

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

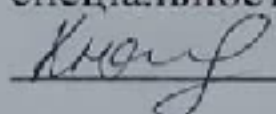
## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

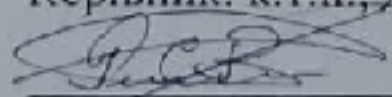
«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки  
деталі типу “Корпус ГР-004.55.001”»

08-26.МКР.004.00.000 ІІЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-21м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

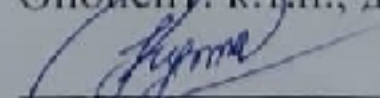
 Кобилянська Ю. С.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Репінський С. В.

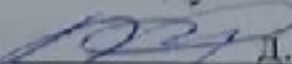
«16» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.

«17» 12 2022 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ТАМ

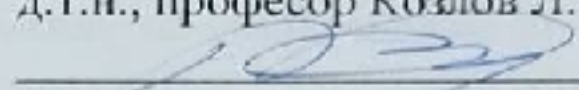
 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

«17» 12 2022 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Машинобудування та транспорту  
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 13 Механічна інженерія  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

  
« 10 » жовтня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кобилянській Юлії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»

керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 15 » вересня 2022 року № 205-А .

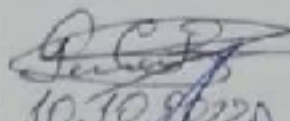
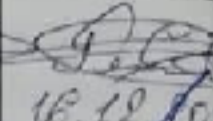
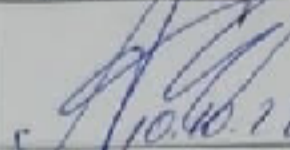
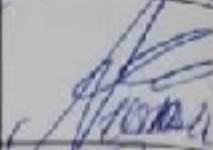
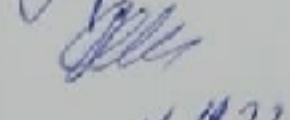
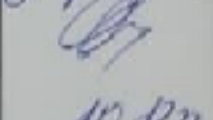
2. Строк подання студентом роботи: 19 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус ГР-004.55.001»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 12000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»; проектування верстатного пристосування для багатоцільового верстата з ЧПК; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус ГР-004.55.001»; 3D-модель деталі; корпус (заготовка); розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень (операція 010); пристосування верстатне; план дільниці механічного цеху; техніко-економічні показники

### 6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ	 10.10.2022	 16.12.2022
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 10.10.22	 10.12.22
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 11.11.22	 10.12.22

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Приміт
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 15.10.2022	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 15.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2022	
4	Розв'язання поставлених задач	до 20.11.2022	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2022	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2022	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2022	
8	Попередній захист МКР	до 12.12.2022	
9	Перевірка роботи на плагіат	до 14.12.2022	
10	Нормоконтроль МКР	до 16.12.2022	
11	Опонування МКР	до 17.12.2022	
12	Захист МКР	до 22.12.2022	

Студент

  
(підпис)

Кобилянська Ю. С.

Керівник роботи

  
(підпис)

Репінський С. В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Кобилянська Ю. С. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2022. 134 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 25; табл. 47.

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу; визначено режими різання та норми часу; спроектовано верстатне пристосування для комбінованої операції з ЧПК; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, пристосування, дільниця механічної обробки.

## ABSTRACT

Kobylyanska Yu. S. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Corps GR-004.55.001». Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2022. 134 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 28 titles; fig.: 25; tabl. 47.

In the master's qualification work, the technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Corps GR-004.55.001» type part was improved. In the general part of the work, an overview of the manufacturing technologies of the «Corps» type part was conducted, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Corps GR-004.55.001» type part was substantiated.

In the technological part, variant selection and technical and economic substantiation of the workpiece manufacturing method were performed; a computer program was developed for calculating the cost of a workpiece made by casting; options for the route of mechanical processing of the «Corps GR-004.55.001» type part using CNC machines were developed and the best one was selected based on the minimum costs; dimensional and accurate modeling of the improved technological process was carried out; cutting modes and time standards are defined; a machine tool was designed for a combined operation with a CNC machine tool; the given program, the number of equipment and employees are calculated; improved mechanical processing department.

In the economic part of the work, capital investments, 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 mechanical processing section are calculated. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, device, mechanical processing section.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>7</b>
<b>1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»</b>	
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	12
<b>2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»</b>	<b>14</b>
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	14
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	19
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	25
2.4 Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям	38
2.5 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	42
2.6 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	44
2.7 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	46
2.8 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	50
2.9 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	53
2.10 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	59
2.11 Призначення режимів різання	63
2.12 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	68
2.13 Визначення технічних норм часу	69

<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК</b>	73
3.1 Вихідні дані для проектування пристосування	73
3.2 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки	73
3.3 Аналіз похибки установки в пристосуванні	76
3.4 Розробка конструктивної схеми пристосування	78
3.5 Розрахунок зусилля закріплення	80
3.6 Силовий розрахунок пристосування	85
3.7 Розмірне моделювання та аналіз конструкції пристосування на точність	88
3.8 Технічні характеристики конструкції розробленого пристосування	89
<b>4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»</b>	90
4.1 Розрахунок приведеної програми	90
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	92
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	94
4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	96
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»</b>	99
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	99
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»	106
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	112
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	116
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	117
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	117

<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	121
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	121
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	124
<b>ВИСНОВКИ</b>	130
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	132
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	135
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	136



## ВСТУП

**Актуальність.** В конструкціях різноманітних технологічних машин, як основні базуючи, входять деталі типу «Корпус». Тому проектування, удосконалення технологічних процесів деталей типу «Корпус» є досить актуальним та відповідальним завданням. При цьому необхідно орієнтуватися на прогресивні технології, сучасне високоефективне, продуктивне обладнання, досконалі методи обробки, що дають можливість забезпечити високу точність, якість обробки, підвищення довговічності деталей, зниження собівартості продукції машинобудівного виробництва.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

**Завдання,** що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- розробка алгоритму та комп'ютерної програми для автоматизації розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям;
- удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;
- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

**Предмет дослідження** – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу

«Корпус ГР-004.55.001»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістав подальший розвиток алгоритм розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям за вихідними даними способу лиття, матеріалу заготовки, маси деталі та вилівка, собівартості способу лиття та вартості відходів, об'єму виробництва, класу розмірної точності та групи складності вилівка, а також з урахуванням ряду коефіцієнтів, прийнятих згідно довідникових даних.

**Практичне значення одержаних результатів.** Удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001». Запропоновані рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» запропоновано два способи лиття – лиття в кокіль та лиття в піщано-глинисті форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки складає 281,16 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 309,57 грн.;

- розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для автоматизації розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається ряд коефіцієнтів. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування»;

- удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» з використанням верстатів з ЧПК;

- спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 010 операції на вертикальному багатоцільовому п'ятикоординатному верстаті з ЧПК моделі HAASVF-2TR;

- спроектовано дільницю механічної обробки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

**Апробація результатів роботи.** Прийнято участь у ІІ науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2022), Вінниця, 30-31 травня 2022 р. У співавторстві опубліковано тезу доповіді.

## 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення

Деталь «Корпус ГР-004.55.001» є однією із деталей гідравлічного апарату, що використовується для направлення потоків рідини та управління робочими органами різного характеру. Оскільки від неї в значній мірі залежить точність роботи вузла, то необхідно, щоб деталь відповідала всім вимогам, які зазначені на кресленні.

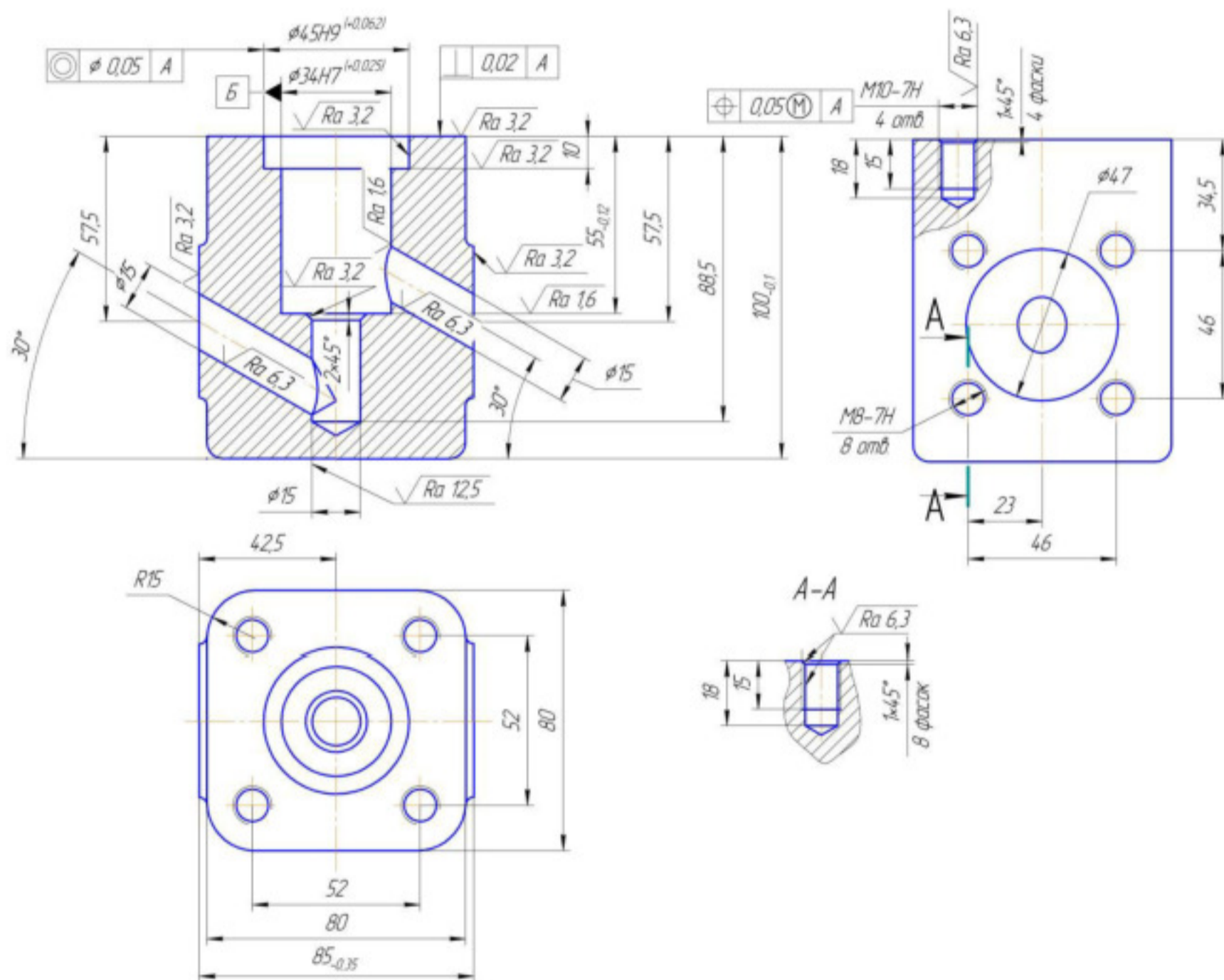


Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус ГР-004.55.001»

Службове призначення. Деталь «Корпус ГР-004.55.001» є однією із деталей спеціалізованих вузлів та механізмів. Основне службове призначення деталі в

обмеженні осьового і радіального переміщення осі, що встановлюється в отворі  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм. Корпус кріпиться за допомогою отворів М10-7Н.

Основними конструкторськими базами деталі, що визначають її положення у вузлі, є отвір  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм, торець зі сторони отворів  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм та  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм, отвір  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм, бокові торці під кришки, отвори  $\varnothing 15$  мм. Кріпильними є отвори М8-7Н, М10-7Н. Інші поверхні є вільними.

Жорсткі технічні вимоги по точності обробки поверхонь  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм,  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм, допуски розташування та низька шорсткість – зумовлені високими вимогами функціонального призначення деталі і точністю розташування приєднуваних деталей, для забезпечення надійності і довговічності вузла.

Деталь середніх габаритів, має достатню жорсткість, її можна обробляти на підвищених режимах різання. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць, до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори М8-7Н та М10-7Н, а також нахилені отвори  $\varnothing 15$ .

Деталь має нормальні базові поверхні, в якості технологічних баз можуть бути використані зовнішня поверхня або отвір та торець, кріпильні отвори та торець.

Більшість поверхонь не мають підвищених вимог, за шорсткістю, максимальний показник 1,6 вказаний на поверхні  $\varnothing 34$  – 7 квалітету, що може бути отримано під час розточування. Заготовка має отримуватися литям, оскільки даний матеріал має добрі ливарні властивості. Вибір найбільш економічно доцільного способу отримання заготовки можна зробити лише в результаті їх техніко-економічного порівняння.

В цілому деталь не має важкодоступних для механічної обробки місць, які не можуть бути отримані під час механічної обробки, її форма дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки.

## 1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»

Схема технологічного процесу виготовлення деталей типу «Корпус» (рис. 1.1) наведена в таблиці 1.1, в залежності від особливостей та типу виробництва деталей [1].

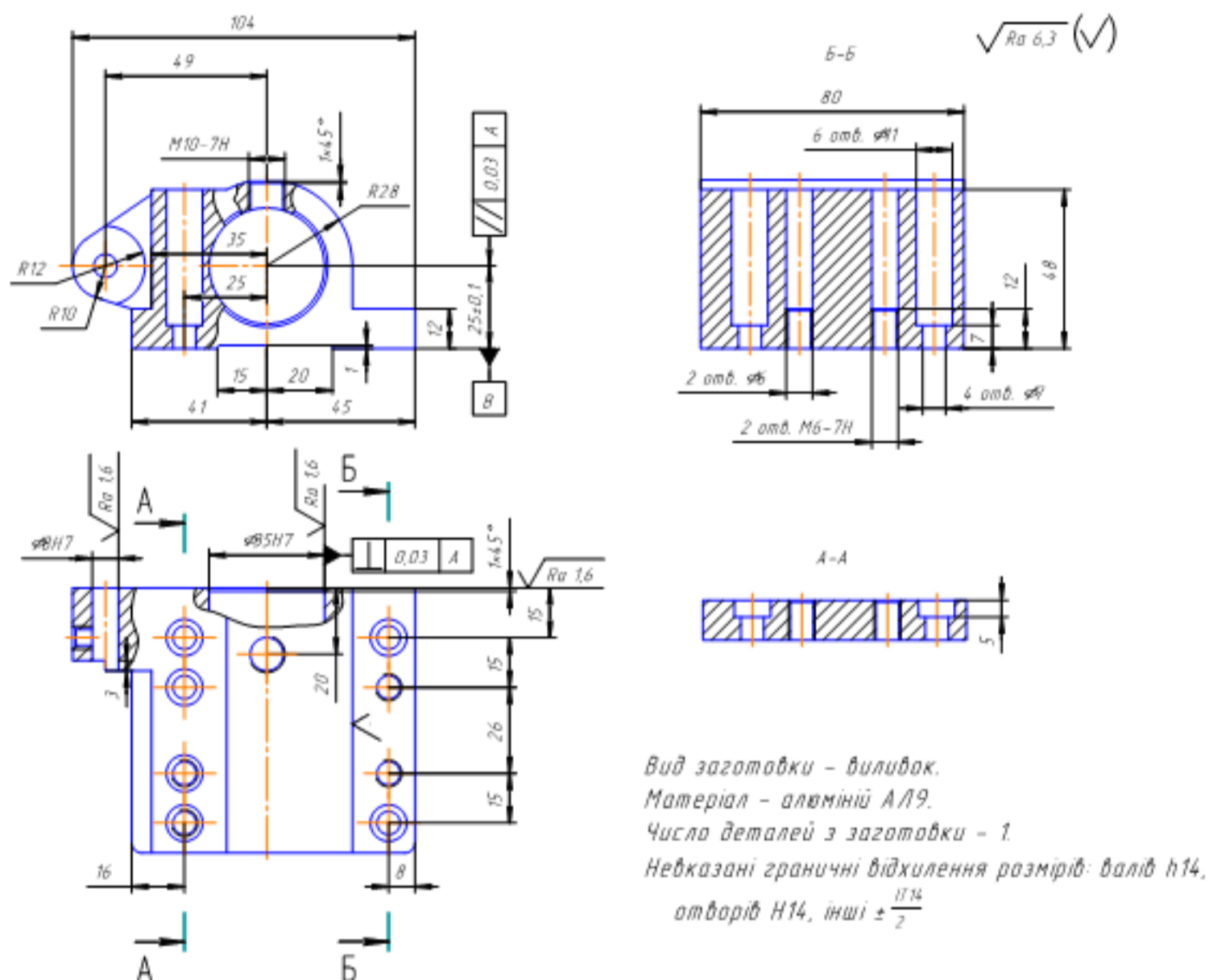


Рисунок 1.2 – Типова деталь «Корпус»

Таблиця 1.1 – Технологічна схема виготовлення деталей класу «Корпус» [1]

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубання і очищення виливка		
015	Повісити бирку з номером деталі		
020	Фрезерувати поверхню прилягання попередньо	Вертикально-фрезерний 6Т13	Пристосування

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
025	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 попередньо, розточити отвір Ø35H7 попередньо	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП двомісна
030	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
035	Термічна обробка		
040	Фрезерувати торець отвору Ø35H7 остаточно, розточити і розвернути отвір Ø35H7 остаточно, свердлити, зенкерувати і розвернути отвір Ø8H7 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП
045	У першій позиції: фрезерувати поверхню прилягання і паз В = 35 (15+20) остаточно, свердлити чотири отвори Ø7, два отвори Ø6, свердлити і нарізати різьбу в двох отворах М6 – 7Н. В другій позиції: зенкувати чотири отвори Ø7 до Ø11 остаточно, розточити два отвори Ø6 до Ø11 остаточно, центрувати, свердлити і нарізати різьбу М10 – 7Н остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4	Наладка УСП двопозиційна
050	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
055	Технічний контроль		
060	Консервація		

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки, яка використовується, може бути прийнята за основу. Але враховуючи тип виробництва доцільно застосувати верстати з ЧПК. Обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус ГР-004.55.001» є однією із деталей спеціалізованих вузлів та механізмів. Основне службове призначення деталі в обмеженні осьового і радіального переміщення осі, що встановлюється в отворі  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм. Корпус кріпиться за допомогою отворів М10-7Н.

Конструкторськими базами деталі, що визначають її положення у вузлі, є отвір  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм, торець зі сторони отворів  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм та  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм, отвір  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм, бокові торці під кришки, отвори  $\varnothing 15$  мм. Кріпильними є отвори М8-7Н, М10-7Н. Інші поверхні є вільними.

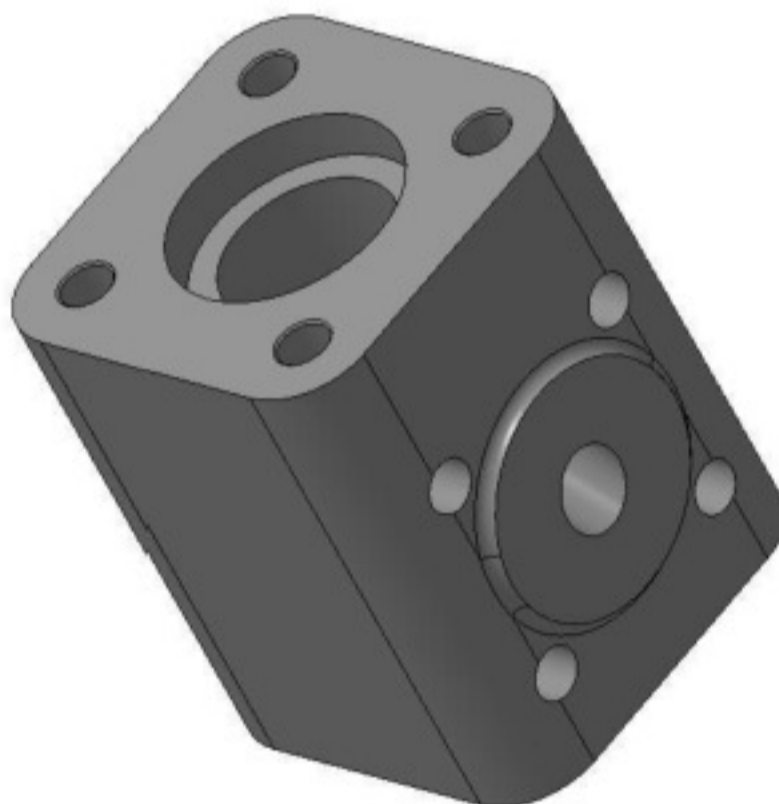


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Корпус ГР-004.55.001»

Жорсткі технічні вимоги по точності обробки поверхонь  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$  мм,  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  мм, допуски розташування та низька шорсткість – зумовлені високими вимогами функціонального призначення деталі і точністю

розташування приєднаних деталей, для забезпечення надійності і довговічності вузла.

Виготовляється корпус із сплаву АК6М2-72, який має механічні властивості показані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Механічні властивості АК6М2-72

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	Відносне видовження $\Psi$ , %	Твердість, НВ	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
170	120	2	60	2730

Деталь середніх габаритів, має достатню жорсткість, її можна обробляти на підвищених режимах різання. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць, до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори М8-7Н та М10-7Н, а також нахилені отвори  $\varnothing 15$ .

Деталь має нормальні базові поверхні, в якості технологічних баз можуть бути використані зовнішня поверхня або отвір та торець, кріпильні отвори та торець.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів.

Більшість поверхонь не мають підвищених вимог, за шорсткістю, максимальний показник 1,6 мкм вказаний на поверхні  $\varnothing 34 - 7$  квалітету, що може бути отримано під час розточування. Заготовка має виготовлятися литтям, оскільки даний матеріал має добрі ливарні властивості. Вибір найбільш економічно доцільного способу отримання заготовки можна зробити лише в результаті їх техніко-економічного порівняння.

В цілому деталь не має важкодоступних для механічної обробки місць, які не можуть бути отримані під час механічної обробки, її форма дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки.



## 2.1.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт уніфікації [2, 3]:

$$1 > K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} > 0,6, \quad (2.1)$$

де  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів; $Q_e$  – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.2 – Оброблювані розміри деталі

Діаметральний розмір	$\varnothing 45H9^{(+0,062)}$		$\varnothing 34H7^{(+0,025)}$		$\varnothing 15 (3)$	$\varnothing 25$	$\varnothing 65$	$\varnothing 47$
Уніфікований розмір	+		+		+	+	+	-
Лінійний розмір	57,5 (2)	52 (2)	85 <sub>-0,35</sub>	55 <sub>-0,12</sub>	10	88,5	2	100 <sub>-0,1</sub>
Уніфікований розмір	-	-	+	+	+	-	+	+
		Лінійний розмір	15 (12)	18 (4)	18 (8)			
		Уніфікований розмір	+	+	+			
		Кутовий розмір	45° (9)	30°	30°			
		Уніфікований розмір	+	+	+			
		Різі	M10-7H (4)		M8-7H (8)			
		Уніфікована різь	+		+			
		Шорсткість	Ra 6,3 (17)	Ra 3,2 (5)	Ra 1,6 (2)			
		Уніфікована шорсткість	+		+			
Кількість лінійних розмірів	46		Кількість уніфікованих розмірів		41			
Кількість діаметральних розмірів	8		Кількість уніфікованих розмірів		6			
Кількість кутових розмірів	11		Кількість уніфікованих розмірів		11			
Кількість різьбових поверхонь	12		Кількість уніфікованих різьб		12			
Кількість параметрів шорсткості	22		Кількість уніфікованих жорсткостей		22			

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт уніфікації

Розміри						Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові		Різьби		Заг.	Уніфік.
Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	34	34
54	47	11	11	12	12		
Q <sub>ye</sub> =104							
Q <sub>e</sub> =111							

Тоді коефіцієнт уніфікації буде рівним:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{104}{111} = 0,936 > 0,6 .$$

умова виконується, деталь технологічна.

- Коефіцієнт точності механічної обробки:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} , \quad (2.2)$$

де  $T_{cp}$  – середня квадратична точність поверхонь деталі.

Значення середнього квалітету буде рівним:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} , \quad (2.3)$$

де  $T_i$  – квалітет точності поверхні;

$n_i$  – кількість поверхонь.

Таблиця 2.4 – Параметри точності поверхонь деталі

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7 (ø34H7)	1	7·1=7
9 (ø45H9, 100 <sub>-0,1</sub> )	2	9·2=18
10 (55 <sub>-0,12</sub> )	1	10·1=10
12 (85 <sub>-0,35</sub> )	1	12·1=12
14 (всі інші)	29	14·29=406
Всього	34	453

$$T_{cp} = \frac{453}{34} = 13,3 .$$

Коефіцієнт точності:

$$K_r = 1 - \frac{1}{13,3} = 0,92 > 0,8 .$$

- Коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = \frac{1}{Ш_{cp}} , \quad (2.4)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість поверхонь деталі

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} , \quad (2.5)$$

де  $Ш_i$  – шорсткість поверхонь деталі;

$n_i$  – кількість поверхонь.

Таблиця 2.5 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 ( $\varnothing 34H7^{+0,025}$ ; $55_{-0,12}$ )	2	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
3,2 ( $85_{-0,35}$ (2); $100_{-0,1}$ ; $2 \times 45^\circ$ ; $\varnothing 45H9^{+0,062}$ )	5	$3,2 \cdot 5 = 16$
6,3 ( $\varnothing 15$ (3); M10-7H (4); $1 \times 45^\circ$ (12); M8-7H (8))	27	$6,3 \cdot 27 = 170,1$
Всього:	34	189,3

Тоді значення середньої шорсткості буде рівним:

$$Ш_{\text{CP}} = 189,3/34 = 5,56.$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{III}} = 1/5,56 = 0,18 < 0,32, \text{ умова виконується.}$$

Висновок. Проаналізувавши якісний та кількісний аналіз, можна зробити висновок, що деталь технологічна і може бути виготовлена на верстатах звичайної точності.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

### 2.2.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [2, 3]:

$$K_{\text{v.o.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.6)$$

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

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

Згідно креслення деталі встановлені 5 найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус ГР-004.55.001» та записуємо їх до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	$T_{осп.}$ хв.	$T_{шт.к.}$ хв.	N	$\Phi_d$	$C_p$	P	$h_{з.п.}$	$h_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	Точити поверхню в розмір $100_{-0,1}$	0,42	0,70	12000	3890	0,051	1	0,7	0,051	13,7 → 14	
2	Розточити отвір	0,36	0,60			0,044	1	0,7	0,044	15,9 → 16	
3	Свердли 8 отворів під різьбу М8-7Н	0,52	0,68			0,05	1	0,7	0,05	14	
4	Фрезерувати торці в розмір $85_{-0,35}$	0,28	0,47			0,035	1	0,7	0,035	20	
5	Свердли 4 отвори під різьбу М10-7Н	0,34	0,44			0,032	1	0,7	0,032	21,9 → 22	
	Всього	1,92	2,89				5			86	17,2

Для характерних переходів механічної обробки визначаємо штучно-калькуляційний час для кожного переходу за формулою [2-4]:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_x \text{ [хв.]} \quad (2.7)$$

де  $T_o$  – основний час обробки, хв.;

$\varphi_x$  – коефіцієнт пропорційності.

Наприклад для свердління 4 отворів  $\varnothing 9$  під різьбу М10-7Н:

$$T_o = 0,52 \cdot 9 \cdot 18 \cdot 4 \cdot 0,001 = 0,34 \text{ (хв.)},$$

$$T_{шт-к} = 0,34 \cdot 1,5 = 0,44 \text{ (хв.)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

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

де  $N = 12000$  шт. – річна програма випуску деталі «Корпус ГР-004.55.001»;

$T_{шт.к.}$  – штучно-калькуляційний час, хв;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу (при двохзмінній роботі) для верстатів з ЧПК;

$\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,7$ ).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів

Наприклад для свердління 4 отворів  $\varnothing 9$  під різьбу М10-7Н:

$$- C_p = \frac{12000 \cdot 0,44}{60 \cdot 3890 \cdot 0,7} = 0,032 \text{ (шт.)}; \quad C_{np} = 1 \text{ шт.}$$

Визначено 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.

Для свердління 4 отворів  $\varnothing 9$  під різьбу М10-7Н

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{C_{np}} = \frac{0,032}{1} = 0,032 .$$

Встановлено кількість операцій, які виконуються на  $i$ -му місці:

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

де  $\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

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

Наприклад, при обробці 4 отворів  $\varnothing 9$  отримаємо:

$$O_1 = 0,7/0,032 = 21,88.$$

Дані розрахунків записуємо до таблиці 2.6.

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

$$\sum O_i = 14+16+14+20+22 = 86.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів  $\sum P = 5$ .

Встановлено коефіцієнт закріплення  $K_{з.о.}$ :

$$K_{з.о.} = 86/5 = 17,2,$$

що відповідає серійному виробництву, оскільки, коефіцієнт закріплення знаходиться в межах від 10 до 20.

Отже, тип виробництва – серійний.

### 2.2.2 Визначаємо форму організації роботи

Добовий випуск виробів

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

Добова продуктивність лінії

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к,ср}} \cdot \eta_z \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

де  $F_d$  – добовий фонд часу роботи обладнання;

$T_{шт-к,ср}$  – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;

$\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к,ср} = \frac{\sum T_{шт-к,i}}{\sum n_i} \text{ [хв.]}, \quad (2.13)$$

де  $T_{шт-к,i}$  – штучно-калькуляційний час виконання  $i$ -го переходу, хв.;

$\sum n_i$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к,ср} = (0,7 + 0,6 + 0,68 + 0,47 + 0,44) / 5 = 2,89 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{2,89} \cdot 0,75 = 231 \text{ (шт.)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{12000}{254} = 47 \text{ (шт.)}$$



Приймаємо 47 шт.

Так як  $N_0 < Q_0$ , то застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [дет.]}, \quad (2.14)$$

де  $a$  – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{12000 \cdot 6}{254} = 283,5 \rightarrow 284 \text{ (дет.)}$$

Розрахункова кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях:

$$C_{зм} = \frac{T_{зм-к.сп} \cdot n}{476 \cdot \eta_{зм}} \text{ [змін]}, \quad (2.15)$$

де 476 – дійсний фонд роботи обладнання протягом однієї зміни;

$\eta_{зм}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{зм} = 0,75-0,8$ ).

$$C_{зм} = \frac{2,89 \cdot 284}{476 \cdot 0,75} = 2,3 \text{ (зміни)}.$$

Розрахункова кількість змін округлюється до прийнятого цілого більшого числа:  $C_{зм.пр.} = 3$  зміни.

Тоді

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 3}{2,89} = 370,6 \rightarrow 371 \text{ (шт.)}$$

Отже, тип виробництва – серійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 371 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

### 2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки [5-7]

Оскільки матеріал деталі АК6М2, в якій ливарні властивості гарні, то заготовка може бути отримана литтям.

Можливі способи одержання заготовки – лиття в кокіль, лиття в піщано-глинисті форми, під тиском, за виплавними моделями та в оболонкові форми.

Враховуючи те, що дана деталь буде виготовлятися в умовах серійного виробництва обираємо такі способи отримання заготовки як: лиття в кокіль і лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

Лиття в кокіль дає можливість отримати точну заготовку в постійних формах.

Лиття в піщано-глинисті форми забезпечує нижчу точність, але використовуються дешеві формувальні матеріали, а використання трамбувальних машин дає можливість механізувати важкий процес виготовлення форм.

