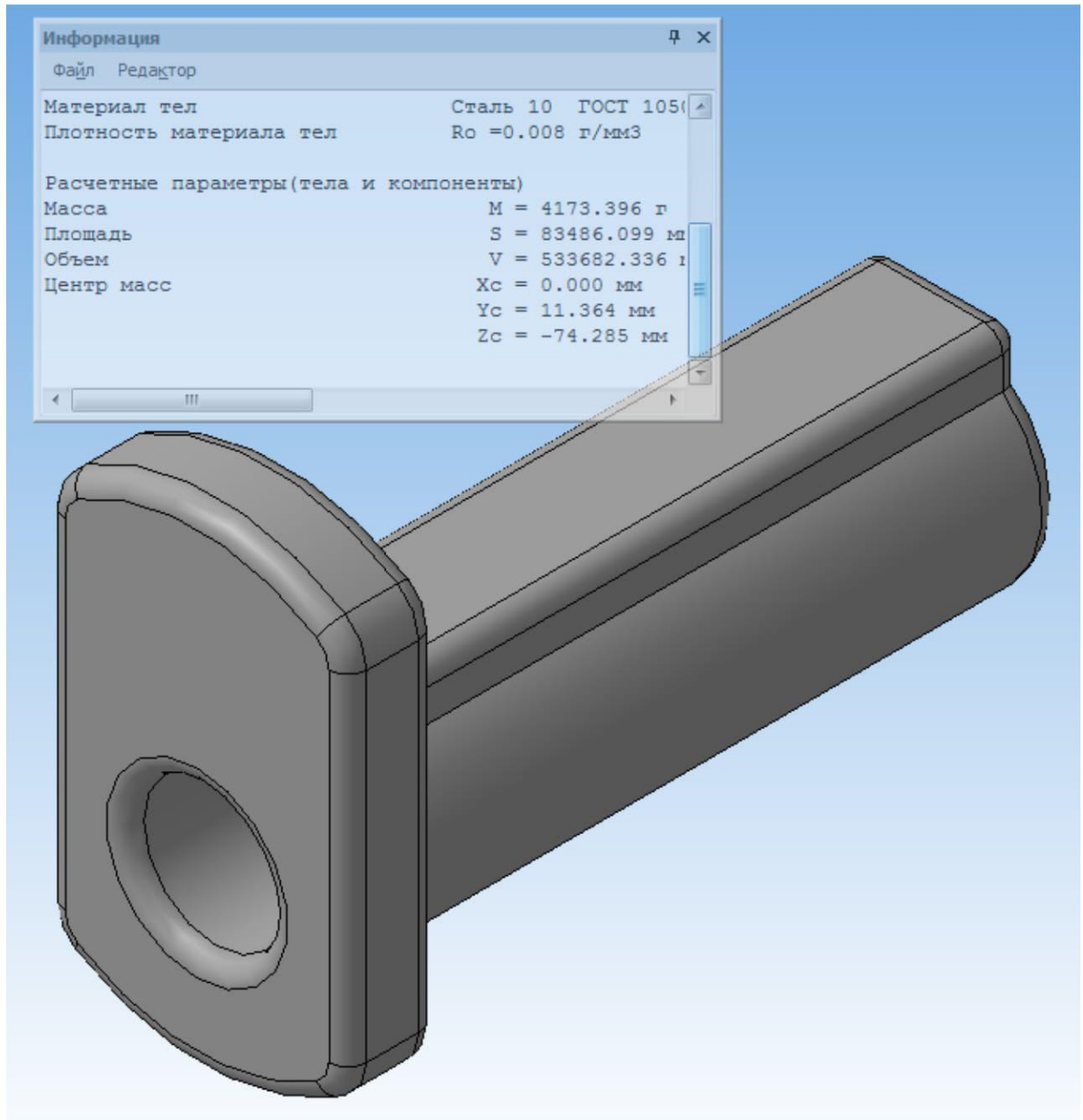


Рисунок 2.2 – Виготовлення заготовки литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Для піщано-глинистих форм з ручним формуванням маса заготовки  $m = 5,2$  кг.

Визначаємо коефіцієнт використання маси заготовки для лиття з ручним формуванням

$$K_{mm} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}} = \frac{1,95}{5,2} = 0.375$$

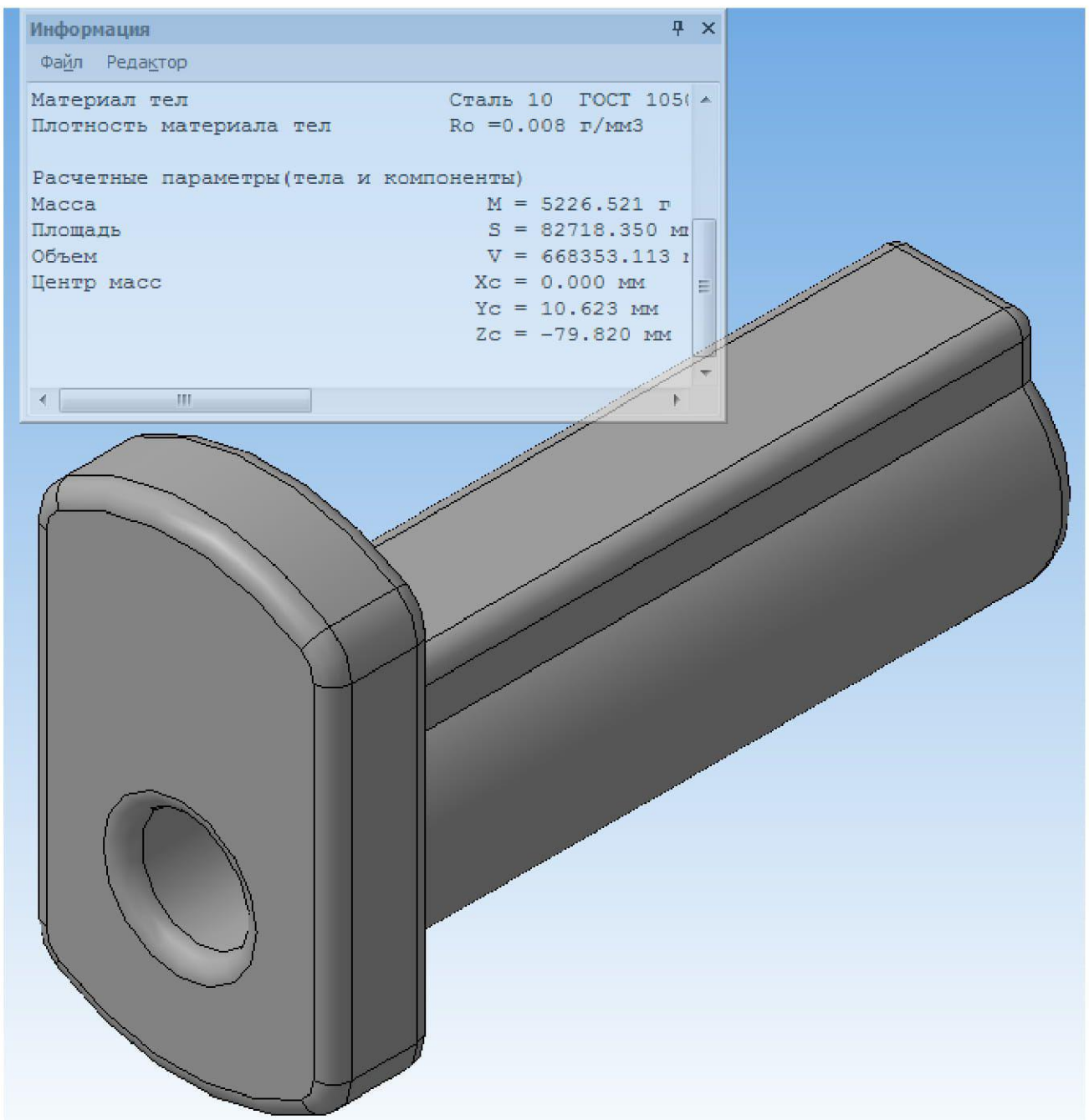


Рисунок 2.3 – Виготовлення заготовки литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

Розраховуємо вартість литих заготовок

Вартість отримання заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$C_{\text{заг.піщ.-гл.}} = \frac{Q_{\text{заг}} * C_{\text{лит}} * K_m * K_M * K_C * K_B * K_{II}}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дем}})}{1000} C_{\text{від}}$$

[гр.о.]

де  $C_{ум} = 15600$ ;  $Q_{заг} = 4,2$  кг;  $K_m = 1,05$ ;  $K_M = 1,22$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_B = 0,8$ ;  $K_{II} = 0,93$ ;  $C_{від} = 350$

$$C_{заг.ліц.-гл.} = \frac{4,2 * 15600 * 1,05 * 1,22 * 1 * 0,8 * 0,93}{1000} - \frac{(4,2 - 1,95)}{1000} * 350 =$$

$$= 61,65 \text{ (гр. о.)}$$

Для випадку отримання заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням  $C_{ум} = 15600$ ;  $Q_{заг} = 5,2$  кг;  $K_M = 1,22$ ;  $K_m = 1,0$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_B = 0,8$ ;  $K_{II} = 0,93$ ;  $C_{від} = 350$

$$C_{заг.ліц.-гл.} = \frac{5,2 * 15600 * 1,0 * 1,22 * 1 * 0,8 * 0,93}{1000} - \frac{(5,2 - 1,95)}{1000} * 350 =$$

$$= 72,49 \text{ (гр. о.)}$$

Оскільки додаткових операцій для доведення заготовок до однакового стану не потрібно, то їх порівнянна собівартість становитиме: для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 61,65 гр.о.; для лиття з ручним формуванням – 72,49 гр.о.

Порівнявши аналіз собівартості виготовлення заготовки вибираємо спосіб виготовлення заготовки лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням так як це економічно доцільніше.

### 2.3.2 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [3]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_{\text{д}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdots \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdots \frac{T_n}{T_{\text{д}}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdots \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.14)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_{\text{д}}$ , – допуск деталі.

$T_3$ , – допуск заготовки;

$T_i$  – окремого ступеня обробки.

Створюючи маршрут обробки поверхні виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе. Відповідно до наведених вище вимог визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору  $\varnothing 48\text{H}8$ , враховуючи, що допуск точності заготовки складає 3,2 мм:

$$\varepsilon = 3,2 / 0,039 = 82,05.$$

Прийmemo

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 5; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,1.$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_5 = \varepsilon / (\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4) \quad (2.15)$$

Тобто

$$\varepsilon_4 = 82,05 / (6 \cdot 4 \cdot 2,5) = 1,1$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 3,2 / 6 = 0,534 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,534/5 = 0,107 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,107/2,5 = 0,043 \text{ (мм)}$$

$$T_4 = 0,043/1,1 = 0,039 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (14 квалітет точності); точіння попереднє (11 квалітет точності); точіння остаточне (9 квалітет точності) та шліфування остаточне (8 квалітет точності).

Зведемо для всіх поверхонь результати розрахунку кількості переходів і способів обробки поверхонь в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Зміст та кількість переходів для обробки поверхонь

Поверхня	Кількість переходів	Зміст переходів
45H8	4	1) точіння чорнове 2) точіння чистове 3) шліфування попереднє 4) шліфування остаточне
Ø58h9	3	1) ) точіння чорнове 2) точіння напівчистове 3) точіння чистове

Решта поверхонь обробляється по 14 квалітету і може бути отримано за 1 перехід.

### 2.3.3 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування на розтискну самоцентруючу оправку (рис. 2.4а).

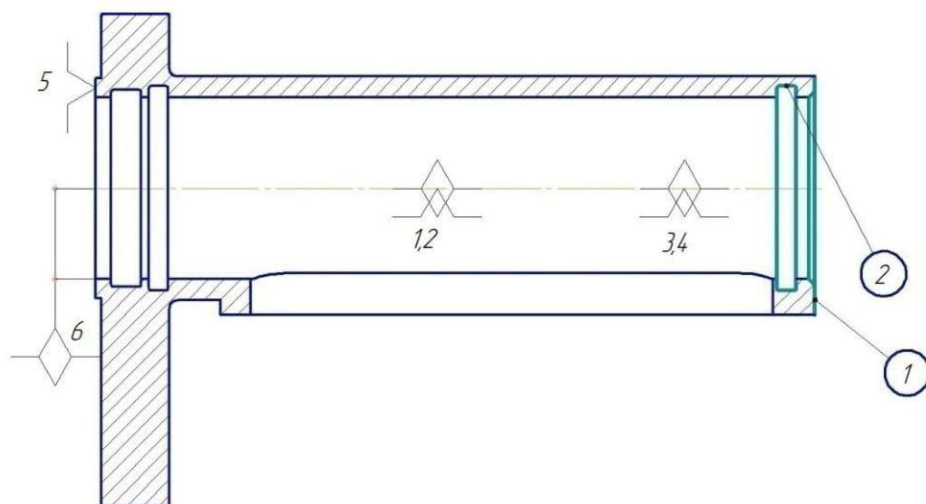


При такій схемі базування похибка базування рівна нуля для всіх отримуваних розмірів та дозволяє забезпечити всі вимоги до взаємного розташування і форми поверхонь оскільки:

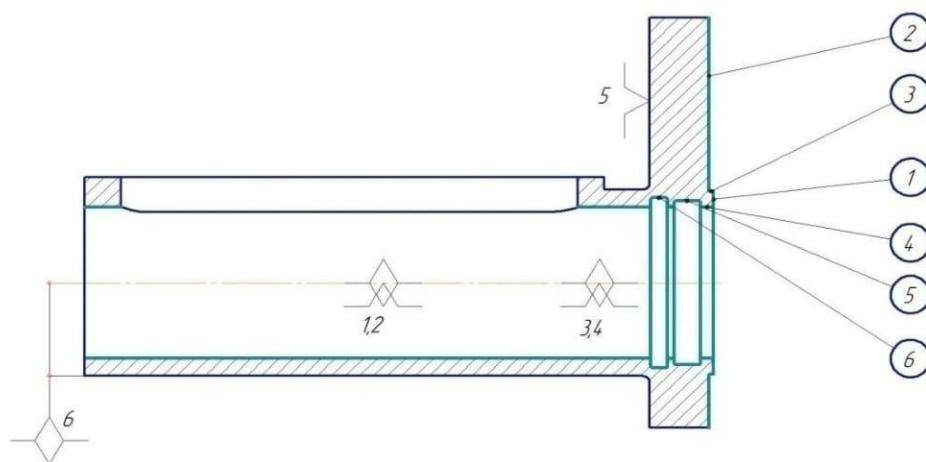
1) для лінійних розмірів 12, 18, 19, 10, 100, 27 – обробка відбувається з одного установка;

2)  $\varnothing 48H8$ ,  $\varnothing 58h9$ ,  $\varnothing 10$  – обробка діаметральних поверхонь (в цьому випадку похибка базування рівна нулю);

3) для допусків розташування похибка базування дорівнює нулю, оскільки обробка відбувається з одного установка, або по причині співпадіння конструкторських і технологічних баз.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Чистові (а) та чорнові (б) технологічні бази

Для чорнових технологічних баз вибрано схему базування в трикулачковий самоцентрувальний патрон. Під час вибору чорнових баз розв'язується задача забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями, а саме забезпечується концентричність отвору  $\varnothing 48H8$  і зовнішньої необробленої поверхні  $\varnothing 59$  та розмір 18 (рис. 2.4б).

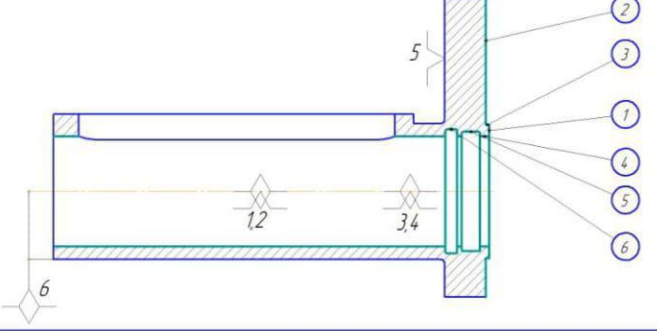
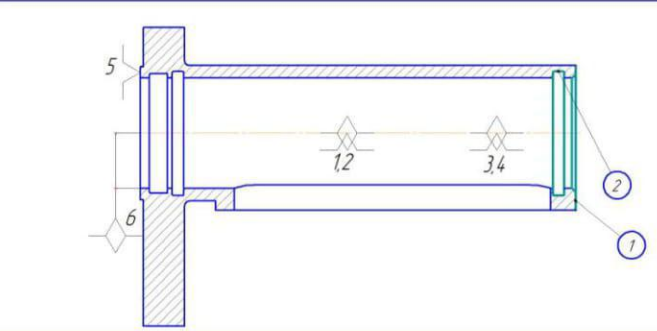
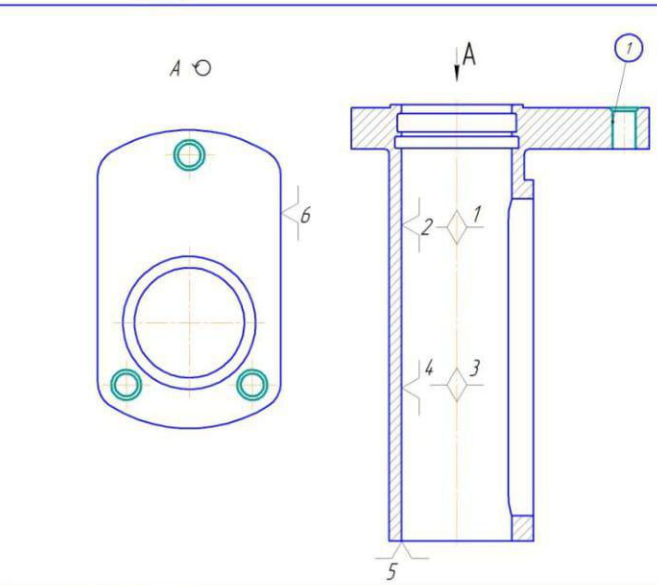
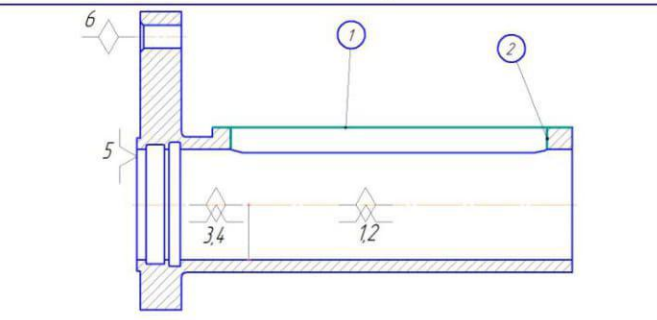
Оскільки в процесі виготовлення необхідно отримувати отвори зміщені відносно осі, то можна застосувати свердлильний верстат і виділити обробку отворів в окрему операція, або використати обладнання (токарне) з можливістю свердління неосьових отворів. Крім того, обладнання повинно володіти здатністю обробляти поверхні підвищеної точності - це верстати класу П (підвищена точність). Ще однією вимогою до обладнання є кількість інструменту, що може розміщуватись в інструментальному магазині. Таким чином, на основі вище викладеного, для обробки деталі "Корпус БА-01" доцільно застосовувати токарно-револьверні верстати підвищеної точності з максимальним діаметром оброблюваної деталі більшим за 150 мм.

#### 2.3.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу

Як бачимо із креслення деталі (рис. 1.1) у даному випадку ми маємо декілька точних поверхонь із певними вимогами розташування відносно баз. Ці вимоги точності та розташування поверхонь ми повинні досягти при обробці. Тому, розробимо два альтернативних маршрути механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01», виходячи із техніко-економічних міркувань та креслення деталі та враховуючи технологічні можливості виробництва.

Покажемо їх у вигляді таблиць 2.11 та 2.12.