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

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 середньосерійне і вилівок середньої складності приймаємо середні значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Таблиця 2.7 – Вибір норм точності виливків

Вихідні дані	Лиття в кокіль		Лиття в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням суміші)	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Згідно ГОСТ 26645-85	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	5т-9т (5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т)	7т	6-11т (6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т)	9т
Ступінь жолоблення елементів виливки	1-4 (1, 2, 3, 4)	3	3-6 (3, 4, 5, 6)	4
Ступінь точності поверхні виливка	4-9 (4, 5, 6, 7, 8, 9)	7	8-15 (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)	12
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 8 мкм		Ra = 25 мкм	
Клас точності маси	4-11т (4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т)	7т	5-13т (5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т)	9т
Ряд припусків	2-5 (2, 3, 4, 5)	4	4-7 (4, 5, 6, 7)	6

\* Клас розмірної точності виливка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір виливка (100 мм), тип матеріалу – АК6М2:

при литті в кокіль: 5т-9т;

при литті в піщано-глинисті форми: 6-11т.

\* Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 100 мм, найменший –  $(80-34)/2 = 23$  мм, отже, відношення –  $23/100 = 0,23$ . Також враховуємо те, що в обох варіантах виготовлення заготовки використовуються багаторазові форми і виливок не потребує наступної термообробки:

при литті в кокіль: 1-4;

при литті в піщано-глинисті форми: 3-6.

\* Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (100 мм) і матеріал – АК6М2:

при литті в кокіль: 4-9;

при литті в піщано-глинисті форми: 8-15.

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

при литті в кокіль: 8 мкм;

при литті в піщано-глинисті форми: 25 мкм.

Таблиця 2.8 – Вибір допусків та припусків для лиття в кокіль

Лиття в кокіль	$\text{H7}^{+0,025}_{\text{Ø34}}$	M10-7H	$100_{-0,1}$	$85_{-0,35}$	$55_{-0,12}$	18	Ø15
Допуски розмірів	0,7	0,5	0,9	0,9	0,8	0,64	0,56
Допуски форми чи розміщення	0,2						
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	0,5	-	0,5	-	-
Допуск зміщення через перекося стержня	0,4	0,32	-	-	-	-	0,44
Допуски маси	5%						
Допуски нерівностей	0,2						
Загальний допуск	0,9	0,64	1,0	1,2	1,0	0,7	0,9
Припуск мінімальний	0,4						
	Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	4	1	2	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	2	-	-	-	-
Прийнята кількість переходів	4	1	2	1	1	1	1
Припуск загальний	1,6	0,9	1,5	1,2	1,1	0,9	1,0
Розміри заготовки	Ø30,8	Ø8,2	101,5	87,4	55,4	17,1	13

\* Клас точності маси вилівка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу вилівка от 1 до 10 кг для обох способів і тип матеріалу АК6М2.

при литті в кокіль: 4-11т;

при литті в піщано-глинисті форми: 5-13т.

\* Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

при литті в кокіль: 2-5;

при литті в піщано-глинисті форми: 4-7.

Таблиця 2.9 – Вибір допусків та припусків для лиття в піщано-глинисті форми

Лиття під тиском	$\text{Ø}34\text{H}7^{+0,025}$	M10-7H	$100_{-0,1}$	$85_{-0,35}$	$55_{-0,12}$	18
Допуски розмірів	1,4	1,0	1,8	1,8	1,6	1,2
Допуски форми чи розміщення	0,24					
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-
Допуск зміщення через перекося стержня	0,8	0,64	-	-	-	-
Допуски маси	32%					
Допуски нерівностей	0,64					
Загальний допуск	1,8	1,2	2,0	2,0	1,6	1,2
Припуск мінімальний	0,8					
	Кількість переходів механічної обробки					
По точності розмірів	4	1	2	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	2	-	-	-
Прийнята кількість переходів	4	1	2	1	1	1
Припуск загальний	2,8	1,4	2,5	1,7	1,7	1,4
Розміри заготовки	$\text{Ø}28,4$	$\text{Ø}7,2$	102,5	88,4	55,8	19,1

\* Вибір допусків.

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

\* Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в кокіль – 7т, в піщано-глинисті форми – 9т) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

\* Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в кокіль – 3, в піщано-глинисті форми – 4) і номінальний розмір нормованої ділянки.

\* Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в кокіль – 7, в піщано-глинисті форми – 12).

\* Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в кокіль – 7т, в піщано-глинисті форми – 9т) і номінальної маси виливка.

\* Допуск зміщення площині роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму. У випадку лиття під тиском площина роз'єму проходить згідно рис. 2.3 по вертикальній осі деталі, тому зміщення по площині роз'єднання буде впливати на розміри по висоті  $100_{-0,1}$  та  $55_{-0,12}$ . Згідно рекомендацій [5], враховуючи клас розмірної точності виливка (лиття в кокіль – 7т, в піщано-глинисті форми – 9т) по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 23 мм.

\* Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. В нашому випадку це  $\varnothing 34H7$  та M10-7H. Призначається на 1 клас точніше класу розмірної точності (лиття в кокіль – 5, в піщано-глинисті форми – 7) по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які формуються за участю стержня, в нашому випадку а розмір найбільш тонкої стінки становить для  $\varnothing 34H7$  становить  $(80-34)/2=23$  мм для обох способів виготовлення заготовки.

\* Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

\* Вибір припусків

при литті в кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 4) 0,4 мм;

при литті в піщано-глинисті форми (для ряду припусків 2) – 0,2 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 [5]:

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

Лиття в кокіль:

Для розміру  $\text{Ø}34\text{H}7^{+0,025}$   $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вал}}} = \frac{25}{700} = 0,036$  . Приймаємо 4 переходи

механічної обробки.

Для розміру  $100_{-0,1}$   $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вал}}} = \frac{100}{900} = 0,11$  . Приймаємо 2 переходи механічної

обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Лиття в піщано-глинисті форми:

Для розміру  $\text{Ø}34\text{H}7^{+0,025}$   $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вал}}} = \frac{25}{1400} = 0,018$  . Приймаємо 4 переходи

механічної обробки.

Для розміру  $100_{-0,1}$   $\frac{T_{\text{дет}}}{T_{\text{вал}}} = \frac{100}{1800} = 0,055$  . Приймаємо 2 переходи механічної

обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

– *по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь* вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і вилівка.

Враховуючи те, що на креслені деталі вказані допуски форми та розміщення лише для розміру  $100_{-0,1}$  перпендикулярність до бази А 0,02 мм, то кількість переходів встановлюємо для даної поверхні за співвідношенням

$$\text{при литті в кокіль } \frac{T_{\text{форми, розмі, дет.}}}{T_{\text{форми, розмі, заг.}}} = \frac{0,02}{0,2} = 0,1 \rightarrow 2 \text{ переходи;}$$

$$\text{при литті в піщано-глинисті форми } \frac{T_{\text{форми, розмі, дет.}}}{T_{\text{форми, розмі, заг.}}} = \frac{0,02}{0,24} = 0,083 \rightarrow 2 \text{ переходи.}$$

\* 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.

Для розміру  $\varnothing 34\text{H}7$ :

- лиття в кокіль  $34 - 1,6 \cdot 2 = 30,8$  (мм);
- лиття в піщано-глинисті форми  $34 - 2,8 \cdot 2 = 28,4$  (мм).

Для розміру M10-7H:

- лиття в кокіль  $10 - 0,9 \cdot 2 = 8,2$  (мм);
- лиття в піщано-глинисті форми  $10 - 1,4 \cdot 2 = 7,2$  (мм).

При визначенні лінійних розмірів потрібно вяснити як формується розмір заготовки:

– якщо розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються і являються охоплюваними, то припуски складаються і добавляються до розміру готової деталі;

– якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що являються охоплюваними, але обробляється лише одна, то додається лише одне значення до розміру деталі.

Для розміру  $100_{-0,1}$ :

- лиття в кокіль  $100 + 1,5 = 101,5$  (мм);



– лиття в піщано-глинисті форми  $100 + 2,5 = 102,5$  (мм).

Для розміру 85:

– лиття в кокіль  $85 + 1,2 \cdot 2 = 87,4$  (мм);

– лиття в піщано-глинисті форми  $85 + 1,7 \cdot 2 = 88,4$  (мм).

Для розміру 55:

– лиття в кокіль  $55 + 1,5 - 1,1 = 55,4$  (мм);

– лиття в піщано-глинисті форми  $55 + 2,5 - 1,7 = 55,8$  (мм).

Для розміру 18:

– лиття в кокіль  $18 + 1,5 - 0,9 = 18,6$  (мм);

– лиття в піщано-глинисті форми  $18 + 2,5 - 1,4 = 19,1$  (мм).

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

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

Визначаємо приведений габаритний розмір заготовки

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{3} = \frac{(2 \cdot 0,1 + 0,085 + 0,08)}{3} = 0,122 \text{ (м)}.$$

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [5, 6] в залежності матеріалу, маси вилівка, і від способу лиття.

Для лиття в кокіль – 4 мм,

Для лиття в піщано-глинисті форми – 6 мм.

Мінімальна товщина стінки при литті в кокіль складає 4 мм. Згідно виконаних розрахунків при виготовленні вилівка ми отримуємо таку товщину стінок:  $(80-30,8)/2=24,6$  мм. Ці значення є більшими за мінімальну товщина стінки (4 мм), тому вони можуть бути виготовлені у вилівку.

Мінімальна товщина стінки при литті в піщано-глинисті форми складає 6 мм. Згідно виконаних розрахунків при виготовленні вилівка ми отримуємо таку

товщину стінок:  $(80-28,4)/2=25,8$  мм. Ці значення є більшими за мінімальну товщина стінки (6 мм), тому вони можуть бути виготовлені у виливку.

\* Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [5, 6] вибираємо в залежності від співвідношення  $(S+S_1)/2$  і від матеріалу виливка.

Середня товщина

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{(80 - 34) / 2 + 47}{2} = 35 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо радіуси заокруглень 4...6 мм.

\* Нахили

Формувальні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня . Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формують поверхні, способу лиття і виду модельного комплекту згідно рекомендаціям [6] – 1- 2 °.

\* Мінімальні діаметри отворів, що виливаються

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:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S ;$$

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

Для алюмінію  $d_0 = 7$  мм, тому

- лиття в кокіль

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot (80 - 30,8) / 2 = 9,46 \text{ (мм)};$$

- лиття в піщано-глинисті форми

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot (80 - 28,4) / 2 = 9,58 \text{ (мм)}.$$

Мінімально допустимий розмір отвору при литті в кокіль складає  $\varnothing 9,46$  мм. Згідно виконаних розрахунків [5-7] необхідно проливати отвори  $\varnothing 8,2$  та  $\varnothing 30,8$ . Розмір отвору  $\varnothing 8,2$  менше за мінімально допустимий розмір отвору ( $\varnothing 9,46$ ), тому він не буде виготовлений у виливку.

Мінімально допустимий розмір отвору при литті піщано-глинисті форми складає  $\varnothing 7,26$  мм. Згідно виконаних розрахунків необхідно проливати отвори  $\varnothing 9,58$  та  $\varnothing 28,4$ . Розмір отвору  $\varnothing 7,2$  менше за мінімально допустимий розмір отвору ( $\varnothing 9,58$ ), тому він не буде виготовлений у виливку.

### 2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескізи заготовок деталі одержані литтям в кокіль та в піщано-глинисті форми показані на рис. 2.2-2.3.

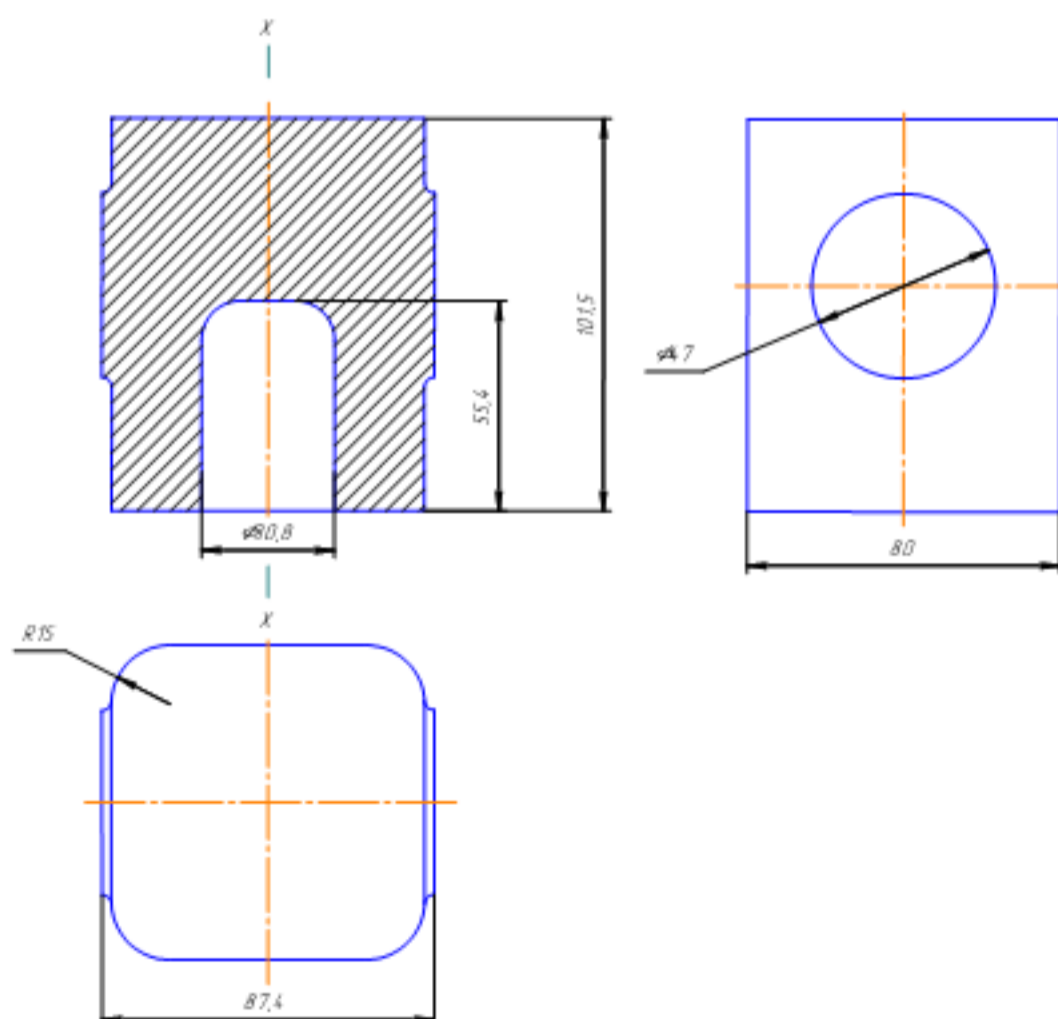


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки одержаної литтям в кокіль

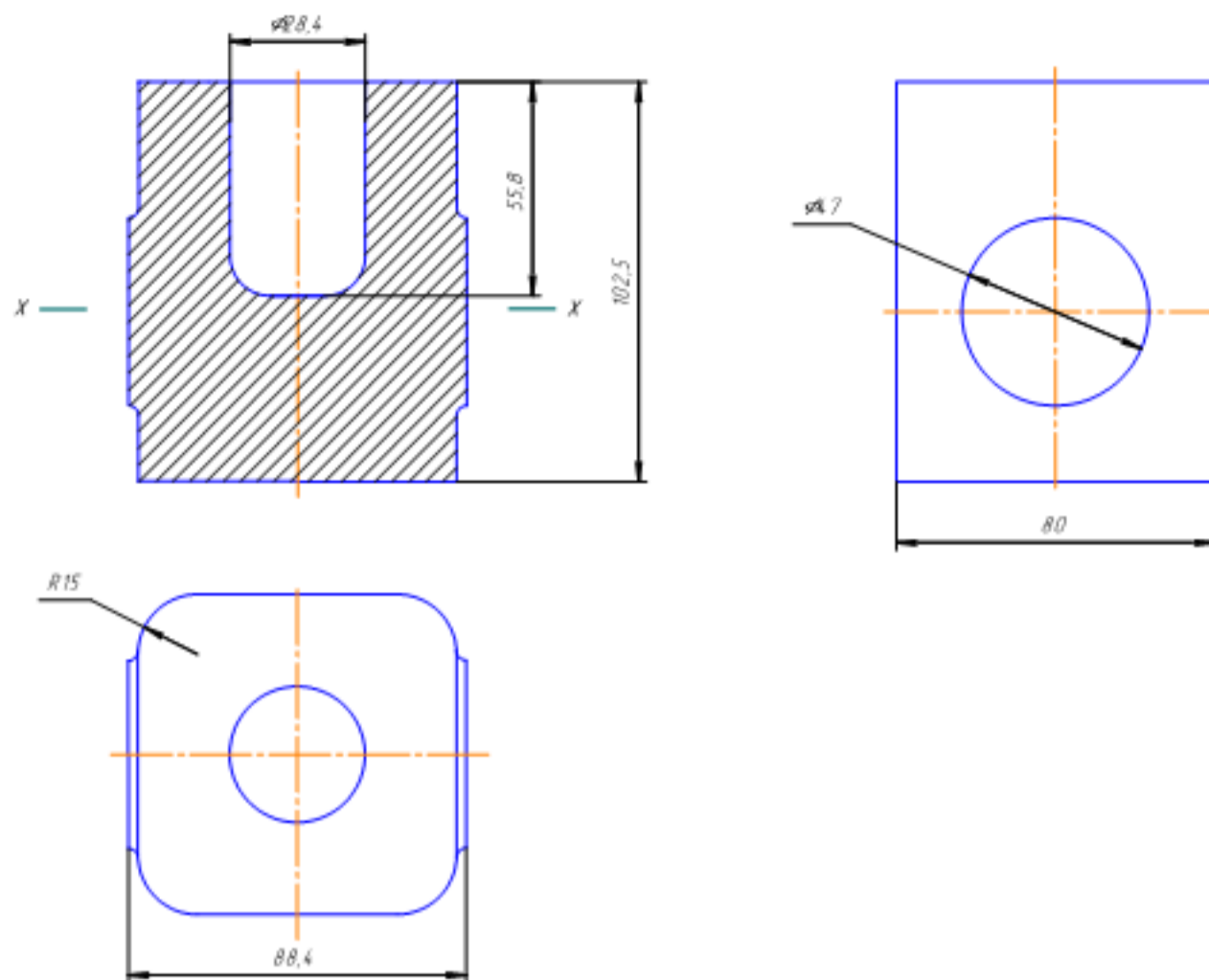


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки одержаної литтям в піщано-глинисті форми

### 2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Маса заготовки визначається за формулою:

$$M = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.16)$$

Щоб розрахувати загальний об'єм заготовки користуємось масо-центрувальними характеристиками заготовок, які отримані за допомогою комп'ютерної програми.

Лиття в кокіль:

МЦХ

Площадь  $S = 48186.919957 \text{ мм}^2$

Объем  $V = 613844.188968 \text{ мм}^3$

Материал Сплав АК6М2 ГОСТ 1583-93

Плотность  $R_0 = 0.002700 \text{ г/мм}^3$

Масса  $Q_{\text{заг}} = 1657.379310 \text{ г}$

Тоді коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}}; \quad (2.17)$$

$$\gamma_1 = 1,425/1,657 = 0,86.$$

Лиття в піщано-глинисті форми:

МЦХ

Площадь	$S = 48080.853691 \text{ мм}^2$
Объем	$V = 602710.545923 \text{ мм}^3$
Материал	Сплав АК6М2 ГОСТ 1583-93
Плотность	$R_0 = 0.002700 \text{ г/мм}^3$
Масса	$Q_{\text{заг}} = 1627.318474 \text{ г}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_2 = 1,425 / 2,07 = 0,69.$$

Отже, коефіцієнт точності маси заготовки при литті в кокіль більший, ніж при литті в піщано-глинисті форми, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найбільш раціонального [2, 5]

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{Г}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{ш}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.18)$$

де  $C_{л}$  – базова вартість 1 т заготовок, грн., вибираємо згідно, враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{П}$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, матеріал заготовки, масу заготовки і коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок;

$C_{відх}$  – вартість 1 т відходів, для алюмінію  $C_{відх} = 20000$  грн./т.

Таблиця 2.10 – Коефіцієнти для розрахунку вартості литої заготовки

Коефіцієнти	Лиття в кокіль	Лиття в піщано-глинисті форми
$C_{л}$	38200	31600
$K_T$	1	1
$K_M$	4,23	5,94
$K_C$	0,91	0,94
$K_B$	1,02	0,81
$K_{П}$	1,15	1,09

Лиття в кокіль:

$$C_{\text{загот.}} = \frac{1,657}{1000} \cdot 38200 \cdot 1 \cdot 4,23 \cdot 0,91 \cdot 1,02 \cdot 1,15 - \frac{(1,657 - 1,425)}{1000} \cdot 20000 = 281,16 \text{ (грн.)}$$

Лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_{\text{загот.}} = \frac{2,07}{1000} \cdot 31600 \cdot 1 \cdot 5,94 \cdot 0,94 \cdot 0,81 \cdot 1,09 - \frac{(2,07 - 1,425)}{1000} \cdot 20000 = 309,57 \text{ (грн.)}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість литої заготовки в кокіль менша ніж при литті в піщано-глинисті форми.

В результаті розрахунків встановлено, що коефіцієнт точності форми маси заготовки при литті в кокіль вищий ніж при литті в піщано-глинисті форми і собівартість заготовки при литті в кокіль менша собівартості заготовки при литті

в піщано-глинисті форми. Тому вибираємо основний спосіб виготовлення деталі – лиття в кокіль.

При цьому економічний ефект буде складати

$$E = (C_{\text{мв.1}} - C_{\text{мв.2}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.19)$$

$$E = (309,57 - 281,16) \cdot 12000 = 340920 \text{ (грн.)}$$

#### 2.4 Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

В наш час з розвитком новітніх технологій та комп'ютерного забезпечення існує можливість розробляти програми, створювати програмне забезпечення, виконувати розрахунки та креслення, необхідні для виробничого процесу. Дані розробки дають можливість скоротити час на розрахунок та виготовлення креслень деталей та заготовок за розрахунковими даними.

Розрахунок собівартості заготовок – це досить трудомістка робота. Тому при необхідності багаторазового повторювання однотипних розрахунків рекомендується застосовувати комп'ютерні технології.

Собівартість заготовок, що виготовляють литтям з достатньою для навчальних цілей точністю, можна визначити за формулою (2.18) згідно [5, 7].

Розроблено комп'ютерну програму для розрахунку собівартості виготовлення заготовки. Програма повністю працює в діалоговому режимі. Після запуску програми з'являється головне вікно (рис. 2.4), в якому потрібно вибрати собівартість яких заготовок будемо розраховувати (литих, штампованих чи виготовлених з прокату).

Виконання вибору здійснюється за допомогою натискання мишкою відповідної кнопки, яка при наведенні курсору (при ховері) або при фокусуванні з клавіатури *Tab*-ом (при фокусі) змінює колір рамки (бордера) на синій колір, що сприяє візуальній зручності користувача.

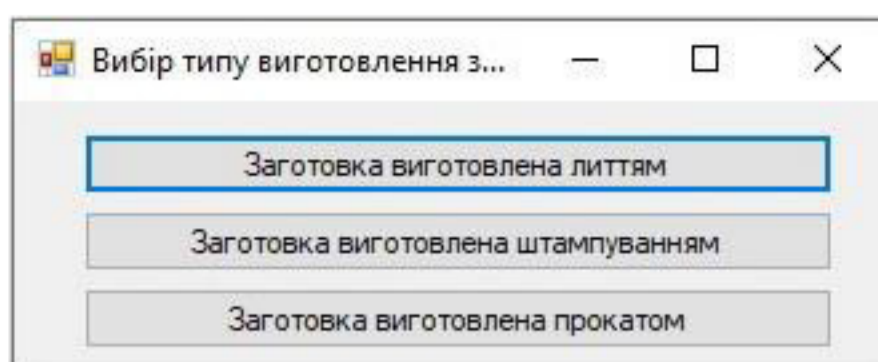


Рисунок 2.4 – Головний інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку собівартості виготовлення заготовки

При виборі кнопки «Заготовка виготовлена литтям» з'явиться діалогове вікно (рис. 2.5), в якому безпосередньо вже потрібно чи вводити вручну, чи вибирати з ряду існуючих початкові дані.

Оберіть спосіб лиття

- Лиття в піщані та глиняні форми
- Лиття в оболонкові форми
- Лиття в незблицьований кокіль
- Лиття в облицьований кокіль
- Лиття під тиском
- Лиття за виплавними моделями

Коефіцієнт  $K_p$

Матеріал заготовки  
 $K_p$  Чавун, сталь, кольорові с

Коефіцієнт  $K_b$

Матеріал заготовки  
 $K_b$  Алюмінієві сплави, латунь

Коефіцієнт  $K_m$

Матеріал заготовки  
 $K_m$  Алюмінієві сплави АЛ2...

Коефіцієнт  $K_c$

Матеріал заготовки  
 $K_c$  Алюміній

Коефіцієнт  $K_t$

- Чорні метали
- Кольорові метали

Вихідні дані

Маса деталі  кг

Маса вилівка  кг

Вартість однієї тонни відходів  грн

Вартість однієї тонни заготовок  грн

Об'єм виробництва  тис. шт.

Клас розмірної точності

Група складності

Отримати розрахунок

Повернутись назад

Рисунок 2.5 – Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

Для того, щоб програма розпочала розрахунок собівартості заготовки виготовленої литтям, потрібно ввести такі початкові дані:



- спосіб виготовлення заготовки з переліку радіо кнопок (можна вибрати тільки один варіант з множини):

- лиття в піщано-глинисті форми;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття в необлицьований кокіль;
- лиття в облицьований кокіль;
- лиття під тиском;
- лиття за виплавними моделями;

- матеріал заготовки з випадаючого меню для визначення окремо коефіцієнта, що враховує клас точності заготовки  $K_T$ , матеріал заготовки  $K_M$ , групу складності заготовки  $K_C$ , масу заготовки  $K_B$  і коефіцієнт  $K_H$ , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок;

- маса деталі, кг;
- маса вилівка, кг;
- вартість однієї тонни відходів, грн.;
- вартість однієї тонни заготовок, грн.;
- об'єм виробництва, тис. шт.;

- клас розмірної точності вилівка з випадаючого меню, яке дозволяє вибрати одне значення з 22-ох існуючих класів розмірної точності – 1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14, 15, 16;

- група складності вилівка з випадаючого меню, яке дозволяє вибрати одне значення з 5-ти існуючих група складності вилівка – 1, 2, 3, 4, 5.

Всі поля введення при ховері або фокусі змінюють колір рамки на синій.

Після введення всіх початкових даних потрібно натиснути кнопку «Отримати розрахунок». Після цього на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 2.6) з результатами розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям, а саме:

- собівартість заготовки  $C_{\text{заг. литт.}}$ ;
- значення при розрахунку собівартості заготовки коефіцієнтів  $K_T$ ,  $K_M$ ,  $K_C$ ,  $K_B$  і  $K_H$ , що автоматично вибрані комп'ютерною програмою згідно введених

початкових даних та довідникових даних закладених у алгоритм роботи програми.

Вартість заготовки Сзаг. шт.	Коефіцієнт Кт	Коефіцієнт Км	Коефіцієнт Кс	Коефіцієнт Кв	Коефіцієнт Кп
281,16	1,0	4,23	0,91	1,02	1,15

Рисунок 2.6 – Інтерфейс комп'ютерної програми з результатами розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

Результати розрахунку, у разі необхідності, можна зберегти у текстовий файл активувавши для цього кнопку «Зберегти результати» або закрити форму при активації кнопки «Закрити форму». Активні елементи при ховері або фокусі також змінюють колір рамки на синій.

Висновок. Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки, матеріал заготовки, групу складності заготовки, масу заготовки і коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування».

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

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [2, 4]:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i \quad (2.20)$$

де  $\varepsilon$  – загальне уточнення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення; для першого переходу чорнової обробки  $\varepsilon_{\text{чор}} \leq 6$ ; для переходів напівчистої обробки  $\varepsilon_{\text{нчист}} = 3 \dots 4$ ; для чистої обробки (ІТ 8 - ІТ 10)  $\varepsilon_{\text{чист}} = 2 \dots 2,5$ ; для фінішної обробки (ІТ 5 - ІТ 7)  $\varepsilon_{\text{фін}} = 1,5 \dots 2$ ;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_D, T_3, T_i$  – допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Визначення кількості ступенів механічної обробки для поверхні  $\text{Ø}34\text{H}7^{(+0,025)}$ .

Заготовка лиття  $T_3 = 700$  мкм, допуск деталі  $T_D = 25$  мкм.

Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\varepsilon = 700/25 = 28.$$

Приймаємо 3 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,0, \varepsilon_2 = 3,5, \varepsilon_3 = 1,6.$$

Допуск розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3/\varepsilon_1 = 0,7/5,0 = 0,14 \text{ (мм)} = 140 \text{ (мкм)} \rightarrow (\approx \text{ІТ } 11);$$

$$T_2 = T_1/\varepsilon_2=0,14/3,5 = 0,04 \text{ (мм)} = 40 \text{ (мкм)} \rightarrow (\approx IT 8);$$

$$T_3 = T_2/\varepsilon_3=0,04/1,6 = 0,025 \text{ (мм)} = 25 \text{ (мкм)} \rightarrow (IT 7).$$

Допуск після першого переходу відповідає 11 квалітету точності, після другого – 8 квалітету, після третього – 7 квалітету.

Оскільки обробляється внутрішня циліндрична поверхня, то доцільно прийняти способи механічної обробки: розсвердлювання, зенкерування та розвертування або розточування попереднє, розточування попереднє, розточування остаточне.

Метод обробки і кількість ступенів механічної обробки інших поверхонь визначається аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір поверхні	Загальне уточнення	Проміжне уточнення	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 34H7_{+0,025}$	$\varepsilon=0,7/0,025=28$	$\varepsilon_1=5,0$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=1,6$	$T_1=0,14$ $T_2=0,04$ $T_3=0,025$	11 8 7	Розточування попер. Розточування попер. Розточування остаточ.
$\varnothing 45H9_{+0,062}$	$\varepsilon=1,16/0,062=2,58$	$\varepsilon_1=2,58$	$T_1=0,16$ $T_2=0,062$	11 9	Розточування попер. Розточування остаточ.
$100_{-0,1}$	$\varepsilon=0,9/0,1=9$	$\varepsilon_1=5 \cdot 1,8$	$T_3=0,18$ $T_1=0,1$	11 9	Точіння попереднє Точіння остаточне
$85_{-0,35}$	-	-	-	14	Фрезерування однократне
$\varnothing 15$	-	-	-	14	Свердління
M10-7H	-	-	-	14	Центрування Свердління Нарізання різьби
M8-7H	-	-	-	14	Центрування Свердління Нарізання різьби

Так як отвір  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  в заготовці відсутній, то першим переходом механічної обробки буде розточування отвору, що відповідає 11 квалітету точності з допуском 160 мкм. Тоді кількість переходів після першого розточування

$$T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}} = 0,16/0,062 = 2,58.$$

Тобто достатньо виконати ще один перехід розточування для забезпечення 9 квалітету.

2.6 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

Варіант вибору чистових технологічних баз показано на рис. 2.7.

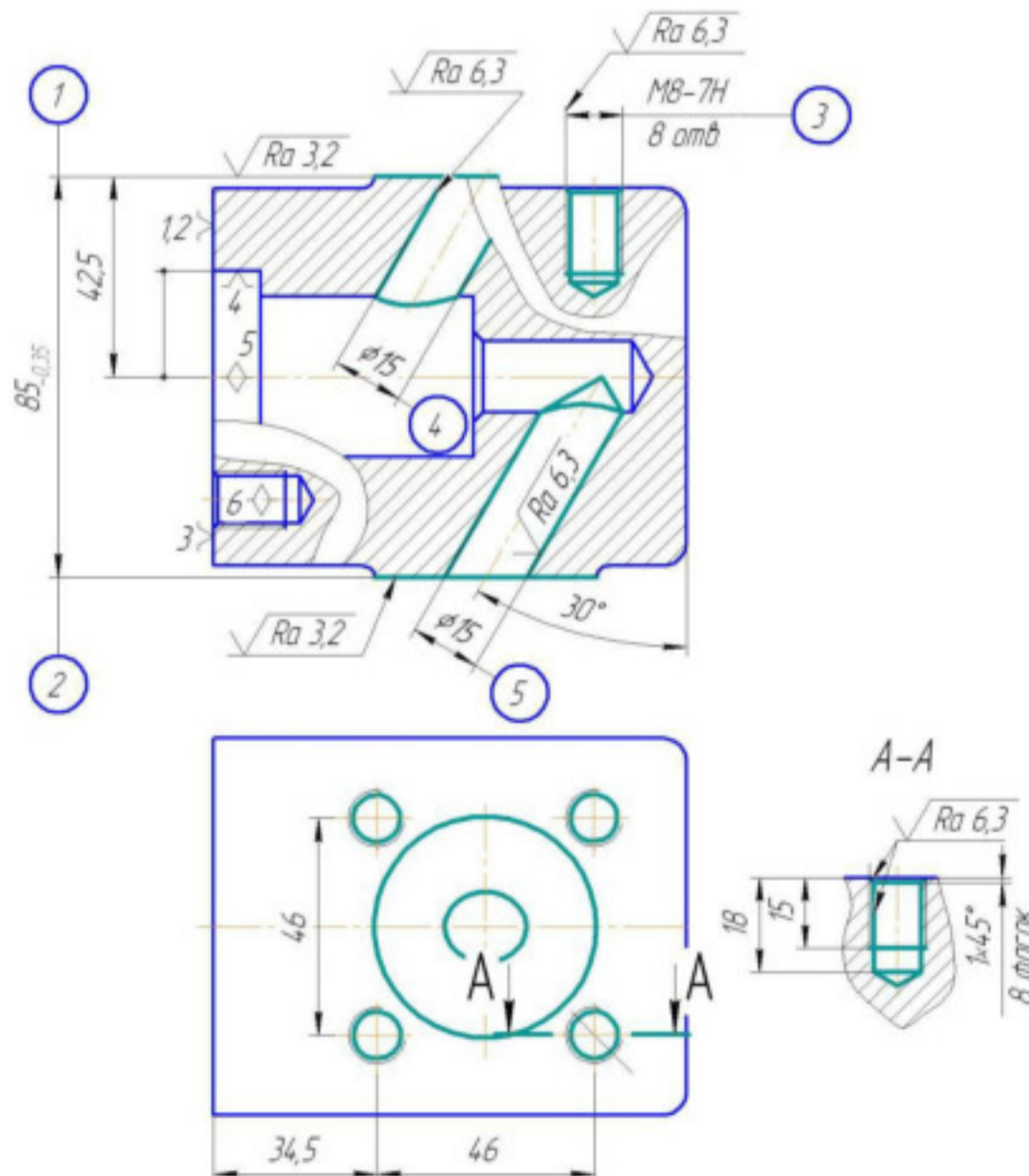


Рисунок 2.7– Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

Похибка базування на виконуваних розміри:

$\varepsilon_{634,5} = 0$ ;  $\varepsilon_{642,5} = 0$  – виконується принцип співпадання вимірювальної та технологічної баз;

$\varepsilon_{685} = 0$ ;  $\varepsilon_{646} = 0$  – виконується обробка з одного установу;

$\varepsilon_{6\phi 15} = 0$ ;  $\varepsilon_{6M8-7H} = 0$  – виконується мірним інструментом.

В якості чорнових баз на першій операції 005 використаємо схему базування на площину і вісь симетрії площин, що зв'язані розміром 80. В цьому випадку вирішується задача забезпечення зв'язку оброблених та необроблених поверхонь. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена рис. 2.8.

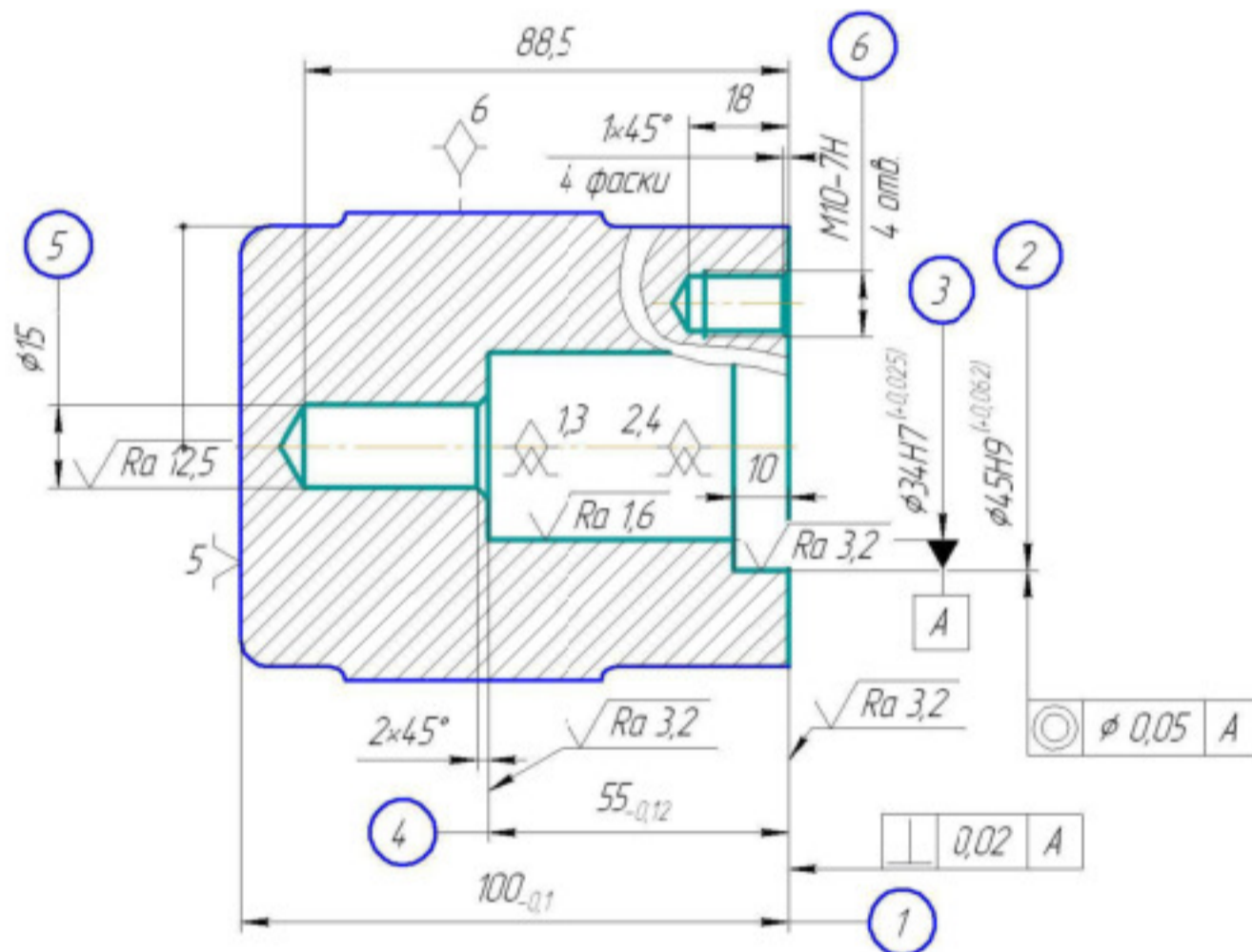


Рисунок 2.8 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Похибка базування на виконуваних розміри:

$\varepsilon_{6100} = 0$  – виконується принцип співпадання вимірювальної та технологічної баз;

$\varepsilon_{6\phi 34H7} = 0$ ;  $\varepsilon_{6\phi 45H9} = 0$  – обробка діаметральних розмірів;

$\varepsilon_{6\phi 15} = 0$ ;  $\varepsilon_{6M10-7H} = 0$  – виконується мірним інструментом;

$\varepsilon_{688,5} \neq 0$ ;  $\varepsilon_{655} \neq 0$ ;  $\varepsilon_{615} \neq 0$ ;  $\varepsilon_{618} \neq 0$ , оскільки вимірювальна база не збігається з технологічною.

Похибка базування на розміри 88,5; 55<sub>-0,12</sub>; 15; 18 дорівнює допуску ланки замикання при побудові розмірних ланцюгів, а саме допуску на розмір 100, що складає 0,1 мм. Тоді

$$\varepsilon_{688,5} = 0,1 < T(88,5) = 0,87 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{655} = 0,1 < T(55) = 0,12 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{615} = 0,1 < T(15) = 0,43 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{618} = 0,1 < T(18) = 0,43 \text{ мм}.$$

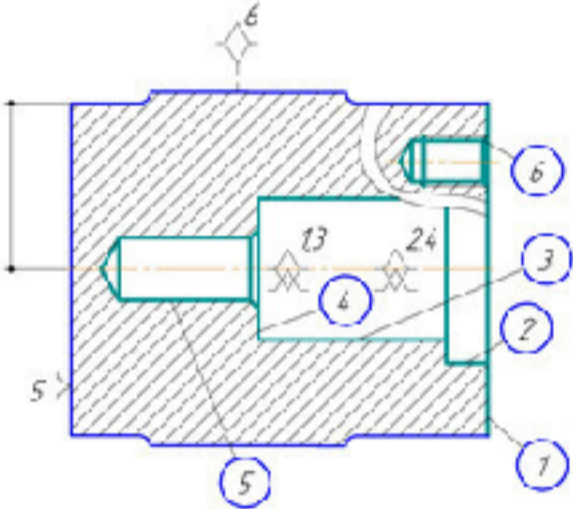
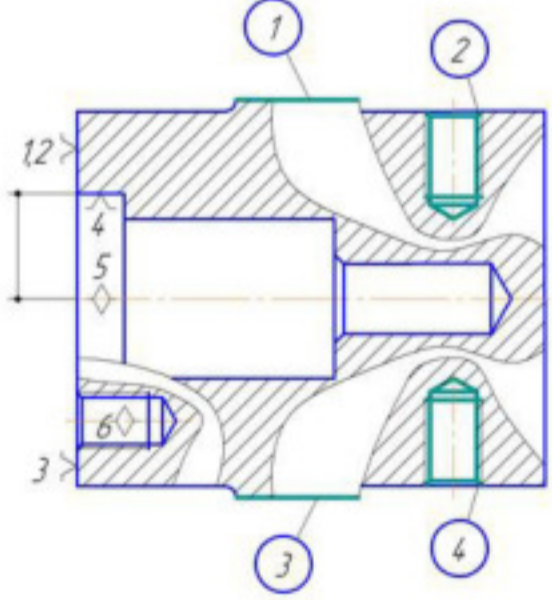
Допуск перпендикулярності 0,02 мм торця деталі відносно бази А та співвісності 0,05 мм поверхні  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$  відносно бази А виконуються за рахунок обробки з одного установа.

В цілому запропоновані схеми технологічних баз дозволяють обробити деталь із точністю вказаною на кресленні.

## 2.7 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Варіанти маршруті механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» показано в таблицях 2.12-2.13.

Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки (1 варіант)

№ оп.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити пов. 1 попередньо.</li> <li>3. Точити пов. 1 остаточно.</li> <li>4. Розточити пов. 2, 3 попередньо.</li> <li>5. Розточити пов. 2 остаточно, пов. 3 попередньо, пов. 4 однократно.</li> <li>6. Розточити пов. 3 остаточно.</li> <li>7. Центрувати отв. 5.</li> <li>8. Свердлити отв. 5.</li> <li>9. Центрувати 4 отв. 6.</li> <li>10. Свердлити 4 отв. 6.</li> <li>11. Нарізати різьбу в 4 отв. 6.</li> <li>12. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарний багатощаблевий з ЧПК 1П420ПФ40
010	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати пов. 1 однократно.</li> <li>3. Центрувати 4 отв. 2.</li> <li>4. Свердлити 4 отв. 2.</li> <li>5. Нарізати різьбу в 4 отв. 2.</li> <li>6. Повернути заготовку.</li> <li>7. Фрезерувати пов. 3 однократно.</li> <li>8. Центрувати 4 отв. 4.</li> <li>9. Свердлити 4 отв. 4.</li> <li>10. Нарізати різьбу в 4 отв. 4.</li> <li>11. Зняти заготовку.</li> </ol>		Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК ГФ2171МФ3 з поворотним столом



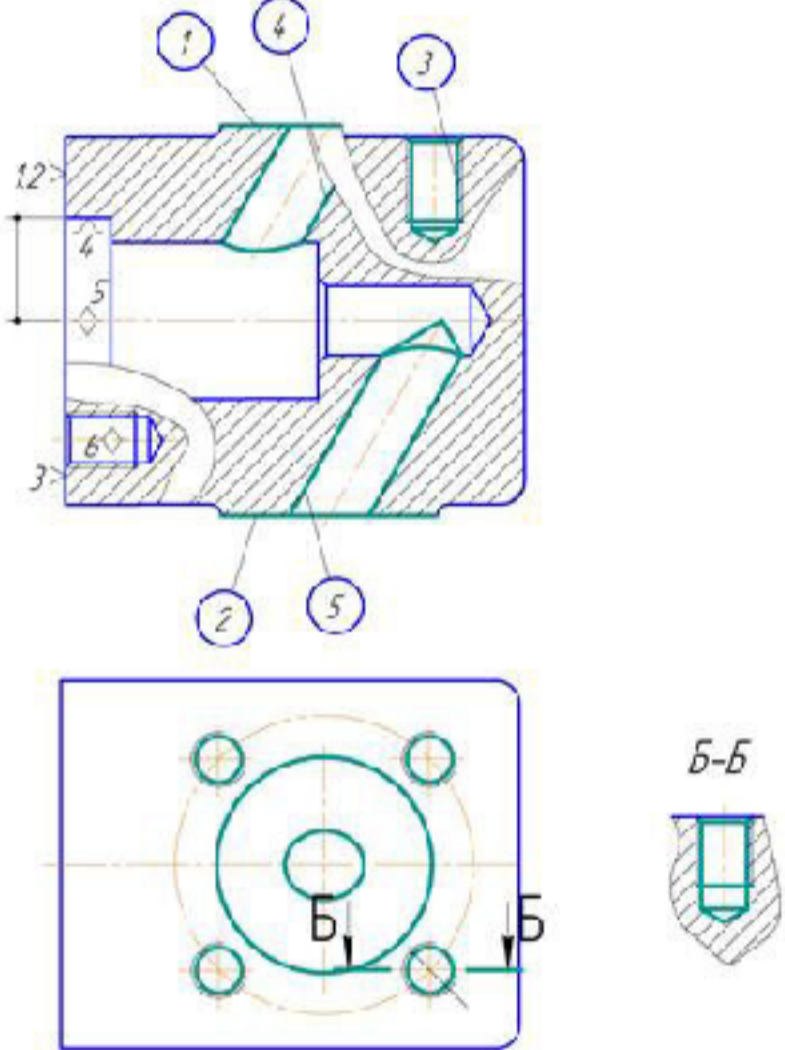
Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
015	<p>Вертикально-свердлильна з ЧПК</p> <p>Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати заглиблення перед центруванням отв. 1.</li> <li>3. Центрувати отв. 1.</li> <li>4. Свердлити отв. 1.</li> </ol> <p>Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перевстановити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати заглиблення перед центруванням отв. 2.</li> <li>3. Центрувати отв. 2.</li> <li>4. Свердлити отв. 2.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2</p>

Таблиця 2.13 – Маршрут механічної обробки (2 варіант)

№ оп.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити пов. 1 попередньо.</li> <li>3. Точити пов. 1 в розмір згідно ескізу.</li> <li>4. Розточити пов. 2, 3 попередньо.</li> <li>5. Розточити пов. 2 остаточно, пов. 3 попередньо, пов. 4.</li> <li>6. Розточити отв. 3.</li> <li>7. Центрувати отв. 5.</li> <li>8. Свердлити отв. 5.</li> <li>9. Центрувати 4 отв. 6.</li> <li>10. Свердлити 4 отв. 6.</li> <li>11. Нарізати різьбу в 4 отв. 6.</li> <li>12. Зняти заготовку.</li> </ol>		<p>Токарний багатоцілівий з ЧПК 1П420ПФ40</p>

## Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
010	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати пов. 1, 2.</li> <li>3. Центрувати 8 отв. 3.</li> <li>4. Свердлити 8 отв. 3.</li> <li>5. Нарізати різь в 8 отв. 3.</li> <li>6. Фрезерувати заглиблення перед центруванням отв. 4, 5.</li> <li>7. Центрувати отв. 4, 5.</li> <li>8. Свердлити отв. 4, 5.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Вертикальний багатощільовий п'ятикоординатний верстат з ЧПК HAASVF-2TR</p>

## 2.8 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є мінімум приведених затрат на одиницю продукції. Годинні приведені затрати можна визначити за формулою [4]:

$$C_{п.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n(K_c + K_3), \quad (2.21)$$

де  $C_3$  – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями грн./год;  $C_{ч.з.}$  – годинні затрати по експлуатації робочого місця, грн./год;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування складає 0,15;  $K_c$ ,  $K_3$  – питомі годинні капітальні вкладення відповідно в верстат і будову, грн./год.

Але можна скористатися даними [4], де наведено годинні приведені витрати для кожного типу верстату. Вони занесені до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Годинні приведені витрати

Модель верстату	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$ , грн./год.
1П420ПФ40	48,0
ГФ2171МФ3	86,7
2P135Ф2	56,7
HAASVF-2TR	75,0

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = C_{п.з.} \cdot T_{шт-к} / 60 \cdot k_v$$

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

$T_{шт-к}$  – штучно-калькуляційний час на виконання операції.

Для попередніх розрахунків можна користуватися формулами наближеного нормування [2-4].

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \phi_k,$$

де  $\phi_k$  – коефіцієнт, що визначається типом обладнання.

Результати розрахунків норм часу  $T_o$ ,  $T_{\text{шт-к}}$  приведені в таблицях 2.15, 2.16.

Таблиця 2.15 – Основний час

Операція, переходи	Основний час виконання переходу, хв.
1	2
<u>Операція 005</u>	
1. Точити пов. 1 попередньо.	$T_o = 0,037(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037(100^2 - 28,4^2) \cdot 10^{-3} = 0,34$ (хв.)
2. Точити пов. 1 остаточно.	
3. Розточити пов. 2, 3 попередньо.	$T_o = 0,052(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052(100^2 - 28,4^2) \cdot 10^{-3} = 0,48$ (хв.)
4. Розточити пов. 2 остаточно, пов. 3 попередньо, пов. 4 однократно.	$T_o = (0,18d_1 \cdot \ell_1 + 0,18d_2 \cdot \ell_2) \cdot 10^{-3} =$ $= (0,18 \cdot 46 \cdot 10 + 0,18 \cdot 30 \cdot 45) \cdot 10^{-3} = 0,23$ (хв.)
5. Розточити пов. 3 остаточно.	$T_o = [0,2d_1 \cdot \ell_1 + 0,2d_2 \cdot \ell_2 + 0,037(D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3} =$ $= [0,2 \cdot 45 \cdot 10 + 0,2 \cdot 33 \cdot 45 + 0,037(33^2 - 0^2)] \cdot 10^{-3} = 0,43$ (хв.)
6. Центрувати отв. 5.	
7. Свердлити отв. 5.	$T_o = 0,3d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 34 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0,31$ (хв.)
8. Центрувати 4 отв. 6.	$T_o = 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,016$ (хв.)
9. Свердлити 4 отв. 6.	$T_o = 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 15 \cdot 31 \cdot 10^{-3} = 0,24$ (хв.)
10. Нарізати різьбу в 4 отв. 6.	$T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,064$ (хв.) $T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 9 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,34$ (хв.) $T_o = 4 \cdot 0,4d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,24$ (хв.)
	$\Sigma T_o = 2,69$ хв.
<u>Операція 010</u>	
1. Фрезерувати пов. 1 однократно.	$T_o = 6\ell \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,31$ (хв.)
2. Центрувати 4 отв. 2.	$T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,064$ (хв.)
3. Свердлити 4 отв. 2.	$T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 7 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,26$ (хв.)
4. Нарізати різьбу в 4 отв. 2.	$T_o = 4 \cdot 0,4d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,23$ (хв.)
5. Фрезерувати пов. 3 однократно.	$T_o = 6\ell \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,31$ (хв.)
6. Центрувати 4 отв. 4.	$T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,064$ (хв.)
3. Свердлити 4 отв. 4.	$T_o = 4 \cdot 0,52d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,52 \cdot 7 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,26$ (хв.)
4. Нарізати різьбу в 4 отв. 4.	$T_o = 4 \cdot 0,4d \cdot \ell \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,23$ (хв.)
	$\Sigma T_o = 1,728$ хв.

Продовження таблиці 2.15

1	2
<b>Операція 015</b>	
1. Фрезерувати заглиблення перед центруванням.	$T_o = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,09$ (хв.)
2. Центрувати отв. 1.	$T_o = 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,016$ (хв.)
3. Свердлити отв. 1.	$T_o = 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 15 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0,35$ (хв.)
4. Фрезерувати заглиблення перед центруванням.	$T_o = 6l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,09$ (хв.)
5. Центрувати отв. 2.	$T_o = 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,016$ (хв.)
6. Свердлити отв. 2.	$T_o = 0,52d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 15 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0,35$ (хв.)
	$\Sigma T_o = 0,732$ хв.

Таблиця 2.16 – Штучно-калькуляційний час

<u>І варіант маршруту механічної обробки</u>		
Операція 005		
$T_o = 2,69$ хв.	$\varphi = 1,36$	$T_{шт-к} = 3,66$ хв.
Операція 010		
$T_o = 1,728$ хв.	$\varphi = 1,51$	$T_{шт-к} = 2,60$ хв.
Операція 015		
$T_o = 0,732$ хв.	$\varphi = 1,72$	$T_{шт-к} = 0,95$ хв.
<u>ІІ варіант маршруту механічної обробки</u>		
Операція 005		
$T_o = 2,69$ хв.	$\varphi = 1,36$	$T_{шт-к} = 3,66$ хв.
Операція 010		
$T_o = 2,46$ хв.	$\varphi = 1,41$	$T_{шт-к} = 3,53$ хв.

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{шт}$ , хв	$C_{п.з.}$ , грн./хв.	$C_o$ , грн.
<u>І варіант маршруту механічної обробки</u>			
1П420ПФ40	3,66	48,0	2,25
ГФ2171МФ3	2,6	86,7	2,89
2Р135Ф2	0,95	56,7	0,74
Всього			5,84
<u>ІІ варіант маршруту механічної обробки</u>			
1П420ПФ40	3,66	48,0	2,25
НАASVF-2TR	3,53	75,0	3,39
Всього			5,64

Отже, при використанні другого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операцій виготовлення деталі складатиме 5,64 грн., а при використанні першого варіанту – 5,84 грн.

Економічний ефект складатиме:

$$E=(5,84-5,64) \cdot 12000=2400 \text{ (грн.)}$$

## 2.9 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

### 2.9.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Проставлені технологічні розміри показані на рис. 2.6.

### 2.9.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [4], для відповідного розміру за відповідним квалітетом.

Таблиця 2.18 – Попередні допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	З <sub>1</sub>	З <sub>2</sub>
Допуск, мм	0,22	0,1	0,36	0,12	0,87	0,74	0,36	0,9	0,8

Таблиця 2.19 – 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>
	100	88,5	57,5	55	10	18
Допуск, мм	0,1	0,87	0,74	0,12	0,36	0,43