Таблиця 2.11 – Запропонований маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» (варіант 1)

№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торці 1, 2 однократно та поверхню 3 попередньо.</li> <li>3. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 6 однократно.</li> <li>6. Точити 3 попередньо.</li> <li>7. Точити поверхню 3 остаточно.</li> <li>8. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>9. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Підрізати торець 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
015	<p><b>Вертикально-свердильна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Центрувати 3 отвори 1.</li> <li>3. Свердлити 3 отвори 1.</li> <li>4. Зенкувати 3 отвори 1 однократно.</li> <li>5. Зняти заготовку</li> </ol>		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2
020	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 та паз 2 однократно.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6Р13РФ3

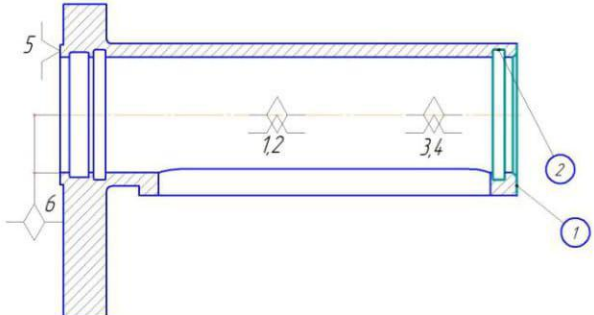
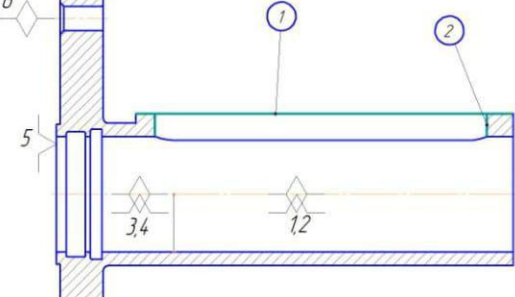
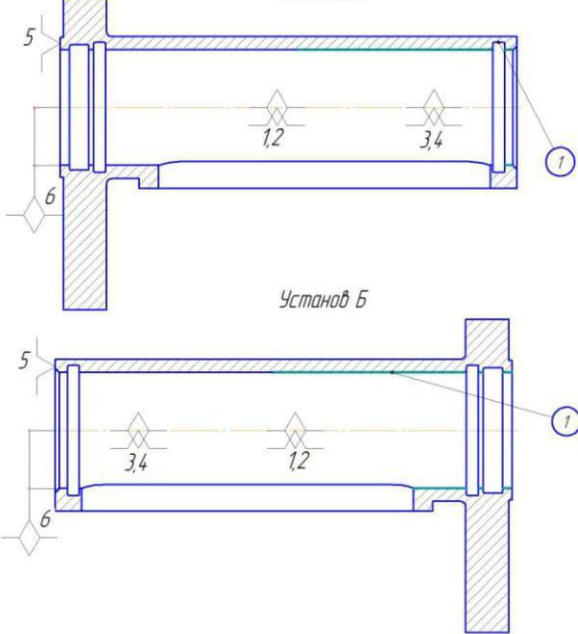
## Продовження таблиці 2.11

025	<p><b>Внутрішньошлифувальна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку Установ А</li> <li>2. Шлифувати поверхню 1 однократно. Установ Б</li> <li>3. Шлифувати поверхню 1 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Внутрішньошлифувальний верстат з ЧПК моделі ЗМ227АФ2
-----	---	--	--

Таблиця 2.12 – Запропонований маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» (варіант 2)

№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема базування деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<p><b>Багатоцільова з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торці 1, 2 однократно та поверхню 3 попередньо.</li> <li>3. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 6 однократно.</li> <li>6. Точити 3 попередньо.</li> <li>7. Центрувати 3 отвори 7.</li> <li>8. Свердлити 3 отвори 7.</li> <li>9. Зенкувати 3 отвори 7 однократно.</li> <li>10. Точити поверхню 3 остаточно.</li> <li>11. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>12. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>13. Зняти заготовку.</li> </ol>		Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі 1П4.20ПФ40

## Продовження таблиці 2.12

010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Підрізати торець 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
020	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 та паз 2 однократно.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6Р13РФ3
025	<p><b>Внутрішньошліфувальна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку Установ А</li> <li>2. Шліфувати поверхню 1 однократно. Установ Б</li> <li>3. Шліфувати поверхню 1 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Внутрішньошліфувальний верстат з ЧПК моделі 3М227АФ2

2.3.5 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів по мінімуму приведених витрат

Критерієм оптимальності маршруту механічної обробки є забезпечення найменших витрат. Тому із розроблених двох альтернативних варіантів потрібно вибрати той, що забезпечить меншу цехову собівартість.

Цехова собівартість (грн) операції механічної обробки складає:

$$C_o = \frac{C_{п-в} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_b}, [\text{грн}] \quad (2.16)$$

де  $C_{п-в}$  – цехові годинні приведені витрати, грн/год;  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час виконання операції, хв,  $k_b$  – коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні  $k_b = 1,05$ ).

Значення  $C_{п-в}$  для моделей металорізальних верстатів, що використовуються для виготовлення деталі наведено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Годинні приведені затрати

Модель верстату	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$ , коп/год
1П420ПФ40	48,1
1В340Ф30	39,0
2Р135Ф2	36,5

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = C_{п.з.} \cdot T_{шт} / (60 \cdot K_b) [\text{грн.}], \quad (2.17)$$

де  $K_b$  – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3.

$T_{шт}$  - штучний час на виконання операції. Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Нормуються операції, які відрізняються у різних варіантах маршруту механічної обробки, тобто операції 010 і 015 у другому варіанті та операція 010 у першому варіанті маршруту механічної обробки.

Таблиця 2.14 – Основний час на виконання операцій першого та другого маршрутів механічної обробки

№	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{\text{очн}} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{\text{очн}}$ , хв	$\varphi_k$	$T_{\text{шт.к.}}$ , хв
1-й варіант маршруту механічної обробки						
005	2. Точити торці 1 і 2 однократно, поверхню попередньо.	$0,045D_1(D_1 - d_1) + 0,045D_2(D_2 - d_2) + 0,075D_3l_3$	$D_1=168,$ $d_1=58; D_2=58,$ $l_2=48;$ $D_3=58, l_3=1,4$	0,864	1,3	4,83
	3. Розточити поверхню попередньо	$0,068Dl$	$D=48$ $l=190$	0,62		
005	4. Розточити поверхню однократно	$0,068Dl$	$D=52$ $l=8$	0,029	1,3	4,83
	5. Розточити поверхню однократно		$D=54$ $l=5$	0,018		
	6. Точити поверхню попередньо.	$0,175Dl$	$D=58$ $l=1,4$	0,014		
	7. Точити поверхню остаточно	$0,052Dl$	$D=58$ $l=1,4$	0,004		
	8. Розточити поверхню попередньо	$0,19Dl$	$D=48$ $l=190$	1,733		
	9. Розточити поверхню остаточно	$0,047Dl$	$D=48$ $l=190$	0,429		
	2. Центрувати 3 отвори 1	$0,56Dl$	$D=4$ $l=5$	0,011		
Свердлити 3 отвори 1.	$0,56Dl$	$D=10$ $l=18$	0,1			

Продовження таблиці 2.14

№	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{\text{очн}} \cdot 10^{-3}$ хв	Параметри обробки, мм	$T_{\text{очн}}$ , хв	$\varphi_k$	$T_{\text{шт.к.}}$ , хв
2-й варіант маршруту механічної обробки						
005	2. Точити торці 1 і 2 однократно, поверхню 3 попередньо.	$0,045D_1(D_1 - d_1) + 0,045D_2(D_2 - d_2) + 0,075D_3l_3$	$D_1=168, d_1=58; D_2=58, l_2=48; D_3=58, l_3=1,4$	0,864	1,3	4,97
	3. Розточити поверхню 4 попередньо	$0,068Dl$	$D=48, l=190$	0,62		
	4. Розточити поверхню 5 однократно	$0,068Dl$	$D=52, l=8$	0,029		
	5. Розточити поверхню 6 однократно		$D=54, l=5$	0,018		
	6. Точити поверхню 3 попередньо.	$0,175Dl$	$D=58, l=1,4$	0,014		
	7. Точити поверхню 3 остаточно	$0,052Dl$	$D=58, l=1,4$	0,004		
	8. Розточити поверхню 4 попередньо	$0,19Dl$	$D=48, l=190$	1,733		
	9. Розточити поверхню 4 остаточно	$0,047Dl$	$D=48, l=190$	0,429		
	10. Центрувати 3 отвори 1	$0,56Dl$	$D=4, l=5$	0,011		
	11. Свердлити 3 отвори 1.	$0,56Dl$	$D=10, l=18$	0,1		

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{о}} \cdot \varphi_k \quad [\text{хв.}] \quad (2.18)$$

де  $\varphi_k$  - коефіцієнт, що визначається типом обладнання.



Технологічна собівартість операції 005, що виконується на верстаті 1П420ПФ40 буде рівна :

$$C_o = 4,97 \cdot 48,1 / (1,3 \cdot 60) = 3,06 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість усіх інших операцій. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{шт}$ , хв	$C_{п.з.}$ , коп/хв	$C_o$ , грн.
Перший варіант маршруту механічної обробки			
1В340Ф30	4,83	39,0	2,42
2Р135Ф2	0,15	36,5	0,07
Всього			2,49
Другий варіант маршруту механічної обробки			
1П420ПФ40	4,97	48,1	3,06

Отже при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість відмінних операцій виготовлення деталі складатиме 2,49 грн., а при використанні другого варіанту 3,06 грн. Тобто доцільно використовувати перший із запропонованих маршрутів механічної обробки, із використанням токарно-револьверного та свердлильного верстатів.

### 2.3.6 Розробка технологічних операцій

#### 2.3.6.1 Призначення послідовності переходів

Розташування технологічних розмірів вибираємо таким чином, щоб забезпечити розмірну прив'язку поверхонь, що обробляються на одній операції з поверхнями, які не обробляються на даній операції, або визначають взаємне розташування оброблених поверхонь між собою.

При розташуванні технологічних розмірів, варіант вибору баз, коли співпадають конструкторські та технологічні бази, є найоптимальнішим. При цьому похибка базування відсутня і немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

Варіант проставлення технологічних розмірів наведений в розмірній схемі технологічного процесу. Розміри заготовки визначає (беруться до уваги лінійні розміри) довжини зовнішніх циліндричних ступенів штампованої заготовки – розміри з позначенням «З».

Технологічні розміри «В» характеризують послідовний процес механічної обробки, за яким утворюються конструкторські розміри «К» зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів.

До розгляду прийняті операції 005, 010 та 020 на яких утворюються основні лінійні розміри, а обробка фасок та кріпильних отворів на розмірній схемі не розглядалась (рисунок 2.6).

#### 2.3.6.2 Розмірно-точносте моделювання технологічного процесу

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [8], для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Таблиця 2.16 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>8</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
Квалітет	14	14	14	14	12	14	12	14	-	-
Допуск, мм	0,43	0,25	0,43	0,52	0,46	0,36	0,4	1	8	5

Таблиця 2.17 – Конструкторські розміри

Конструкторський розмір	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>
	190	11	138	1,4	19	12	10	18
Допуск, мм	0,46	0,43	1	1	0,52	0,43	0,36	0,43

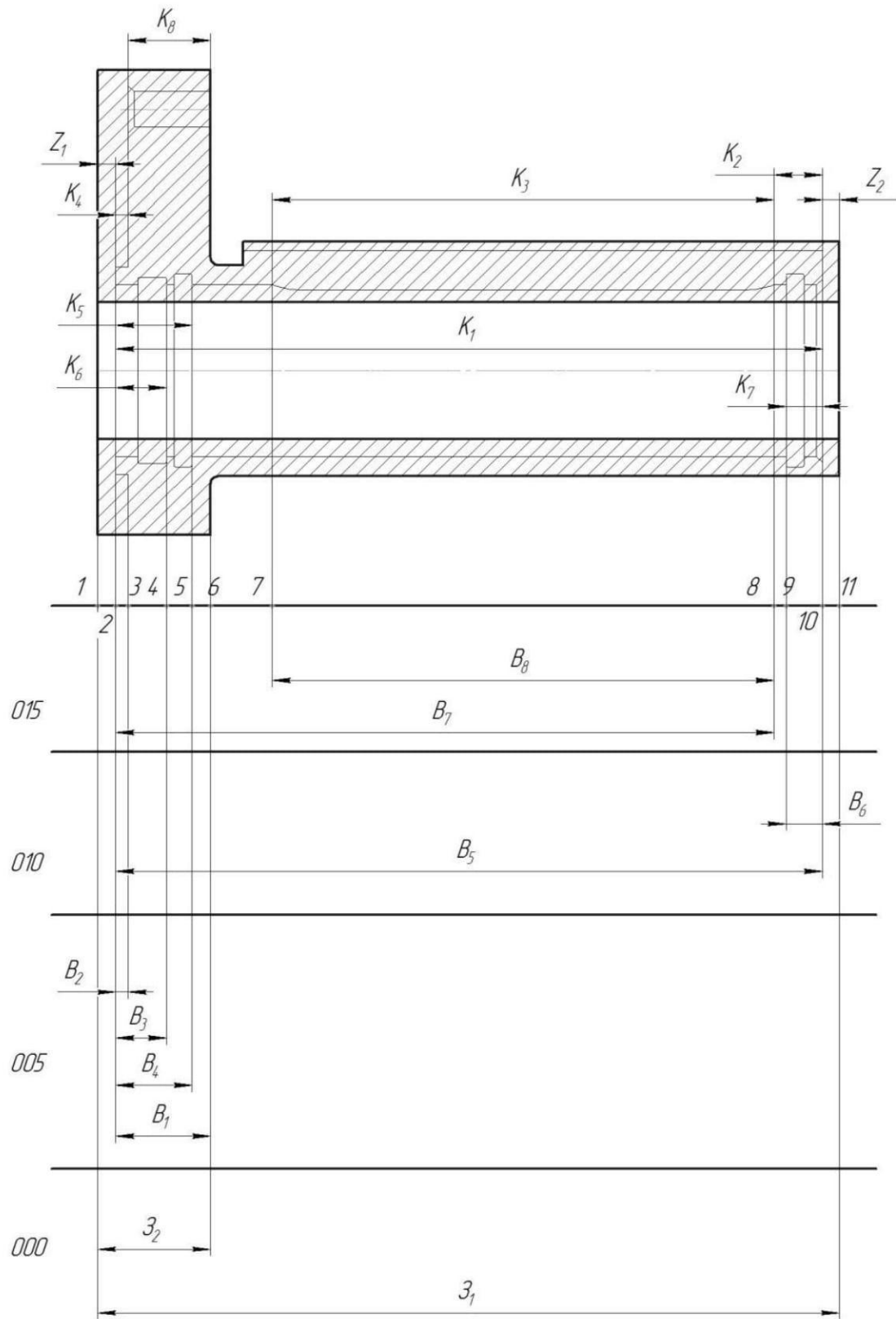


Рисунок 2.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Попереднє визначення допусків технологічних розмірів.

Побудова похідного, вихідного графів-дерев і суміщеного графа:

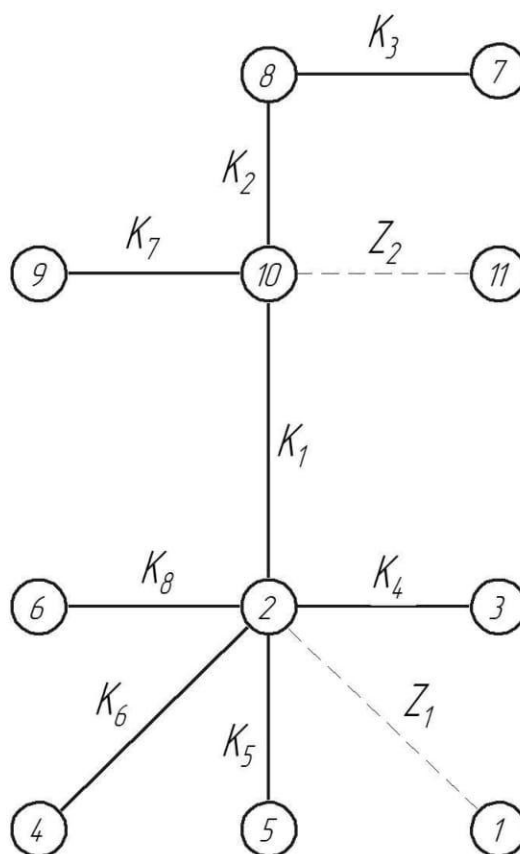


Рисунок 2.7 – Похідний граф-дерево

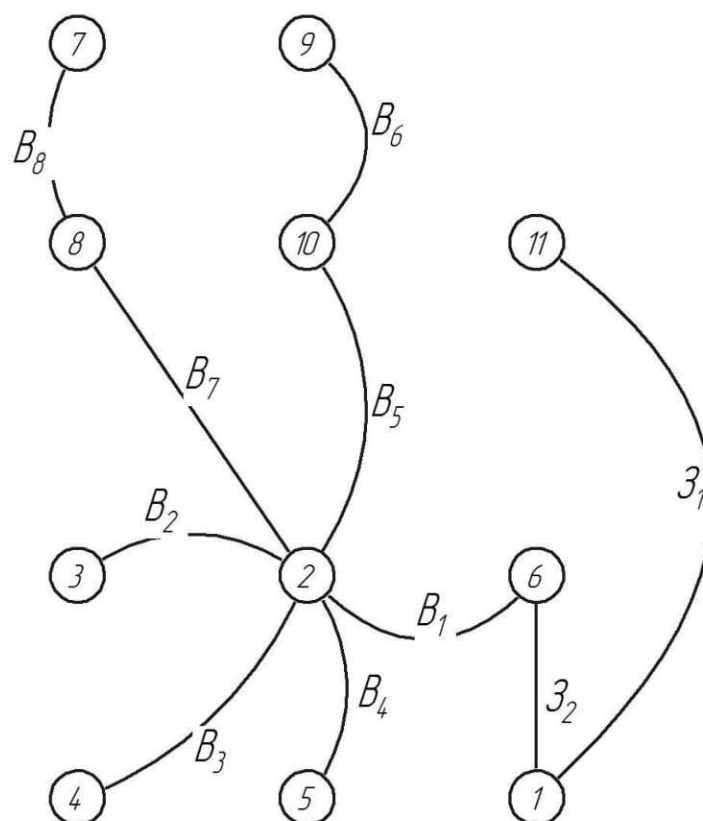


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

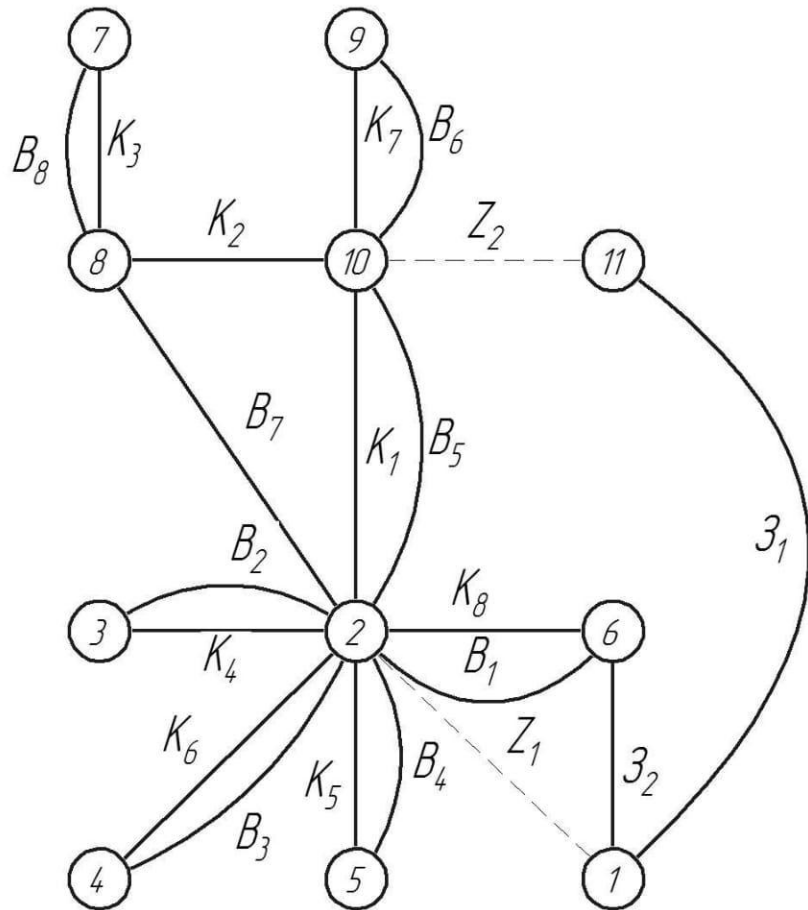


Рисунок 2.9 – Суміщений граф

Таблиця 2.18 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_8+B_1=0$	$K_8=B_1$	$B_1$
2	$-K_4+B_2=0$	$K_4=B_2$	$B_2$
3	$-K_6+B_3=0$	$K_6=B_3$	$B_3$
4	$-K_5+B_4=0$	$K_5=B_4$	$B_4$
5	$-K_1+B_5=0$	$K_1=B_5$	$B_5$
6	$-K_7+B_6=0$	$K_7=B_6$	$B_6$
7	$-K_3+B_8=0$	$K_3=B_8$	$B_8$
8	$-K_2+B_5-B_7=0$	$K_2= B_5-B_7$	$B_7$
9	$-Z_1-B_1+3_2=0$	$Z_1=3_2-B_1$	$3_2$
10	$-3_2+B_1-B_5-Z_2+3_1=0$	$Z_2= -B_5- 3_2+B_1+3_1$	$3_1$

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь.

Припуски для обробки плоских поверхонь визначаємо за допомогою нормативних таблиць.

Таблиця 2.19 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки	Кількісне значення мінімального припуску, мм
$Z_{1min}$	Однократне підрізання	2,5
$Z_{2min}$	Однократне підрізання	1,5

Технологічні розміри,. Розраховані за рівняннями таблиці 2.18 приведені в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок
1	2
$B_1$	$B_1=K_8=18_{-0,43}$ мм
$B_2$	$B_2=K_4=1,4\pm 0,5$ мм
$B_3$	$B_3=K_6=12\pm 0,215$ мм
$B_4$	$B_4=K_5=19\pm 0,26$ мм
$B_5$	$B_5=K_1=190_{-0,46}$ мм
$B_6$	$B_6=K_7=10\pm 0,18$ мм
$B_8$	$B_8=K_3=138^{+1}$ мм
$B_7$	$K_{2min} = B_{5min} - B_{7max}$ $B_{7max} = B_{5min} - K_{2min} = 189.54 - 10.57 = 178,97 \text{ мм}$ $B_{7min} = 178,97 - 0,4 = 178,57 \text{ мм.}$ $B_7 = 178,77\pm 0,2 \text{ мм}$ $K_{2max} = B_{5max} - B_{7min} = 190 - 178.57 = 11,43 \text{ мм.}$

Продовження таблиці 2.20

1	2
$Z_2$	$Z_{1min} = Z_{2min} - B_{1max}$ $Z_{2min} = B_{1max} + Z_{1min} = 18 + 2.5 = 20.5 \text{ мм}$ $Z_{2max} = 20.5 + 5 = 25.5 \text{ мм}$ $Z_{1max} = Z_{2max} - B_{1min} = 25.5 - 17.57 = 7.93 \text{ мм}$
$Z_1$	$Z_{2min} = -B_{5max} - Z_{1max} + Z_{1min}$ $Z_{1min} = B_{5max} + Z_{1max} + Z_{2min} = 190 + 7.93 + 1.5 = 199.43 \text{ мм}$ $Z_{1max} = 199.43 + 8 = 207.43 \text{ мм.}$ $Z_{2max} = -B_{5min} - Z_{1min} + Z_{1max} = 207.43 - 189.54 - 2.5 = 15.39 \text{ мм}$

Таблиця 2.21 – Технологічні розміри і припуски

Позначення	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$Z_1$	$Z_2$
Допуск, мм	0,43	0,25	0,43	0,52	0,46	0,36	0,4	1	8	5
Мінімальне значення	17,57	0,9	11,785	18,74	189,54	9,82	178,57	138	199,43	20,5
Максимальне значення	18	1,9	12,215	19,26	190	10,18	178,97	139	207,43	25,5
Позначення припусків	$Z_1$		$Z_2$							
Мінімальне значення	2,5		1,5							
Максимальне значення	7,93		15,39							

### 2.3.6.3 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів

Технологічний маршрут обробки поверхні  $\varnothing 48H8$  складається із попереднього розточування, остаточного та тонкого, що виконується за один установ обробки деталі. Базами для заготовки слугує зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 67h11$ , тобто заготовка встановлена у трьохкулачковому патроні. При розв'язанні поставленої задачі отриманий результат та технологічний маршрут обробки заносимо в розрахункову таблицю 2.22 [6].

Визначення значень  $R_z$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні  $R_z=150 \text{ мкм}$   $T=1600$

мкм. При попередньому точінні приймаємо  $R_Z=100$  мкм,  $T=267$  мкм, а на наступному переході відповідно –  $R_Z= 30$ ,  $T= 67$  мкм; при чистовому точінні –  $R_Z= 10$  мкм,  $T= 44$  мкм; при однократному шліфуванні -  $R_Z= 5$  мкм,  $T=39$  мкм.

Жолоблення слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} \quad [\text{мкм}] \quad (2.17)$$

де  $\Delta_k$  - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 32)^2 + (0,7 \cdot 23)^2} = 27,6 \text{ (мкм);}$$

$\rho_{\text{зм}}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру  $\text{Ø}48$  (0,03).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{27,6^2 + 30^2} = 40,7 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \quad [\text{мкм}] \quad (2.18)$$

де  $k$  – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 40,7 = 2,4 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 2,4 = 0,1 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки при чорновому точінні:



$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]} \quad (2.19)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, що при установці з пневматичним затиском складає 190 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 190 \text{ (мкм)}$$

При повторному попередньому точінні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 190 \cdot 0,05 = 9,5 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]} \quad (2.20)$$

Мінімальний припуск під обробку:

Попереднє точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + 1600 + \sqrt{40,7^2 + 190^2}) = 2 \cdot 1944 \text{ (мкм)}$$

попереднє точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(100 + 267 + \sqrt{2,4^2 + 9,5^2}) = 2 \cdot 377 \text{ (мкм)}$$

остаточне точіння:

$$2Z_{3\min}=2(30 + 82 + \sqrt{0,1^2 + 0,4^2}) = 2 \cdot 113 \text{ (мкм)}$$

Однократне шліфування:

$$2Z_{4\min}=2(10+44) = 2 \cdot 54 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 48 \text{ (мм)}$$

Наступні розміри отримуємо послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

Для однократного шліфування:

$$d_1 = 48 + 2 \cdot 0,054 = 48,108 \text{ (мм)}$$

Для остаточного точіння:

$$d_3 = 48,108 + 2 \cdot 0,113 = 48,334 \text{ (мм)}$$

Для попереднього точіння:

$$d_4 = 48,334 + 2 \cdot 0,377 = 49,088 \text{ (мм)}$$

для попереднього точіння:

$$d_4 = 49,088 + 2 \cdot 1,944 = 52,976 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для однократного шліфування допуск дорівнює – 39 мкм (8 квалітет), для чистового точіння, відповідно для 9 квалітету, допуск складає 44 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 квалітетів допуск відповідно рівний – 67 і 267 мкм та для заготовки, що має 16 квалітет точності, допуск складає 1600 мкм.

Мінімальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Мінімальні граничні значення припусків  $Z_{\min}$  рівні різниці найменших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення  $Z_{\max}$  – відповідно різниця найбільших граничних розмірів.

Отже, для однократного шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 48,108 - 48 = 0,108 \text{ мм} = 108 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 4} = 48,152 - 48,039 = 0,113 \text{ мм} = 113 \text{ (мкм)}$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\min 3} = 48,334 - 48,108 = 0,226 \text{ мм} = 226 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} = 48,401 - 48,152 = 0,249 \text{ мм} = 249 \text{ (мкм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 49,088 - 48,334 = 0,754 \text{ мм} = 754 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} = 49,355 - 48,401 = 0,954 \text{ мм} = 954 \text{ (мкм)}$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 52,976 - 49,088 = 3,888 \text{ мм} = 3888 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} = 54,576 - 49,355 = 5,221 \text{ мм} = 5221 \text{ (мкм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.22

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 113 - 108 = 5 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 44 - 39 = 5 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 249 - 226 = 23 \text{ (мкм)}.$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 67 - 44 = 23 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 954 - 754 = 200 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_4 - \delta_5 = 267 - 67 = 200 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 5221 - 3888 = 1333 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 1600 - 267 = 1333 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення..

Таблиця 2.22 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору Ø48H8

Технологічні переходи обробки поверхні Ø48H8	Елементи припуска, мкм				Розрах ункови й припус к 2Z <sub>min</sub>	Розрах. розмір, мм d <sub>p</sub>	Допус к мм δ	Граничний розмір		Граничні значення	
	Rz	T	ρ	ε <sub>y</sub>				d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub> <sup>np</sup>	2Z <sub>max</sub> <sup>np</sup>
Заготовка	150	1600	40,7			52,976	1600	52,976	54,576		
Точіння попереднє	100	267	2,4	190	2·1944	49,088	267	49,088	49,355	3,888	5,221
Точіння попереднє	30	67	0,1	9,5	2·377	48,334	67	48,334	48,401	0,754	0,954
Точіння остаточне	10	44	-	0,4	2·113	48,108	44	48,108	48,152	0,226	0,249
Шліфування однократне	5	39			2·54	48	39	48	48,039	0,108	0,113
Сума										6,676	8,855

Оскільки точною поверхнею є зовнішня поверхня Ø59h9, яка отримується із заготовки виготовленої з суттєвим напуском, то розрахунок припусків на дану поверхню є недоцільним.

#### 2.3.6.4 Призначення режимів різання

Для точіння осі із сталі 30Л приймаємо токарний прохідний різець відігнутий лівий з пластинкою із твердого сплаву Р6М5. Форма передньої поверхні радіусна з фаскою; геометричні параметри ріжучої частини різця:

$$\gamma=15^{\circ}, \alpha=10^{\circ}, \varphi=45^{\circ}, \varphi_1=45^{\circ}, r=0,8 \text{ (мм)}, f=1 \text{ (мм)}.$$

Припуск, який знімається на даній операції – 3 мм. При чорновому точінні, згідно рекомендацій, глибину різання  $t$  приймають 0,5 – 2мм, ми приймаємо 1,5мм. Отже, даний припуск ми знімаємо за 2 проходи.

Згідно [23] і паспортних даних верстата 1В340Ф30 приймаємо:  $S=1,0$  (мм/об);

Швидкість різання, яка допускається матеріалом різця, знайдемо по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, [\text{м/хв.}]; \quad (2.22)$$

де -  $C_v=340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ,  $m=0,2$ ,  $T=60$  хв

Поправочний коефіцієнт для обробки різцем з твердосплавною пластиною:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}; \quad (2.23)$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_i}, \quad (2.24)$$

де -  $K_r=0.95$ ;  $n_i=1,0$

$$K_{mv} = 0,95 \left( \frac{750}{610} \right)^1 = 1,17;$$

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Приймаємо  $K_{nv}=0,9$ .

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання. Приймаємо  $K_{iv}=0,65$ .

Отже, поправочний коефіцієнт  $K_v$  складатиме:

$$K_v = 1,17 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,68;$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,68 = 107,2 (\text{м/хв});$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, [\text{об/хв.}]; \quad (2.22)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 107,2}{3,14 \cdot 78} = 525 \left( \frac{\text{об}}{\text{хв}} \right)$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя по паспортним даним верстата:

$$n_d = 500 (\text{об/хв});$$

Сила різання при точінні розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p [H]; \quad (2.25)$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.26)$$

Значення  $C_p$  і показників степенів і коефіцієнтів вибираємо з таблиць [9]

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n; \quad (2.27)$$

$$K_{Mp} = \left( \frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86;$$

$$K_p = 0,86 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,08;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 107,2^{-0,15} \cdot 1,08 = 2411(\text{H});$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}]; \quad (2.28)$$

$$N = \frac{2411 \cdot 107,2}{1020 \cdot 60} = 4,22(\text{кВт});$$

Визначимо режими різання для всіх переходів механічної обробки кожної з технологічних операцій і занесемо в таблицю 2.23.

Таблиця 2.23 - Режими різання

Технологічні переходи і робочі ходи	Bf(D), мм	L, мм	t, мм	s, мм/об	V, м/хв	n, об/хв
<b>005 – токарно-револьверна з ЧПК (1В340Ф30)</b>						
Точити торець 1, 2 однократно	48-168		1,5	0,4	85,4	250
Точити поверхню 4 попередньо	48	20	3	0,8	63,5	445
Точити поверхню 5 однократно	52	8	2	0,2	135,1	320
Точити поверхню 6 однократно.	54	5	3	0,1	112	500
Точити поверхню 4 попередньо	48	20	1,5	0,8	78,5	550
Точити поверхню 4 остаточно	48	20	0,6	0,2	85,1	700
<b>010 – токарно-револьверна з ЧПК (1В340Ф30)</b>						
Точити торець 1 однократно	48-58		1,5	0,4	125,4	250
Точити поверхні 2 і 3 однократно	48	30	1,5	0,25	125,4	200

Продовження таблиці 2.23

Технологічні переходи і робочі ходи	Vf(D), мм	L, мм	t, мм	s, мм/об	V, м/хв	п, об/хв
015 - Вертикально-свердильна з ЧПК (2P135Ф2)						
Свердлити 3 отворів 1 однократно	10	18	5	0,18	6,3	470
020 - Вертикально-фрезерна з ЧПК (6P13PФ3)						
Фрезерувати поверхню 1 та 2 однократно	17	121	8,5	0,18	85	530
025 – Внутрішньошліфувальна з ЧПК (3M227AФ2)						
Шліфувати поверхню 1 однократно.	48	190	0,06	0,5		1600

## 2.3.6.6 Розрахунок технічних норм часу [8]

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції.

Штучний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + t_b + t_{т.обс.} + t_{о.обс.} + t_{отд.} \cdot [хв] \quad (2.29)$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з.}/n. [хв] \quad (2.30)$$

Оперативний час визначаємо за формулою:

$$t_{оп} = T_0 + t_b, [хв] \quad (2.31)$$

де  $T_0$  – основний машинний час;

$t_b$  - час на встановлення, закріплення, знімання деталі та зміну інструменту (приймаємо за нормативами);

$t_{т.обс.}$  - час на технічне обслуговування, складає 4% від оперативного;



$t_{o.обс.}$  - час на організаційне обслуговування, складає 4,5% від  $t_{оп.}$ ;

$t_{отд.}$  - час на перерви і індивідуальні потреби, складає 5% від  $t_{оп.}$ .

Проведемо розрахунок основного машинного часу на всі операції за уточненими формулами . Дані для розрахунку беремо із таблиць 2.18 та 2.19.

Операція 005:

1) Другий перехід: точити торець  $\varnothing 123,4$  мм та циліндричну пов.  $\varnothing 120$  мм однократно, циліндричну пов.  $\varnothing 84$  мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для другого переходу:

$$T_{осн2} = \frac{\pi D_1^2}{2000 v_1 s_1} + \frac{\pi D_2 l_2}{1000 v_2 s_2} + \frac{\pi D_2 (D_2 - d_3)}{2000 v_3 s_3} = \frac{3,14 \cdot 123,4^2}{2000 \cdot 29 \cdot 0,52} + \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 18}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} + \frac{3,14 \cdot 120 (120 - 86)}{2000 \cdot 75 \cdot 0,16} = 2,569 \text{ (хв).}$$

2) Третій перехід: точити циліндричну поверхню  $\varnothing 84$  мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для третього переходу:

$$T_{осн3} = \frac{\pi D(D - d)}{2000 v s} = \frac{3,14 \cdot 86(86 - 84,4)}{2000 \cdot 75 \cdot 0,16} = 0,018 \text{ (хв).}$$

3) Четвертий перехід: точити циліндричну поверхню  $\varnothing 84$  мм остаточно.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для четвертого переходу:

$$T_{осн4} = \frac{\pi D l}{1000 v s} = \frac{3,14 \cdot 84 \cdot 8}{1000 \cdot 95 \cdot 0,12} = 0,185 \text{ (хв).}$$

4) П'ятий перехід: центрувати та свердлити отвір  $\varnothing 20$  мм.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для п'ятого переходу:

$$T_{осн5} = \frac{\pi D l}{1000 v s} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 82}{1000 \cdot 11 \cdot 0,2} = 1,873 \text{ (хв).}$$

5) Шостий перехід: розточувати отвір  $\varnothing 20$  мм попередньо.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для шостого переходу:

$$T_{\text{осн6}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 19,6 \cdot 82}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} = 0,335 \text{ (хв.)}$$

6) Сьомий перехід: розточувати отвір  $\varnothing 20$  мм остаточно.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для сьомого переходу:

$$T_{\text{осн7}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 19,9 \cdot 82}{1000 \cdot 59 \cdot 0,22} = 0,395 \text{ (хв.)}$$

7) Восьмий перехід: точити поверхню  $6 \times 45^\circ$  мм однократно.

Визначаємо уточнений основний машинний час  $T_o$  для восьмого переходу:

$$T_{\text{осн8}} = \frac{\pi D l}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 6}{1000 \cdot 29 \cdot 0,52} = 0,04 \text{ (хв.)}$$

Отже,  $\sum T_{\text{осн005}} = 2,569 + 0,018 + 0,185 + 1,873 + 0,335 + 0,395 + 0,04 = 5,415$  (хв).

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для кінцевої фрези – 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо для фрезерування:

$$T_{\text{МВХ3}} = (100 + 10 + 13) / 6000 = 0,02 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{МВХ4}} = (100 + 10 + 19) / 6000 = 0,021 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту – заміна

інструменту не використовується.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 020 складатиме:

$$T_{ц.а.} = 0,71 + 0,02 + 0,021 = 0,75 \text{ (хв.)}.$$

Допоміжний час  $T_v$  складається із:

$$T_v = T_{вуст} + T_{воп} + T_{ввим} \text{ [хв.]}, \quad (4.19)$$

$T_{вуст}$  - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11 хв;

$T_{воп}$  - допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,2 хв;
- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{воп} = 0,2 + 0,12 = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$T_{ввим}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із двох замірів штангенциркулем.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{ввим} = 0,09 \cdot 2 = 0,18 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_v = 0,11 + 0,32 + 0,18 = 0,61 \text{ (хв.)}.$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{мех}} + a_{\text{опз}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (4.20)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{ш}} = (0,75 + 0,61) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 1,41 \text{ (хв.)}.$$

Розраховані норми часу на всі операції запишемо у таблицю 2.20.

Таблиця 2.25 – Норми часу, хв.

№ операції	Основний час, хв	$\varphi_k$	Штучно- калькуляційний час, хв
005	3,66	1,3	4,76
010	0,077	1,3	0,1
015	0,3	1,35	0,4
020	0,71	1,4 (табличний)	0,99
		1,99 (фактичний)	1,41
025	5,56	1,3	7,23

### 3 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

#### 3.1 Уточнення виробничої програми [17]

Приведену програму випуску можна розрахувати за формулою:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i} \cdot [\text{шт}], \quad (3.1)$$

Всі деталі в групі приводяться до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.2)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;

$K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;

$K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

Рекомендуються такі співвідношення маси  $m$  і річного об'єму випуску  $N$  об'єкта представника та інших об'єктів виробництва, які входять в групу:

$$\begin{cases} 0.5m_{\max} \leq m \leq 2m_{\min}, \\ 0.1N_{\max} \leq N \leq 10N_{\min}, \end{cases} \quad (3.3)$$

де  $m_{\max}$ ,  $m_{\min}$ ,  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  – відповідно найбільші і найменші значення маси і річного об'єму випуску об'єктів виробництва, які входять в групу.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість										
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Корпус БА-01	1,95	4500	-	1	-	2	2	-	-	3	-	20	

Продовження таблиці 3.1

			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	1	-	-	-	4	3	20	-	-
Корпус 1	1,4	4000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	1	3	1	1	-	33	-	-
			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	3	-	2	14	20	-	-
Корпус 2	1,71	3500	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	4	1	2	-	4	-	5
			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	4	1	2	4	5	-	-
Корпус 3	1,8	4100	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	1	-	3	2	4	-	6	-	5
			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	1	-	3	2	4	6	5	-	-
Корпус 4	1,87	15000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	2	3	1	-	5	-	6
			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	2	3	1	5	6	-	-
Корпус 5	3,5	25000	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	2	3	1	-	5	-	6
			0,32	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	2	3	1	5	6	-	-

1) Розрахуємо коефіцієнт  $K_1$  для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то  $K_1$  може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.нр}}\right)^2}, \quad (3.4)$$

де  $m$  – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.p.}$  – маса розрахункового представника.

2) Визначаємо коефіцієнт приведення по серійності  $K_2$ , що враховує зміни в трудомісткості обробки чи складання при зміні програми випуску, за формулою:

$$K_2 = \left( \frac{N_{pn}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (3.5)$$

де  $N_{pn}$  і  $N_i$  - програма випуску відповідно деталі (виробу) - розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

$\alpha$  - показник степені ( $\alpha = 0,15$  для об'єктів легкого і середнього машинобудування,  $\alpha = 0,2$  для об'єктів важкого машинобудування).

3) Визначаємо коефіцієнт  $K_3$  – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.6)$$

де  $K_{31}$  - коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних поверхонь деталей;

$K_{32}$  - коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

$$K_{31} = \left( \frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.p.}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.7)$$

$$K_{32} = \left( \frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.p.p.}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.8)$$

$\overline{K_{Ti}}$  і  $\overline{K_{T.p.p.}}$  - середні значення якості точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;





### 3.2 Визначення кількості обладнання [18]

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (3.11)$$

де  $T_{\text{пр}}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

$m$  – кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Відповідно для кожної операції отримаємо:

Операції 005:

$$C_p = 4,76 \cdot 69384 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 1,76$$

Операції 010:

$$C_p = 0,1 \cdot 69384 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,037$$

Операції 015:

$$C_p = 0,4 \cdot 69384 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,148$$

Операції 020:

$$C_p = 1,41 \cdot 69384 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 0,52$$

Операції 025:

$$C_p = 7,23 \cdot 69384 / (60 \cdot 3890 \cdot 0,8) = 2,68$$

Оскільки операції 005 і 010 виконуються на однаковому верстаті, то об'єднаємо їх. Відповідно, для виконання операцій 005 і 010 потрібно буде 2 верстати моделі 1В340Ф30. Отже, для виконання всього технологічного циклу із виготовлення партії деталей достатньо прийняти: операції 005-010 – 2 верстати; операція 015 – 1 верстат; операція 020 – 1 верстат; операція 025 – 3 верстати.