## 2.9.3 Розмірна схема технологічного процесу

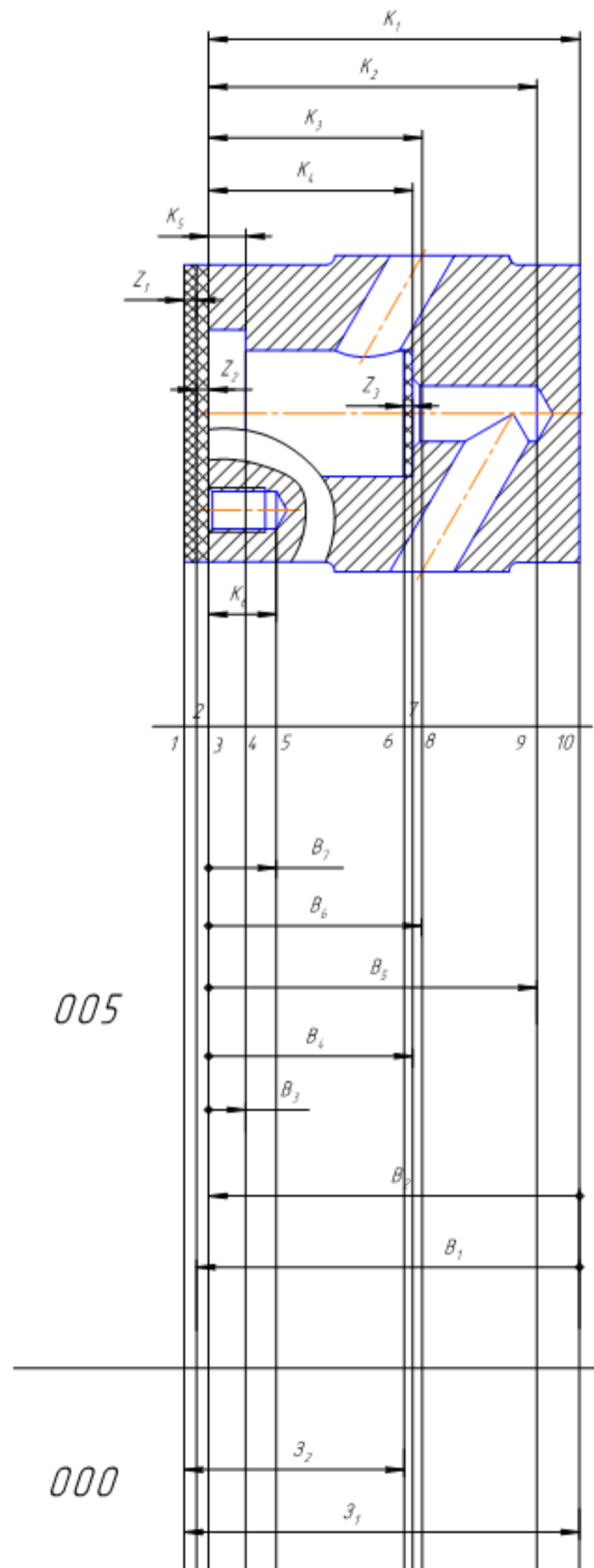


Рисунок 2.9 – Розмірна схема технологічного процесу

## 2.9.4 Похідний, вихідний графи - дерева, суміщений граф

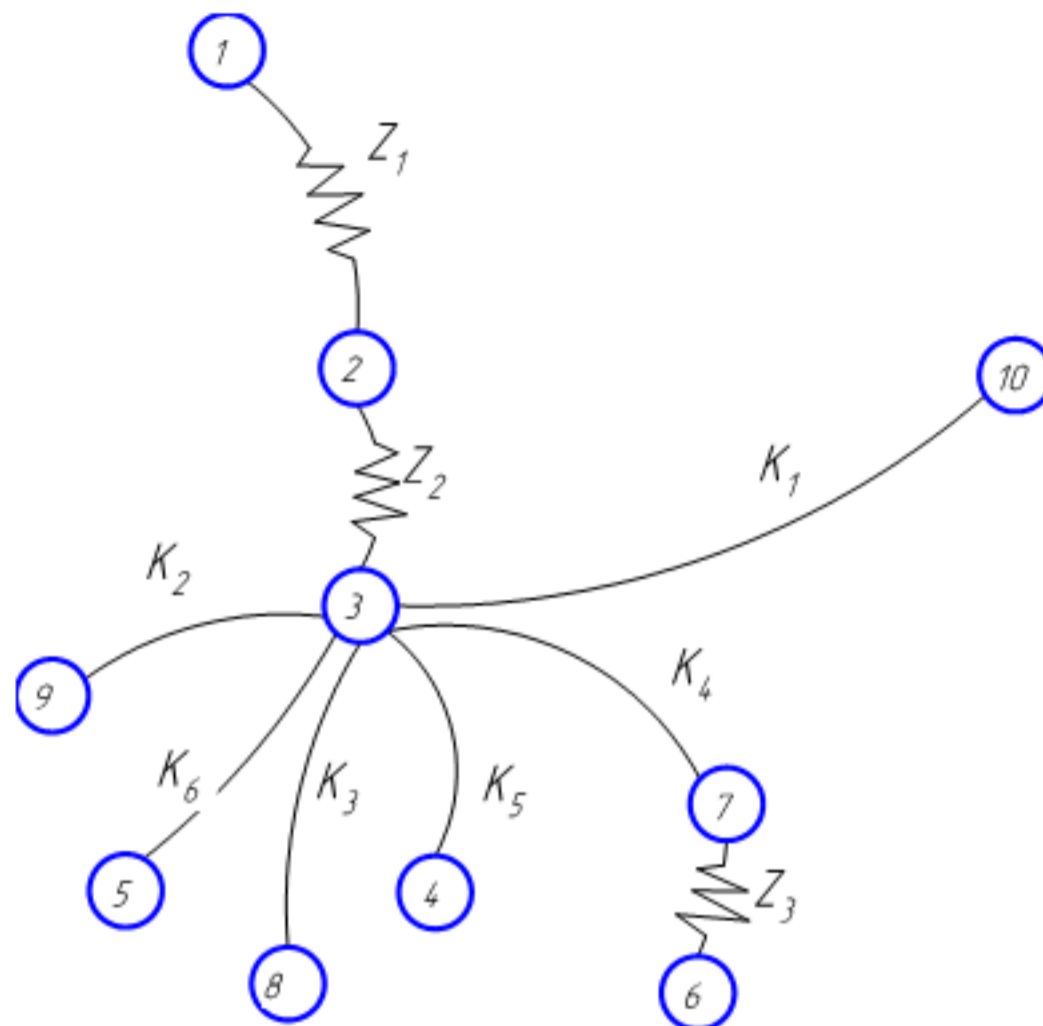


Рисунок 2.10 – Вихідне граф-дерево

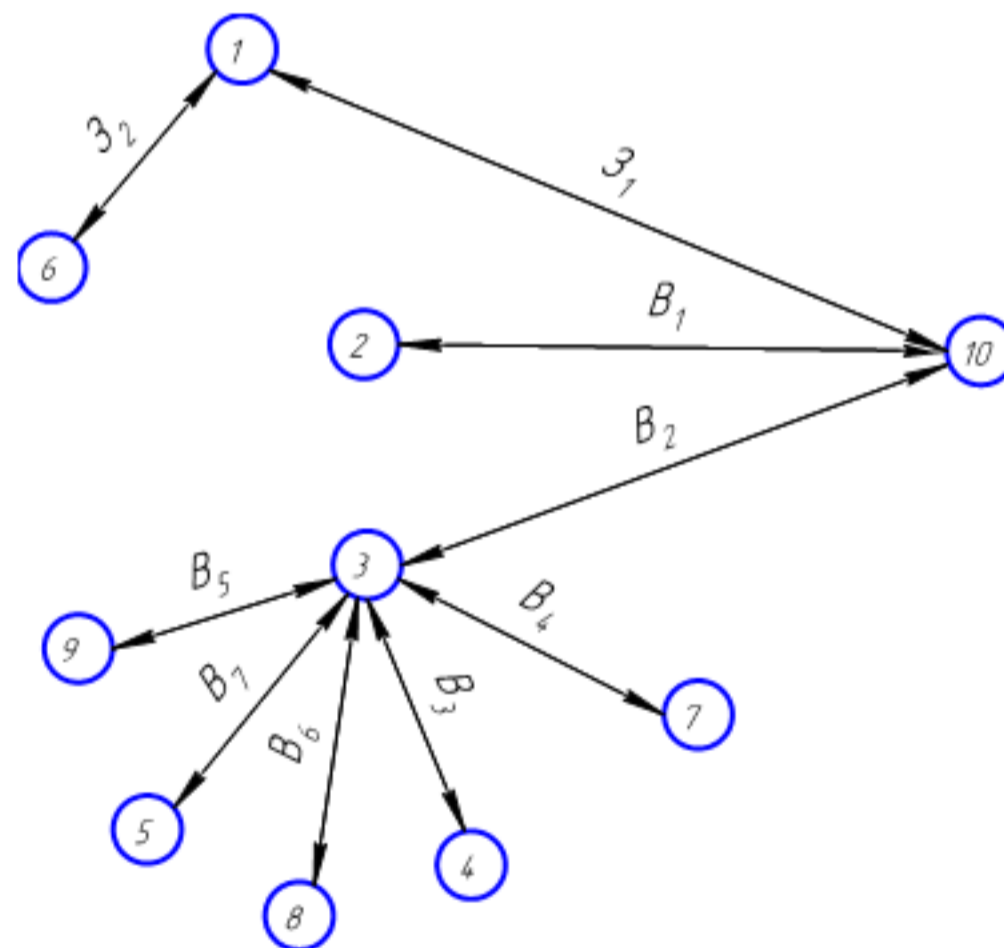


Рисунок 2.11 – Похідне граф-дерево



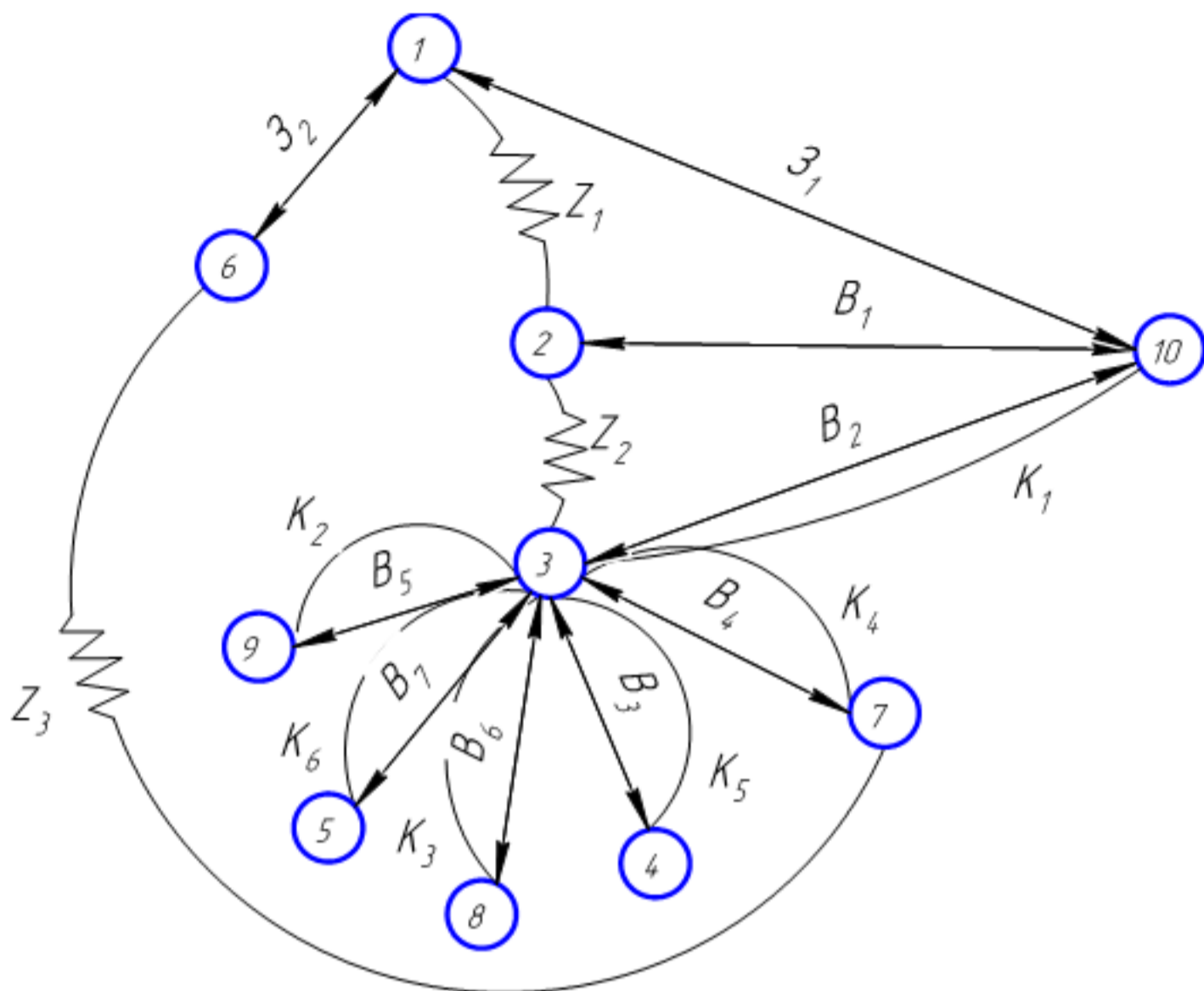


Рисунок 2.12 – Суміщений граф

2.9.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [2, 4]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці, які входять в один діапазон, то мінімальний припуск буде:

$$Z_{1\min}=0,4 \text{ мм}; Z_{2\min}=0,4 \text{ мм}; Z_{3\min}=0,4 \text{ мм}.$$

2.9.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п.п.	Вихідне рівняння	Розрахункове рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_2 = 0$	$B_2 = K_1$	$B_2$
2	$-K_2 + B_5 = 0$	$B_5 = K_2$	$B_5$
3	$-K_4 + B_4 = 0$	$B_4 = K_4$	$B_4$
4	$-K_3 + B_6 = 0$	$B_6 = K_3$	$B_6$
5	$-K_6 + B_7 = 0$	$B_7 = K_6$	$B_7$
6	$-K_5 + B_3 = 0$	$K_5 = B_3$	$B_3$
7	$-Z_2 + B_1 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	$B_1$
8	$-Z_1 + 3_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	$3_1$
9	$-Z_3 - 3_2 + 3_1 - B_2 + B_4 = 0$	$Z_3 = 3_1 - 3_2 - B_2 + B_4$	$3_2$

2.9.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту механічної обробки

Таблиця 2.21 – Технологічні розміри

Розмір, що визначається	Розрахунок
1	2
$B_2$	$B_2 = K_1;$ $B_2 = 100_{-0,1}$
$B_5$	$B_5 = K_2;$ $B_5 = 88,5_{-0,87}$
$B_4$	$B_4 = K_4;$ $B_4 = 55_{-0,12}$
$B_6$	$B_6 = K_3;$ $B_6 = 57,5_{-0,74}$
$B_7$	$B_7 = K_6;$ $B_7 = 18_{-0,43}$
$B_3$	$B_3 = K_5;$ $B_3 = 10_{-0,36}$
$B_1$	$Z_{2min} = B_{1min} - B_{2max};$ $B_{1min} = Z_{2min} + B_{2max} = 0,4 + 100 = 100,4 \text{ (мм)};$ $B_{1max} = B_{1min} + IT(B_1) = 100,4 + 0,22 = 100,66 \text{ (мм)};$ $B_1 = 100_{\substack{+0,4 \\ +0,66}} \text{ мм};$ $Z_{2max} = B_{1max} - B_{2min} = 100,66 - 99,9 = 0,76 \text{ (мм)}$

Продовження таблиці 2.21

1	2
$Z_1$	$Z_{1min} = Z_{1min} - B_{1max};$ $Z_{1min} = Z_{1min} + B_{1max} = 0,4 + 100,66 = 101,06 \text{ (мм)};$ $Z_{1max} = Z_{2min} + IT(Z_2) = 101,06 + 0,8 = 101,86 \text{ (мм)};$ $Z_1 = 101^{+0,86}_{+0,06} \text{ мм};$ $Z_{1max} = Z_{1max} - B_{1min} = 101,86 - 100,4 = 1,46 \text{ (мм)}$
$Z_2$	$Z_{2min} = Z_{1min} - B_{2max} + B_{4min} - Z_{3max} =$ $= 101,06 - 100 + 54,88 - 0,88 = 55,06 \text{ (мм)};$ $Z_{2max} = Z_{2min} + IT(Z_2) = 55,06 + 0,8 = 55,86 \text{ (мм)}$

Отже, визначено технологічні розміри та допуски при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним. Результати розрахунків записано в таблиці 2.22 та 2.23.

Таблиця 2.22 – Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

Технологічний розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
	100,4	100	10	55	88,5	57,5
Допуск	0,26	0,1	0,36	0,12	0,87	0,74
Технологічний розмір	$B_7$	$Z_1$	$Z_2$			
	18	101,06	55,06			
Допуск	0,43	0,8	0,8			

Таблиця 2.23 – Припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
Мінімальні, мм	0,4	0,4	0,4
Максимальні, мм	1,46	0,76	0,88

Отже, всі технологічні розміри та розміри заготовки визначені вірно та не потребують уточнення.

## 2.10 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.10.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 34H7^{(+0,025)}$

Визначення значень  $R$  і  $T$  проводимо відповідно до рекомендацій [2] враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 150 та 250 мкм відповідно. При попередньому розточуванні приймаємо  $R_Z=T=100$  мкм, при другому попередньому розточуванні  $R_Z=T=50$  мкм, при чистовому розточуванні –  $R_Z=30$  мкм,  $T=30$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

де  $\rho_{\text{жол}}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням;

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} D)^2 + (\Delta_{\kappa} L)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 34)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 39,5 \text{ (мкм)},$$

де  $\Delta_{\kappa} = 0,7$  мкм/мм – питоме жолоблення відливки [2];

$D = 34$  мм – діаметр оброблюваного отвору;

$L = 45$  мм – діаметр оброблюваного отвору;

$\rho_{\text{зм}}$  – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз;

$$\rho_{\text{зм}} = T(L_{\text{отв}}) \text{ [мкм]}, \quad (2.24)$$

$$\rho_{\text{зм}} = 120 \text{ мкм.}$$

Тоді

$$\rho = \sqrt{39,5^2 + 120^2} = 126,3 \text{ (мкм)}.$$

Остаточні просторові відхилення після технологічних переходів

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}. \quad (2.25)$$

Після попереднього розточування  $\rho_1 = 0,05 \cdot 126,3 = 6,3$  (мкм);

Після попереднього розточування  $\rho_2 = 0,05 \cdot 6,3 = 0,3$  (мкм).

Після остаточного розточування  $\rho_3 = 0,05 \cdot 0,3 \approx 0$  (мкм).

Похибка установки

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.26)$$

де  $\varepsilon_B$  – похибка базування,  $\varepsilon_B = 0$ , оскільки заготовка встановлюється в самоцентрувальний патрон;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення,  $\varepsilon_3 = 280$  мкм [2] – закріплення в пневматичному патроні;

$$\varepsilon_{пр} \text{ – похибка пристосування, } \varepsilon_{пр} = \frac{T}{6} = \frac{160}{6} = 27 \text{ (мкм)}.$$

Тоді

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 280^2 + 27^2} = 281 \text{ (мкм)}.$$

На послідуєчих переходах механічної обробки

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 281 = 14 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_2 = 0,05 \cdot 14 = 1 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [МКМ]}. \quad (2.27)$$

Розраховуємо мінімальні припуски під розточування:

попереднє розточування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{126,3^2 + 281^2}) = 2 \cdot 708 \text{ (МКМ)};$$

попереднє розточування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{6,3^2 + 14^2}) = 2 \cdot 215 \text{ (МКМ)};$$

остаточнє розточування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,3^2 + 1^2}) = 2 \cdot 101 \text{ (МКМ)}.$$

Розрахунковий розмір після останнього переходу 34 мм.

Приймаємо  $d_{3\max} = 34,025$  мм

$$d_{2\max} = d_3 - 2Z_{3\min} = 34,025 - 0,202 = 33,823 \text{ (мм)};$$

$$d_{1\max} = d_2 - 2Z_{2\min} = 33,823 - 0,430 = 33,393 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{заг max}} = d_1 - 2Z_{1\min} = 33,393 - 1,416 = 31,997 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаємо за таблицями і записуємо в розрахункову таблицю.

Визначаємо мінімальні розміри

$$d_{\text{заг min}} = d_{\text{заг max}} - T_{\text{заг}} = 31,997 - 0,7 = 31,297 \text{ (мм)};$$

$$d_{1\min} = d_{1\max} - T_1 = 33,393 - 0,160 = 33,233 \text{ (мм)};$$

$$d_{2\min} = d_{2\max} - T_2 = 33,823 - 0,039 = 33,784 \text{ (мм)};$$

$$d_{3\min} = d_{3\max} - T_3 = 34,025 - 0,025 = 34 \text{ (мм)}.$$

Тоді

$$2Z_{1\max} = d_{1\min} - d_{3\text{ар}\min} = 33,233 - 31,297 = 1,936 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{2\max} = d_{2\min} - d_{1\min} = 33,784 - 33,233 = 0,551 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{3\max} = d_{3\min} - d_{2\min} = 34 - 33,784 = 0,216 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{сум}\max} = 1,956 + 0,533 + 0,214 = 2,703 \text{ (мм)} \approx 2,7 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{1\min} = d_{1\max} - d_{3\text{ар}\max} = 33,393 - 31,997 = 1,396 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{2\min} = d_{2\max} - d_{1\max} = 33,823 - 33,393 = 0,43 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{3\min} = d_{3\max} - d_{2\max} = 34,025 - 33,823 = 0,202 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{сум}\min} = 1,416 + 0,412 + 0,2 = 2,028 \text{ (мм)} \approx 2,0 \text{ (мм)}.$$

Дані розрахунків припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору  $\varnothing 34\text{H}7^{(+0,025)}$  показано в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору  $\varnothing 34\text{H}7^{(+0,025)}$

Переходи обробки поверхні $\varnothing 34\text{H}7^{(+0,025)}$	Елементи припуска, мм				Розрахункові розміри		Допуск, мкм	Проміжні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon_i$	$2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	$D_p$ , мм	$T_{\text{мкм}}$	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2 \cdot z_{\min}^{\text{пр}}$	$2 \cdot z_{\max}^{\text{пр}}$
Заготовка	150	250	126,3	1	—	31,997	0,7	31,297	31,997	—	—
Розточування попереднє	100	100	6,3	281	2·708	33,393	0,16	33,233	33,393	1,396	1,936
Розточування попереднє	50	50	0,3	14	2·215	33,823	0,039	33,784	33,823	0,43	0,551
Розточування остаточне	30	30	0	1	2·101	34,025	0,025	34	34,025	0,202	0,216

Перевірка правильності розрахунків припусків:

$$Z_{i\max} - Z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$1936 - 1396 = 700 - 160;$$

$$551 - 430 = 160 - 39;$$

$$216 - 202 = 39 - 25.$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

2.10.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.25.

Таблиця 2.25 – Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхня $\varnothing 45H9^{+0,062}$ , $R_a = 3,2$ мкм							
Технологічні переходи обробки	Розрахунковий мінімальний припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1. Розточування попереднє (у заготовки отвір відсутній)	2·900	44,462	160	44,302	44,462	–	–
2. Розточування остаточне	2·300	45,062	62	45	45,062	0,6	0,698

### 2.11 Призначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу [9, 10].

Операція 005, перехід 4 – розточування пов. 2 ( $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$ ) попереднє.

Вихідні дані:

- верстат: 1П420ПФ40;  $N_B = 12$  кВт;



- інструмент: розточний з пластиною із швидкоріжучої сталі;
- матеріал: сплав АК6М2 ГОСТ 1583-93;
- глибина різання:  $t = (45 - 44)/2 = 0,5$  мм;
- довжина обробки:  $\ell = 10$  мм.

- Подача:

$$S = 0,6 - 0,9 \text{ мм/об, приймаємо } S_{\text{пр}} = 0,7 \text{ мм/об}$$

- Швидкість різання:

$$V = 0,9 \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \text{ [м/хв.]} \quad (2.28)$$

де  $C_v = 328$ ;  $T = 60$  хв.;  $m = 0,28$ ;  $x = 0,12$ ;  $y = 0,5$ ;

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08 \cdot$$

Тоді:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} \cdot 0,6^{0,12} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 1,08 \cdot 0,9 = 128,74 \text{ (м/хв.)}$$

- Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 128,74}{3,14 \cdot 44} \cong 980 \text{ (об/хв.)};$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{\text{пр}} = 1000$  об/хв.

- Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 44 \cdot 1000}{1000} = 135,25 \text{ (м/хв.)}$$

- Сила різання:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad [\text{H}], \quad (2.29)$$

де  $C_p = 40$ ,

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\psi_p} = 1.2 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.87 = 0.93,$$

$x = 1,0$ ;  $y = 1,0$ ;  $n = 0$ .

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0.6^{1.0} \cdot 0.7^{1.0} \cdot 135.25^0 \cdot 0.93 \cong 156.24 \text{ (H)}.$$

• Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{156.24 \cdot 131.25}{1020 \cdot 60} = 0.335 \text{ (кВт)}.$$

$N_b > N$  (12 кВт > 0,335 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Операція 010, перехід 2 – фрезерування пов. 1 ( $\phi 47$ ) однократне.

Вхідні дані:

- верстат: HAASVF-2TR,  $N_b = 15$  кВт;
- інструмент: фреза торцева з конічним хвостовиком, швидкоріжуча 035–2223–0104 ( $\phi 50$ ) ОСТ 2462–2–75 ( $z = 6$ );
- глибина різання:  $t = 1,7$  мм;
- довжина обробки:  $\ell = 47$  мм.

• Подача

$$S_z = \frac{0.06}{0.04} \text{ мм/зуб}, \text{ приймаємо } S_{z_{\text{пр}}} = 0,05 \text{ мм/зуб}.$$

• Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \text{ [М/хв.]}, \quad (2.30)$$

де  $C_v = 245$ ;  $q = 0,25$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,2$ ;  $u = 0,15$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,2$ ;  $B = 50$  мм;  
 $T = 80$  хв.;

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08 .$$

Тоді:

$$V = \frac{245 \cdot 50^{0,25} \cdot 1,08}{80^{0,2} \cdot 0,7^{0,1} \cdot 0,05^{0,2} \cdot 50^{0,15} \cdot 6^{0,1}} = 256,89 \text{ (М/хв.)}$$

• Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\Pi D} = \frac{1000 \cdot 256,89}{3,14 \cdot 50} \cong 1636 \text{ (об/хв.)};$$

за паспортом верстата приймаємо:  $n_{пр} = 1500$  об/хв.

• Корегуємо швидкість різання:

$$V_{\Phi} = \frac{\Pi \cdot D \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1500}{1000} = 235,5 \text{ (М/хв.)}$$

• Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \text{ [Н]},$$

$C_p = 22,6$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ ;

$$K_{mp} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,08 .$$

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 22.6 \cdot 0.7^{0.86} \cdot 0.05^{0.72} \cdot 50^{1.0} \cdot 6 \cdot 1.08}{50^{0.86} \cdot 1500^0} \cong 215.571 \text{ (Н)}.$$

• Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{215.57 \cdot 235.5}{1020 \cdot 60} = 0.83 \text{ (кВт)}.$$

$N_b > N$  (15 кВт > 0,83 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Аналогічно визначимо режими різання для інших переходів.

Дані розрахунків зводимо до таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 – Режими різання

№ оп.	Переходи	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/хв.	$n$ , об/хв.
005	Комбінована з ЧПК				
	Точити пов. 1 попередньо.	1,5	0,4	165	800
	Точити пов. 1 остаточно.	0,5	0,15	149	1600
	Розточити пов. 2, 3 попередньо.	0,9	0,7	78	1000
	Розточити пов. 2 остаточно, пов. 3 попередньо, пов. 4 однократно.	0,3	0,15	71	1600
	Розточити пов. 3 остаточно.	0,1	0,12	68	2000
	Центрувати отв. 5.	2,5	0,3	20	800
	Свердлити отв. 5.	7,5	0,3	25	1000
	Центрувати 4 отв. 6.	2,5	0,3	20	800
	Свердлити 4 отв. 6.	4,5	0,3	25	1000
Нарізати різьбу в 4 отв. 6.	0,5	0,12	18	630	
010	Комбінована з ЧПК				
	Фрезерувати пов. 1, 2 однократно.	1,2	0,05 мм/зуб.	40	1500
	Центрувати 8 отв. 3.	1,5	1,1	20	1200
	Свердлити 8 отв. 3.	5,0	1,5	25	625
	Нарізати різьбу в 8 отв. 3.	0,75	1,5	15	250
	Фрезерувати заглиблення отв. 4, 5.	2,5	0,05	36	1500
	Центрувати отв. 4, 5.	2,0	1,1	20	1200
Свердлити отв. 4, 5.	7,5	1,5	25	625	

## 2.12 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Розрахунок оптимального режиму різання виконаний за допомогою спеціальної комп'ютерної програми і показаний на рис. 2.13 та рис. 2.14.

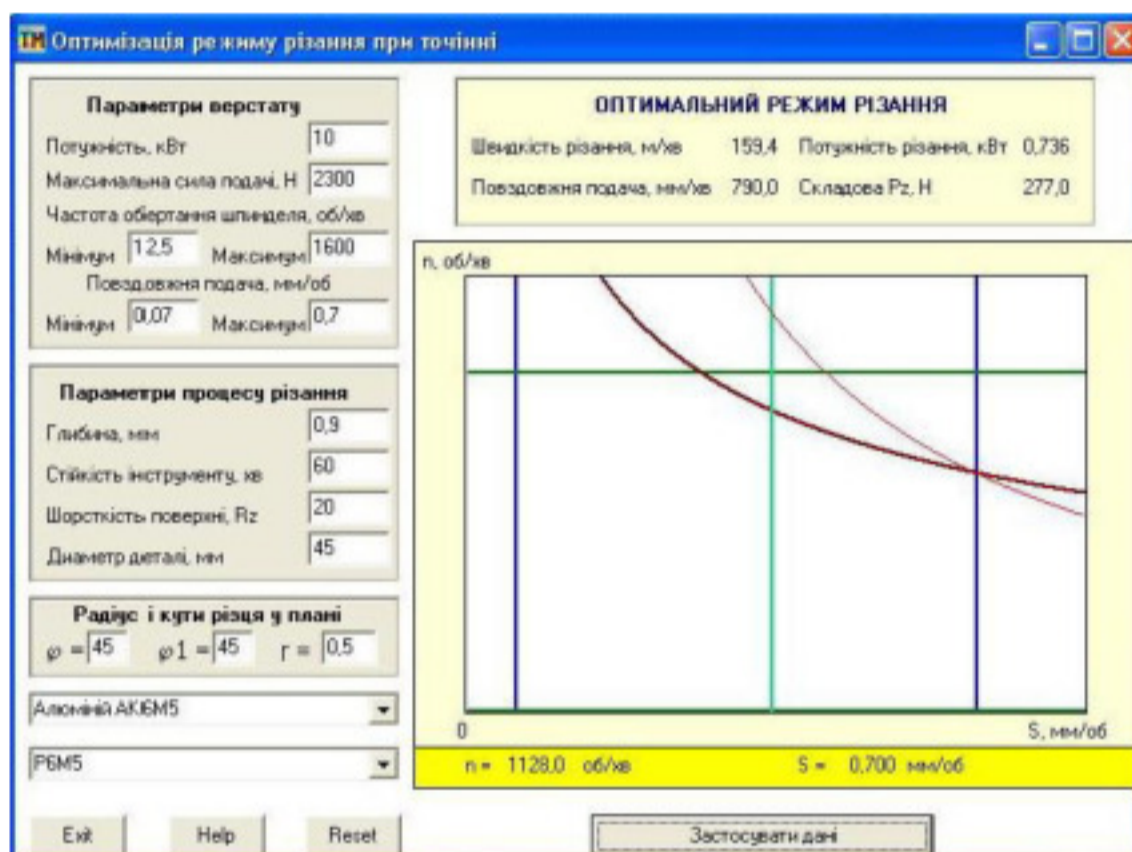


Рисунок 2.13 – Оптимізація режимів різання при попередньому розточуванні поверхні  $\varnothing 45H9^{(+0,062)}$

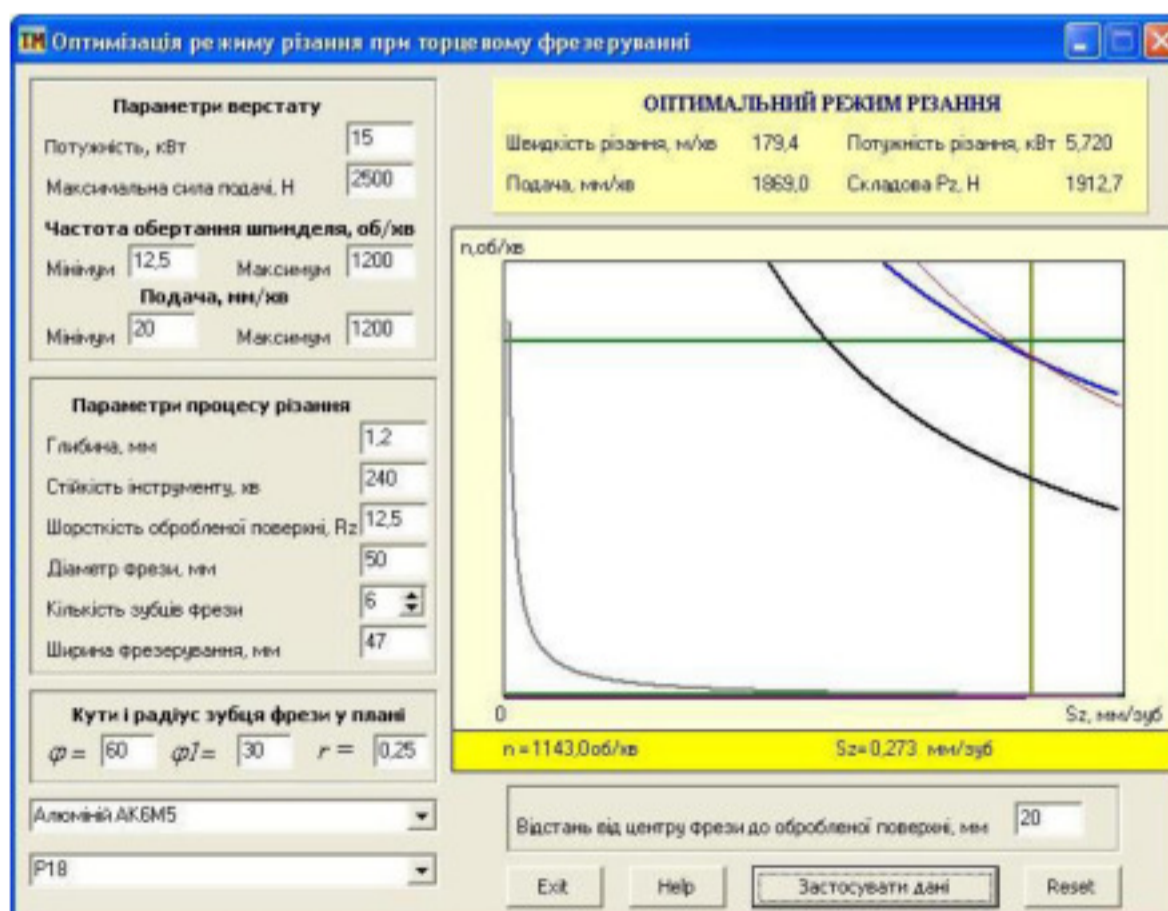


Рисунок 2.14 – Оптимізація режимів різання при фрезеруванні поверхні  $\varnothing 47$

Отримані результати мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином, максимальна продуктивність обробки на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

### 2.13 Визначення технічних норм часу на операції

Для точних розрахунків виконується нормування операцій технологічного процесу. Норма штучного часу визначається як сума [2, 4, 11]:

$$T_{шт} = t_o + t_d + t_{oo} + t_{mo} + t_g \text{ [хв.]}, \quad (2.31)$$

де  $t_o$  – основний час (час роботи інструмента);

$t_d$  – допоміжний час;

$t_{oo}$  – час на організаційне обслуговування;

$t_{mo}$  – час на технічне обслуговування;

$t_g$  – час на відпочинок.

В умовах серійного виробництва визначається штучно-калькуляційний час.

Штучно-калькуляційний час виконання операцій

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_{дет}} \text{ [хв.]}, \quad (2.32)$$

де  $T_{п-з}$  – підготовчо-заключний час, хв.;  $n_{дет}$  – кількість деталей в партії.

Операція 005.

Основний час визначається з а формулою

$$t_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \text{ [хв.]}, \quad (2.33)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу, мм;  $i$  – кількість проходів;  $n$  – частота обертання шпинделя, об/хв.;  $S$  – подача, мм/об.

Розрахунок  $t_{\text{оч}}$  виконується для кожного із переходів механічної обробки:

$$t_{\text{оч}1} = \frac{38,8 \cdot 1}{800 \cdot 0,4} = 0,12 \text{ (хв.)};$$

$$L_1 = l_{\text{вр}} + l_{\text{обр}} + l_{\text{пер}} \text{ [мм]}, \quad (2.34)$$

де  $l_{\text{вр}}$  – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{\text{обр}}$  – довжина обробки, мм;

$l_{\text{пер}}$  – довжина перебігу інструменту, мм.

$$L_1 = 0 + \frac{100 - 28,7}{2} + 5 = 38,8 \text{ (мм)}.$$

$$t_{\text{оч}2} = \frac{38,8 \cdot 1}{1600 \cdot 0,15} = 0,16 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}3} = \frac{58 \cdot 1}{1000 \cdot 0,7} = 0,18 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}4} = \frac{76 \cdot 1}{1600 \cdot 0,15} = 0,32 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}5} = \frac{58 \cdot 1}{2000 \cdot 0,12} = 0,24 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}6} = \frac{9 \cdot 1}{800 \cdot 0,3} = 0,04 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}7} = \frac{35,5 \cdot 1}{1000 \cdot 0,3} = 0,11 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}8} = \frac{9 \cdot 4}{800 \cdot 0,3} = 0,16 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{оч}9} = \frac{12 \cdot 4}{1000 \cdot 0,3} = 0,16 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{осн } 10} = \frac{18 \cdot 4}{630 \cdot 0,12} = 0,95 \text{ (хв.)};$$

$$t_{\text{осн } \Sigma} = 2,44 \text{ хв.}$$

Допоміжний час виконання операції 005 [2].

$t_{\text{зс}} = 0,1$  хв. – час на установлення та зняття деталі в пневматичному патроні;

$t_{\text{вкл. , вкл.}}$  =  $0,1 \cdot 2 = 0,2$  (хв.) – час на включення та виключення верстата кнопкою;

$t_{\text{пов. , пов.}}$  =  $0,015 \cdot 11 = 0,165$  (хв.) – час на поворот револьверної головки на наступну позицію (12 інструментів, зміна 11 інструментів, перший встановлений на початку роботи);

$t_{\text{підв. , відв.}}$  =  $0,025 \cdot 3 + 0,01 \cdot 9 = 0,165$  (хв.) – час на підведення та відведення інструменту (3 різця, свердла, зенківки, мітчики);

$t_{\text{контр.}}$  =  $0,16 + 0,16 + 0,17 = 0,49$  (хв.) – час на виконання контролю розмірів; приймаємо, що контроль розмірів виконується для 20% деталей, тобто контролюється кожна п'ята деталь

$$t_{\text{контр.}} = \frac{0,49}{5} = 0,01 \text{ (хв.)}$$

Сумарний допоміжний час  $t_{\text{доп } \Sigma} = 0,64$  хв.