Коефіцієнт завантаження для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 1,76/2 = 0,88$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом для верстату 1В340Ф30 складатиме:

$$\eta_3 = 3,66/4,76 = 0,77$$

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів. Результати розрахунків представлені у вигляді гістограм (рисунок 3.1 і 3.2).

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати на операціях 005, 015 і 020 завантажені в достатній мірі. На операції 015 верстат, повинні довантажувати обробкою інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі) з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

Аналіз графіка використання обладнання за основним часом свідчить про те, що час на операціях з знаходиться в допустимих межах. Це свідчить про те, що маршруту механічної обробки розроблено правильно.

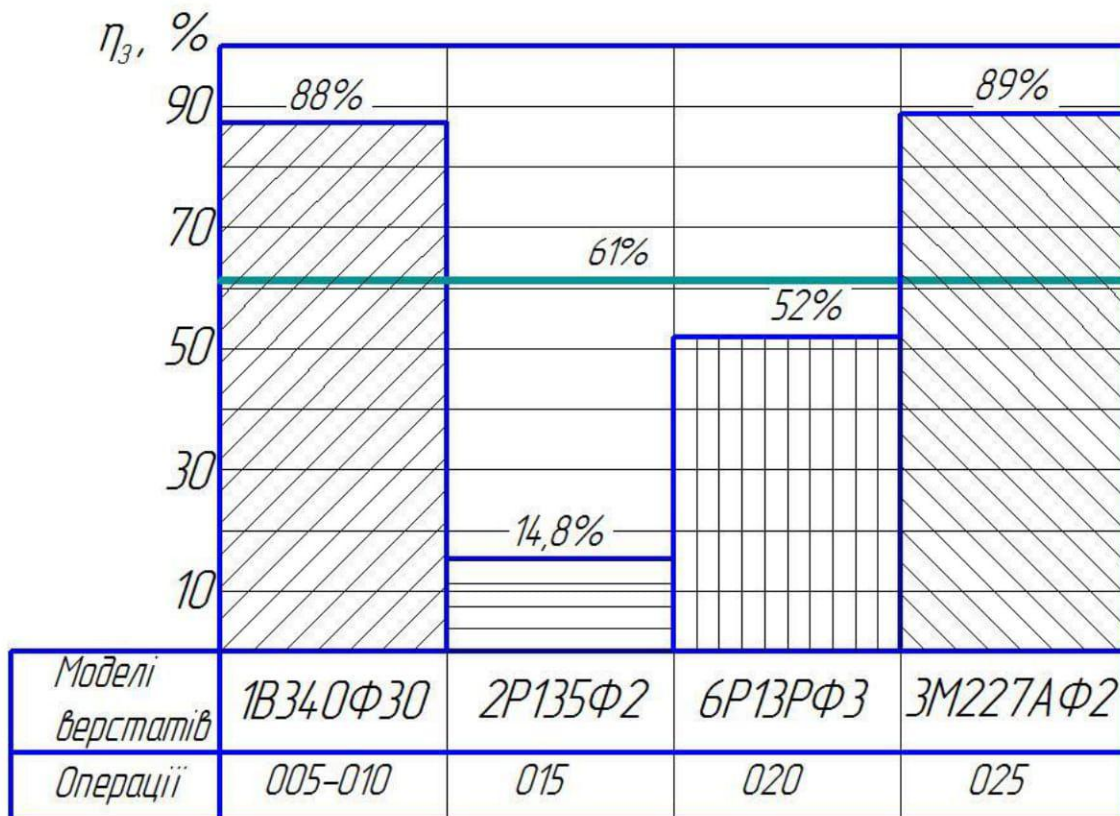


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

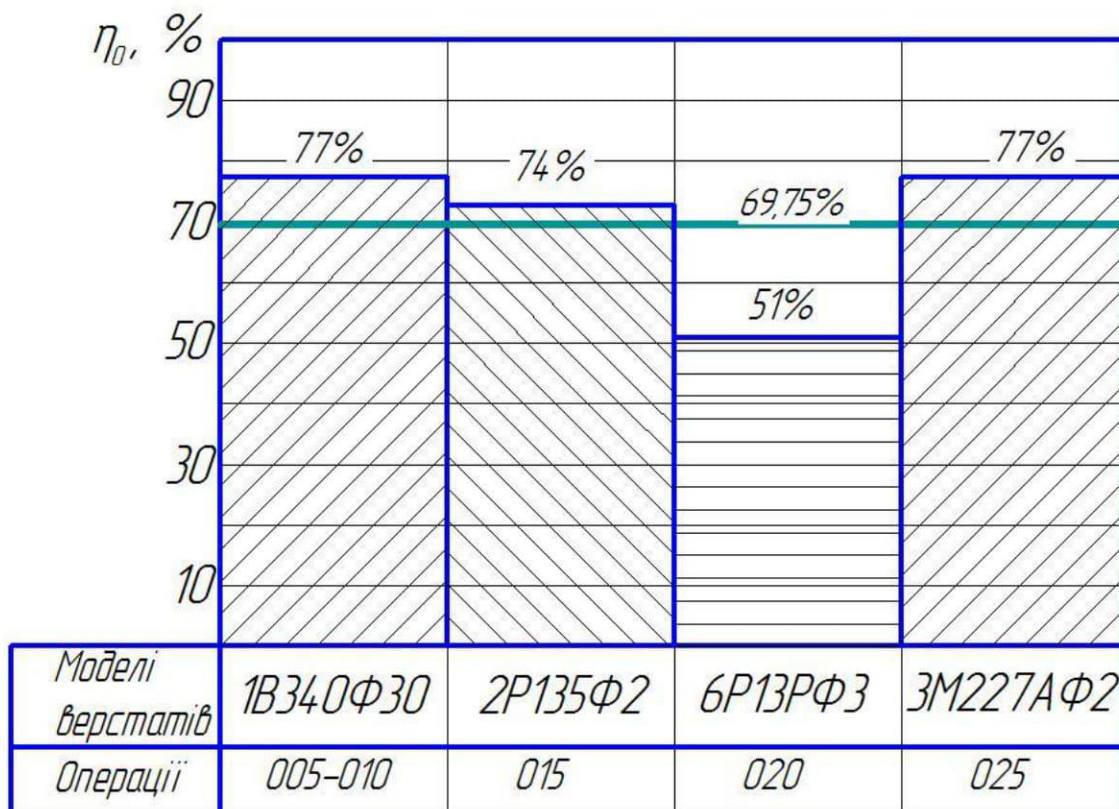


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Розрахунок кількості робітників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від трудомісткості за формулою:

$$P = N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) \quad (3.12)$$

де  $\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад, для роботи на токарно-револьверному з ЧПК 1В340Ф30 необхідно:

$$P = 4,76 \cdot 69384 / (60 \cdot 1840 \cdot 2) = 1,5 \text{ (2 робітника працюють в 2 зміни)}$$

При розрахункові ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітники.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 3.3.

Згідно таблиці 3.3 сума всіх основних робочих – 6 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,2 \dots 1,5$$

Приймаємо 2 допоміжних робітника.

При середньосерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 4 = 0,8$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримуємо:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 5=0,11$$

Приймаємо 1 чол.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назва операції	Штучно-калькуляційний час, Тшт-к	Фд, год	Нпр	Км	Р, чол	Рпр, чол
Токарно-револьверна з ЧПК 1В340Ф30	4,76+0,1 = 4.86	1840	69384	2	1,5	2
Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,4			1	0,25	1
Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,41			1	0,88	1
Внутрішньошліфувальна з ЧПК	7,23			3	1,51	2

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{МОП}=0,02 \cdot (2+1+1+2)=0,12$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			6
Допоміжні робітники	20...25%	1,2...1,5	2
ІТР	15...21%	1,08...1,44	2
СКП	2,2%	0,132	1
МОП	2%	0,22	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 5 металорізальних верстати, які обслуговуються 6 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 6 робітників.

### 3.5.1 Вибір будівельних параметрів приміщення

Перед тим, як виконувати планування обладнання, потрібно вибрати будівельні параметри приміщення - сітку колон та висоту прольоту.

Сітку колон (ширину  $L$  та крок  $t$  колон) та висоту  $H$  прольоту (відстань від підлоги до нижньої частини несучої конструкції приміщення) вибирають з уніфікованого ряду вказаних величин [9]. Ширину прольоту вибирають такою, щоб була можливість раціонально розмістити кратну кількість рядів обладнання - звичайно від 2-х до 4-х рядів в обладнання, в залежності від габаритних розмірів та варіанту розміщення. Приймаємо ширину прольоту (вимір приміщення у поперечному напрямку)  $L = 18$  м, крок колон (у поздовжньому напрямку) –  $t = 6$  м.

Визначимо висоту прольоту за формулою:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, [м] \quad (3.13)$$

де  $H_1$  - висота до головки підкранової рейки;

$h_1$  – максимальна висота обладнання, для даного цеху це вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13Ф3 з висотою 2760 мм;

$h_2$  – мінімальна відстань між обладнанням і вантажем, приймаємо 500 мм;

$h_3$  - висота транспортованого вантажу:

$$h_3 = h_1 + 1000, [\text{мм}] \quad (3.14)$$

$$h_3 = 2760 + 1000 = 3760 \text{ (мм)}.$$

$h_4$  – висота крану, 1000 мм.

Отже,

$$H_1 = 2760 + 500 + 3760 + 1000 = 8020 \text{ (мм)}.$$

Стандартне значення  $H_1$  складає 8160 мм, і відповідно висота цеху до нижнього пояса ферми  $H = 10800$  мм.

В якості несучих конструкцій приймаємо залізобетонну полігональну форму прольотом 18 м.

Світловий ліхтар приймаємо прямокутної форми з вертикальним освітленням та шириною 6 м.

### 3.5.2 Планування розташування обладнання [20]

Спочатку визначимо ширину магістрального проїзду:

$$A = 2 \cdot B + 1400, [\text{мм}] \quad (3.20)$$

де  $B$  - ширина вантажу,  $B = 300$  мм (прийнятий металевий піддон).

Тоді:

$$A = 2 \cdot 300 + 1400 = 2000 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо:

$$A_{\text{пр.}} = 2000 \text{ мм}.$$

При розгляданні розташування обладнання будемо враховувати рекомендації по нормам відстаней [4]:

- від проїзду до фронтального боку верстата - 1600 мм;
- між верстатами, розташованими боками один до одного - 900 мм;
- від колон до фронтального верстата - 1600 мм;
- від колон до тильного боку верстата - 800 мм;
- від стелажів до проїздів - 500 мм.

В нашому випадку обладнання розташуємо поздовжньо та боками по відношенню до проїзду.



#### 4 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Розглядається деталь «Кришка БА-01» зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарному верстаті (рис. 4.1). Аналізується вплив наступних факторів: величини подачі  $S$ , глибини різання  $t$  і радіуса заокруглення при вершині різця  $R$  на шорсткість обробки діаметральної поверхні  $d$ .

Всі вибрані фактори  $S$ ,  $t$ ,  $R$  відповідають наступним обов'язковим вимогам: керованості, незалежності і сумісності по відношенню один до одного.

#### 4.2. Встановлення граничних значень та нульового рівня факторів

Вибрані фактори  $S$ ,  $t$ ,  $R$  відповідно позначено через  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ .

Перед початком досліду встановлено верхній і нижній рівні факторів.

В даному експерименті вони вибираються такими (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Рівні факторів

Рівні факторів	$S$ , мм/об	$t$ , мм	$R$ , мм
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основний	1	2	1,5
Інтервал варіювання	0,25	1,5	0,5
Верхній	1,25	3,5	2
Нижній	0,75	0,5	1

Для зручності запису умов досліду і обробки експериментальних даних виконано кодування факторів, тобто переведено натуральні значення рівнів факторів в кодові безрозмірні величини за формулою

$$x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i,$$

де  $x_i$  – кодове значення  $i$ -го фактора;  $x_i$  – натуральне значення  $i$ -го фактора;  $x_{i0}$  – початковий (основний) рівень фактора;  $\Delta x_i$  – інтервал варіювання  $i$ -го фактора.

Тут  $x_{i\max}$  і  $x_{i\min}$  – поточні значення верхнього і нижнього рівнів факторів.

Після кодування рівні факторів приймають значення  $-1$  або  $+1$ .

Наприклад: верхній рівень 1-го фактора  $x_1 = (1,25-0,75)/0,25 = +1$ ; нижній рівень 1-го фактора  $x_1 = 0,75-1/0,25 = -1$  і т.д.

Рівні факторів і їх кодові значення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Кодові значення рівнів факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	$S$ , мм/об	$t$ , мм	$R$ , мм
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основний	0	1	2	1,5
Інтервал варіювання	не позначається	0,25	1,5	0,5
Верхній	+	1,25	3,5	2
Нижній	-	0,75	0,5	1

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу в якості моделі використано поліном першого ступеня

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + \dots + b_{12\dots k}x_1x_2\dots x_k. \quad (4.1)$$

Поліном лінійний відносно невідомих коефіцієнтів, що спрощує обробку експериментальних даних. Для трьох факторів математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (4.2)$$

Кількість дослідів, необхідних для реалізації всіх можливих комбінацій рівнів факторів, визначається за залежністю  $N = 2^k$ , де  $N$  – число дослідів;  $k$  – число факторів; 2 – число рівнів (верхній і нижній).

#### 4.3 Вибір матриці планування експерименту

Для проведення експерименту прийнято матрицю планування (табл. 4.3), в якій рядки відповідають різним незалежним дослідом, а стовпці – рівням факторів.

Таблиця 4.3 – Матриця планування експерименту

Номер дослідів	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$
1	+	–	–	–	+	+	+	–
2	+	+	–	–	–	–	+	+
3	+	–	+	–	–	+	–	+
4	+	+	+	–	+	–	–	–
5	+	–	–	+	+	–	–	+
6	+	+	–	+	–	+	–	–
7	+	–	+	+	–	–	+	–
8	+	+	+	+	+	+	+	+

В таблиці 4.3 наведено кодові значення факторів +1 і –1. Для спрощення записів одиниці опускаються.

В матрицю введений стовпець ефективної змінної  $x_0$ , яка у всіх випадках приймає тільки значення «+» і використовується для розрахунку вільного члена  $b_0$ . Стовпці подвійної і потрійної взаємодії отримуються перемноженням стовпців  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  і призначені для розрахунку відповідних коефіцієнтів рівняння (4.1).

Для проведення кожного з 8 дослідів фактори  $x_1(S)$ ,  $x_2(t)$  і  $x_3(R)$  задано у відповідності з матрицею планування (табл. 4.3) на верхньому (+) або нижньому (–) рівні.

#### 4.4 Результати експериментальних дослідів

З метою підвищення точності заміру шорсткості поверхні (параметра оптимізації) проведено 3 паралельних дослідів при незмінних режимах.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначено за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_u^r y_{ju} / r, \quad (4.3)$$

де  $r$  – число паралельних дослідів;  $u$  – номер паралельного дослідів;  $y_{ju}$  – значення параметра оптимізації в  $u$ -му паралельному досліді  $j$ -ої стрічки матриці.

Для оцінки відхилень параметра оптимізації від середнього його значення обчислено дисперсію паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r (y_{ju} - \bar{y}_j)^2 / (r-1). \quad (4.4)$$

Таблиця 4.4 – Результати дослідів

№ дослідження	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>123</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	$\bar{y}$	S <sub>j</sub> <sup>2</sup>
1	1	1	1	1	1	1	1	1	6,2	5,8	5,9	5,97	0,04
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	5,7	5,9	5,7	5,77	0,07
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	10,2	7,9	8,7	8,93	14,57
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	7,3	7,5	7	7,27	2,60
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	7,4	6,9	7,5	7,27	2,64
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	8,1	7,9	8,7	8,23	7,88
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	8,3	9	8,5	8,60	10,53
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	6,4	6,7	7	6,70	0,90
Всього									59,6	57,6	59		39,23

Визначено дисперсію відтворюваності за формулою

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 1.98/8 = 0.25.$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = 0.5.$$

Далі проведено розрахунок коефіцієнтів математичної моделі (4.1).

Члени регресії обчислено за формулами

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{y}_j}{N} = 7,34, \quad b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} \bar{y}_j}{N} = 0,35, \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,53,$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,36, \quad b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y}_j}{N} = -0,54, \quad b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,12,$$

$$b_{23} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = -0,58, \quad b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y}_j}{N} = 0,18.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (4.1) отримано

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 + 0,12x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,18x_1x_2x_3.$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за  $t$ -критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 0.1 \quad (4.9)$$

Далі визначено довірчий інтервал довжиною  $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{\text{кр}} \cdot S(b_i) = \pm 0.216 \quad (4.10)$$

Критичне значення  $t_{кр} = 2,12$  прийняте згідно [19] для числа ступенів свободи  $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$  (при  $\alpha = 0,05$ ).

Коефіцієнт є значимим, якщо  $|b_i| \geq \Delta b_i$ .

Нехтуючи статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння (4.8) набуло вигляду

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 - 0,58x_2x_3. \quad (4.11)$$

Якщо виконується умова

$$F_p \leq F_{табл}, \quad (4.14)$$

то розроблена модель є адекватною.

Критерій Фішера (розрахунковий) – 0,86.

Згідно [19] визначено критичне значення критерія Фішера для ступеня вільності 1 та 16 становить 4,49. Оскільки розрахунковий критерій Фішера менший від табличного, то модель є адекватною.

## 5 ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА

## 5.1 Оцінювання експертами потенціалу використання удосконаленого технологічного процесу в машинобудуванні

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена за результатом науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена на розрахунках	Концепція перевірена на практиці	Перевірено робоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування



Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка документів та отримання дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Отримання документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Отримання документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	1
2	3	1	2
3	1	1	2
4	1	2	1
5	2	3	2
6	2	2	3
7	3	3	3
8	2	2	2

Подовження таблиці 5.2

9	3	3	2
10	4	2	3
11	4	3	3
12	3	3	2
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =30	СБ <sub>2</sub> =28	СБ <sub>3</sub> =26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{30 + 28 + 26}{3} = 28$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті виготовляти деталі з нових міцних матеріалів.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

Оцінювання рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного, з технічної точки зору, варіанту інженерного рішення.

В даній магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня

виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація, тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Зовнішній вигляд		8		10%
Точність розмірів	8			25%
Відповідність технологічній документації	10			20%
Наявність заусенців	8			25%
Важкість виконання			4	20%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{я.а.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де  $P_{\text{Hi}}$  – числове значення  $i$ -го параметру інноваційного рішення;

$n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

$\alpha_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{я.а.}} = 8 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 7,6$$

Далі визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (5.2) та (5.3) і занесемо їх у відповідну колонку таблиці 5.4.

$$Q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}, \quad (5.2)$$

або

$$Q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (5.3)$$

де  $P_{Hi}$ ,  $P_{Bi}$  – числові значення  $i$ -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.4 – Основні економічні, нормативні та технічні параметри та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Зовнішній вигляд	Гірший	Кращий	1,6	0,1
Точність розмірів	Гірша	Краща	1,3	0,25
Відповідність технологічній документації	Неповна	Повна	1,15	0,2
Наявність заусенців	Присутня	Частково присутня	1,1	0,25
Важкість виконання	Легко	Важко	0,86	0,2
Економія на втратах від браку	20 грн	18 грн	-	-

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,6 * 0,1 + 1,3 * 0,25 + 1,15 * 0,2 + 1,1 * 0,25 + 0,86 * 0,2 = 1,162$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента на 16,2%.

Конкурентоспроможність продукції — це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вище зазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{\text{т.п.}}}{I_{\text{е.п.}}}, \quad (5.5)$$

де  $I_{\text{т.п.}}$  — індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{\text{е.п.}}$  — індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{е.п.}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hei}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Bei}}}, \quad (5.6)$$

де  $P_{\text{Hei}}$ ,  $P_{\text{Bei}}$  — економічні параметри відповідно нового та базового товарів.

Якщо  $K > 1$ , то інноваційне рішення вважається більш

конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент; якщо  $K < 1$ , то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товара-конкурента; якщо  $K = 1$ , то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,162. За формулою 5.6 розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.п.} = \frac{18}{20} = 0,9$$

Тоді, користуючись формулою 5.5, розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,162}{0,9} = 1,29$$

Оскільки  $K > 1$  ( $K = 1,29$ ), то запропонована нова технологія виготовлення деталі "Корпус БА-01" є більш доцільнішою і конкурентоспроможною, ніж базова.

## 5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку технологічного процесу виготовлення деталі типу "Корпус БА-01"

Заходи з розробки та впровадження досягнень науково-технічного прогресу потребують для свого здійснення одноразових витрат, їх називають капітальними. В залежності від змісту заходу склад капітальних вкладень різниться. Загалом при визначенні річного економічного ефекту у складі капітальних вкладень виробників враховуються як безпосередньо капітальні вкладення, так і інші одноразові витрати, які необхідні для створення і використання техніки або технологічного процесу без залежності від джерела їх фінансування.

До них відносяться: витрати на основну та додаткову заробітну плату розробників технологічного процесу, нарахування на заробітну плату розробників, витрати на придбання, доставку, монтаж, технічну підготовку і освоєння виробництва; вартість необхідних виробничих площ і інших елементів основних фондів, які безпосередньо пов'язані з виготовленням нових виробів за новим технологічним процесом.

Розрахунок капітальних витрат на розробку або модернізацію технологічного процесу, включає розрахунок таких основних статей витрат:

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн}] \quad (5.7)$$

де  $M$  — місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн. В 2019 році величини окладів коливаються в межах 12000 ÷ 25000 грн.

$T_p$  — число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21 \div 22$ , прийmemo – 21 робочий день.

$t$  — число днів роботи розробника.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку основної зарплати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	15000	714,29	10	7142,9
Інженер-конструктор I категорії	10000	476,19	18	8 571,4
Інженер-технолог вищ. категорії	10000	476,19	10	4761,9
Всього				20476,2

Додаткова заробітна плата розробників.

Додаткова заробітна плата розраховується як 10 ... 12% від основної заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} Z_o, [\text{грн}] \quad (5.8)$$

де  $N_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{д}} = 20476,2 \cdot 0,11 = 2252,4 \text{ (грн)}.$$

Нарахування на заробітну плату розробників.

Нарахування на заробітну плату розробників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot N_{\text{зп}}, \quad (5.9)$$

де  $N_{\text{зп}}$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$N_z = (32380,95 + 3561,9) \cdot 0,22 = 5000,3 \text{ (грн)}.$$

Вартість обладнання визначається за прейскурантом гуртових цін на металорізальні верстати або за даними базового підприємства за відпускними і договірними цінами. До балансової вартості обладнання окрім прейскурантної вартості верстатів входять витрати на їх транспортування і монтаж на ділянці, ці витрати приймаються в розмірі 10...12% від вартості обладнання.

Балансову вартість нового обладнання розраховують за формулою:

$$V_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, [\text{грн}] \quad (5.10)$$



де  $C_i$  – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{пр,i}$  – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на ділянці, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

Найменування обладнання	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн	Примітка
Токарний верстат з ЧПК 1В340Ф30 підвищеної точності	150000	2	300000	$K=1.12$
Всього			300000	336000

Витрати на оренду або придбання приміщень для облаштування технологічного процесу відсутні (використання власних виробничих приміщень). Однак необхідно врахувати переобладнання власних старих приміщень для облаштування модернізованого технологічного процесу за формулою:

$$V_{буд} = C_{пл} \cdot S_{заг}, \text{ [грн]} \quad (5.11)$$

де  $C_{пл}$  – приблизна вартість переобладнання 1 м<sup>2</sup> власних приміщень ( $C_{пл} \approx 200 \dots 1000$  грн./кв.м).

$S_{заг}$  – загальна площа виробничої ділянки, м<sup>2</sup>.

$$V_{буд} = 300 \cdot 85 = 25500 \text{ (грн)}.$$

Додаткові інструменти та пристосування для впровадження даного технологічного процесу.

Витрати на придбання нового інструменту можна розрахувати за формулою:

$$O = \sum_1^n C_i \cdot N_i \cdot K_i, [\text{грн}] \quad (5.12)$$

де:  $C_i$  — ціна придбання інструменту даного виду, марки, грн.,

$N_i$  — кількість однотипного виду інструменту, шт.,

$K_i$  — коефіцієнт, що ураховує доставку, налагодження інструменту тощо,

$K_i = 1,1$

$n$  — кількість видів інструменту.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на інструмент

Найменування інструменту	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн
Різець прохідний	26,50	8	212,00
Різець підрізний	25,30	5	126,50
Фреза торцева	28,70	7	200,90
Фреза пальцева	18,00	5	90,00
Розвертка	32,60	5	163,00
Свердло центрувальне	15,50	4	62,00
Поворотне пристосування	6500,00	1	6500,00
Всього			7354,40

Інші витрати (накладні витрати) — приймаються як 250% від суми основної заробітної плати розробників.

$$I = 20476,2 \cdot 250 / 100\% = 51\,190,5 \text{ (грн).}$$

Сума всіх попередніх статей дає капітальні витрати на модернізацію технологічного процесу— К (ΔК).

$$\begin{aligned} K &= 20\,476,2 + 2252,4 + 5000,3 + 336000 + 22500 + 7354,4 + 51\,190,5 = \\ &= 444\,773,8 \text{ (грн).} \end{aligned}$$

### 5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

До виробничої собівартості продукції включаються: прямі матеріальні витрати, прямі витрати на оплату праці, інші прямі витрати, загально виробничі витрати, які поділяються на змінні та постійні. Постійні загально виробничі витрати поділяються в свою чергу на розподілені та нерозподілені.

Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції передбачає визначення таких статей витрат:

#### Витрати на матеріали

Якщо вихідні заготовки виробів, які в подальшому потребують механічної обробки, виготовлені на підприємстві у відповідних виробничих підрозділах заготівельного виробництва (ливарних, пресових цехах або дільницях тощо), то вартість основного матеріалу з урахуванням утилізації відходів визначається за формулою:

$$M_j = S_{\text{зар}j} - V_j \cdot C_{\text{в}j}, [\text{грн}] \quad (5.13)$$

де  $S_{\text{зар}j}$  – виробнича собівартість заготовки у відповідному підрозділі, грн.

$V_i$  - маса відходів  $i$ -го найменування, кг (гр.);

$C_{\text{в}}$  - ціна відходів  $i$ -го найменування, грн./кг;

$n$  - кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Возвратні відходи, грн, ( - )	Вартість витраченого матеріалу, грн.	Примітка
Сталь 30Л	34,2	5,2	3,25	4,00	13	1 765,4	К=1.1
Всього							194,19

Витрати на комплектуючі та напівфабрикати:

Комплектуючі та напівфабрикати відсутні.

Витрати на силову електроенергію

Електрична енергія на дільниці витрачається на живлення електродвигунів, електронагрівальних приладів, які використовуються при виготовленні продукції, апаратури. Силова електроенергія для виробничих цілей залежить від потужності обладнання, що використовується.

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

$$B_e = B \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, [\text{грн}] \quad (5.14)$$

де  $B$  - вартість 1 кВт-години електроенергії. В 2019 році  $B = 2,35535$  грн/кВт.

$\Pi$  — установлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  — фактична кількість годин роботи обладнання по виготовленню одного виробу, год.;

$K_{\Pi}$  — коефіцієнт використання потужності,  $K_{\Pi} < 1$ .

Результати розрахунку витрат на електроенергію покажемо у вигляді таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розраховані витрати на електроенергію

Обладнання	Потужність	Нормо- години	Сума
Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	11	3,66	83,45
Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	11	0,077	1,76
Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2	8	0,3	0,08
Вертикально-фрезерний 6Р13Ф3	8	0,71	6,96
Внутрішньошліфувальна 3М227АФ2	8	5,56	93,24
Всього			185,49

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \text{ [грн]} \quad (5.15)$$

де  $t_i$  — норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, год;

$n$  — число робіт по видах та розрядах;

$K_c$ —коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками -  $K_c = 1 \div 5$ .

$C_i$  — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{3m}}, \text{ [грн/год]} \quad (5.16)$$

де  $M_m$  - мінімальна місячна оплата праці, грн.  $M_m = 4173$  грн.

$K_i$  — тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

$T_p$  — число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21$ .

$T_{зм}$  — тривалість зміни,  $T_{зм} = 8$  год.

$$C = (4173 \cdot 1,5) / (21 \cdot 8) = 37,26 \text{ (грн).}$$

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Витрати на заробітну плату

Найменування технологічних операцій	Трудомісткість, н-хвилин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн	Примітка
Токарно-револьверна з ЧПК	4,76	4	37,27	2,96	
Токарно-револьверна з ЧПК	0,1	4	37,27	0,06	
Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,4	4	37,27	0,25	
Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,41	4	37,27	0,88	
Внутрішньошліфувальна	7,23	5	42,24	5,09	
Всього				9,24	

Додаткова заробітна плата робітників.

Розраховується як  $10 \div 12$  % від основної заробітної плати робітників:

$$Зд = 9,24 \cdot 0,11 = 1,02 \text{ (грн).}$$

Нарахування на заробітну плату робітників.

Нарахування на заробітну плату розробників  $Z_n$  розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зп}}, [\text{грн}] \quad (5.17)$$

де  $H_{\text{зп}}$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$H_z = (9,24 + 1,02) \cdot 0,22 = 2,26 \text{ (грн)}.$$

Загальновиробничі статті витрат.

Величину загальновиробничих витрат в розрахунку на одиницю продукції можна розрахувати за нормативами відносно до основної заробітної плати основних робітників, які виготовляють цю продукцію.

Загальновиробничі витрати (в відсотках до основної заробітної плати основних робітників) для механічного устаткування складають 250 ... 280%. Прийmemo 250%. Тоді:

$$ZB = 9,24 \cdot 250\% / 100\% = 23,1 \text{ (грн)}.$$

Сума всіх попередніх статей утворює виробничу собівартість одиниці продукції:

$$S = 194,19 + 185,49 + 9,24 + 1,02 + 2,26 + 23,1 = 415,3 \text{ (грн)}.$$

#### 5.4 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Економічний ефект від впровадження модернізованого технологічного процесу розраховується за формулою:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N, [\text{грн}] \quad (5.18)$$

де  $S_1$ - виробнича собівартість виготовленої продукції за базовим технологічним процесом;

$S_2$  - виробнича собівартість виготовленої продукції за модернізованим технологічним процесом;

$N$  – обсяги виготовлення продукції за модернізованим технологічним процесом.

Тоді величина економічного ефекту складе:

$$E = (419,2 - 415,3) \cdot 4500 = 175\,000 \text{ (грн)}.$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховують за формулою:

$$T_o = \frac{K(\Delta K)}{\Pi}, [\text{років}] \quad (5.19)$$

де  $K$  (або  $\Delta K$ ) — капітальні вкладення або додаткові капітальні вкладення, необхідні для реалізації нового технологічного процесу, нової дільниці, цеха тощо, або для їх модернізації, грн.,

$E$  – економічний ефект від впровадження нового технологічного процесу.

$$T_o = 444773,8 / 175000 = 2,54 \text{ (року)}.$$

Термін окупності модернізованого технологічного процесу складає 2,54 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 3 – 5 років, а величина економічного ефекту складе 175000 грн. Тому застосування модернізованого технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус БА-01” є економічно доцільним.



## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з діючою класифікацією (ГОСТ 12.0.003-74) поділяються на такі групи: фізичні; хімічні; психологічні; біологічні.

На робочому місці обробки деталей типу «Корпус БА-01» виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

-фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатня природного освітлення;

-хімічні: загально токсичні (CO<sub>2</sub> - джерело - міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючи (пари лугів з ЗОР);

-психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово- психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);

-біологічні: хвороботворні мікроорганізми та бактерії, що з'являються при роботі з ЗОР.

### 6.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.

#### 6.2.1 Електробезпека

Дільниця, що проектується, по небезпеці ураження людей електричним струмом віднесена до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю.

Занулення в електроустановках не знаходяться під напругою до 1000 В- спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення - всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на дільниці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, забороняючи, остерігаючи та нагадуючи.

#### 6.2.2 Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на дільниці

Виробниче обладнання повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование произведено. Общие требования безопасности". Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися устрій, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для фрезерних верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці обробку різанням повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

### 6.3 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.

#### 6.3.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

Виробниче приміщення повинно відповідати вимогам СНиП II-2-80, СНиП II-89-80. Згідно ГОСТ 12.2.003-74 „ССБТ. Оборудование производственно. Общие требования безопасности“, обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше  $15 \text{ м}^2$ , а площа -  $4,5 \text{ м}^2$ .

#### 6.3.2 Мікроклімат в виробничому приміщенні

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря  $t, \text{ }^\circ\text{C}$ ; відносною вологістю  $\phi, \%$ ; швидкістю руху повітря на робочому місці  $V, \text{ м/с}$ ; атмосферним тиском  $p, \text{ мм.рт.ст.}$ .

Згідно з вимогами ССТБ метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги.

Людина почуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря  $t=18...22 \text{ }^\circ\text{C}$ ; відносна вологість  $\phi=40...60\%$ , швидкість руху повітря на робочому місці  $V=0,1...0,2 \text{ м/с}$ .

ГОСТ 12.1.005-88 „Санитарные нормы микроклимата производственных помещений“ встановлює оптимальні та доступні параметри мікроклімату для різних категорій робіт, пори року, типів робочих місць. Для категорії робіт II б - роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t, °C				Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с		
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптим	Доп. на роб. місці	Оптим	Доп. на роб. місці
			Верхня межа		Нижня межа					
		пост	непост	пост	непост					
Холодний Теплий	II б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	>0,4
		20...22	27	29	16	15	40...60	70(t=25°C)	0,3	0,2...0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху, де відсутні шкідливі виділення і необхідно мала кратність повітрообміну, застосовують витяжну загально обмінну вентиляцію.

### 6.3.3 Освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками.

Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т.д.

Згідно СніП II-4-79 зорова робота на розробляемій ділянці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості - це відношення освітленості зовні. Нестачу природної освітленості компенсує штучне.

Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне - газорозрядними лампами.

Згідно СнiП II-4-79 для розряду зорових робіт вищої точності - I б, освітленість має складати: комбінована - 4000лк; загальна - 1250 лк; контраст об'єкта розпізнавання з фоном - середній; фон - темний.

Нормальне значення для КПО:  $e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c$

де  $e_H^{IV}$  - значення КПО для будівель, що розташовані у II поясі світлового клімату;

$m$  - коефіцієнт світлового клімату, що враховує особливість світлового клімату іншої місцевості;

$C$  - коефіцієнт сонячності клімату.

Для бокового природного освітлення  $e_H^{IV} = 10\%$ ; для суміщеного освітлення  $e_H^{IV} = 6\%$ ;  $m^{IV} = 0,9$ ;  $C = 0675$  [22], для зовнішніх стін азимут  $270^\circ$ .

Отже мінімальні значення КНО:

- для природного освітлення :  $e_H^{IV} = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2\%$

IV - для суміщеного освітлення:  $e_H^{IV} = 6 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,215\%$

#### 6.3.4 Шум та вібрації

Шум має великий вплив на працездатність людини. Допустимі рівні шуму нормуються у СнiП 3223-85 „Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах”.

Джерелами шума на розглядаємій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок. Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання нерівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних

порушень здоров'я людини. На ділянці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. Згідно ГОСТ 12.1012-90 ССБТ. Вибрація. Общие требования безопасности" на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл.3) для категорій вібрацій 3 тип „а" - технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Санітарні норми одно чисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Допустимі рівні вібрацій.

Вид вібрації	Категорії вібрацій по СН	Напрявлення дії	Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-прискорення	Рівень віброприскорення	Віброшвидкість	Рівень віброшвидкості
			м с-1	дБ	м с-1 10-2	дБ
загальна	3 тип «а»	Z0,y0,x0	0.1	100	0,2	92

#### 6.4 Розрахунок загальної витяжки вентиляції

##### 6.4.1. Розрахунок теплообміну

Кількість виділяемого повітря визначаємо по кратності повітрообміну К. За годину повітря на ділянці повинно помінятися 5 разів, тобто  $K=5$ . Об'єм ділянці: 1728 м<sup>3</sup>.

Тоді повітрообмін буде:

$$L=K \cdot V=5 \cdot 1728=8640 \text{ м}^3/\text{год.}$$

6.4.2. Зобразимо схему вентиляції і розіб'ємо її на ділянки - відрізки системи повітрообміну, по довжині яких площа попереднього перерізу та витрати повітря однакові.

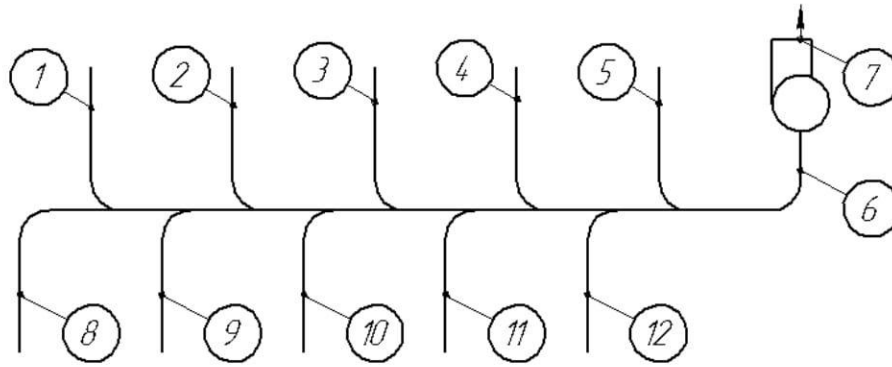


Рисунок 6.1 – Схема вентиляції

Визначаємо довжину ділянок витяжної системи.

Так як довжина ділянок складає 24 м прийmemo:

$$l_1=l_6=l_2=l_3=l_4=l_5=l_7=4 \text{ м}; l_8=l_9=l_{10}=l_{11}=l_{12}=2 \text{ м}.$$

При шести витяжках:  $L_1=1440 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $L_2=2880 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $L_3=4320 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $L_4=5760 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $L_5=7200 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $L_6=L_7=8640 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Ділянки 1 - 6 є центральним повітропроводом, призначаємо швидкість повітря на ній - 12 м/с; у відгалудженнях - до 6 м/с.

6.4.3. Визначаємо площу поперечного перерізу на всіх ділянках:

$$S_1 = \frac{L_1}{V_1} \cdot 3600 [\text{м}^2];$$

де  $V_i$  — попередньо прийняте значення швидкості в  $i$ -ій ділянці, м/с.

Для першої ділянки:

$$S_1 = \frac{1400}{6} \cdot 3600 = 0.066 (\text{м}^2).$$

Визначаємо діаметр:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4S_i}{\pi}} = 0,291 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр  $d_1 = 315$  мм.

Тоді фактична швидкість:

$$V_{\Phi^2} = \frac{L_i}{S_{\Phi^2}} \cdot 3600 \text{ (м/с)};$$

де  $S_{\Phi^1}$  - фактична площа і-ої ділянки.

$$V_{\Phi^2} = 140 / (3,14 \cdot 0,315^2 / 4) \cdot 3600 = 5,13 \text{ (м / с)}.$$

Результати розрахунків для інших ділянок зведені у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 - Результати розрахунків

№	L, м	L, м <sup>3</sup> /год	V, м/с	d, мм	V <sub>ф</sub> , м/с	Δ рм пит; кг с/ м <sup>2</sup>	Δ рм , кг с/ м <sup>2</sup>	Δ рм0, кг с/ м <sup>2</sup>
1	6	1440	69	315	5,13	0,095	0,57	2,25
2	4	2880	7	400	6,37	0,112	0,448	0,45
3	4	4320	8	450	7,56	0,13	0,5825	0,3
4	4	5760	9	500	8,14	0,127	0,508	0,35
5	4	7200	10	560	8,22	0,121	0,484	0,1
6	6	8640	11	560	9,7	0,168	1,008	1,1
7	4	8640	12	560	9,7	0,168	0,672	1,8
Σ							4,21	6,35

6.4.4. Розрахуємо витрати тиску у вентиляційній системі.

1) Витрати тиску на тертя:  $\Delta \text{ рмі} = \Delta \text{ рмі.пит} \cdot l_i$ ;

Де  $\Delta \text{ рмі.пит}$  – витрати тиску на одиницю довжини, кг с/м<sup>2</sup>.

Для першої ділянки  $\Delta \text{ рмі.пит} = 0,095$  кг с/м<sup>2</sup>.

Тоді  $\Delta \text{ рмі1} = 0,095 \cdot 6 = 0,57$  кг с/м<sup>2</sup>.



Аналогічно розрахуємо витрати тиску на тертя на інших ділянках і результати розрахунків заносимо в таблицю 6.4.

2) Витрати тиску на місцеві опори.