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}} = 2,46 + 0,64 = 31 \text{ (хв.)}$$

Час обслуговування робочого місця та відпочинку складає 6,5% від  $t_{\text{оп}}$

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відв.}} = 3,1 \cdot 0,065 = 0,2 \text{ (хв.)}$$



Штучний час виконання операції

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{осп}} + t_{\text{дон}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{зідн}} = 2,44 + 0,64 + 0,2 = 3,3 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час виконання операції

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{п-з1}} + T_{\text{п-з2}} = 12 + 10 = 22 \text{ (хв.)}$$

де  $T_{\text{п-з1}} = 12$  хв. – час на налагодження верстата, інструмента, пристосування;

$T_{\text{п-з2}} = 10$  хв. – час на одержання інструмента та пристосування до початку та після завершення обробки.

Тоді, штучно-калькуляційний час виконання операції 005 складає

$$T_{\text{шт-к}} = 3,3 + \frac{22}{371} = 3,4 \text{ (хв.)}$$

$$T_{\text{шт-к005}} = 3,4 \text{ хв.}$$

Аналогічно визначено штучно-калькуляційний час виконання операції 010

$$T_{\text{шт-к010}} = 3,89 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.27 – Норми часу

Назва операції	$T_{\text{осп}}$ , хв.	$T_{\text{шт-к}}$ , хв.
005 Комбінована з ЧПК	2,44	3,4
010 Комбінована з ЧПК	2,88	3,89

### **3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК**

#### **3.1 Вихідні дані для проектування пристосування**

Пристосування універсальне збірне (в подальшому «пристосування») до багатоцільового п'ятикоординатного верстата з ЧПК мод. HAASVF-2TR, на якому можна проводити обробку пов'язану із змістом операції 010 технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус ГР-004.55.001».

Пристосування призначено для встановлення та фіксації деталі у відповідному фіксованому положенні для механічної обробки з одного установу поверхонь згідно змісту операції 010.

Вихідні дані для проектування пристосування:

- виробництво серійне;
- маса деталі – 1,425 кг;
- матеріал деталі – АК6М2 ГОСТ 1583-93;
- технічні вимоги на деталь – вказані на робочому кресленні;
- не вказані граничні відхилення розмірів: отворів – по Н14, валів по h14, інших  $\pm IT 14/2$ ;

#### **3.2 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки**

Заготовка встановлюється на 2 пальці – циліндричний по головному отвору  $\varnothing 34H7$  та зрізаний по одному з отворів M10-7H та площині деталі «Корпус ГР-004.55.001», на якій виконані ці отвори.

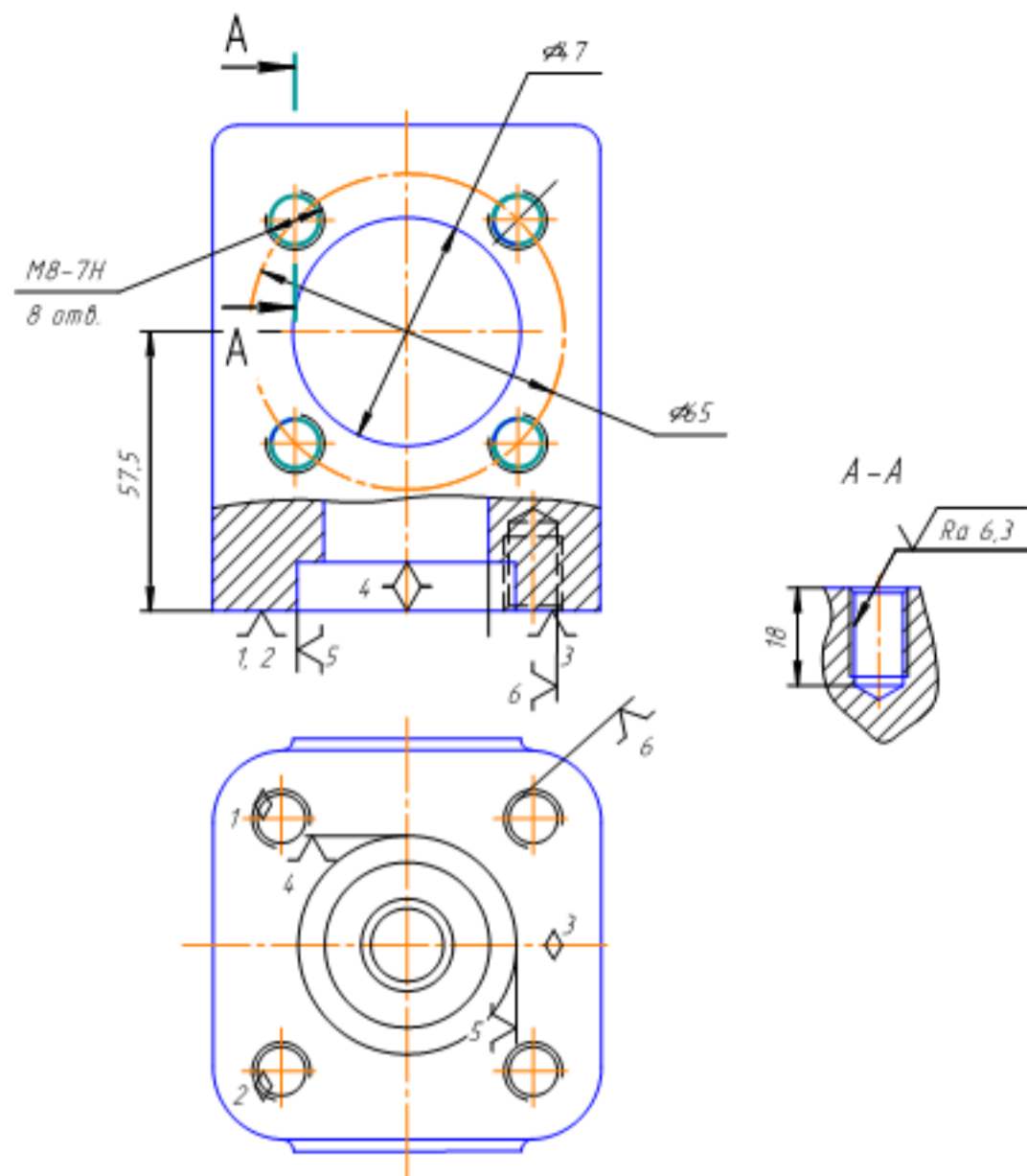


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки на 010 операції

Для нашої заготовки, враховуючи форму і габаритні розміри заготовки установку доцільно виконувати на площину, циліндричний та зрізаний палець (рис. 3.2).

Похибка базування для лінійних розмірів рівна нулю, тому що усі розміри на даній операції виконуються з одного установа. Похибка базування на розмір 57,5 дорівнює нулю, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

Похибка базування при установці заготовки по двом отворам на двох установчих пальцях (циліндричному та зрізаному) виникає по причині зазорів в з'єднаннях пальців та отворів та дорівнює кутовому зміщенню (переносу) заготовки.

Визначення найбільш можливого кута перекосу здійснюється за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{L}, \quad (3.1)$$

де  $s_{\max}$  – найбільші зазори в з'єднанні отвору та пальця в кожному із з'єднань;  
 $l$  – відстань між центрами отворів (пальців).

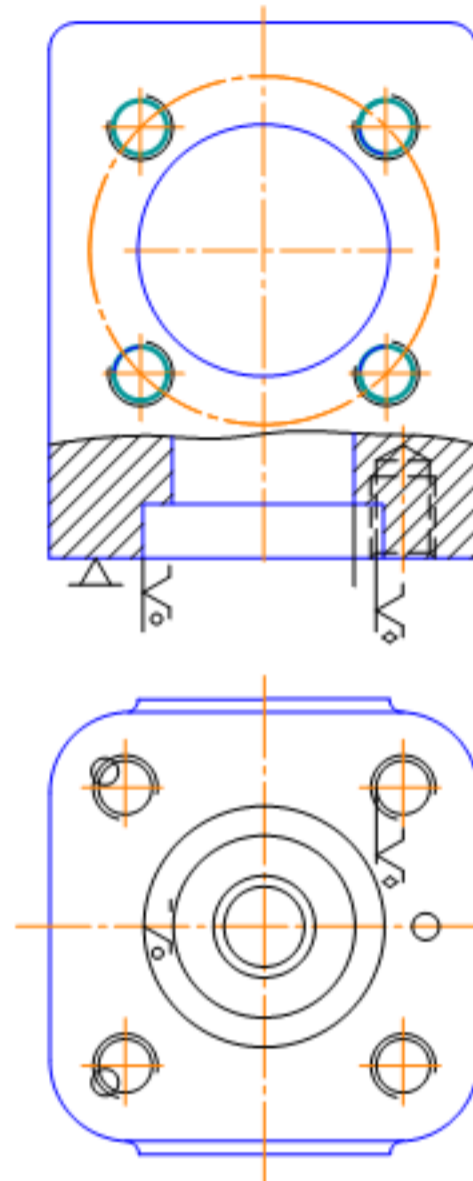


Рисунок 3.2 – Схема установки деталі на 010 операції

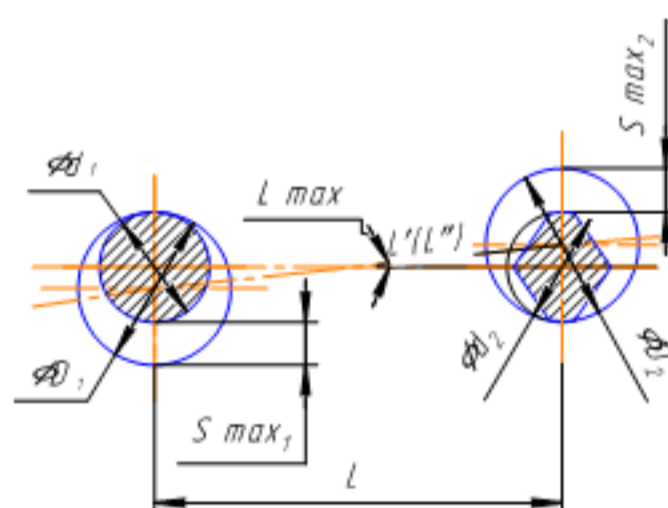


Рисунок 3.3 – Схема для визначення кута перекосу

Розміри отвору:  $\varnothing 45\text{H}9^{+0,062}$ .

Задаємо розмір пальця:  $\varnothing 45\text{g}6\left(\begin{smallmatrix} -0,009 \\ -0,025 \end{smallmatrix}\right)$ .

Визначаємо  $s_{\max}$  :

$$\varepsilon_{611} = S_{\max} = T_D + T_d + S_{\min} = 0,062 + 0,016 + 0,005 = 0,083 \text{ (мм)};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,083}{41,53} = 0,002 \text{ .}$$

Тобто виникаючий перекид не впливає на досягнення заданих міжцентрових відстаней.

На основі проведеного кількісного варіантів схем базування заготовки в робочій зоні верстата перевагу віддаємо базуванню на площину і два пальці.

### 3.3 Аналіз похибки установки в пристосуванні

Визначення складових похибки установки [12, 13]

Розрахункову похибку установки в пристосуванні визначаємо за формулою:

$$E_{\text{уп}} \leq T - k_T \sqrt{(k_{T_1} \cdot E)^2 + E_a^2 + E_y^2 + E_n^2 + E_m^2 + (K_{T_2} \cdot w)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.2)$$

де  $T$  – допуск на найбільш точний розмір, який досягається при обробці деталі, встановленій в даному пристосуванні;

$K_T$  – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення; приймаємо  $K_T = 1,0$  ( $K_T = 1 \dots 1,2$ );

$K_{T1}$  – коефіцієнт який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі не налагоджених верстатах; приймаємо  $K_{T1} = 0,8$  ( $K_T = 0,8 \dots 0,85$ );

$K_{T2}$  – коефіцієнт який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці. Ця похибка викликається факторами, які не залежать від пристосування; приймаємо  $K_T = 0,6$  ( $K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$ );

$w$  – економічна точність при свердлінні;

приймаємо  $w = 0.012$  мм при свердлінні по 12-му квалітету;

$E_6$  – похибка базування;  $E_6 = 0$  (суміщення технологічної та вимірювальної баз) (див. п.3);

$E_3$  – похибка закріплення. Оскільки сила зажиму, що направлена перпендикулярно розрахунковому розміру, не впливає на неї, то  $E_3 = 0$  [2];

$E_3$  – похибка встановлення; плита – основа пристосування встановлюється на горизонтальний стіл верстата по  $T$  – подібному пазу. В цьому випадку утворюється похибки встановлення в повздовжньому напрямку (вісь „X”) та від перекосу плити у горизонтальному напрямку (кут  $\beta$ ):

$$E_x = 0,015 \text{ мм} \quad (E_{yx} = 0,01 \dots 0,03 \text{ мм});$$

$$E_{y\beta} = l \cdot S / l_{\text{ум}} = 110,88 \cdot 0,066 / 320 = 0,022 \text{ (мм)},$$

де  $S$  – максимальний зазор спряжених базових поверхонь:

$$S_{\text{max}} = T_n + T_{\text{ум}} + S_{\text{ум}} = 0,05 + 0,011 + 0,005 = 0,066 \text{ (мм)},$$

де  $l$  – довжина обробки деталі,  $l_{\text{ум}}$  – відстань між шпонками.

Таким чином:

$$E_y = E_x = E_{y\beta} = 0,015 + 0,022 = 0,037 \text{ (мм)},$$

$E_U$  – похибка деталі внаслідок значення установчих елементів пристосування.

Похибка визначається за формулою:

$$E_U = U = U_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \frac{N}{N_0} \text{ [мкм]}. \quad (3.3)$$

де  $U_0$  – значення установчих елементів для заготовки із чавуна при зусиллі затискання  $P_0 = 537 \text{ Н}$  та базової кількості встановлень  $N_0 = 3500$ ;  $U_0 = 0,07 \text{ мм}$ ;

$K_1, K_2, K_3, K_4$  – відповідні коефіцієнти, які враховують вплив матеріалу заготовки, обладнання, умов обробки та кількості встановлення заготовки:

$$K_1 = 1.0; K_2 = 1.0; K_3 = 1.12; K_4 = 1.8;$$

$N$  – кількість встановлення заготовки,  $N = 12000$ ;

Тоді:

$$E_{\text{в}} = 0.07 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.12 \cdot 1.8 \cdot \frac{12000}{100000} = 0.07 \text{ (мм)}.$$

$E_{\text{м}}$  – похибка внаслідок зміщення інструменту;

$E_{\text{м}} = 0$ , тому що відсутні напрямки елементів для інструменту.

Визначення точності пристосування

Підставляємо отримані значення складових у вихідну формулу:

$$E_{\text{сп}} = 1,0 \sqrt{(0 \cdot 8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,037^2 + 0,07^2 + 0 + (0,6 \cdot 0,012)^2} = 0.08 \text{ (мм)}.$$

$$E_{\text{сп}} \leq T_{18}, \text{ тобто } 0,08 \leq 0,43 .$$

Точність пристосування забезпечує точність отримання заданого розміру.

### 3.4 Розробка конструктивної схеми пристосування

#### 3.4.1 Вибір типу затискного пристрою

Враховуючи серійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей  $N = 12000$  шт., приймаємо механізований затискний механізм з гідроприводом. З економічної точки зору, раціонально застосовувати гідропривід із зусиллям до 30 кН і гідроциліндрів діаметром 250 мм.

#### 3.4.2 Розробка конструктивної схеми

Прийнята схема базування заготовки на операції 010 технологічного маршруту  
 Прийнята схема базування заготовки на операції 010 технологічного маршруту

обробки може бути реалізовано шляхом їх встановлення не циліндричний та зрізаний пальці по двом точним отворам та на зовнішню площину.

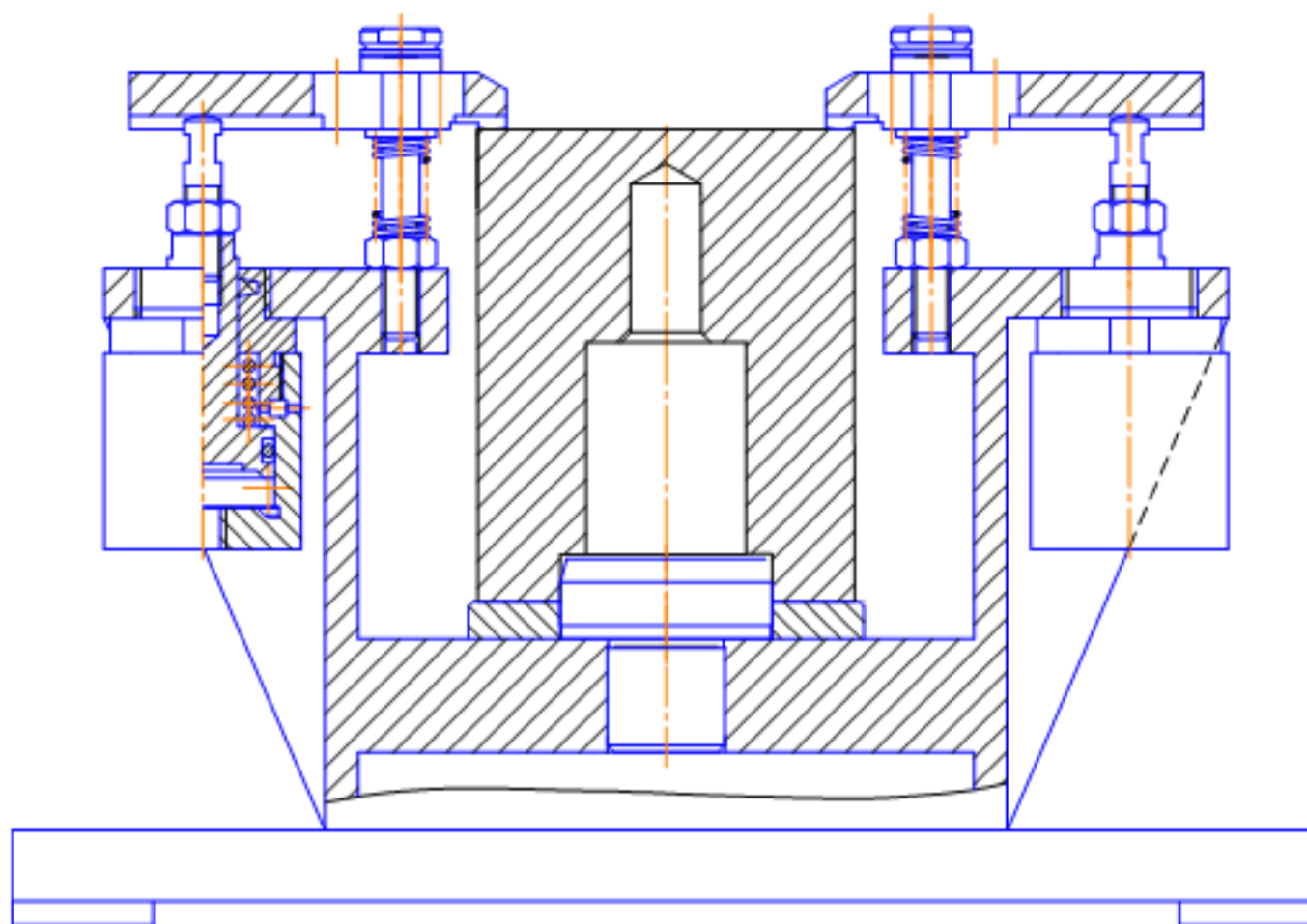


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема пристосування

В якості затискних механізмів планується застосувати 2 ексцентрових затискача і зсувними притисками.

Основою пристосування служать прямокутна плита, яка встановлюється на стіл верстата HAASVF-2TR по центральному Т-подібному пазу за допомогою двох шпонок. Закріплення плити здійснюється за допомогою 4 болтів, які затягнуті гайками.

На верхній площині плити закріплюються чотириопорні штопорні шайби за допомогою 2-х болтів (або гвинтів) кожна. В 2-х отворів в деталі встановлюються по посадці циліндричний та зрізаний пальці. Місця розташування затискних елементів – дві точки по кінцям кривої діагоналі розташування 2-х отворів. Приводний механізм, як вказано вище служить ексцентровий пристрій. Його склад: опора під притиск яка закріплюється 4-ма болтами до верхньої площини основи, в кожному притиску на вісі встановлюється ексцентрик (кулачок);



притиск кріпиться до своєї опори за допомогою шпильки, гайки та пружини. Притиски та ексцентрові кулачки за планово використати стандартного типу.

### 3.5 Розрахунок зусилля закріплення

Найбільші сили різання, яким повинні протидіяти сили закріплення, можуть виникати при свердлінні отворів під різьбу М8-7Н.

– Свердління різьбових отв. М8-7Н:

а) осьова сила

$$P_y = 10 C_p t^x S^y v^n K_p \text{ [Н]}, \quad (3.4)$$

де  $C_p = 17,2$ ;  $S = 0.1$  мм/об;  $x = 1$   $y = 0.4$ ;  $n = 0.2$ ;  $K_p = 1.0$ .

$$P_y = 10 \cdot 17,2 \cdot 3,5^1 \cdot 0,1^{0,4} \cdot 56,52^{0,2} \cdot 1,0 = 537 \text{ (Н)};$$

б) крутний момент

$$M_z = \frac{C_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \text{ [Н·м]}, \quad (3.5)$$

де  $C_M = 0,031$ ;  $S = 0.1$  мм/об;  $x = 0.8$   $y = 0.8$ ;  $q = 2.0$ ;  $K_p = 1.0$ .

$$M_z = \frac{0,031 \cdot 3,5^{0,8} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 18^2 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 1,8 \text{ (Н·м)};$$

в) окружна сила:

$$P_z = M_z/d = 1,8/0,018/2 = 200 \text{ (Н)}.$$

Розробимо розрахункову схему визначення сили закріплення.

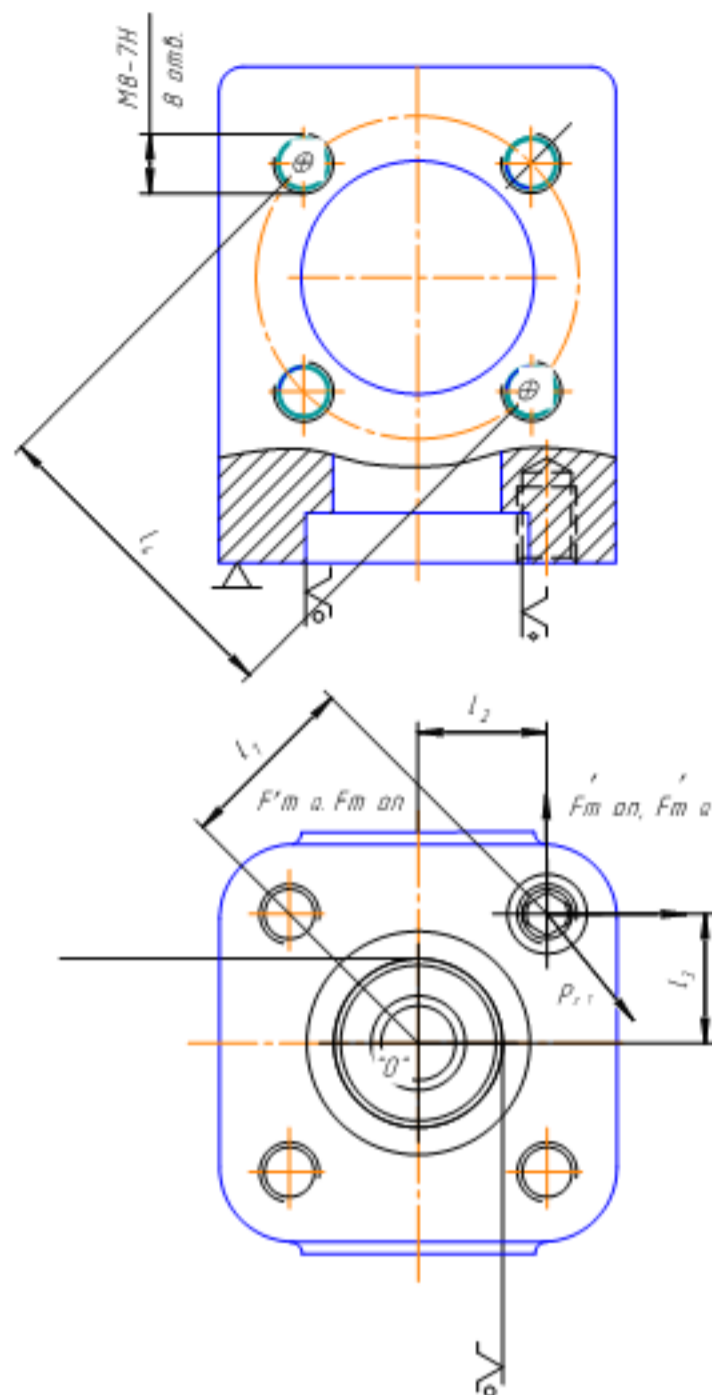


Рисунок 3.5 – Схема сил, що діють на деталь при свердлінні

Складемо рівняння сил, які діють в площині сили різання  $P_0$ :

$$P_0 + 2Q - 4R = 0 \quad \text{або} \quad R = \frac{P_0 + 2Q}{4} \quad [\text{H}]. \quad (3.6)$$

Рівняння сил, які діють в площині сили різання  $P_z$ :

Дії сили  $P_z$  будуть протидіяти сили тертя  $\Sigma F_T$ :

$$\begin{aligned} \sum F_T &= f_T (4R_{(z)} + 2Q_{(z)}), \\ \text{де } Q_{(z)} &= Q \cdot f_T = F_{T_0} (2); \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$R_{(z)} = \left( \frac{P_0 + 2Q}{4} \right) / \operatorname{tg} 45^\circ \cdot f_T = \frac{P_0 + 2Q}{4} f_T = F'_{T_0}$$

Умова надійності закріплення:

$$P_z < \Sigma F_T \quad (3.8)$$

Визначимо необхідну силу затискання заготовки:

$$P_z = f_T \left( 4 \cdot \frac{P_0 + 2Q}{4} + 2Q \right);$$

або з врахуванням коефіцієнта  $K_{\text{зап}}$ .

$$K_{\text{зап}} P_z = f_T (K_{\text{зап}} P_0 + 4Q); \quad (3.9)$$

$$Q = \frac{K_{\text{зап}} (P_z - f_T P_0)}{4 f_T} \text{ [Н]}. \quad (3.10)$$

В процесі отримання рівнянь використані такі параметри:

$P_0$  – осьова сила різання,  $P_0 = 537$  Н;

$P_z$  – окружна сила різання,  $P_z = 200$  Н;

$Q$  – потрібна сила заготовки, яка в змозі протидіяти силі різання;

$R$  – реакція опор;

$f_T$  – коефіцієнт тертя, який виникає при контакті оброблених поверхонь з опорами та затискними елементами пристосування; приймаємо  $f_T = 0$ ;

$K_{\text{зап}}$  – коефіцієнт надійності затискання (коефіцієнт запасу):

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.11)$$

де  $K_1 = 1,2$  – враховує збільшення сил різання внаслідок нерівностей на заготовці;

$K_2 = 1,2$  – враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,0$  – враховує збільшення сил різання при перервчастому різанні (в даному випадку різання не є перервчастим);

$K_4 = 1,3$  – враховує постійність сили, яка досягається затискним механізмом;

$K_5 = 1,0$  – враховує ергономіку немеханізованого затискного механізму (зручне розташування рукоятки та малий кут її повороту);

$K_6 = 1,0$  – враховується тільки при існуванні моментів, які намагаються повернути заготовку [12, 13].

Тоді:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,81.$$

Отже, з врахуванням чисельних значень параметрів:

$$Q = \frac{2,81 \cdot (200 - 0,16 \cdot 537)}{4 \cdot 0,16} = 500,88 \approx 501 \text{ (Н)}.$$

Складаємо рівняння моментів сил відносно т. О:

$$K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot l_1 - F'_{\text{ов}} \cdot l_3 - F'_{\text{ов}} \cdot l_2 - F'_{\text{ов}} \cdot l_1 - F'_{T_{\text{ов}}} \cdot l_3 - F'_{T_{\text{ов}}} \cdot l_3 - F'_{T_{\text{ов}}} \cdot l_2 = 0; \quad (3.12)$$

$$K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot F'_{\text{ов}} - (l_2 + l_3) F'_{T_{\text{ов}}} = 0; \quad (3.13)$$

з врахуванням записаних виразів:

$$K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot \frac{K_{\text{зап}} P_0 + 2Q}{4} f_T - (l_2 + l_3) \cdot Q \cdot f_T = 0; \quad (3.14)$$

$$K_{\text{зам}} \cdot P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot \frac{K_{\text{зам}} P_0}{4 f_T} - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot 2Q / 4 f_T - (l_2 + l_3) \cdot Q \cdot f_T = 0; \quad (3.15)$$

$$K_{\text{зам}} : P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot K_{\text{зам}} \frac{P_0}{4} f_T = Q f_T \left[ (l_2 + l_3 + l_4) \cdot \frac{1}{2} + (l_2 + l_3) \right]; \quad (3.16)$$

$$Q = \frac{-K_{\text{зам}} P_z \cdot l_1 + (l_2 + l_3 + l_4) \cdot K_{\text{зам}} \cdot (P_0 / 4) \cdot f_T}{f_T \left[ (l_2 + l_3 + l_4) \cdot \frac{1}{2} + (l_2 + l_3) \right]} = \frac{K_{\text{зам}} \left[ + P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot f_T \cdot P_0 / 4 \right]}{f_T \left[ (l_2 + l_3 + l_4) \cdot \frac{1}{2} + (l_2 + l_3) \right]}. \quad (3.17)$$

де  $l_1, l_2, l_3, l_4$  – плечі дії відповідних сил відносно  $O$ ;

$$l_1 = 110,88 \text{ мм}, l_2 = 83 \text{ мм}, l_3 = 72 \text{ мм}, l_4 = 110,88 \text{ мм}.$$

Таким чином,

$$Q = \frac{2.81 \left[ -200 \cdot 110,88 + (83 + 72 + 110,88) \cdot 0.63 \cdot \frac{537}{4} \right]}{0.61 \left[ (83 + 72 + 110,88) \cdot \frac{1}{2} + (83 + 72) \right]} = \frac{2.81 (-22176 + 224873,65)}{287} = 1985 \text{ (Н)}$$

Таким чином, з двох отриманих значень сили затискання ( $Q_1 = 501 \text{ Н}$ ,  $Q_2 = 1985 \text{ Н}$ ) для подальшої роботи приймаємо найбільше:  $Q_{\text{пр}} = 1985 \text{ Н}$ .