Ділянка № 1: - сітка  $\Delta p_m = 0,15 \text{ кг с/м}^2$ ;

- Відвід під кутом  $90^\circ \Delta p_m = 1,1 \text{ кг с/м}^2$ ;

- Трійник на стиці діляниць 1, 2, 8:  $d=450$ ;  $V_1=5,13 \text{ м/с}$ ;

$$V_2=6,37 \text{ м/с}; V_8=5,13 \text{ м/с};$$

$$V'_C = L_8 \cdot V_8 \cdot \cos 45^\circ / L_2 + L_1 V_2 / L_2;$$

$$V'_C = 1440 \cdot 5,13 \cdot 0,707 / 2880 + 1440 \cdot 5,13 / 2880 = 4,38;$$

$$V'_C / V_2 = 4,38 / 6,37 = 0,69; V_1 / V_2 = 1,24.$$

$$\Delta p_{m1} = 1; \Sigma \Delta p_{m1} = 2,25.$$

Ділянка №2: трійник на стиці ділянок 2, 3, 9:  $\alpha=45^\circ$ ;  $V_2=6,37 \text{ м/с}$ ;

$$V_3=7,55 \text{ м/с}; V_9=5,13 \text{ м/с};$$

$$V'_C = L_9 \cdot V_9 \cdot \cos 45^\circ / L_3 + L_2 V_2 / L_3;$$

$$V'_C = 1440 \cdot 5,13 \cdot 0,707 / 4320 + 2880 \cdot 6,37 / 4320 = 5,46;$$

$$V'_C / V_3 = 5,46 / 7,55 = 0,72; V_2 / V_3 = 6,37 / 7,55 = 0,84; \Delta p_{m2} = 0,45.$$

Ділянка №4: трійник на стиці ділянок 4, 5, 11:  $\alpha=45^\circ$ ;  $V_4=8,14 \text{ м/с}$ ;

$$V_5=8,22 \text{ м/с}; V_{11}=5,13 \text{ м/с};$$

$$V'_C = L_{11} \cdot V_{11} \cdot \cos 45^\circ / L_5 + L_4 V_4 / L_5;$$

$$V'_C = 1440 \cdot 5,13 \cdot 0,707 / 7200 + 5760 \cdot 8,14 / 7200 = 7,24;$$

$$V'_C / V_5 = 7,24 / 8,22 = 0,88; V_4 / V_5 = 8,14 / 8,22 = 0,99; \Delta p_{m4} = 0,35 .$$

Ділянка №5: трійник на стиці ділянок 5, 6, 12:  $\alpha=45^\circ$ ;  $V_5=5,13 \text{ м/с}$ ;

$$V_6=9.7 \text{ м/с}; V_{12}=5,13 \text{ м/с};$$

$$V'_C = L_{12} \cdot V_{12} \cdot \cos 450 / L_6 + L_5 V_5 / L_6;$$

$$V'_C = 1440 \cdot 5.13 \cdot 0.707 / 8640 + 7200 \cdot 8.22 / 8640 = 7.45;$$

$$V'_C / V_6 = 7.45 / 9.7 = 0.77; V_5 / V_6 = 8.22 / 9.7 = 0.85; \Delta p_{m5} = 0.1 .$$

Ділянка №6: - відвід під кутом 900 -  $\Delta p_{m6} = 1.1$  .

Ділянка №7: дифузор після вентилятора  $\Delta p_{m7} = 0.5$  ;

Зонт звичайний  $\Delta p_{m8} = 1.3$  ;

$$\Delta p_{i7} = \Delta p'_i + \Delta p''_i = 0,5 + 1,3 = 1,8.$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 6.4.

6.4.5. Необхідна потужність вентилятора:

$$N = \frac{L \cdot \Delta p}{3600 \cdot \eta_B \cdot \eta_i}$$

$$N = 8640 \cdot (4.21 + 6.35) / 0.78 \cdot 0.995 + 3600 = 32.6 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Приймаємо даховий центр обіжний вентилятор КЦЗ-90 з  $N_{\Phi} = 40 \text{ кг/м}^2$ .

Визначаємо витрати тиску по магістралі:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{m1} + \Delta p_{m1} = 0,57 + 2,25 = 2,82 \text{ (кг с/м}^2\text{)};$$

$$\Delta p_{1-2} = 2,82 + 0,448 + 0,45 = 3,718 \text{ (кг с/м}^2\text{)};$$

$$\Delta p_{1-2-3} = 3,718 + 0,52 + 0,3 = 4,528 \text{ (кг с/м}^2\text{)};$$

$$\Delta p_{1-2-3-4} = 4,538 + 0,508 + 0,35 = 5,396 \text{ (кг с/м}^2\text{)};$$

$$\Delta p_{1-2-3-4-5} = 5,396 + 0,484 + 0,1 = 6,98 \text{ (кг с/м}^2\text{)}.$$

Витрати тиску у відгалуженнях:  $\Delta p_{m8} = 0,15 + 1,1 = 1,25$  (опір сітки та відводу);

$$\Delta p_{m9} = 0,095 \cdot 2 = 0,19 \text{ (витрати на тертя)};$$

Тоді  $\Delta p_8 = 1,25 + 0,19 = 1,44$ .

Такі ж витрати тиску у дільницях 9,10,11,12.

Для зрівняння витрат тиску у відгалуженнях з відповідними витратами на магістралі, встановлюють діафрагми.

Підберемо розміри отвору діафрагми для погашення тиску у повітроводі.

Надмірний тиск для 8-ї ділянки:  $\Delta p_{n8} = 2,82 - 1,44 = 1,38$  кг с/м<sup>2</sup>;

Аналогічно  $\Delta p_{n9} = 2,278$  кг с/м<sup>2</sup>;  $\Delta p_{n10} = 3,098$  кг с/м<sup>2</sup>;

$\Delta p_{n11} = 3,956$  кг с/м<sup>2</sup>;  $\Delta p_{n12} = 5,64$  кг с/м<sup>2</sup>.

Визначаємо швидкість тиску  $p_c$  в повітроводі  $d = 315$  мм, відповідний швидкості  $V = 5.13$  м/с;  $P_c = 1,59$  кг с/м<sup>2</sup>.

Визначаємо коефіцієнт місцевого опору діафрагми для погашення надмірного тиску:  $\xi = \frac{1.38}{1.59} = 0,89$ ;  $d'_8 = 268$  мм.

З таблиць знаходимо необхідний розмір отвору діафрагми.

Аналогічно

$$\xi_9 = 1.43; d'_9 = 251 \text{ (мм)};$$

$$\xi_{10} = 1.948; d'_{10} = 242 \text{ (мм)};$$

$$\xi_{11} = 2.49; d'_{11} = 238 \text{ (мм)};$$

$$\xi_{12} = 3.55; d'_{12} = 224 \text{ (мм)}.$$

6.5 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань

6.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи.

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.)

матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т.д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає

тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів - мідь, нікель, срібло і їх поєднання.

Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеною на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8 - 150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металеві сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяють регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до долей Ом.

6.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники. Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК [22] наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр.i}$ , Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}$ , Р
Індуктивні матеріали	$10^6$	10 <sup>4</sup>
Інтегральні схеми	$10^4$	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистивні елементи	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	$10^{10}$	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає  $D_{гр}=10^4$  Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{зр.мін} = \frac{D_{зр} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де  $t_n=1$ ,  $t_k=10$  років= $87601$  год – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 5$  – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

6.5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}}$$

де  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Оскільки працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде збережено, коли  $K_B \geq 40$  дБ, то розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що  $K_{B\min} = 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення в системі ЧПК дорівнює

$$U_D = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 5 = 18,9 \text{ В}$$

де  $U_{ж} = 18$  В – робоча напруга живлення;

$N = 5$  – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить  $l_{\Gamma} = 0,65$  м.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК визначається з рівняння

$$K_{B\Gamma} = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_D}{U_G} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_G = \frac{U_D}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ В.}$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_G}{l_G} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ В/м.}$$

Отже область працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного випромінювання визначена вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

#### Висновки

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.



## ЗАКЛЮЧЕННЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі виконані розділи, мета яких полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» для умов середньосерійного типу виробництва.

Проектування здійснено на базі розглядання типового технологічного процесу обробки деталі «Фланець», яка є аналогічною до заданої деталі. На основі критичного аналізу були запропоновані два модернізованих варіанти один з яких вибраний для подальшого проектування.

В технологічній частині роботи поставлені та послідовно розв'язані такі задачі:

- за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва середньо-серійний, завдяки чому, з усіх існуючих методів виготовлення заготовки вибрано два можливих;
- виконано порівняльний аналіз двох можливих методів виготовлення вихідної заготовки, це дозволило вибрати оптимальний варіант – штампування на КГШП;
- на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки, який складається з чотирьох операцій на яких використовуються такі верстати: 1В340Ф30, 2Р135Ф2, 6Р13Ф3, 3М227АФ2. Для обслуговування вибраних верстатів розраховано необхідну кількість робітників - 6 основних і 2 допоміжних;
- виконано розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки, в результаті якого визначено технологічні розміри і розміри вихідної заготовки, а також перевірено можливість забезпечення необхідної точності конструкторських розмірів;
- визначено режими різання на всіх переходах технологічного процесу механічної обробки;

- розраховано приведену програму, яка складає 69384 шт. та виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки.

В дослідницькому розділі проведений повно факторний аналіз впливу подачі, глибини різання та радіуса заокруглення вершини різця на шорсткість поверхні

Також в проекті виконані розділи «Економіка виробництва» та «Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях». Останні два розділи підтвердили економічну доцільність проведеної роботи та дозволили визначити заходи по охороні праці та безпеці роботи.

Графічна частина ілюстративно доповняє матеріали, які представлені в розрахунково-пояснювальній записці і виконана в обсязі 11 аркушів формату А1.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобела А.О. Аналіз показників точності обробки, що забезпечуються чистовим точінням на багатоцільовому верстаті. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/viewFile/6272/5173>
2. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч.Посібник /В.Д. Рудь.– К.: ІСДО – 1996.– 300с.
3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологи машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.– Минск. «Вышэйшая школа»,1983.– 256 с.
4. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник/ В.О. Козловський – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
5. В. Большаков Основи 3D моделювання/В. Большаков, А. Бочков АСКОН-Питер. 2012 – 304 с.
6. Дусанюк Ж.П. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт дисципліни "Проектування механоскладальних дільниць та цехів " для студентівзаочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та"Менеджмент організацій машинобудування" / Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк – Вінниця: ВДТУ, 2002 – 58 с.
7. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. — Минск : Вышэйшая школа, 1983.— 256 с.
8. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок вмашиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа».1999.–247с.
9. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и размерные напуски : ГОСТ 7505-89. — [Чинний від 1990-07-06] М. : Изд-во стандартов, 1990.— 86 с.
10. Комиссаров В.И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В.И. Комиссаров, В.И. Леонтьев. М. : Машиностроение, 1985. — 224 с.

11. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Технологія обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та системи” / Уклад. О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик.

12. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П.О. Руденко. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.

13. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.—496с.

14. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, наобслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Сер. произ. М. : Машиностроение, 1974.—421 с.

15. Вардашкин Б. Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т., Т.1,2 / [Под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского]. – М.: Машиностроение, 1984.—656 с.

17. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" (електронний варіант) / [Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В.] ; / Вінниця, ВНТУ 2011. —143 с.

18. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов Под ред. А.М. Дальского - М.: Машиностроение. 1994

19. В. В. Кавецький, В. О. Козловський., вид. 3-те виправл. і доп. - Вінниця: ВНТУ, 2009.-90 с.

20. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. М.:Машиностроение, – 1983. - 432 с.

21. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Навчальний посібник / В.Ф. Сакевич – Вінниця ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ  
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ  
«КОРПУС БА-01»  
08-26.МКР.05.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
Савуляк В.В. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Бобела А.О. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудування необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

### 2. Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалення технології механічної обробки деталі типу «Корпус БА-01» з урахуванням передових технологій і нових методів обробки подібних заготовок;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

### 3. Джерела розробки для виконання МКР

Джерела розробки: завдання на дипломний проект, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

При виконанні МКР в якості вихідних даних було задано:

- деталь типу «Корпус БА-01»;
- маса деталі  $m = 1,95$  кг;
- річна програма випуску розрахункового представника – 4500 шт.;
- приведена програма – 69384 шт.;
- матеріал деталі – сталь 30Л ГОСТ 977-88;

### 4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного

технічного університету (ВНТУ).

### 5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.09.19 р.	20.09.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	1.09.19 р.	20.09.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	1.09.19 р.	24.11.19 р.	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	05.09.19 р.	30.11.19 р.	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	05.09.19 р.	30.11.19 р.	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.09.19 р.	04.12.19 р.	пояснювальна записка

6 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції

Максимальний термін окупності має становити не більше 5 років.

Орієнтовна річна потреба в продукції – 4500 шт.

### 7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

### 8. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів дослідницько-технологічної частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

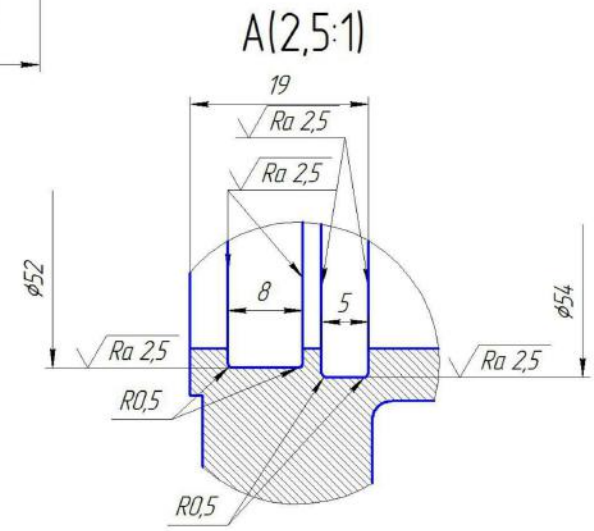
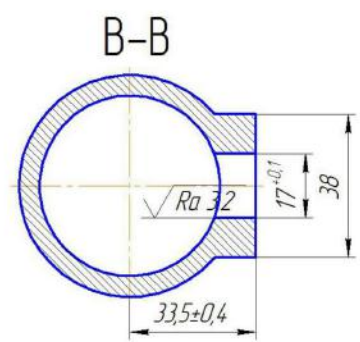
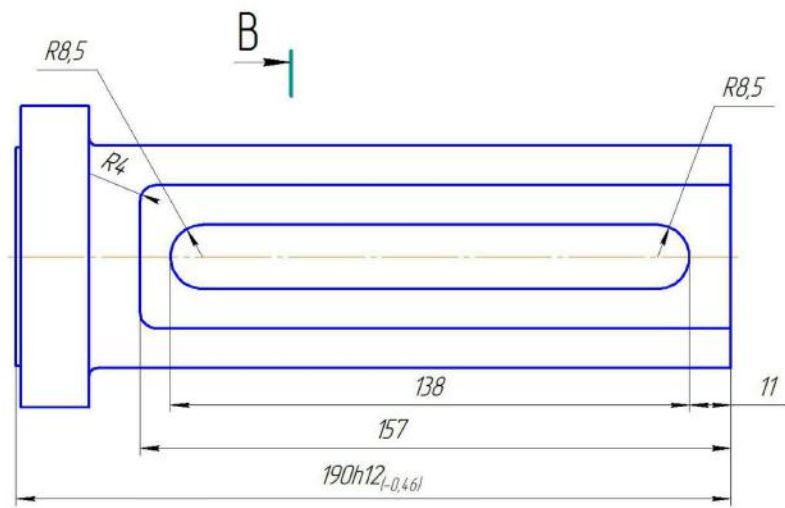
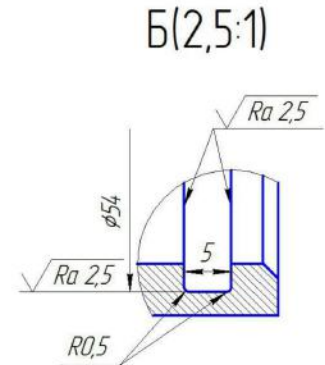
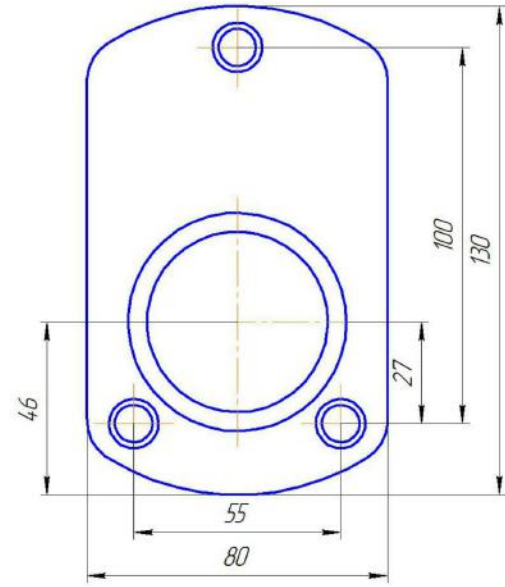
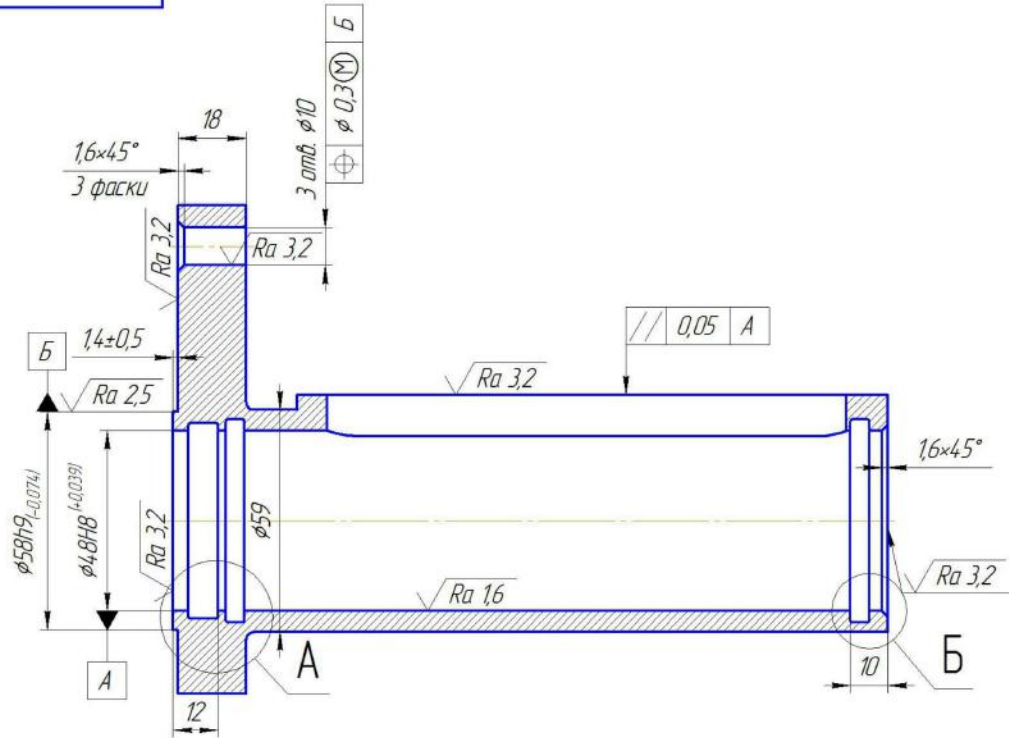


#### 9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

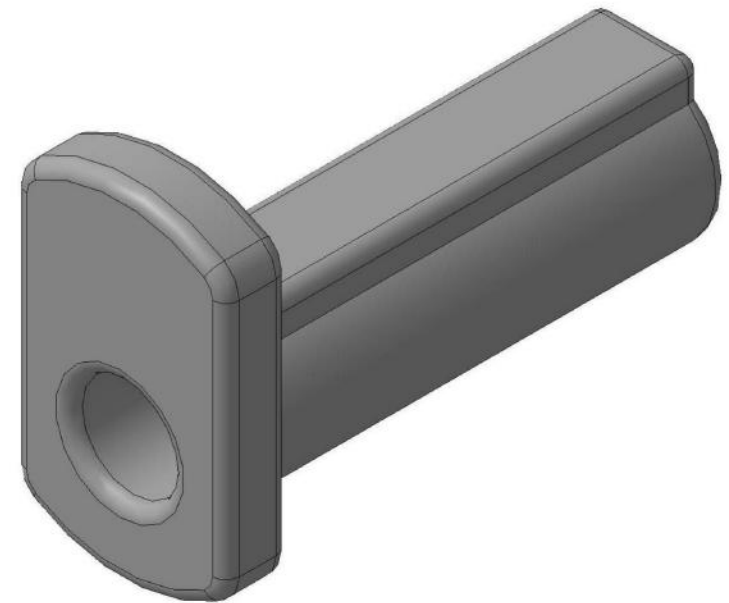
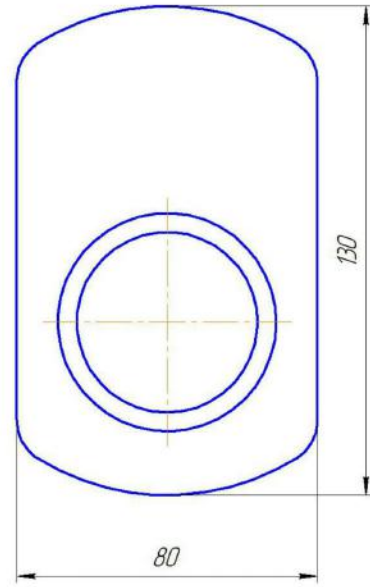
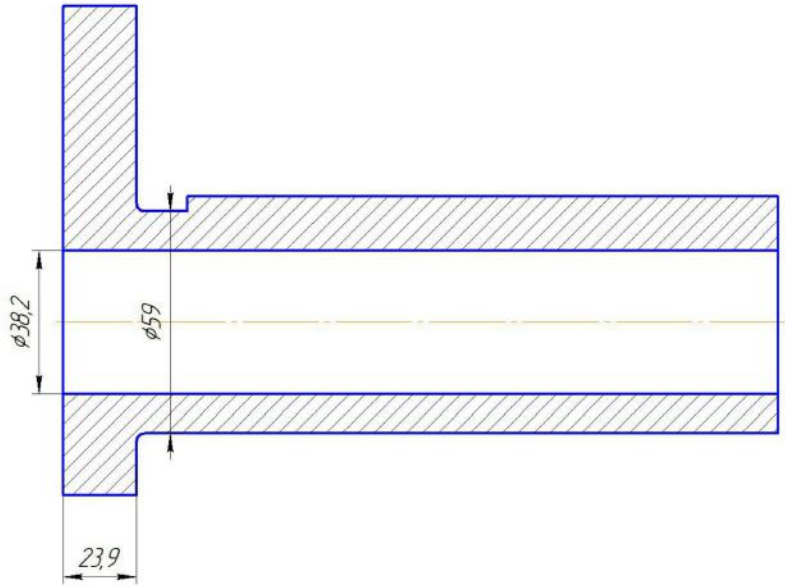
Вимоги відсутні.



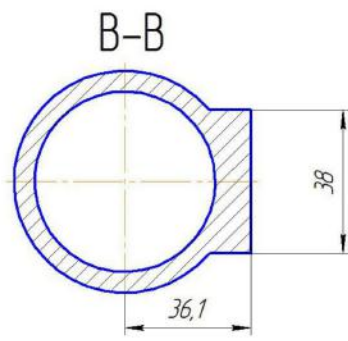
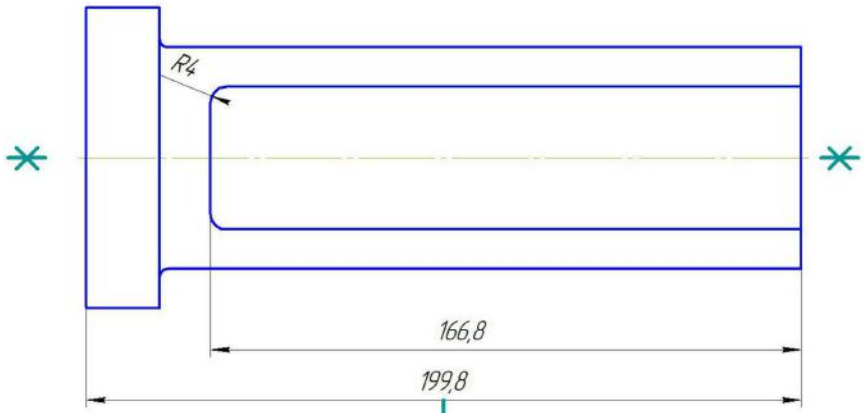
1. H14, h14,  $\frac{H14}{2}$ .  
 2. Невказані ливарні радіуси заокруглень 4-5 мм.

08-26.МКР.05.000.001			
Мат./Лист	№ докум.	Підп.	Лист
Разроб.	Бабелюк А.О.		Масса
Проб.	Сабуняк В.В.		1,95
Т.контр.			Масштаб
			1:1
Н.контр.	Сердюк О.В.		Лист
Утв.	Козлов Л.Г.		Листов
			1
Корпус БА-01			Сталь 30Л ГОСТ 1050-88
Капіравал			ВНТУ, зр.1ПМ-18М
			Формат А2

Лист № докум. Підп. і дата  
 Спрощ. №  
 Назв. № докум. Назв. № діляч. Назв. № діляч. Назв. № діляч.  
 Назв. і дата  
 Назв. № докум. Назв. і дата



B

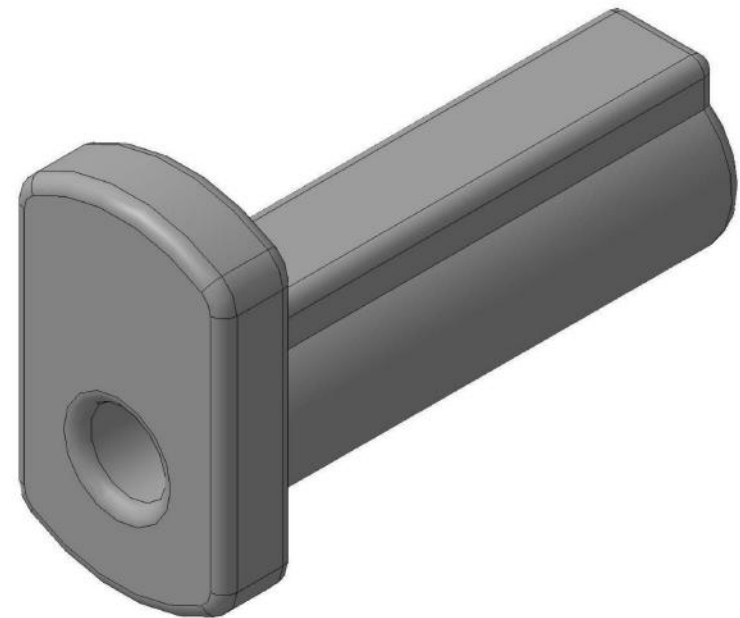
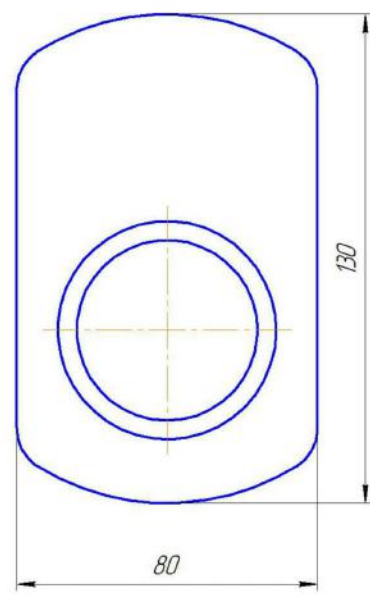
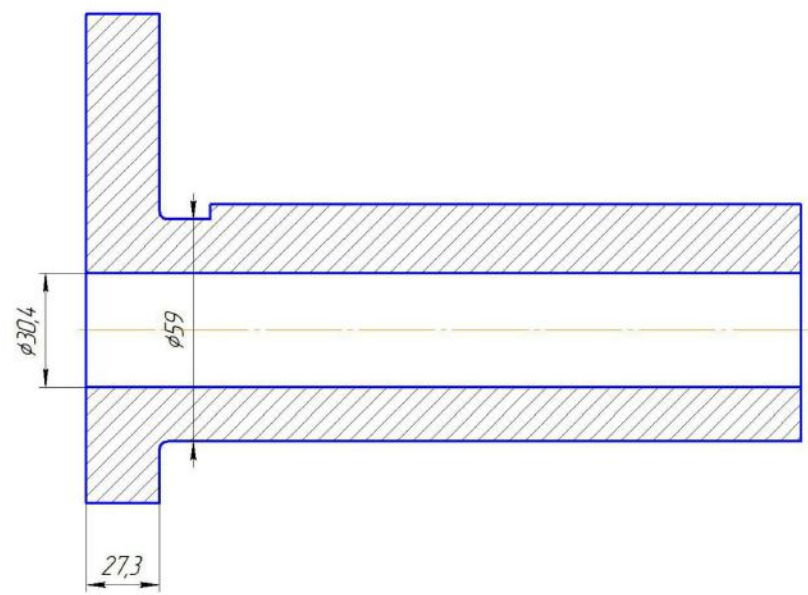


B

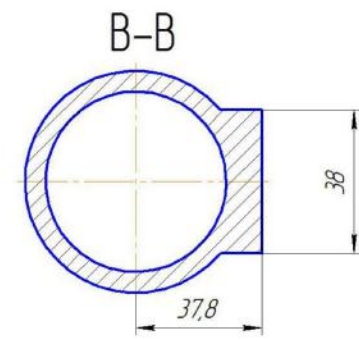
1. Точність вилівка 10 - 8 - 14 - 7 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2 - 18 - 0,4 - 4,2 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 4-5 мм, формувальні нахили 1-2°.

Лист № 1  
Сторінка № 1  
Лист № 1  
Взам. згідно № 1  
Лист № 1  
Лист № 1

				<b>08-26.МКР.05.000.003</b>		
Мат. / Лист	№ док.м.	Підп.	Лист	Маса	Масштаб	
Разроб.	Бабелка А.О.			4,2	1:1	
Проб.	Сабуняк В.В.			Лист	Листов 1	
Т.контр.						
Н.контр.	Сердюк О.В.			Сталь 30Л ГОСТ 1050-88 ВНТУ, зр.1ПМ-18М		
Утв.	Козлов Л.Г.					
				Копіював	Формат А2	



B



B

1. Точність вилівка 12 - 8 - 16 - 9 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 2 - 2,8 - 0,4 - 5,2 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 4 мм, формувальні нахили - 1-2°.

Лист	№ докум.	Підп.	Лист
Лист	№ докум.	Підп.	Лист
Лист	№ докум.	Підп.	Лист
Лист	№ докум.	Підп.	Лист

08-26.МКР.05.000.002			
Мат. Лист	№ докум.	Підп.	Лист
Разроб.	Бабелка А.О.		
Проб.	Сабуняк В.В.		
Т.контр.			
Н.контр.	Сердюк О.В.		
Утв.	Козлов Л.Г.		
Корпус БА-01 (вилівок в піщано-глинисті форми з ручним формуванням)			Лист
Маса 5,2			Лист
Масштаб 1:1			Лист
Сталь 30Л ГОСТ 1050-88			Лист
ВНТУ, зр.1ПМ-18М			Лист
Копіював			Лист
Формат А2			Лист

# Маршрут механічної обробки деталі "Корпус БА-01"

№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Операційний ескіз	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торці 1, 2 однократно та поверхню 3 попередньо.</li> <li>3. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>5. Розточити поверхню 6 однократно.</li> <li>6. Точити 3 попередньо.</li> <li>7. Точити поверхню 3 остаточно.</li> <li>8. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>9. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>10. Зняти заготовку.</li> </ol>		Такарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1834.0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Підрізати торець 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 однократно.</li> <li>4. Зняти заготовку</li> </ol>		Такарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1834.0Ф30
015	<p><b>Вертикально-свердильна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Центрувати 3 отвори 1.</li> <li>3. Свердлити 3 отвори 1.</li> <li>4. Зенкувати 3 отвори 1 однократно.</li> <li>5. Зняти заготовку</li> </ol>		Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2
020	<p><b>Вертикально-фрезерна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 та паз 2 однократно.</li> <li>3. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6Р13РФ3

08-26.МКР.005.00.100

Такарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1834.0Ф30

Такарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1834.0Ф30

Вертикально-свердильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2

Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі 6Р13РФ3

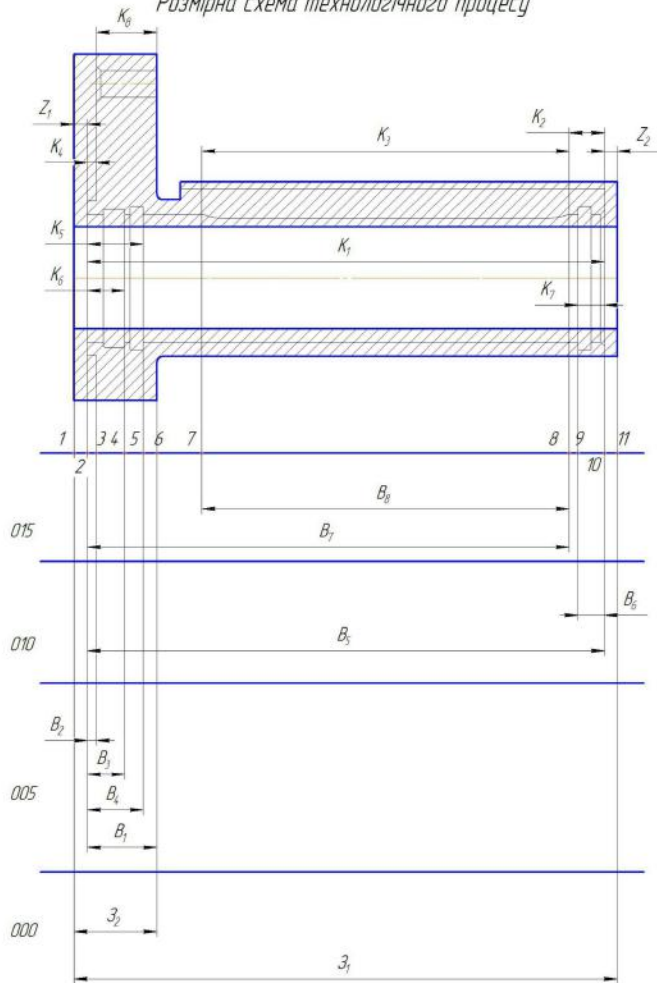
<b>08-26.МКР.005.00.100</b>				Лист	Маса	Реквізити
Мет. Ліста	№ докум.	Твар.	Листа	Маршрут механічної обробки деталі "Корпус БА-01"		
Розроб.	Склад А.О.					
Проб.	Собольєв В.В.					
Листа						
Інженер	Склад О.В.					
Чит.	Козлов Г.Г.					
				Лист	Листов	Т
				ВНТЧ, зр. 1ПМ-18М		
				Формат А1		

## Маршрут механічної обробки деталі "Корпус БА-01"

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Операційний ескіз	Обладнання
1	2	3	4
025	<p><b>Внутрішньошліфувальна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Встановити заготовку Установ А</li> <li>Шліфувати поверхню 1 однократно. Установ Б</li> <li>Шліфувати поверхню 1 однократно.</li> <li>Зняти заготовку</li> </ol>		Внутрішньошліфувальний верстат з ЧПК моделі 3M227AФ2

# Розмірний аналіз технологічного процесу

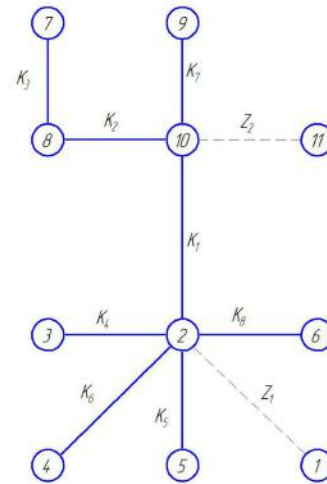
Розмірна схема технологічного процесу



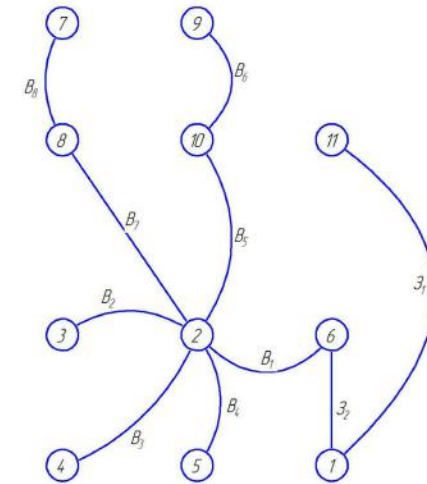
Технологічні розміри і розміри заготовок

Позначення	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$З_1$	$З_2$
Допуск, мм	0,43	0,25	0,43	0,52	0,46	0,36	0,4	1	8	5
Мінімальне значення	17,57	0,9	11,785	18,74	189,54	9,82	178,57	138	199,43	20,5
Максимальне значення	18	1,9	12,215	19,26	190	10,18	178,97	139	207,43	25,5

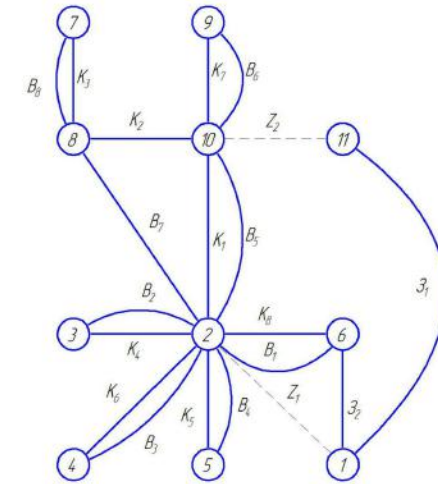
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф



Таблиця міжопераційних припусків

Позначення припусків	$Z_1$	$Z_2$
Мінімальне значення	2,5	1,5
Максимальне значення	7,93	15,39

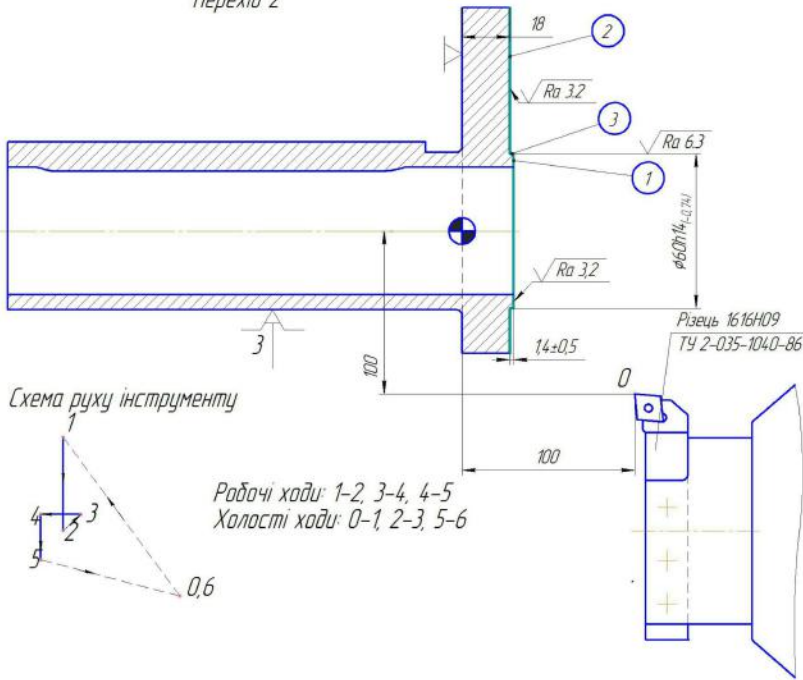
08-26.МКР.005.00.200

Розмірний аналіз технологічного процесу

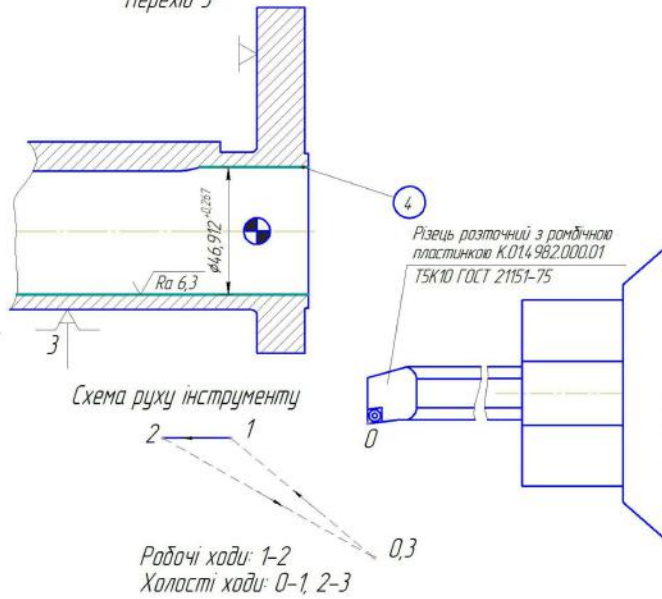
Лист	№ докум.	Лист	Листів	Лист	Листів
Розроб.	Соболенко А.О.				
Проєкт.	Соболенко В.В.				
Коректор					
Начальник бюро	Серебрян О.В.				
Метод.	Козлов В.П.				