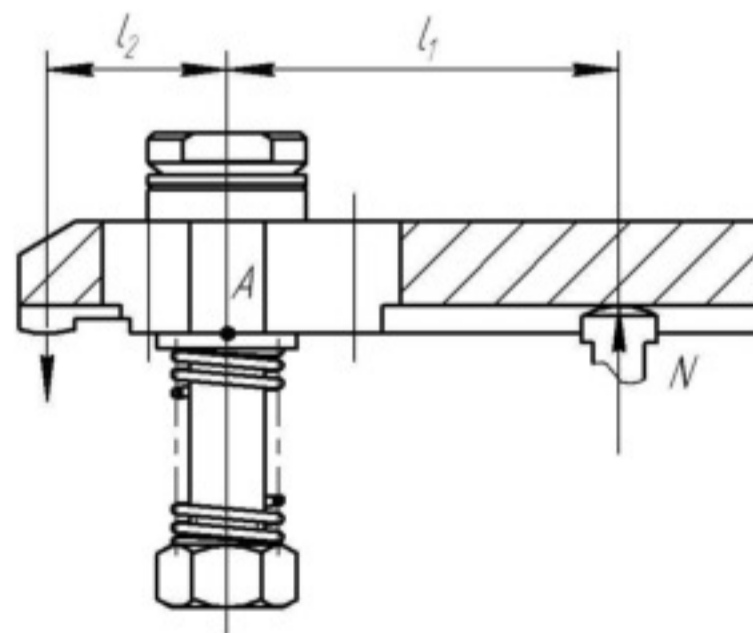


Рисунок 3.6 – Визначення сили  $N$

Складаємо розрахункову схему для з'ясування потрібної сили, з якою шток циліндра буде тиснути на прихват. Сила затискання, яку потрібно розвинути відома. Плечі прихвата відповідно дорівнюють:

$$l_1 = 42 \text{ мм}; l_2 = 20 \text{ мм}.$$

Рівняння моментів відносно т. А:

$$P_{\text{зат}} \cdot l_2 = N \cdot l_1. \quad (3.18)$$

Звідки:

$$N = \frac{Q_{\text{зат}} \cdot l_2}{l_1} = \frac{1985 \cdot 19,4}{42} \cong 945 \text{ (Н)}.$$

### 3.6 Силовий розрахунок пристосування

#### 3.6.1 Вибір приводу, розрахунок його параметрів

Враховуючи серійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей  $N = 12000$  шт., приймаємо механізований затискний механізм з гідроприводом. Переваги останнього полягають в швидкодії (0,5...1,2 с), постійності зусилля затискання і можливості його регулювання, високому коефіцієнті корисної дії, малих габаритах конструкції, рівномірності переміщення робочих органів. Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосування гідроприводу складає 0,1...2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації та нерівномірність ходу. З економічної точки зору, раціонально застосовувати гідропривод із зусиллям до 30 кН і гідроциліндрів діаметром до 250 мм.

Розрахунок параметрів приводу затискного пристрою :

- діаметр циліндру:

$$D = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{945}{0,8 \cdot 0,85}} = 42,12 \text{ (мм)} \text{ (прийнятий } D_{\text{ц}}=50 \text{ мм)};$$

- площа поршня:

$$F_1 = 0,01 \cdot 0,785 \cdot 50^2 \cong 19625 \text{ (см}^2\text{)};$$

- площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0,01 \cdot 0,785 (D_q^2 - d^2) = 0,01 \cdot 0,785 (50^2 - 18^2) = 0,00785 (2500 - 324) \cong 17,06 \text{ (см}^2\text{)};$$

• для забезпечення безударної та плавної роботи гідроциліндру слід призначити робочу швидкість переміщення поршня  $V$  в межах 0,2...1 м/с.

Приймаємо  $V = 0,6$  м/с;

- час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/100V = 60/1000 \cdot 0,6 = 0,1 \text{ (с)}.$$

- витрата рідини за хід (робочий чи холостий):

$$q = 6 \cdot F \cdot V = 6 \cdot 19,625 \cdot 0,6 = 70,25 \text{ (л/хв.)}$$

- внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d_r = 4,6 \sqrt{\frac{q}{w}} = 4,6 \sqrt{\frac{112}{17}} = 11,8 \text{ (мм)} \approx 12 \text{ (мм)}.$$

### 3.6.2 Розрахунок на міцність елементів конструкції

Розрахуємо гвинт затискного гідромеханізму

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа} , \quad (3.19)$$

де  $N = 1985\text{Н}$  – штовхаюче зусилля;

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,86 \text{ (мм}^2\text{)} - \text{ площа поперечного перерізу гвинта:}$$

$$\sigma = \frac{1985}{153,86} = 12,9 \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа} .$$

Умова міцності виконується.

Найбільш навантаженою деталлю пристосування є затискний важіль.

$$P_{\text{затж}} = 1985 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент складає:

$$M_{\text{зг.}} = P \cdot l_1 = 1985 \cdot 0,042 = 83,37 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Найбільше напруження згину в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{\text{max}} = M_{\text{зг.}} / W_x \leq [\sigma_{\text{зг.}}]. \quad (3.20)$$

Визначимо осьовий момент для прямокутного перерізу, припустивши,  $h = 3b$ .

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{b \cdot (3b)^2}{6} = \frac{9b^3}{6}; \quad (3.21)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6W_x}{9}}; \quad W_x = M_{\text{зг.}} / [\sigma_{\text{зг.}}] = 83,37 \cdot 10^3 / 70 = 1191 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1191}{9}} = 9 \text{ (мм)}; \quad h = 3b = 3 \cdot 9 = 27 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо переріз в небезпечному перерізі  $h \times b = 27 \times 9 \text{ мм}$ .



### 3.7 Розмірне моделювання та аналіз конструкції пристосування на точність

Точність пристосування знаходиться по параметрам, які впливають на досягнення вимагаємої точності розміру поверхонь, які підлягають обробці.

Розмірний ланцюг, який знаходить точність паралельного розміщення оброблюваної поверхні відносно установчої бази деталі, складається з ланок (див. рис. 3.7).

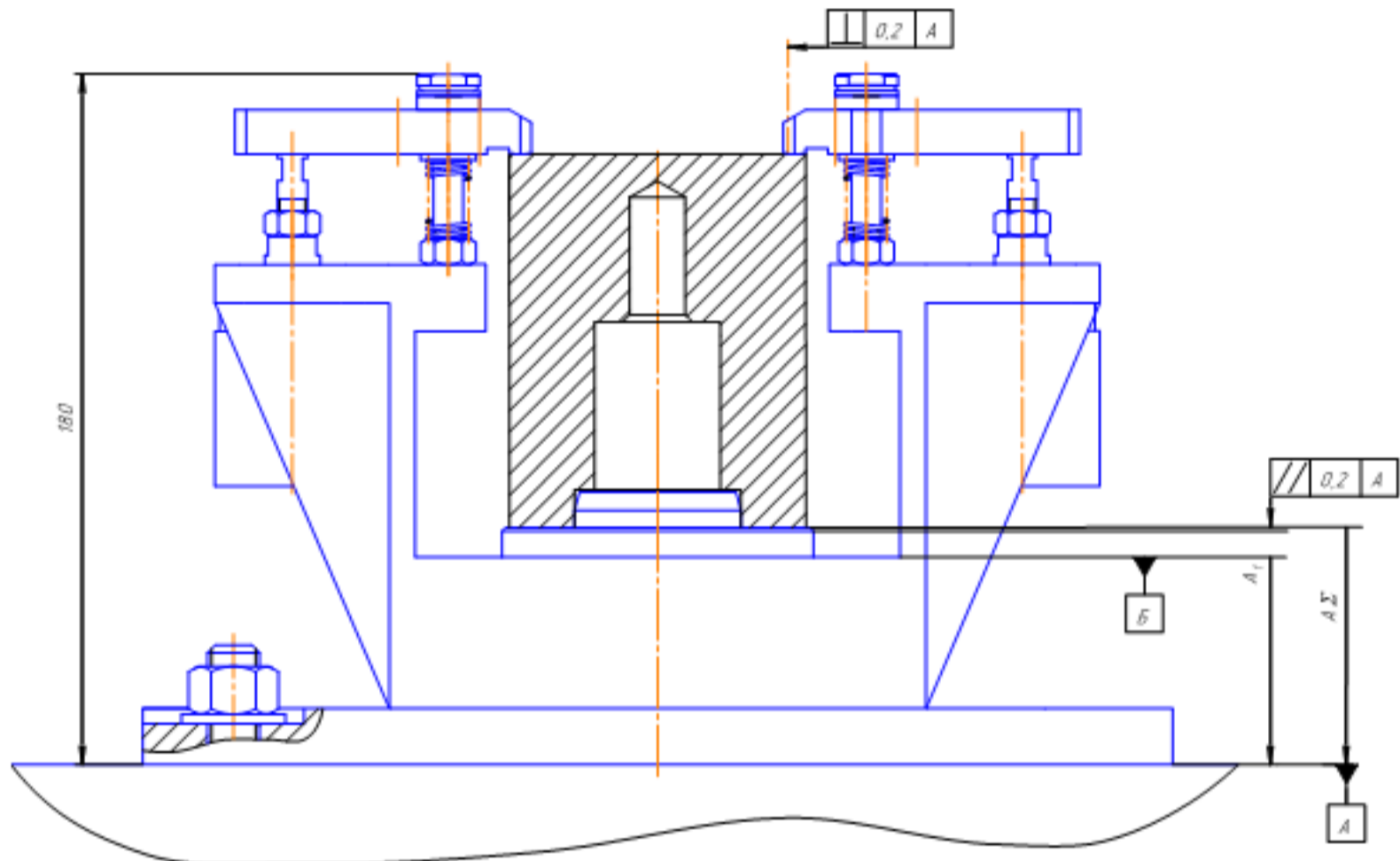


Рисунок 3.7 – Розмірна схема точності пристосування

Замикаюча ланка  $A_{\Sigma}$  – непаралельність установчої бази опор пристосування до поверхні установу корпусу пристосування на стіл верстата (пов. «А»).

Ланка  $A_1$  – непаралельність пов. «А» та пов. «Б» (верхня площина основи).

Ланка  $A_2$  – непаралельність установчої бази опор пристосування до пов. «Б».

На вказаному розмірному ланцюгу розрахуємо точність виготовлення деталей пристосування з використанням розмірного аналізу.

Можна прив'язати вимогу до непаралельності вісі призми до установчої бази призми зробимо це:

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_2$$

$$0,2 = 0,1 + 0,1 \text{ (розміри в мм).}$$

Таким чином непаралельність вісі відносно установчої бази пристосування (пов. «А») не повинна перевищувати 0,2 мм.

### 3.8 Технічні характеристики конструкції розробленого пристосування

Пристосування призначено для орієнтації та закріплення в цьому положенні (згідно прийнятої схеми базування) заготовки при обробці заданих поверхонь на багатоцільовому верстаті з числовим програмним керуванням мод. HAASVF-2TR на операції 010, деталь – «Корпус ГР-004.55.001».

Склад пристосування наведений у специфікації до складального креслення (див. додатки), взаємне розташування складових елементів.

Робота пристосування здійснюється таким чином. Заготовка встановлюється на установчі пальці (вручну), при цьому гідроциліндр знаходиться в плаваючому положенні, а притискні важелі підняті.

Закріплення виконується за допомогою гідроциліндра. Шток, переміщуючись, переміщує важіль до тих пір, поки інший кінець важеля не затисне заготовку.

Коли до камери робочої порожнини подається рідина, шток з важелем починає рухатися догори, тим самим опускаючи іншу частину важеля і затискаючи деталь. Далі іде процес обробки закріпленої на пристосуванні заготовки. Потім рідина подається до штокової порожнини, шток і зовнішній кінець важеля починають рухатися вниз, тим самим розтискаючи деталь. Деталь знімається. А далі процес повторюється з наступною заготовкою.

Технічні характеристики пристосування.

1. Сумарне зусилля закріплення 945 Н.
2. Точність пристосування 0,08 мм.

#### 4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»

##### 4.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована згідно [3, 14] за залежністю:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot k_{npi} \quad [\text{шт.}], \quad (4.1)$$

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку приведеної програми

Найменування деталі	Маса деталі, кг	Програм випуску, шт.
Корпус ГР-004.55.001 (розрахунковий представник)	1,425	12000
Корпус 1	0,7	28000
Корпус 2	2,8	1150
Корпус 3	0,82	21500

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

$$k_{np} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3. \quad (4.2)$$

$k_1$  – коефіцієнт приведення по масі,

$$k_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (4.3)$$

де  $m_i$  – маса  $i$ -ої деталі,  $m_{np}$  – маса представника.

Наприклад  $k_1 = \sqrt[3]{\frac{0,7}{1,425}} = 0,62$  – для деталі 1.

$k_2$  – коефіцієнт приведення по серійності,

$$k_2 = \left( \frac{N_{np}}{N_i} \right)^\alpha, \quad (4.4)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт для середнього машинобудування = 0,15.

$$K_{21} = \left( \frac{12000}{28000} \right)^{0.15} = 0,9 \text{ – для деталі 1.}$$

$k_3$  – коефіцієнт приведення по складності,

$$k_3 = \left( \frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{Tnp}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left( \frac{\bar{R}_{oi}}{\bar{R}_{onp}} \right)^{\alpha_2}, \quad (4.5)$$

$\bar{K}_{Ti}$  – середній квалітет  $i$ -ої деталі;

$\bar{K}_{Tnp}$  – середній квалітет розрахункового представника;

$\bar{R}_{oi}$  – середня шорсткість  $i$ -ої деталі;

$\bar{R}_{onp}$  – середня шорсткість розрахункового представника;

$$K_{31} = \left( \frac{12,49}{13,3} \right)^{\alpha_1} \cdot \left( \frac{8,2}{5,56} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,85}{0,77} \cdot \frac{0,96}{0,99} = 1,07 .$$

Загальний коефіцієнт приведення для буде рівний:

$$K_1 = 0,62 \cdot 0,9 \cdot 1,07 = 0,6.$$

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, яка складає – 53380 шт.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку приведеної програми

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт.	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			по масі	по серійності	по точності		
Корпус	1,425	12000	1	1	1	1	12000
Корпус 1	0,7	28000	0,62	0,9	1,07	0,6	16800
Корпус 2	2,8	1150	1,57	1,41	1,092	0,893	2780
Корпус 3	0,82	21500	0,899	1,11	1,016	1,014	21800
Всього							53380

## 4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження [2, 3, 14]

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = \frac{N_{np} \cdot T_{uc}}{60 \cdot F_d} \text{ [шт.]}, \quad (4.6)$$

де  $T_{np}$  – сумарна трудомісткість деталей, год.;

$F_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год.

На операції 005 розрахункова кількість верстатів:

$$C_p = \frac{53380 \cdot 3,4}{60 \cdot 3890} = 0,8 .$$

На операції 010 розрахункова кількість верстатів:

$$C_p = \frac{53380 \cdot 3,89}{60 \cdot 3890} = 0,89 .$$

Отже, кількість верстатів 1П420ПФ40 для операції 005 складає:

$$C_{np\ 005} = 1.$$

Верстатів HAASVF-2TR:

$$C_{np\ 010} = 1.$$

Отримані результати занесемо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження за основним часом	Середній коефіцієнт завантаження за основним часом
005	Комбінована з ЧПК	0,8	1	0,8	0,84	0,72	0,73
010	Комбінована з ЧПК	0,89	1	0,89		0,74	

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_s = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (4.7)$$

де  $C_p$  – кількість розрахункового обладнання;

$C_{np}$  – кількість прийнятого обладнання.

Операції 005:

$$\eta_s = \frac{0,8}{1} = 0,8 .$$

Операції 010:

$$\eta_s = \frac{0,89}{1} = 0,89 .$$

Розраховуємо середнє значення коефіцієнта завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{0,8 + 0,89}{2} = 0,84 \text{ або } 84\%.$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}}, \quad (4.8)$$

де  $T_{\text{осн}}$  – основний час;

$T_{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляційний час.

Операції 005:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{2,44}{3,4} = 0,72 .$$

Операції 010:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{2,88}{3,89} = 0,74 .$$

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{ср.ос}} = \frac{72 + 74}{2} = 73 \%.$$

### 4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показано на рисунку 4.1. Графік використання обладнання за основним часом показано на рисунку 4.2.

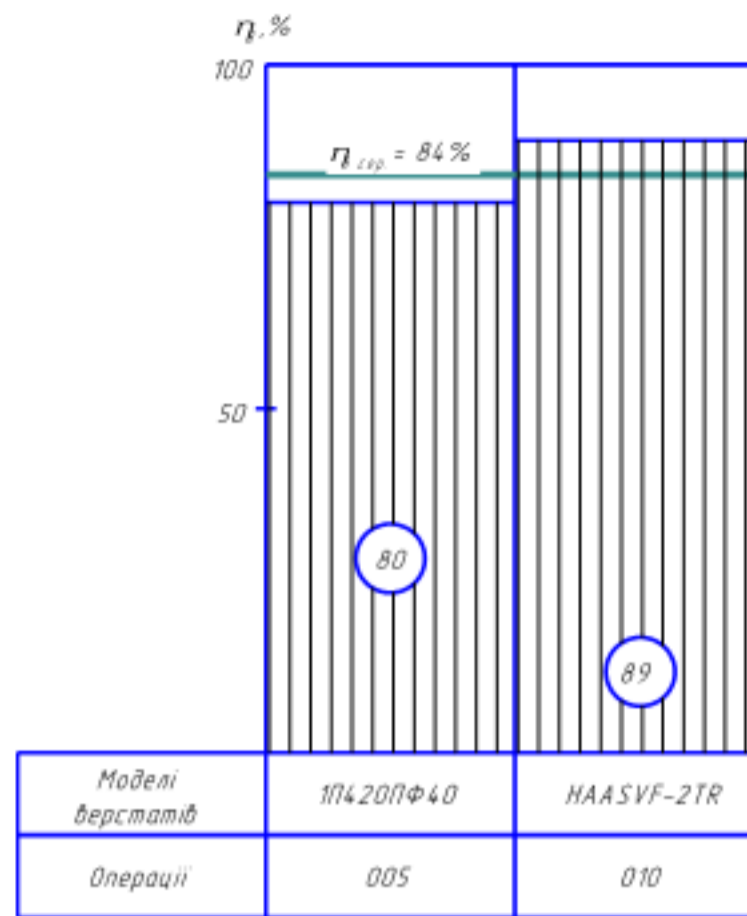


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

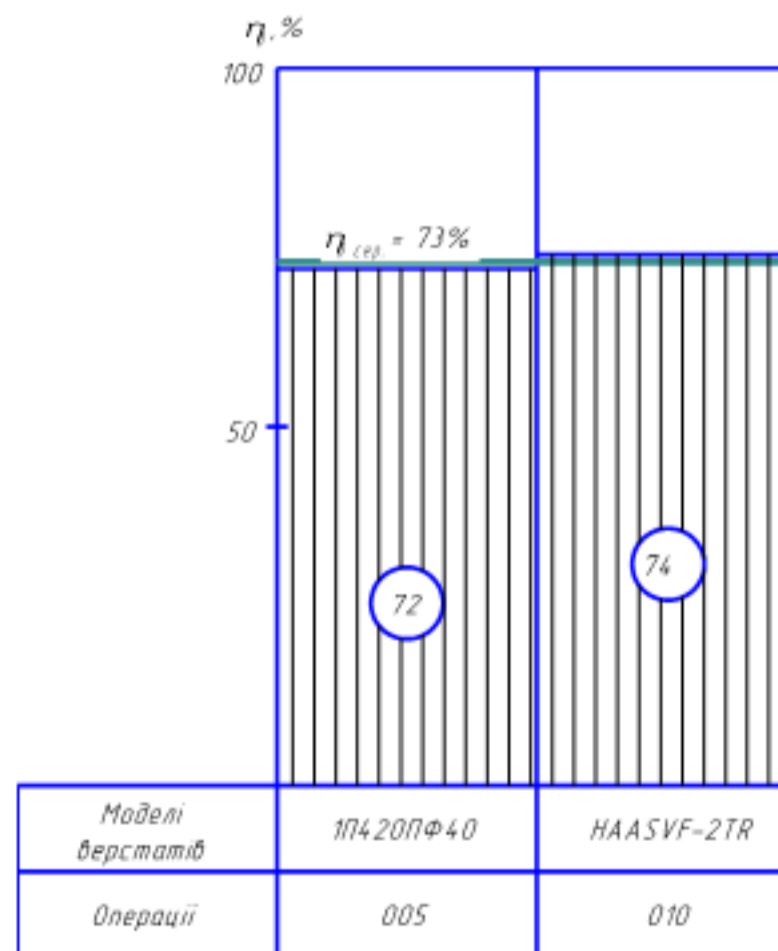


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження обладнання є досить високим 84%, він знаходиться в рекомендованих межах 75-85% для серійного виробництва. Коефіцієнт використання обладнання за основним часом є також



досить високим 73%, що свідчить про правильність спроектованого технологічного процесу.

#### 4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [3, 14]:

$$P = \frac{C_{\text{вр}} \cdot \Phi_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{осв}}}{\Phi_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}}} \text{ [чол.]}, \quad (4.9)$$

де  $C_{\text{вр}}$  – прийнята кількість верстатів, шт.;

$\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, 1840 год;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування,  $K_{\text{в}} = 1,0 \dots 2,2$ ;

$\Phi_{\text{с}}$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год.

Наприклад, для роботи на 005 операції на багатоцільовому верстаті з ЧПК необхідно:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,8 \cdot 0,72}{1840 \cdot 1} = 1,22 .$$

Приймаємо 2 токаря.

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 3890 год. (тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для другої операції, а результати записуємо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Кількість робітників-верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	$\Phi_{д,}$ год.	$P_{роз,}$ чол.	$P_{пр,}$ чол.
Багатоцільовий з ЧПК 1П420ПФ40	1	3890	1,22	2
Багатоцільовий з ЧПК HAASVF-2TR	1		1,39	2

Згідно таблиці 4.4 сума всіх основних робочих – 4 чол.

Кількість допоміжних робітників (20-25% від кількості верстатників):

$$P_{доп} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 4 = 0,8 \dots 1,0.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника, який має ще обслуговувати дільницю, що знаходиться поряд.

При серійному виробництві кількість ІТР (16-22% від кількості верстатів):

$$P_{ІТР} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 2 = 0,32 \dots 0,44.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР, який має обслуговувати інші дільниці.

Кількість службовців (1,9% від кількості основних робітників-верстатників):

$$P_{СКП} = 0,019 \cdot 4 = 0,076.$$

Приймаємо 1 службовця, який має обслуговувати інші дільниці.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу (2% від кількості усіх працівників):

$$P_{МОП} = 0,02 \cdot (4+1+1+1) = 0,14.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу. На дільниці він завантажений на 14%, тому буде обслуговувати ще інші дільниці.

Отримані дані занесемо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	4	4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	16...22%	0,32...0,44	1
СКП	1,9%	0,076	1
МОП	2%	0,14	1

Тобто, на дільниці механічної обробки має бути розміщено 2 металорізальних верстати. Два верстати обслуговуються 2 основними робітниками в одну зміну, крім того для забезпечення роботи дільниці має бути ще один допоміжний робітник та по одному робітникові з ІТР, СКП та МОП. Але ці категорії працюючих роботою не довантажені і вони будуть обслуговувати інші дільниці.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»

### 5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1 [16, 17].

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

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри- терій	«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 розрахунками	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
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

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
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 великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні 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
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 регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних 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 потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	1	2	1
3	2	2	3
4	1	1	2
5	2	3	3
6	2	1	2
7	4	3	3
8	2	1	2
9	3	4	3
10	2	3	2
11	2	4	2
12	3	4	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> = 26	СБ <sub>2</sub> = 30	СБ <sub>3</sub> = 28
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{26 + 30 + 28}{3} = 28$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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.

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	
Кількість верстатів	10			40%
Кількість основних робітників	10			20%
Середній розряд робітників	8			10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

де  $P_{in}$  – числове значення  $i$ -го параметра інноваційного рішення;  $n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання;  $\alpha_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{a.a.} = 10 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,9.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	4	2	2,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	8	4	2,0	0,2
Середній розряд робітників	4	3	1,33	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,49	0,84	1,71	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,53	0,73	1,38	0,15
Собівартість заготовки, грн.	309,57	281,16	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра  $q_i$ , що занесено у відповідні колонки таблиці 5.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{si}}, \quad (5.2)$$

або



$$q_i = \frac{P_{bi}}{P_{ni}}, \quad (5.3)$$

де  $P_{ni}$ ,  $P_{bi}$  – числові значення  $i$ -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{к.к.} = 2,0 \cdot 0,4 + 2,0 \cdot 0,2 + 1,33 \cdot 0,1 + 1,71 \cdot 0,15 + 1,38 \cdot 0,15 = 1,8.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

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 ( $K$ ) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

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

де  $I_{т.п.}$  – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  $I_{е.п.}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Het}}{\sum_{i=1}^n P_{Bet}}, \quad (5.6)$$

де  $P_{Het}$ ,  $P_{Bet}$  – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

Якщо  $K > 1$ , то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо  $K < 1$ , то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-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 1,49. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{309,57}{281,16} = 1,1.$$

Тоді, користуючись формулою (5.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,8}{1,1} = 1,64.$$

Оскільки  $K > 1$ , то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус ГР-004.55.001» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»

### 5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу  $K$ , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [16, 17]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{буд} + B_{обз} + B_{пр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пу} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{доd}$  – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

$Z_n$  – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{буд}$  – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;

$B_{обз}$  – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$B_{пр}$  – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

$B_{осн}$  – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$B_{инв}$  – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$B_{пу}$  – вартість програм управління, грн.;

$B_{м}$  – передвиробничі витрати, грн.;  $B_{оз}$  – вартість оборотних засобів, грн.

### 5.2.2 Основна заробітна плата розробників

Витрати на основну заробітну плату розробників ( $Z_o$ ) розраховують за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де  $k$  – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

$M_{\text{м}}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

$t_i$  – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці,  $T_p = 22$  дні.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,8	10	4318	
Інженер-технолог	9000	409,1	8	3272,73	
Інженер-конструктор	9000	409,1	8	3272,73	
Економіст	9000	409,1	2	818,18	
Всього				3 <sub>о</sub>	11681,64

### 5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{доп}} = N_{\text{доп}} \cdot Z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

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

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 11681,64 = 1168,164 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників  $Z_{\text{н}}$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_{\text{н}} = (Z_o + Z_{\text{доп}}) \cdot N_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

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

$$z_{\text{н}} = (11681,64 + 1168,164) \cdot 0,22 = 2826,96 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

У нашому випадку не передбачається будівництво дільниці, тому ми розрахуємо вартість переобладнання існуючої дільниці. В цьому випадку можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{м}} \cdot S_{\text{мг}} \text{ [грн.],} \quad (5.11)$$

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

$S_{\text{мг}}$  – загальна площа виробничої дільниці, м<sup>2</sup>.

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 60 = 36000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обз}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (5.12)$$

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

$C_{\text{пр.і}}$  – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на дільниці, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ( $K_i = 1,10 \dots 1,12$ ; для промислових роботів  $K_i = 1,3 \dots 1,5$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	$K_i$	Вартість, грн.
2	Вертикальний багатопільовий п'ятикоординатний верстат з ЧПК мод. HAAS VF-2TR	1300000	1	1,1	1430000
Всього					1430000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати ГФ2171МФ3 –  $2 \cdot 190000 = 380000$  (грн.);

- 2 верстати 2P135Ф2 –  $2 \cdot 50000 = 100000$  (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 480000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 1430000 - 480000 = 950000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу додаткові транспортні засоби не плануються, тому їх вартість розраховувати не будемо.

### 5.2.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ( $B_{мо}$ ) розраховують за формулою:

$$B_{\text{во}} = B_{\text{обл}} \cdot \frac{K_n}{100 \%} \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

де  $B_{\text{обл}}$  – балансова вартість обладнання, грн.;

$K_n$  – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{во}} = 950000 \cdot 0,10 = 95000 \text{ (грн.)}$$

Вартість оснастки великої вартості ( $B_{\text{овв}}$ ) становить 20...30% вартості інструменту і технологічного оснащення, і розраховується за формулою:

$$B_{\text{овв}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot B_{\text{во}} \text{ [грн.]}; \quad (5.14)$$

$$B_{\text{овв}} = 95000 \cdot 0,25 = 237500 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ( $B_{\text{квп}}$ ), не закріплених за окремими робочими місцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

$$B_{\text{квп}} = (0,06 \dots 0,12) \cdot B_{\text{во}} \text{ [грн.]}; \quad (5.15)$$

$$B_{\text{квп}} = 0,1 \cdot 95000 = 9500 \text{ (грн.)}$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів ( $B_{\text{осн}}$ ) визначається за формулою:

$$B_{\text{осн}} = B_{\text{во}} + B_{\text{овв}} + B_{\text{квп}} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{\text{осн}} = 95000 + 237500 + 9500 = 342000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

### 5.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК ( $B_{np}$ ) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$B_{np} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{об} \text{ [грн.];} \quad (5.17)$$

$$B_{np} = 0,1 \cdot 950000 = 95000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

### 5.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 11681,64 + 1168,164 + 2826,96 + 36000 + 950000 + 342000 + 95000 =$$

$$= 1438676,76 \text{ (грн.)}$$



### 5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

#### 5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» складає 281,16 грн. (див. розділ 2).

#### 5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

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

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{ji} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{амі}}}{\eta_i} \text{ [грн.],} \quad (5.18)$$

де  $W_{ji}$  – встановлена потужність обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії,  $C_e = 5,1$  грн.;

$K_{\text{амі}}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній  $i$ -й технологічній операції,  $K_{\text{амі}} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i = 0,96$ .

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарний багатопільовий верстат з ЧПК мод. 1П420ПФ40	22	0,04	4,49
010 Вертикальний багатопільовий п'ятикоординатний верстат з ЧПК мод. HAAS VF-2TR	22,4	0,05	5,71
Всього			Σ 10,2

### 5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.]}, \quad (5.19)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год.;

$t_i$  – час роботи робітника на визначеній  $i$ -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду  $C_i$  можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_m} \text{ [грн.]}, \quad (5.20)$$

де  $M_m$  – розмір мінімальної місячної заробітної плати,  $M_m = 6700$  грн. (з 01.10.2022 р.);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

$K_c$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань

і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати

$T_p$  – середнє число робочих днів в місяці, приблизно  $T_p = 22$  дні;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

$$c = (6700 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 77,09 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Токарний багатоцільовий верстат з ЧПК мод. 1П420ПФ40	0,04	3	1,35	77,09	3,08
010 Вертикальний багатоцільовий п'ятикоординатний верстат з ЧПК мод. HAAS VF-2TR	0,05	3	1,35	77,09	3,86
Всього					Σ 6,94

#### 5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

Розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} \cdot z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

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

$$z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 6,94 = 0,69 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників  $z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$z_n = (z_o + z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

де  $H_{\text{н}}$  – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$z_n = (6,94 + 0,69) \cdot 0,22 = 1,68 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{зв}} = H_{\text{н}} \cdot z_p \text{ [грн.];} \quad (5.23)$$

$$B_{\text{зв}} = 2,5 \cdot 6,94 = 17,35 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
1	2	3	4
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	$M$	281,16	
Витрати на силову електроенергію, грн.	$B_e$	10,2	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$z_p$	6,94	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{дод}}$	0,69	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$z_n$	1,68	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{зв}}$	17,35	
Всього	$S_n$	318,02	

## 5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

### 5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нвр}} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (5.24)$$

де  $C_{\text{нвр}}$  – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

$S_v$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$P$  – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати  $P = 5 \dots 20\%$ ;

$w$  – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2022 року,  $w = 20\%$ .

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{нвр}} = 318,02 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 457,95 \text{ (грн.)}$$

### 5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ( $C_{\text{свр}}$ ) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється  $C_{\text{свр}} = 457,95$  грн.

### 5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При удосконаленні технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[ C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_v - \frac{q \cdot S_v}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

де  $C_{\text{дог}}$  – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

$M$  – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_v$  – виробнича собівартість виробу, грн.;

$f$  – зустрічна ставка податку на додану вартість,  $f = 16,67\%$ ;

$h$  – ставка податку на прибуток,  $h = 18\%$ ;

$q$  – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати,  $q = 5 \dots 10\%$ ;

$N$  – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 457,95 - \frac{(457,95 - 281,16) \cdot 16,67}{100} - 318,02 - \frac{10 \cdot 318,02}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 12000 = \\ &= 773985,93 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

### 5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

### 5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.],} \quad (5.26)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$d$  – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{773985,93}{(1+0,2)^1} + \frac{773985,93}{(1+0,2)^2} + \frac{773985,93}{(1+0,2)^3} + \frac{773985,93}{(1+0,2)^4} - 1438676,76 = \\ &= 564967,37 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Враховуючи, що  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації.

### 5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту  $IRR_{MIN}$  розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

де  $\Pi_t$  – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у  $t$ -му році функціонування проекту, грн.;

$A_t$  – амортизаційні відрахування у  $t$ -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

$K$  – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

$n$  – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

$t$  – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{min} = \sqrt[4]{\frac{773985,93 + 773985,93 + 773985,93 + 773985,93}{1438676,76}} - 1 = 0,21 .$$

### 5.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K (K)}{\Pi} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де  $K$  – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

$\Delta K$  – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

$\Pi$  – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1438676,76}{773985,93} = 1,86 \text{ (року)}.$$



## 5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 1438676,76 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 773985,93 грн., термін окупності 1,86 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» доцільне для впровадження.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під час дослідження удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001», на розробника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [18].

- Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони; відсутність чи нестача природного освітлення.

- Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

### 6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

#### 6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Металообробні верстати, а також усі види верстатних пристроїв (кондуктори, патрони, планшайби, магнітні плити, оправки тощо) повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.009-80 «ССБТ. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.2.029-88 «ССБТ. Приспособления станочные. Требования безопасности».

Місця для підключення до електричної мережі переносних електроприймачів струму повинні мати написи, що вказують про напругу мережі та вид струму.

Струмопровідні частини обладнання повинні бути ізольовані або огорожені. Металеві частини обладнання, які можуть внаслідок пошкодження ізоляції потрапити під напругу, повинні бути заземлені.

Стационарні верстати повинні бути встановлені на міцних фундаментах або підмурках, вивірені, надійно закріплені та пофарбовані відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026-76 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

Передачі, розміщені поза корпусами верстатів, повинні мати огороження (суцільне, із жалюзі, з отворами), обладнане пристроями для зручного та безпечного відкривання, знімання, переміщування та встановлення.

Верстати повинні бути обладнані захисними пристроями (екранами), заблокованими з пуском верстата. Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності під час виконання робіт, прибирання, налагоджування та призводити у разі відкривання їх до забруднення мастильно-охолоджувальною рідиною. Захисні пристрої повинні бути надійно закріплені.

Під час виконання робіт на верстатах робоче місце необхідно утримувати в чистоті та не захаращувати. Зону обробки універсальних токарних верстатів, призначених для обробки заготовок діаметром до 630 мм включно, необхідно огороджувати захисним пристроєм (екраном). Різці, що установлюються, повинні бути правильно заточені, без тріщин та надламів. Затискні патрони універсальних токарних та токарно-револьверних верстатів повинні мати рухомі огороження. У горизонтально-фрезерних та вертикально-фрезерних верстатах заввишки до 2,5 м задня частина шпинделя разом з виступним кінцем гвинта для закріплення інструменту, а також кінець фрезерної оправки, який виступає з підтримки, повинні бути відгороджені знімними кожухами.

Копіювальні свердлильно-фрезерні та фрезерні верстати повинні бути обладнані кінцевими вимикачами для здійснення вимикання фрезерних та свердлильних кареток. Поперечностругальні верстати повинні бути оснащені стружкозбірником та екраном для запобігання розкиданню стружки за межі стружко збірника. Довбальні верстати з механічним (кулісним) приводом повзуна повинні мати блокування для запобігання перемиканню швидкості довбача (різця) під час роботи верстата. Згинальні та профілезгинальні верстати повинні бути обладнані приймальними пристроями із запобіжними огороженнями. Гільйотинні ножиці для різання листового металу повинні бути оснащені:

- 1) запобіжними пристроями, заблокованими з пусковими механізмами для унеможливлення потрапляння пальців рук працівника під ножі та притискачі;

- 2) столом, установленим на рівні нерухомого ножа;
- 3) напрямною та запобіжною лінійками;
- 4) регульованими упорами для обмеження подавання листа, що розрізується;
- 5) механічними або гідравлічними притискачами для фіксації металу, що розрізується;
- 6) роз'єднувальними пристроями, що запираються для здійснення вимикання електродвигуна під час простоювання або перерви у роботі ножиць;
- 7) закриті по околу спеціальні огороження для запобігання доступу до циліндричних притискачів, установлених перед огорожувальним (захисним) пристроєм зони ножів.

Установлювати і знімати великогабаритні деталі необхідно в рукавицях і тільки після зупинення верстата. Прозір між краєм підручника та робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути меншим за половину товщини виробу, що шліфується, але не більше 3 мм.

#### 6.1.2 Електробезпека приміщення

Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів, їх периферійних пристроїв (принтер, сканер тощо) в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Нульовий захисний провід прокладено від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників [24].

Усі провідники відповідають номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму тощо.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки [24].

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення;
- 3) систематичне проходження інструктажу з електробезпеки.

## 6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 6.2.1 Мікроклімат

На самопочуття та стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, рухомості повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Робота розробника відноситься до категорії легких робіт Іа. В табл. 6.1. наведені оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, де виконуються роботи операторського типу.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування та регулярного провітрювання.

#### 6.2.2 Склад повітря робочої зони

Нормуються шкідливі речовини у повітря робочої зони згідно ДСН 3.3.6.042-99 [22].

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони під час розробки конструкції мікроконтролерного терморегулятора наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,01	1
Вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> )	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Шкідливих речовин в повітрі робочої зони не виявлено. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання.

### 6.2.3 Виробниче освітлення

У приміщенні, де виконуються розробка використовується штучне та природне освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 6.3 (відповідно ДБН В.2.5-28-2006 [20]).

Таблиця 6.3 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	Світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

1. Відносно вікон робоче місце розміщене так, щоб природне світло було з лівого боку.
2. Робоче місце дослідника, обладнане ПК розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла.
3. Джерела штучного світла розташовані з обох сторін від екрану паралельно напрямку зору.

4. Щоб уникнути світових блисків від екрану, клавіатури, освітлювальних пристроїв, сонця в напрямку очей необхідно застосовувати антиблискові сітки, спеціальні фільтри для екрану, захисні козирки, жалюзі на вікнах.

5. Вікна приміщень повинні мати регульовальні пристрої для відкривання.

#### 6.2.4 Виробничий шум та вібрації

У робочому приміщенні мають місце шуми механічного і аеродинамічного походження, широкосмугові із аперіодичним підсиленням при роботі принтерів.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку  $L_A$  під час роботи згідно з вимогами ДСН 3.3.6.037-99 [21] наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання відповідних склопакетів та пасивного охолодження ПК. Виробничих вібрацій не виявлено.

#### 6.2.5 Виробничі випромінювання

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності впливу відповідних чинників, тривалості опромінення, характеру випромінювання, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яка опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.



Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань представлені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Заходи щодо зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання: оптимальна організація робочого місця, доцільне розміщення технологічного устаткування, дотримання гігієнічнообґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

#### 6.2.6 Пожежна безпека

Основними чинниками пожеж на виробництві є: порушення технологічного режиму роботи обладнання; несправність електроустаткування; погана підготовка обладнання до ремонту; самозаймання деяких матеріалів і речовин тощо

З метою досягнення нормативного рівня безпеки в Україні створено систему пожежної безпеки, яка включає:

- систему протипожежного захисту;
- систему передбачення пожежі.

В приміщенні, де виконувалася робота використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д». Пожежну небезпеку несуть у собі лише кабельні електропроводки до обладнання, що є припустимим для даної категорії приміщень [28].

За вогнестійкістю приміщення відноситься до другої категорії згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [28]. Робоча зона дослідника відноситься до класу вибухонебезпечності В-ІІа та пожежонебезпечності П-ІІа, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

У коридорі приміщення розташована схема евакуації людей при пожежі. Шляхи евакуації з відділу відповідають правилам пожежної безпеки. У будинку є два виходи, ширина коридору – 2-3 метри, ширина дверей – 0,8 м., двері відкриваються по ходу руху людей у випадку евакуації.

В цілому приміщення по категорії вибухо- і пожежонебезпечності та ступеню вогнестійкості відповідає нормам, але особливу увагу потрібно звернути на утримання в справному стані засобів протипожежного захисту та своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, впровадження систем протипожежного захисту.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001». При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» запропоновано два способи лиття – лиття в кокіль та лиття в піщано-глинисті форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки складає 281,16 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 309,57 грн.

3. Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки, матеріал заготовки, групу складності заготовки, масу заготовки і коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування».

4. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001» з використанням верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння,

вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

5. Спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 010 операції на вертикальному багатоцільовому п'ятикоординатному верстаті з ЧПК моделі HAASVF-2TR.

6. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає  $N_{\text{прис}} = 53380$  шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 4 чол. (дві зміни, по 2 чол. на одну зміну), всього працівників на дільниці – 8 чол.

7. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус ГР-004.55.001», визначені капітальні вкладення – 1438676,76 грн., одержаний прибуток – 773985,93 грн., термін окупності вкладень – 1,86 року.

8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / [Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
2. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред – Минск: ОО НД “Альянс”, 2007. – 256с.
3. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
4. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
6. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. – К. : Вища школа, 1991. – 247 с.
7. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01] М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
8. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И. ] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 255 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / [Борисов В. Б., Борисов Е. И., Васильев В. Н. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / [Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

11. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов: Справочник. [Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский и др.] ; / под ред. Ю. В. Барановського. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

12. Станочные приспособления : справочник в 2 т. / редкол. : Вардашкин Б. Н. (председатель) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1 / [под ред. Вардашкина Б. Н., Шатилова А. А.]. – 1984. – 692 с.

13. Станочные приспособления : справочник в 2 т. / редкол. : Вардашкин Б. Н. (председатель) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2 / [под ред. Вардашкина Б. Н., Данилевского В. В.]. – 1984. – 656 с.

14. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

15. Репінський С. В. Автоматизація гідравлічного розрахунку сумарних втрат тиску в трубопроводі [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, Ю. С. Кобилянська, А. В. Малюшко // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2022), Вінниця, 30-31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15673>.

16. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

17. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

18. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та

напруженості трудового процесу, від 27.12.2001 року №528. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.dnaop.com/html/1709>.

19. Журнал «Охорона праці та пожежна безпека» Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vn.dsp.gov.ua/novini-upravlinnya/klasifikatsiya-nebezpechnih/>

20. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Мінбуд України. – К.: 2006

21. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_praop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php)

24. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

25. Про охорону праці. Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ

26. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

27. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять (Пожарная безопасность. Термины и определения основных понятий). URL: [https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU\\_2272\\_2006.pdf](https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf).

28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759).

## ДОДАТОК А

(обов'язковий)

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус ГР-004.55.001»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Репінський С. В., к.т.н., доцент каф. ТАМ  
(прізвище, ініціали, посада)

#### Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	<b>91,5%</b>
КП2			
Тривога/Білі знаки	?	Схожість	<b>8,5%</b>

#### Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагиату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагиату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагиату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор \_\_\_\_\_ Кобилянська Ю. С.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

#### Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Сердюк О. В.  
(прізвище, ініціали)

Експерт \_\_\_\_\_ Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ  
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)



Додаток Б  
(обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ  
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ГР-004.55.001»



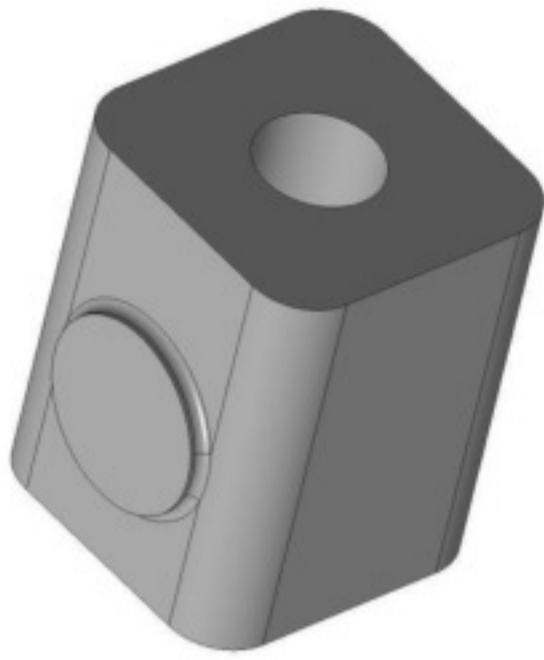
*3D-модель деталі "Корпус ГР-004.55.001"*



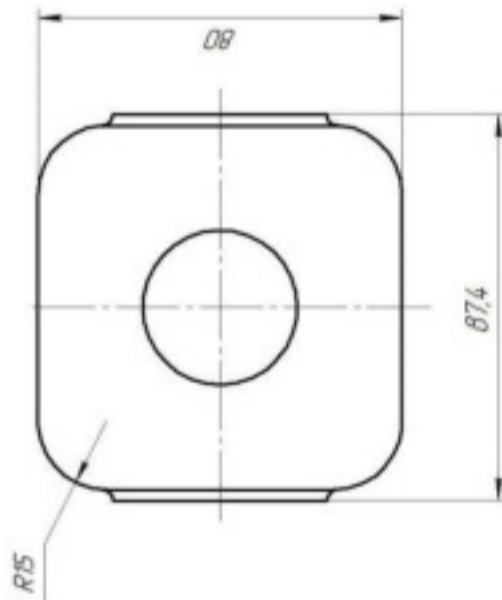
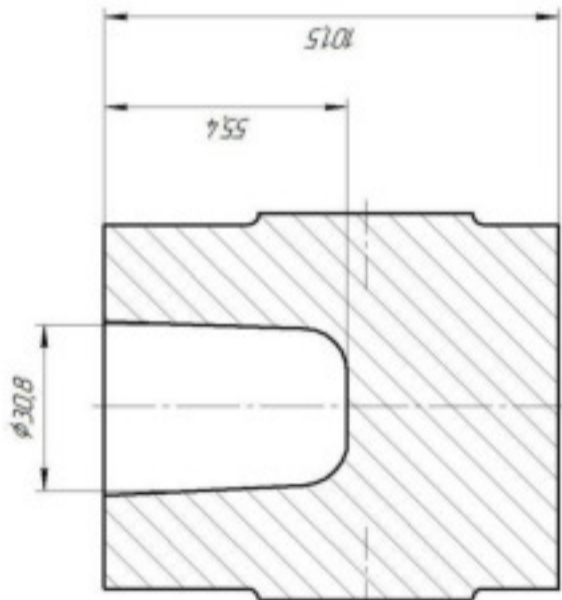
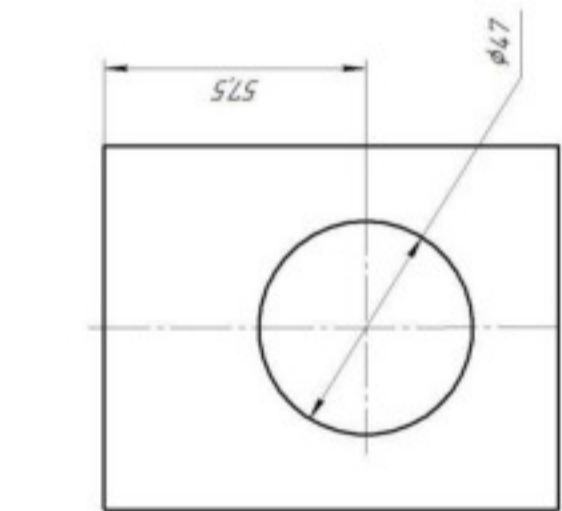
08-26.MKP.004.00.002

√ Ra 8

3D-модель заготовки "Корпус"



- 1 Точность билетка 7m-3-7m Эп0,5 ГОСТ 7505-89.
- 2 Масса 1657-0,148-0,084-1,425 ГОСТ 7505-89.
- 3 Небязанні на кресленні радыусы закруглень 4 мм.
- 4 Небязанні на кресленні фармуляры нахілы 2 - 3°.



08-26.MKP.004.00.002		Лист	Масса	Углублен
Корпус		1657	11	1
(заготовка литая в кокиль)				
Сливки АК6М2 ГОСТ 1583-93		Лист	1	Листов
ст. зр. 1771-274		ВНТУ		
Фигурка А2				

Лист № 001	Лист в сборе	Вариант № 001	Лист № 001	Лист в сборе
Стор. №	Лист в сборе	Стор. №	Лист в сборе	Стор. №

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СОБІВАРТОСТІ ЗАГОТОВКИ ВИГОТОВЛЕНОЇ ЛИТТЯМ

Розрахунок собівартості заготовок – це досить трудомістка робота. Тому при необхідності багаторазового повторювання однотипних розрахунків рекомендується застосовувати комп'ютерні технології.

Собівартість заготовок, що виготовляють з достатньою для навчальних цілей точністю, можна визначити за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{лит}}) \cdot C_{\text{лит}}}{1000},$$

де  $C_{\text{л}}$  – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

$K_{\text{т}}$ ,  $K_{\text{м}}$ ,  $K_{\text{с}}$ ,  $K_{\text{в}}$ ,  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності виливка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок (ГОСТ 26645-85).

Розроблено комп'ютерну програму для розрахунку собівартості виготовлення заготовки. Програма повністю працює в діалоговому режимі. Після запуску програми з'являється головне вікно (рис. 1), в якому потрібно вибрати собівартість яких заготовок будемо розраховувати (литих, штампованих чи виготовлених з прокату).

Виконання вибору здійснюється за допомогою натискання мишкою відповідної кнопки, яка при наведенні курсору (при ховері) або при фокусуванні з клавіатури *Tab*-ом (при фокусі) змінює колір рамки (бордера) на синій колір, що сприяє візуальній зручності користувача.

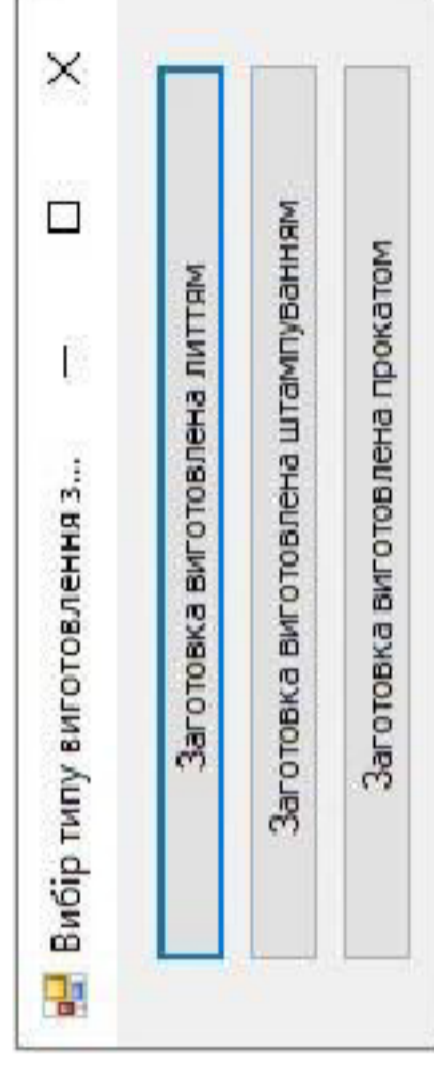


Рисунок 1 – Головний інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку собівартості виготовлення заготовки

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СОБІВАРТОСТІ ЗАГОТОВКИ ВИГОТОВЛЕНОЇ ЛИТТЯМ

При виборі кнопки «Заготовка виготовлена литтям» з'явиться діалогове вікно (рис. 2), в якому безпосередньо вже потрібно чи вводити вручну, чи вибирати з ряду існуючих початкові дані.

Рисунок 2 – Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СОБІВАРТОСТІ ЗАГОТОВКИ ВИГОТОВЛЕНОЇ ЛИТТЯМ

Після введення всіх початкових даних потрібно натиснути кнопку «Отримати розрахунок». Після цього на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 3) з результатами розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям.

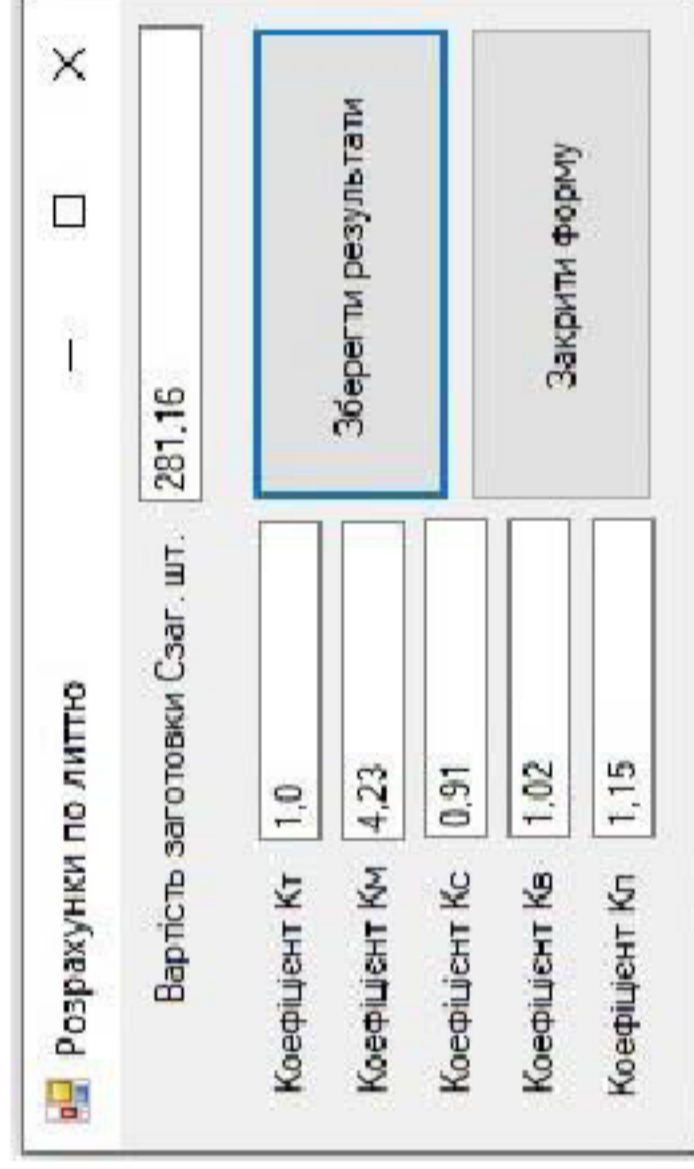


Рисунок 3 – Інтерфейс комп'ютерної програми з результатами розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям

**Висновок.** Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям. Програма призначена для швидкого і точного розрахунку собівартості заготовки виготовленої литтям та містить набір довідникових даних за допомогою яких при розрахунку автоматично призначається коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки, матеріал заготовки, групу складності заготовки, масу заготовки і коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок. Програма значно спрощує трудомісткий процес вибору коефіцієнтів згідно довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Машинобудування».

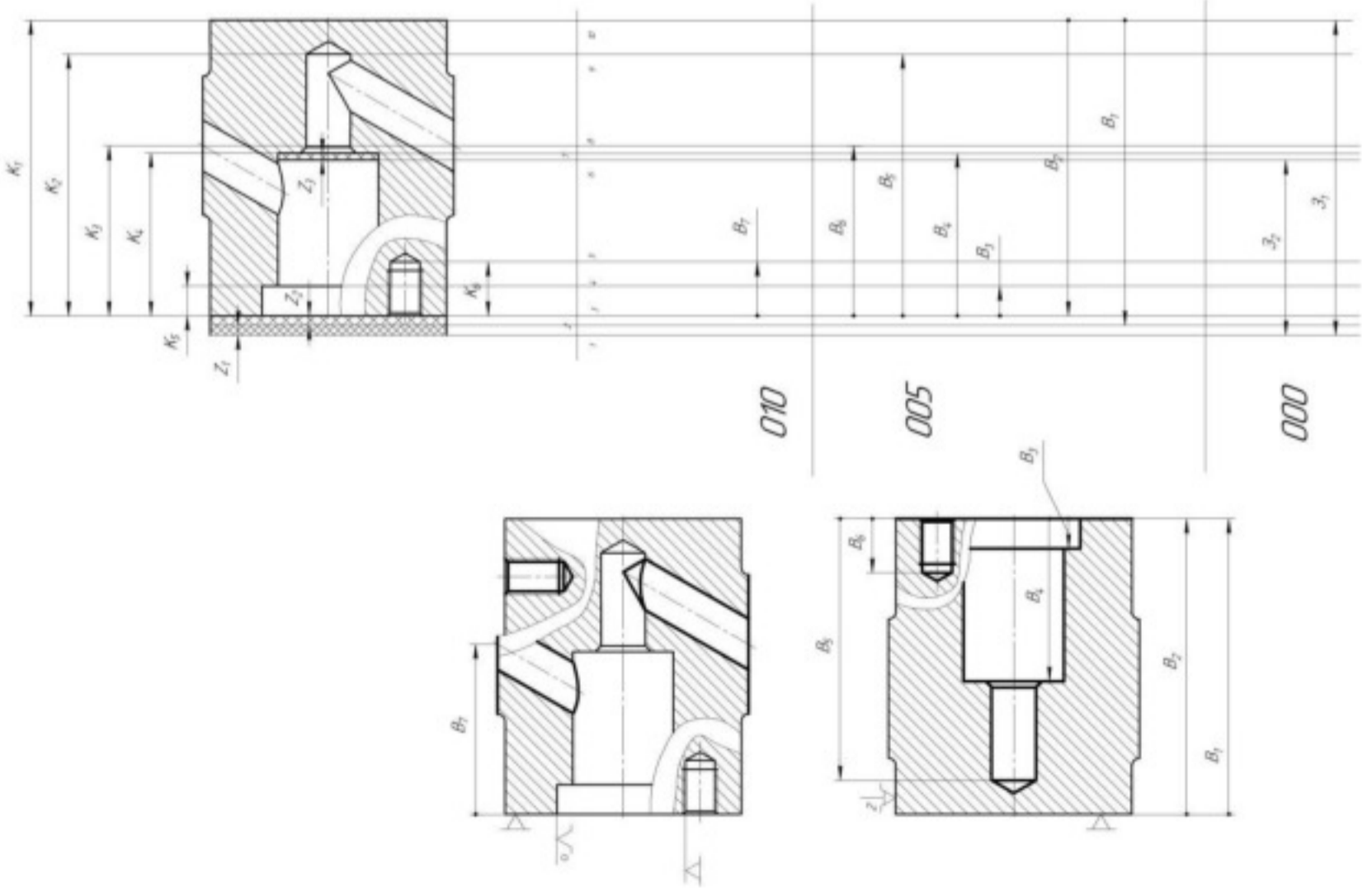
# Маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, переходи	Ескіз обробки та схема установки	Тип обладнання
005	<p><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити пов. 1 в розмір <math>101_{-0,22}</math> мм попередньо.</li> <li>3. Точити пов. 1 в розмір згідно ескізу.</li> <li>4. Розточити пов. 2, 3 попередньо, витримуючи розміри <math>\phi 44_{-0,10}</math> мм, <math>\phi 33,5_{-0,15}</math> мм.</li> <li>5. Розточити пов. 2 остаточно в розмір згідно ескізу, пов. 3 попередньо в розмір <math>33,9_{-0,039}</math> мм, пов. 4 в розмір згідно ескізу.</li> <li>6. Розточити отв. 3, витримуючи розміри згідно ескізу.</li> <li>7. Центрувати отв. 5, витримуючи розміри <math>\phi 17</math> мм, <math>l=5</math> мм.</li> <li>8. Свердлити отв. 5, витримуючи розміри згідно ескізу.</li> <li>9. Центрувати 4 отв. 6, витримуючи розміри <math>\phi 12</math> мм, <math>l=5</math> мм.</li> <li>10. Свердлити 4 отв. 6, витримуючи розміри згідно ескізу.</li> <li>11. Нарізати різьбу в 4 отв. 6, витримуючи розміри згідно ескізу.</li> <li>12. Зняти деталь.</li> </ol>	<p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів H/k, валів h/k, інших <math>\pm ITk/2</math></p>	Токарний багатопільовий з ЧПК ПТ4.20ПФ4.0
010	<p><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати пов. 1, 2 в розмір згідно ескізу.</li> <li>3. Центрувати в отв. 3.</li> <li>4. Свердлити в отв. 3 в розмір згідно ескізу.</li> <li>5. Нарізати різь в отв. 3 в розмір згідно ескізу.</li> <li>6. Фрезерувати заглиблення перед центруванням отв. 4, 5.</li> <li>7. Центрувати отв. 4, 5 в розмір згідно ескізу.</li> <li>8. Свердлити отв. 4, 5 в розмір згідно ескізу.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>	<p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів H/k, валів h/k, інших <math>\pm ITk/2</math></p>	Вертикальний багатопільовий п'ятикоординатний верстат з ЧПК HAASVF-2TR

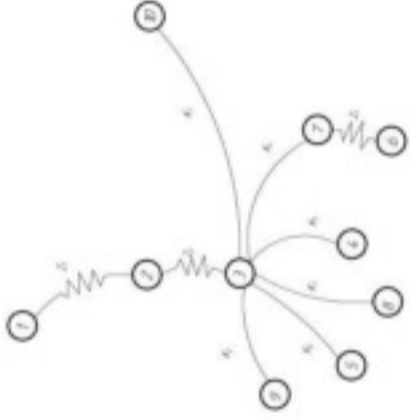


# Розмірний аналіз технологічного процесу

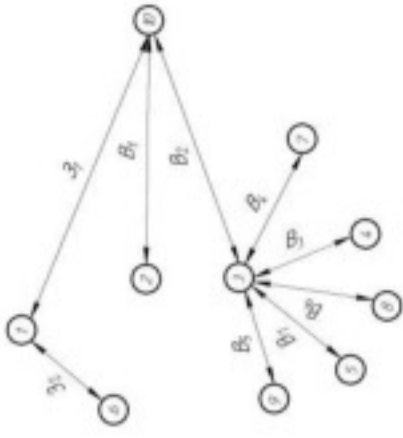
Розмірна схема технологічного процесу



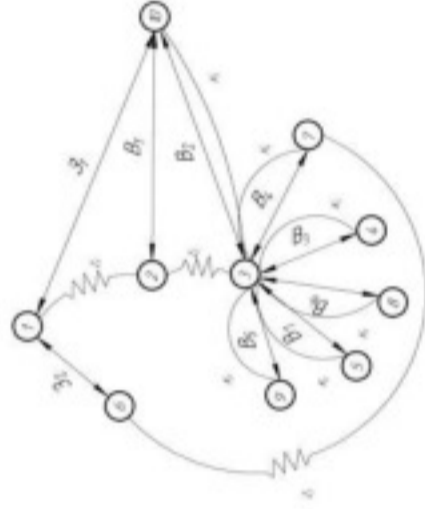
Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



Суміщений граф



Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п.п.	Вихідне рівняння	Розрахункове рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_2 = 0$	$B_2 = K_1$	$B_2$
2	$-K_2 + B_3 = 0$	$B_3 = K_2$	$B_3$
3	$-K_4 + B_4 = 0$	$B_4 = K_4$	$B_4$
4	$-K_3 + B_6 = 0$	$B_6 = K_3$	$B_6$
5	$-K_6 + B_7 = 0$	$B_7 = K_6$	$B_7$
6	$-K_5 + B_3 = 0$	$K_5 = B_3$	$B_3$
7	$-Z_2 + B_1 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	$B_1$
8	$-Z_1 + 3_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	$3_1$
9	$-Z_3 - 3_2 + 3_1 - B_2 + B_4 = 0$	$Z_3 = 3_1 - 3_2 - B_2 + B_4$	$3_2$