ВНТУ, гр. ПТМ-18м

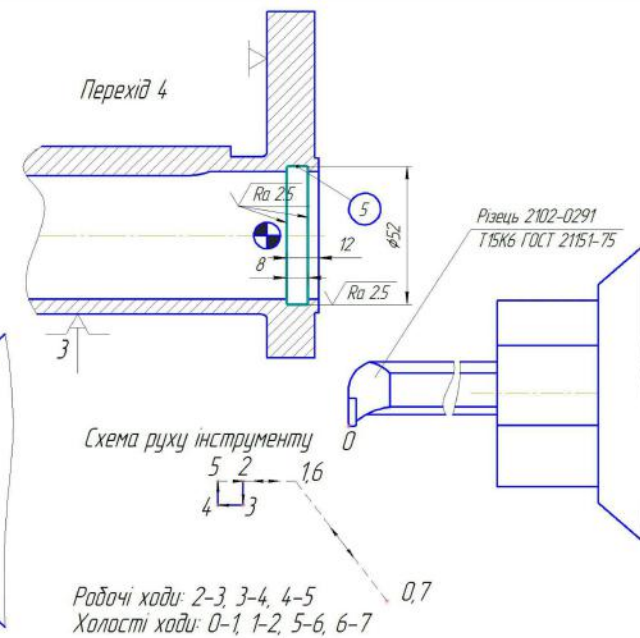
Перехід 2



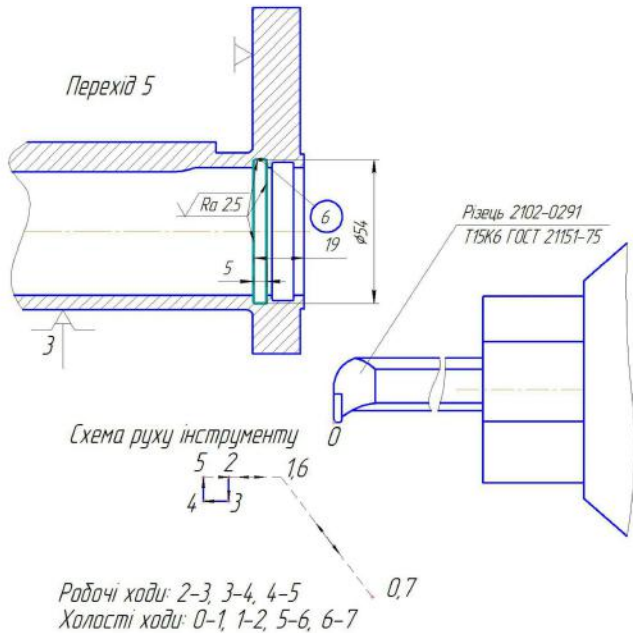
Перехід 3



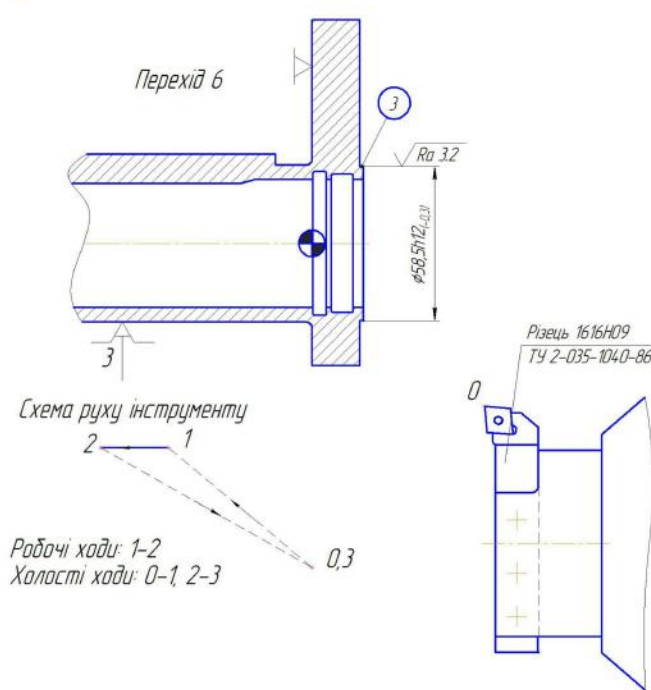
Перехід 4



Перехід 5



Перехід 6



№ операції	№ ходу	Найменування операції	1В340Ф30			
			S мм/об	V м/хв	V <sub>ср</sub> м/хв	n об/хв
9		Розточили поверхню 4 остаточно	0,1	1	614	2400
8		Розточили поверхню 4 попередньо	0,2	0,5	54,6	1600
7		Точили поверхню 3 остаточно	0,1	1	64,3	2400
6		Точили поверхню 3 попередньо	0,2	0,5	54,6	1600
5		Розточили канавку 6 однократно	0,25	1	35,1	1400
4		Розточили канавку 5 однократно	0,25	1	35,1	1400
3		Розточили поверхню 4 попередньо	0,3	1,5	38,4	1500
2		Точили поверхню 1 і 3 однократно, поверхню 3 попередньо	0,3	1,5	35,4	1120

08-26.МКР.005.00.004

Карта налагодження на операцію 005

ВНТУ гр. ІПМ-18м



Перехід 7

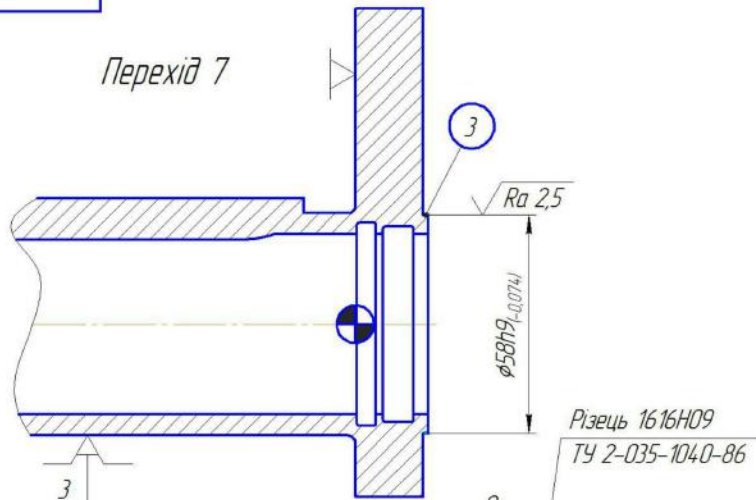


Схема руху інструменту

Робочі ходи: 1-2  
Холості ходи: 0-1, 2-3

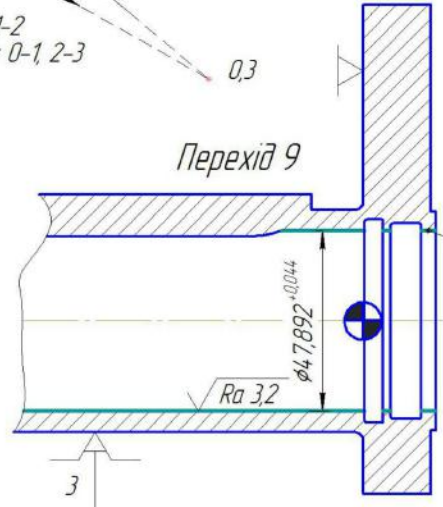


Схема руху інструменту

Робочі ходи: 1-2  
Холості ходи: 0-1, 2-3

Перехід 8

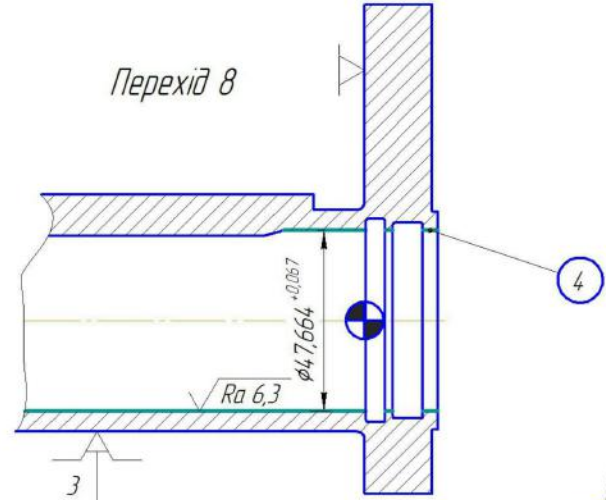
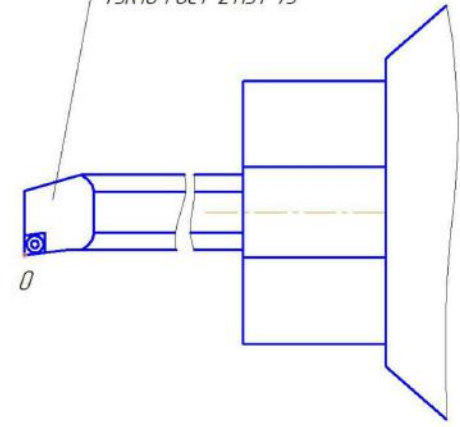
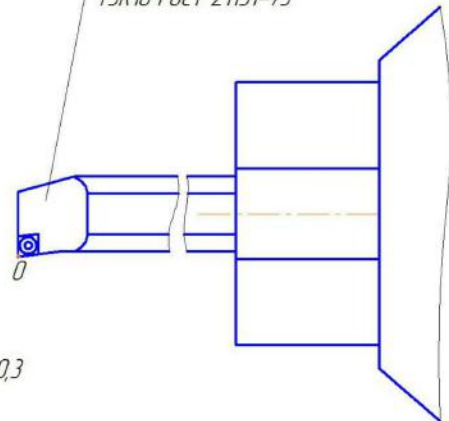
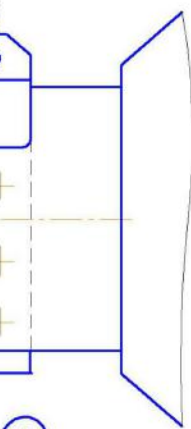


Схема руху інструменту

Робочі ходи: 1-2  
Холості ходи: 0-1, 2-3



Лист № докум. 08-26.МКР.005.00.004  
Лист № докум. 08-26.МКР.005.00.004  
Лист № докум. 08-26.МКР.005.00.004  
Лист № докум. 08-26.МКР.005.00.004



Таблиця 4.4 – Результати дослідів

№ дослідження	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>123</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	$\bar{y}$	S <sub>j</sub> <sup>2</sup>
1	1	1	1	1	1	1	1	1	6,2	5,8	5,9	5,97	0,04
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	5,7	5,9	5,7	5,77	0,07
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	10,2	7,9	8,7	8,93	14,57
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	7,3	7,5	7	7,27	2,60
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	7,4	6,9	7,5	7,27	2,64
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	8,1	7,9	8,7	8,23	7,88
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	8,3	9	8,5	8,60	10,53
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	6,4	6,7	7	6,70	0,90
Всього									59,6	57,6	59		39,23

Визначено дисперсію відтворюваності за формулою

$$S^2(y) = \sum_{j=1}^N S_j^2 / N = 1.98/8 = 0.25.$$

Помилка експерименту складе

$$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = 0.5.$$

Далі проведено розрахунок коефіцієнтів математичної моделі (4.1).

Члени регресії обчислено за формулами

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N y_j}{N} = 7,34, \quad b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} y_j}{N} = 0,35, \quad b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} y_j}{N} = -0,53,$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} y_j}{N} = -0,36, \quad b_{12} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} y_j}{N} = -0,54, \quad b_{13} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} y_j}{N} = 0,12,$$

$$b_{23} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} y_j}{N} = -0,58, \quad b_{123} = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} y_j}{N} = 0,18.$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (4.1) отримано

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 + 0,12x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,18x_1x_2x_3.$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за  $t$ -критерієм Стьюдента. Для повного факторного експерименту помилки всіх коефіцієнтів рівні між собою і визначаються за формулою

$$S(b_i) = S(y) / \sqrt{N \cdot r} = 0.1 \quad (4.9)$$

Далі визначено довірчий інтервал довжиною  $2\Delta b_i$

$$\Delta b_i = \pm t_{\alpha} \cdot S(b_i) = \pm 0.216 \quad (4.10)$$

Критичне значення  $t_{\alpha} = 2,12$  прийняте згідно [19] для числа ступенів свободи  $N(r-1) = 8 \cdot 2 = 16$  (при  $\alpha = 0,05$ ).

Коефіцієнт є значимим, якщо  $|b_i| \geq \Delta b_i$ .

Нехтуючи статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння (4.8) набуло вигляду

$$\hat{y} = 7,34 + 0,35x_1 - 0,53x_2 - 0,36x_3 - 0,54x_1x_2 - 0,58x_2x_3. \quad (4.11)$$

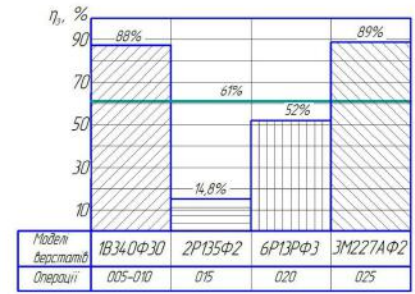
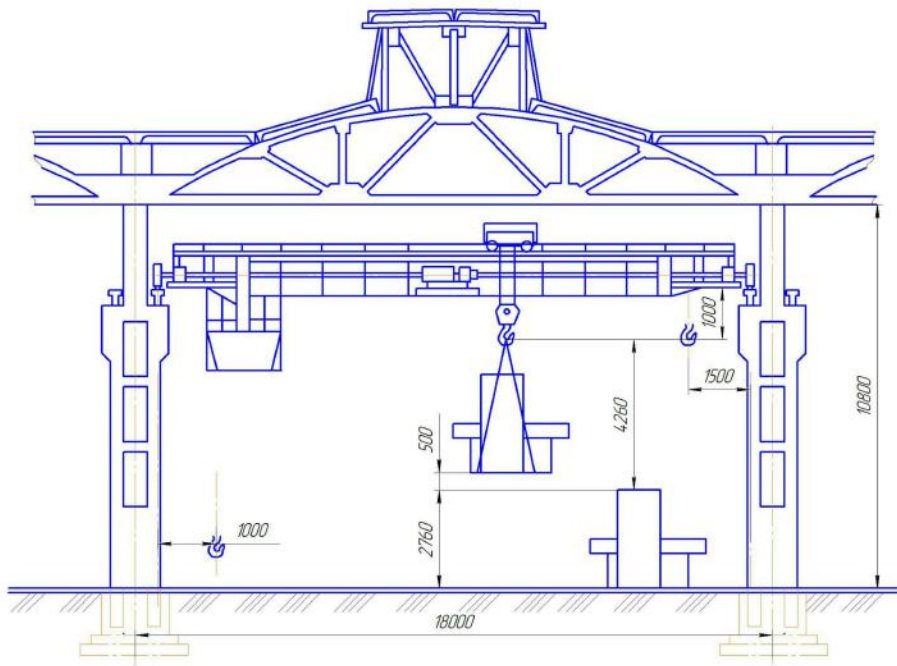
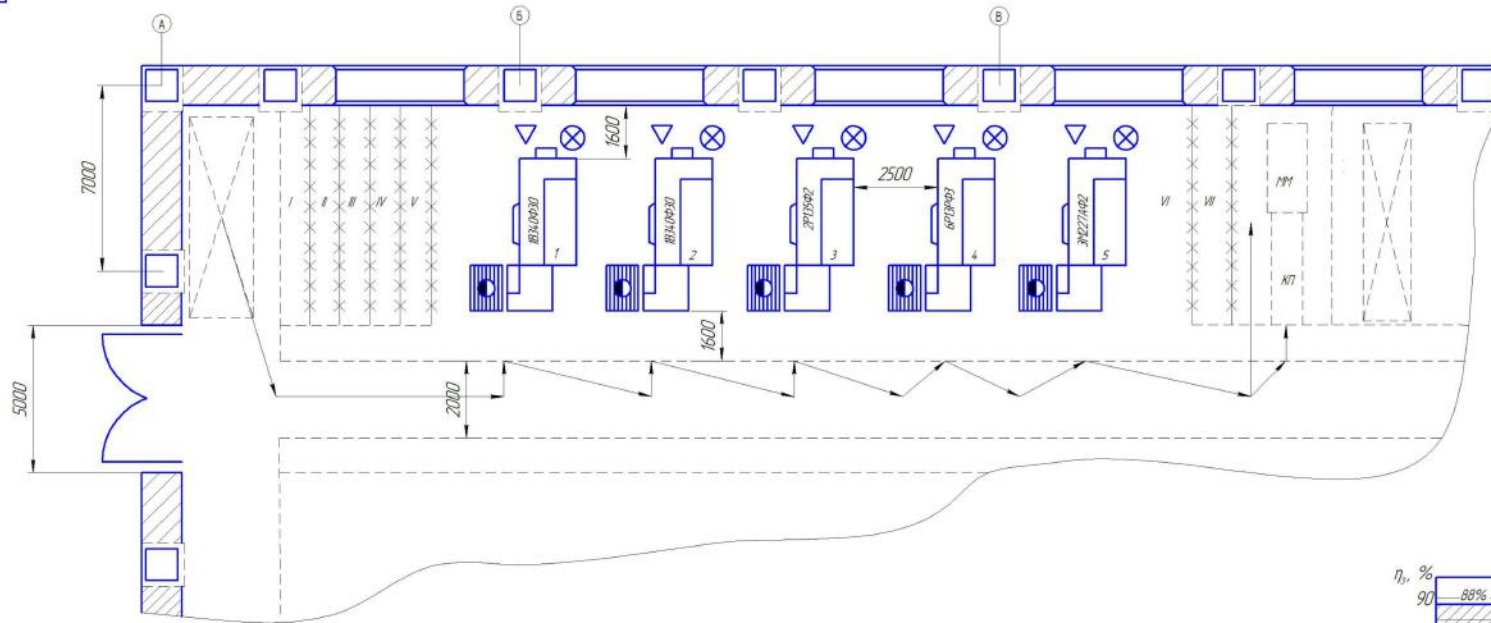
Якщо виконується умова

$$F_z \leq F_{\text{крит}}, \quad (4.14)$$

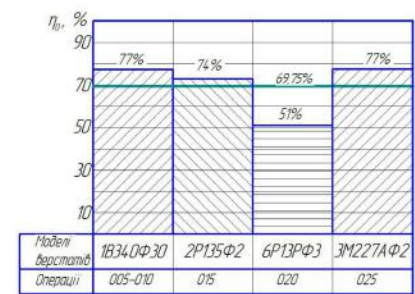
то розроблена модель є адекватною.

Критерій Фішера (розрахунковий) – 0,86.

Згідно [19] визначено критичне значення критерія Фішера для ступеня вільності 1 та 16 становить 4,49. Оскільки розрахунковий критерій Фішера менший від табличного, то модель є адекватною.



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом

1. На дільниці проводиться обов'язкове прибирання стружки в кінці зміни.
2. Не загромождавати працоді, проїзди і підходи до первинних засобів пожежогасіння.
3. Наявність на підлозі мастила і емульсії не допускається.
4. Кількість працюючих: основних робітників - 6, загально - 12.

08-26.МКР.005.00.004				Дільниця механічної обробки		Лист	Класифікація	1:100
Виробник	М.В.В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розробник	Соболенко А.О.							
Проєктувальник	Соболенко В.В.							
Начальник цеху	Середюк О.В.							
Менеджер	Козубов В.І.							

ВНТУ  
ст. гр. ППМ-18м  
Формат А1

Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу

08-26.МКР.005.00.300

Базовий технологічний процес	Модернізований технологічний процес
Техніко-економічні показники	
Програма випуску – 4500 штук	Програма випуску – 4500 штук
Матеріал	
Сталь 30Л ГОСТ 1050-88	Сталь 30Л ГОСТ 1050-88
Спосіб одержання заготовки	
Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням
Собівартість заготовки	
196,3 грн.	194,19 грн.
Коефіцієнт використання матеріалу	
37,5 %	41,6%
Кількість операцій	
12 операцій	5 операцій
Кількість верстатів	
12 верстатів	5 верстатів
Кількість працюючих	
12 основних робітників	6 основних робітників
Капітальні вкладення	
-	444 773,8 грн.
Трудомісткість	
14,7	13,4
Виробнича собівартість одиниці продукції	
419,2 грн.	415,3 грн.
Економічний ефект	
-	175000 грн.
Термін окупності	
-	2,54 років

08-26.МКР.005.00.300			
Міс./Лист	№ докум.	Лист	Знак
Розроб.	Боденко А.О.		
Проєк.	Собульок В.В.		
Контр.			
Міс./Лист	Сторон	Корекції	
Ініц.	0.8	11	
Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу			Лист
ВНТУ, гр. ІПМ-18м			Листов
			1
Копія			А1

Лист 1 з 1  
 Сторінка № 1  
 Лист 1 з 1  
 Лист 1 з 1  
 Лист 1 з 1