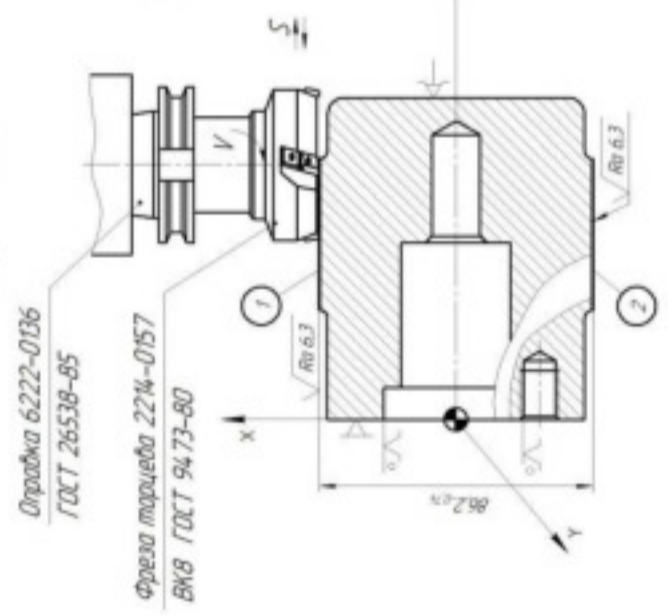
Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

Технологічний розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_6$	$B_7$	$3_1$	$3_2$
Допуск	100,4	100	10	55	88,5	57,5	18	101,06
	0,26	0,1	0,36	0,12	0,87	0,74	0,43	0,8

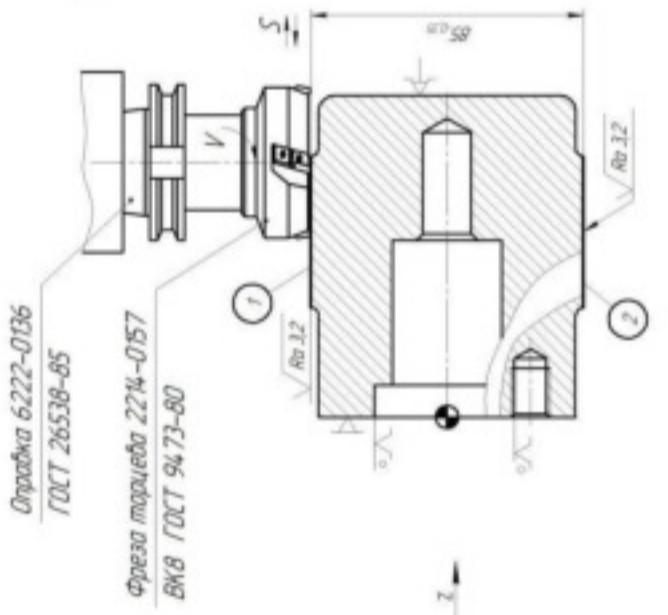
Припуск	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
Мінімальні, мм	0,4	0,4	0,4
Максимальні, мм	1,46	0,76	0,88

08-26-MKP.004.00500

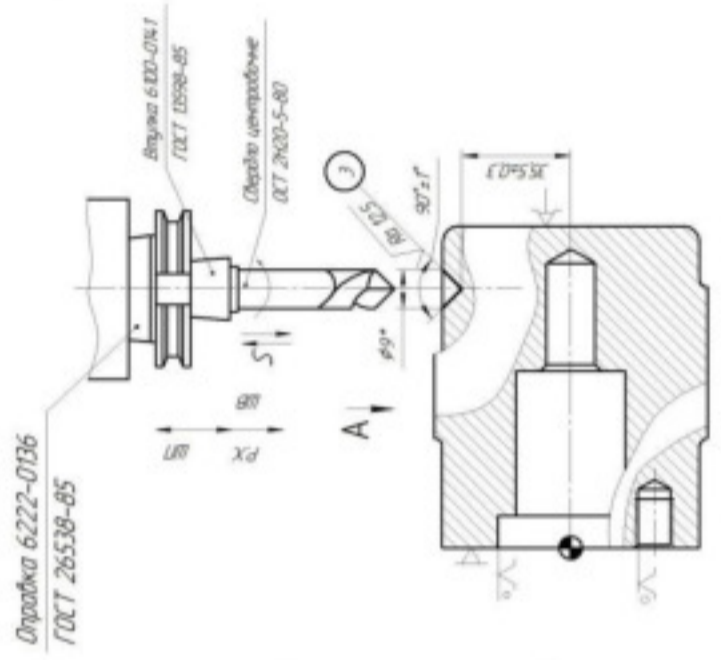
Перехід 2



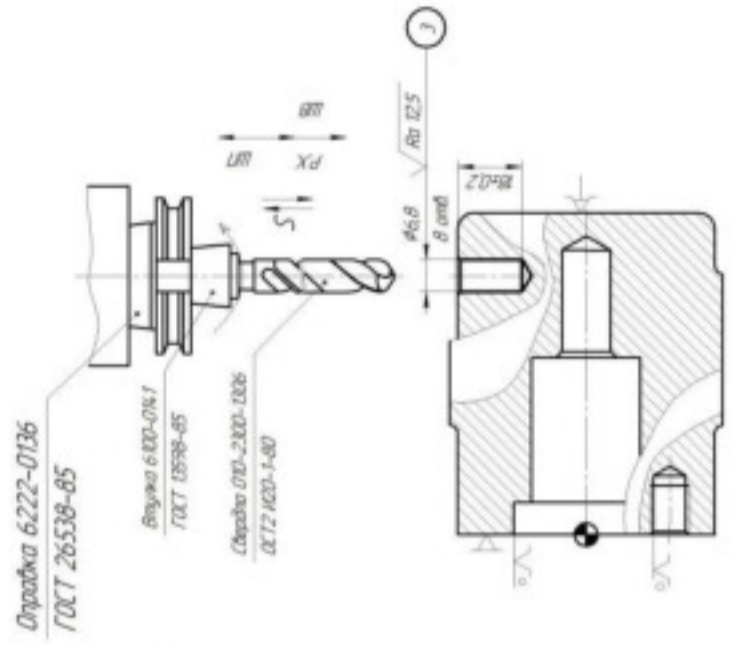
Перехід 3



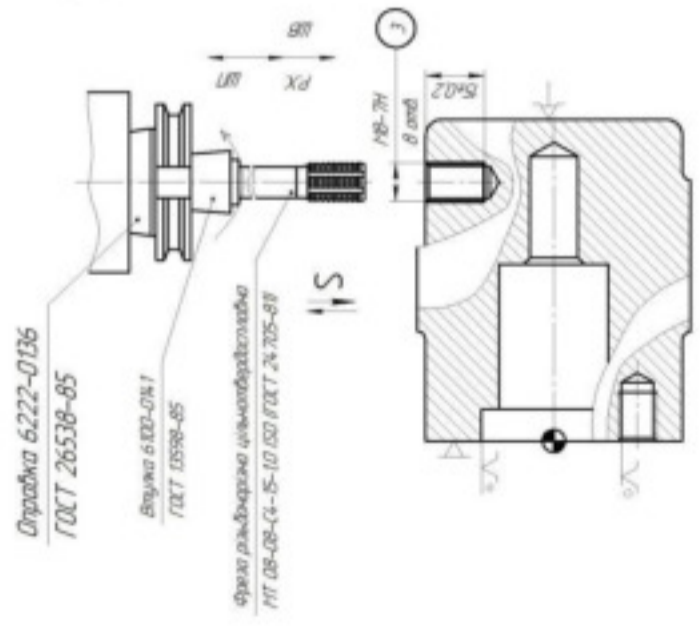
Перехід 4



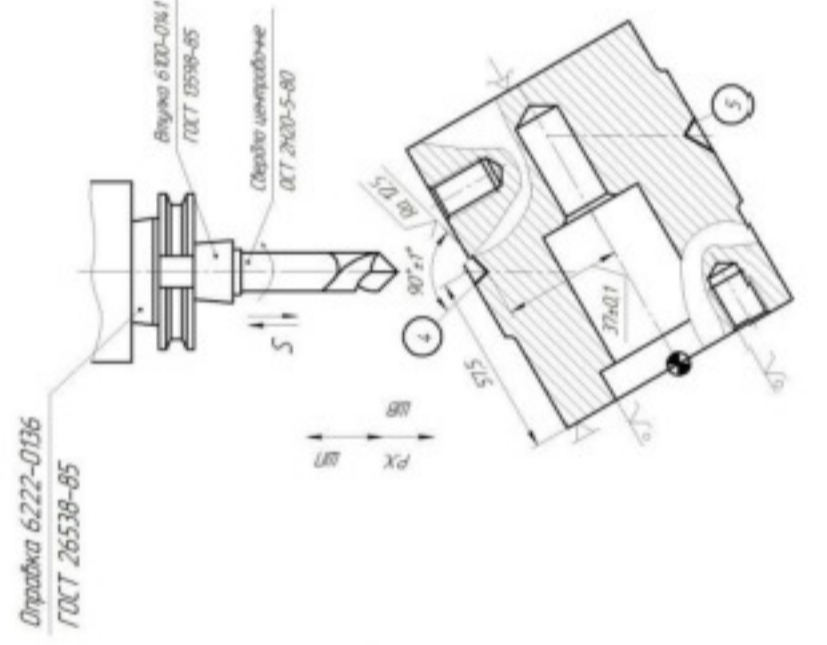
Перехід 5



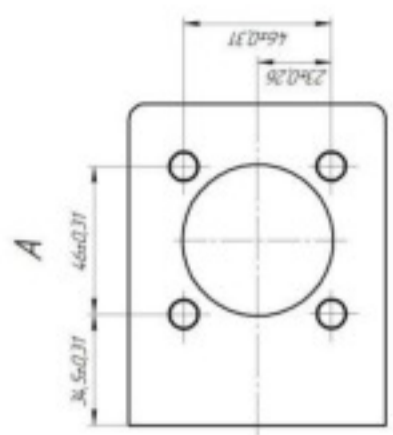
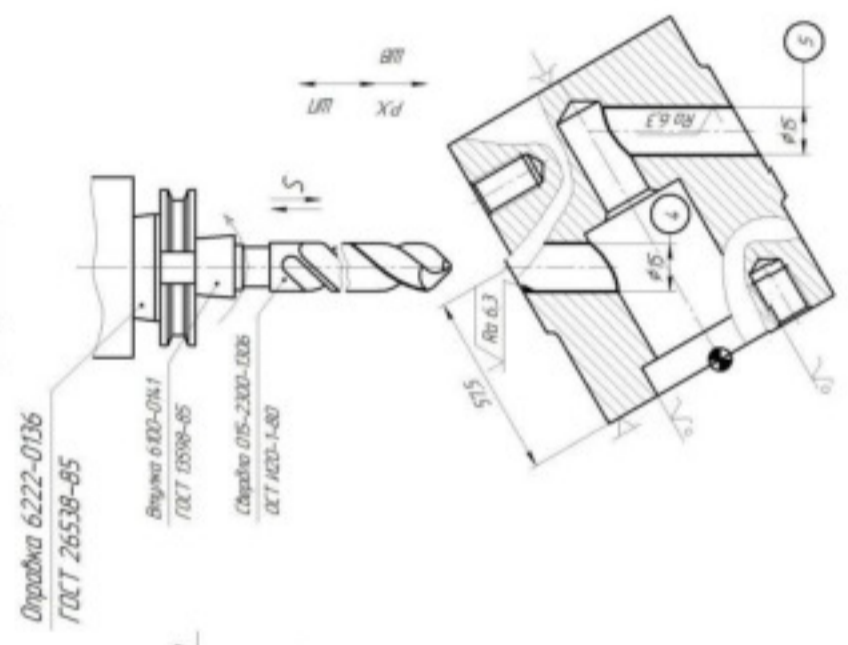
Перехід 6



Перехід 7



Перехід 8



1 \* Розрив для деталей

ГОСТ

1	Сверло 015-2300-Е006	25	25	45	85
2	Сверло 015-2300-Е006	20	20	40	75
3	Сверло 015-2300-Е006	15	15	30	65
4	Сверло 015-2300-Е006	10	10	20	55
5	Сверло 015-2300-Е006	5	5	10	45

ГОСТ

1	Втулка 6.000-0141	25	25	45	85
2	Втулка 6.000-0141	20	20	40	75
3	Втулка 6.000-0141	15	15	30	65
4	Втулка 6.000-0141	10	10	20	55
5	Втулка 6.000-0141	5	5	10	45

08-26-MKP.004.00500

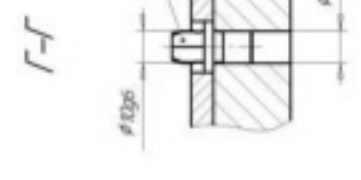
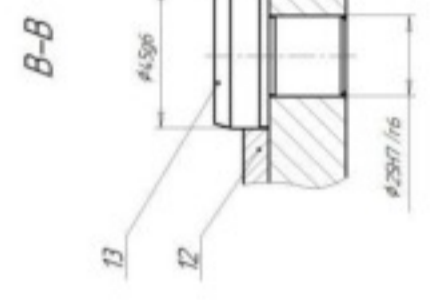
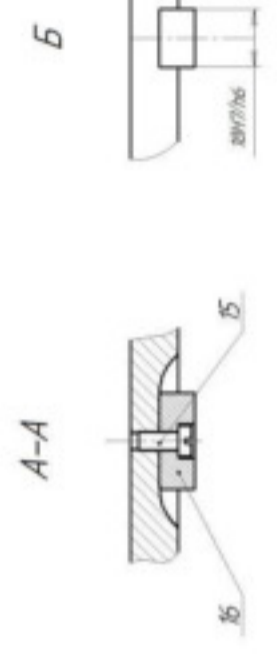
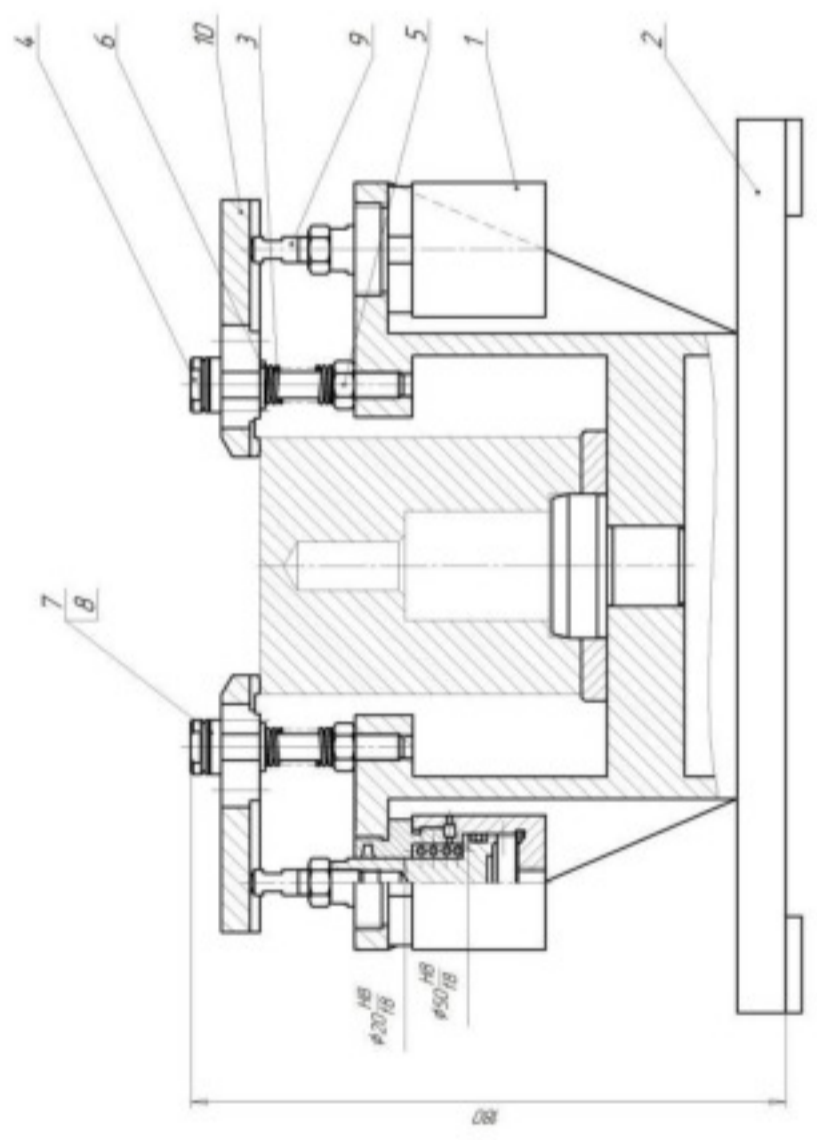
Кодифікатор

Класифікація

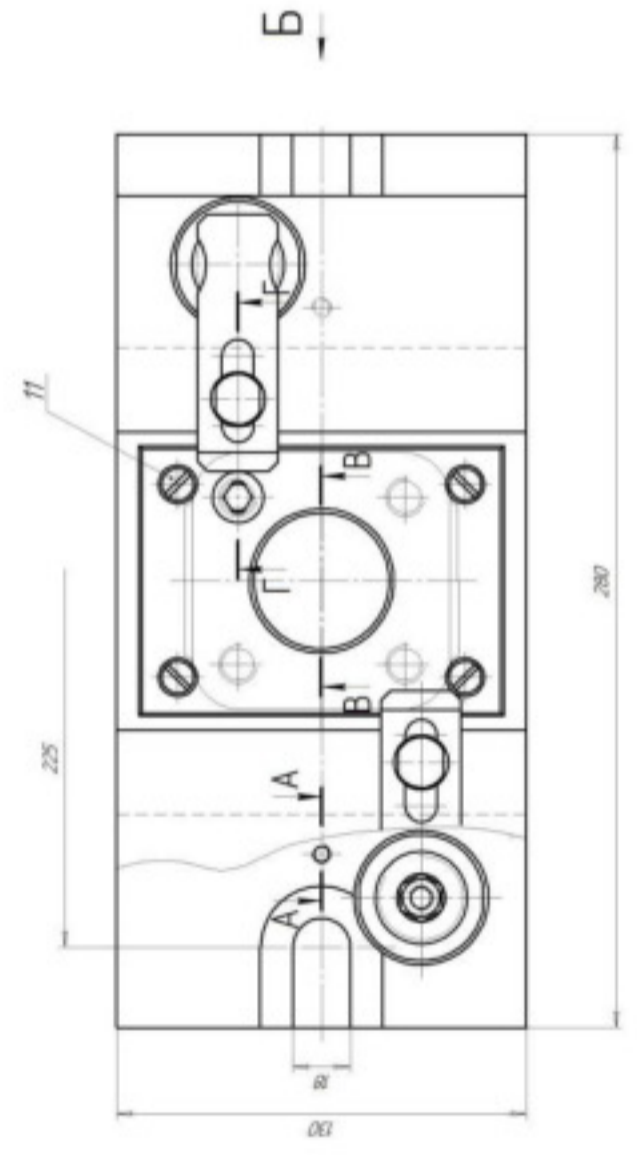
Класифікатор

№	Вид	Статус
1	Витяг	Н
2	Чертеж	Н
3	Технічний опис	Н
4	Технічні умови	Н
5	Технічні умови	Н
6	Технічні умови	Н
7	Технічні умови	Н
8	Технічні умови	Н
9	Технічні умови	Н
10	Технічні умови	Н
11	Технічні умови	Н
12	Технічні умови	Н
13	Технічні умови	Н
14	Технічні умови	Н
15	Технічні умови	Н
16	Технічні умови	Н
17	Технічні умови	Н
18	Технічні умови	Н
19	Технічні умови	Н
20	Технічні умови	Н
21	Технічні умови	Н
22	Технічні умови	Н
23	Технічні умови	Н
24	Технічні умови	Н
25	Технічні умови	Н
26	Технічні умови	Н
27	Технічні умови	Н
28	Технічні умови	Н
29	Технічні умови	Н
30	Технічні умови	Н
31	Технічні умови	Н
32	Технічні умови	Н
33	Технічні умови	Н
34	Технічні умови	Н
35	Технічні умови	Н
36	Технічні умови	Н
37	Технічні умови	Н
38	Технічні умови	Н
39	Технічні умови	Н
40	Технічні умови	Н
41	Технічні умови	Н
42	Технічні умови	Н
43	Технічні умови	Н
44	Технічні умови	Н
45	Технічні умови	Н
46	Технічні умови	Н
47	Технічні умови	Н
48	Технічні умови	Н
49	Технічні умови	Н
50	Технічні умови	Н
51	Технічні умови	Н
52	Технічні умови	Н
53	Технічні умови	Н
54	Технічні умови	Н
55	Технічні умови	Н
56	Технічні умови	Н
57	Технічні умови	Н
58	Технічні умови	Н
59	Технічні умови	Н
60	Технічні умови	Н
61	Технічні умови	Н
62	Технічні умови	Н
63	Технічні умови	Н
64	Технічні умови	Н
65	Технічні умови	Н
66	Технічні умови	Н
67	Технічні умови	Н
68	Технічні умови	Н
69	Технічні умови	Н
70	Технічні умови	Н
71	Технічні умови	Н
72	Технічні умови	Н
73	Технічні умови	Н
74	Технічні умови	Н
75	Технічні умови	Н
76	Технічні умови	Н
77	Технічні умови	Н
78	Технічні умови	Н
79	Технічні умови	Н
80	Технічні умови	Н
81	Технічні умови	Н
82	Технічні умови	Н
83	Технічні умови	Н
84	Технічні умови	Н
85	Технічні умови	Н
86	Технічні умови	Н
87	Технічні умови	Н
88	Технічні умови	Н
89	Технічні умови	Н
90	Технічні умови	Н
91	Технічні умови	Н
92	Технічні умови	Н
93	Технічні умови	Н
94	Технічні умови	Н
95	Технічні умови	Н
96	Технічні умови	Н
97	Технічні умови	Н
98	Технічні умови	Н
99	Технічні умови	Н
100	Технічні умови	Н

08-26 МР.004.01000 СК

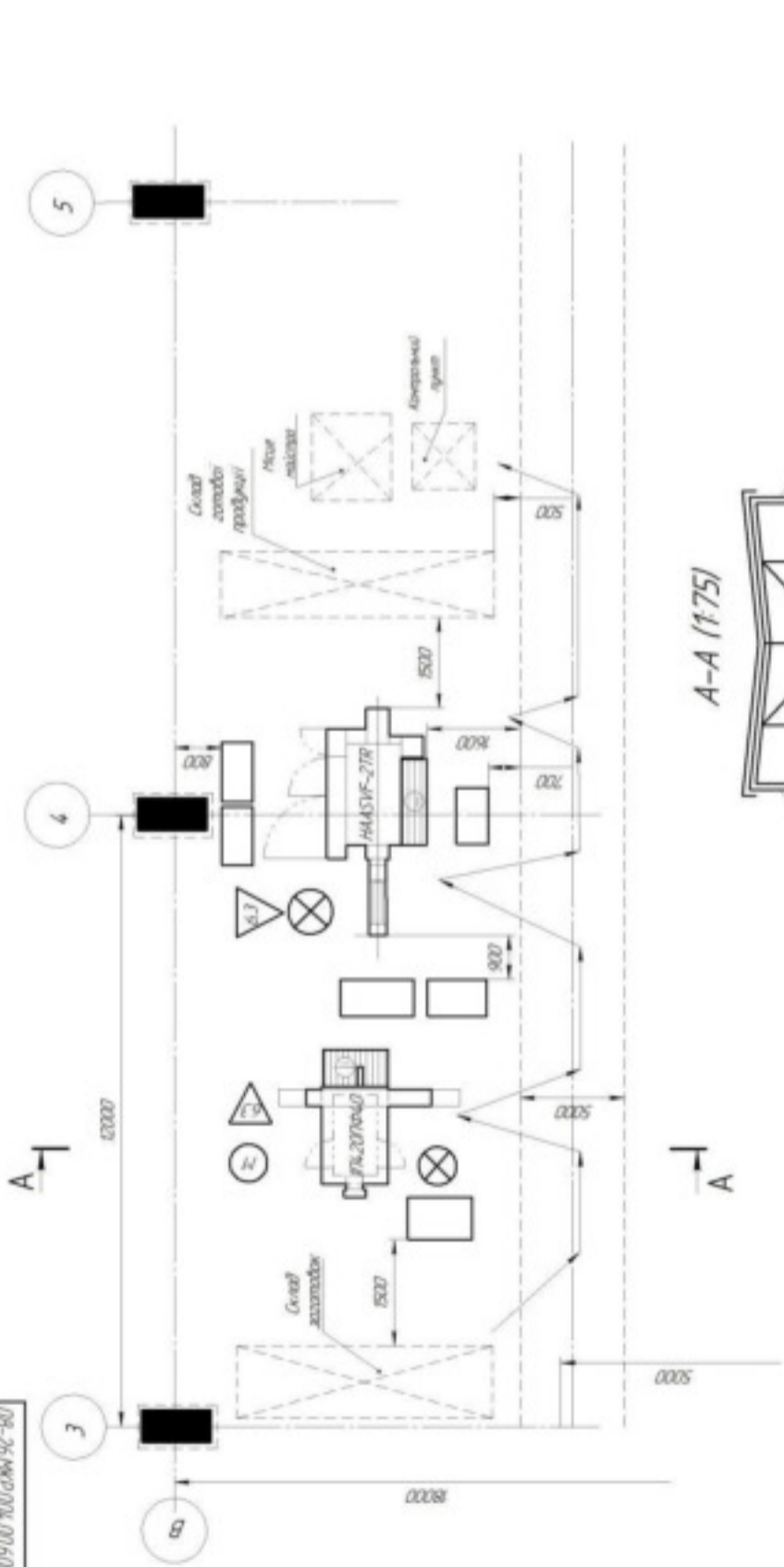


- 1. Штифт для фиксации
- 2. Ник. лнк. шТТ
- 3. Слой лакокрасочный 945 Н
- 4. Толщина припускание 0,08 мм

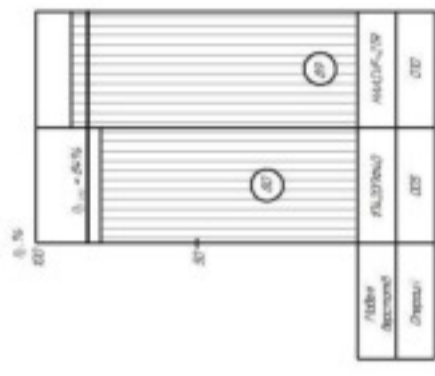
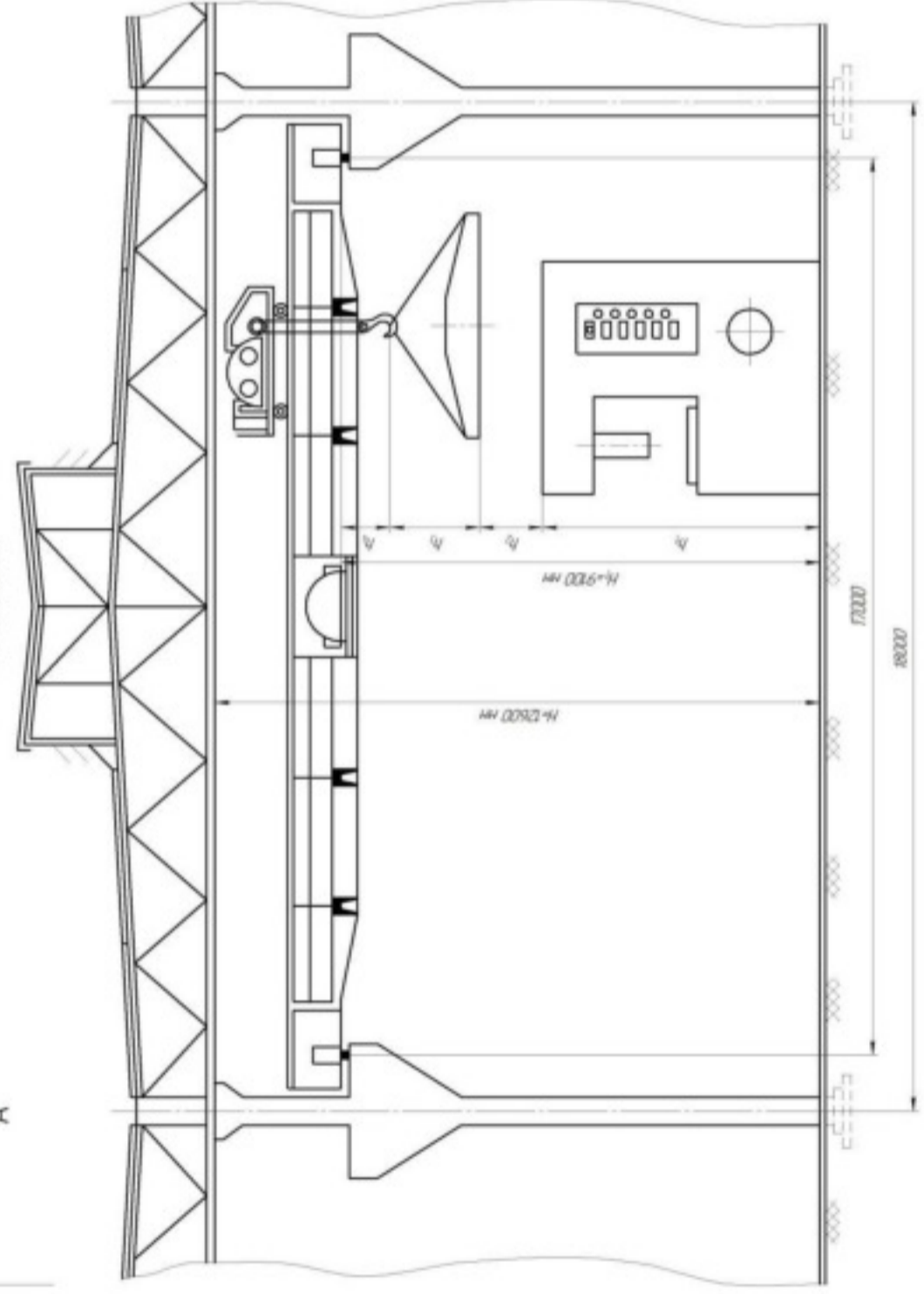


08-26 МР.004.01000 СК			
Припуски на поверхности		H	
Слой лакокрасочный		Г	
№ документа	Исполнитель	Дата	Лист
08-26 МР.004.01000 СК	И.И.И.		1
Исполнитель	Проверенный	Дата	Лист
И.И.И.	И.И.И.		1
Исполнитель	Проверенный	Дата	Лист
И.И.И.	И.И.И.		1

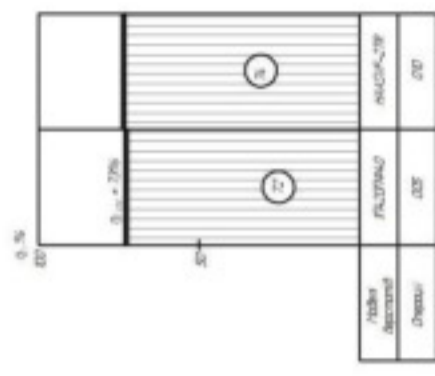
08-26МР.004.00.600 В3



A-A (175)



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом

Технічна характеристика дільниці

- 1 Площа дільниці (м<sup>2</sup>)  
загальна - 58,1  
виробнича - 50  
допоміжна - 18,1
- 2 Кількість працівників (чол.)  
робітників основних - 4  
допоміжних - 1  
ІТР - 1  
МОП - 1  
службовців - 1
- 3 Верстатів, шт. - 2

08-26МР.004.00.600 В3		Лист	Кількість
Дільниця		Лист	150
Механічної обробки		Лист	1
ВНТУ		Лист	1
См. зр. 08-26МР.004.00.600 В3		Лист	1

*Техніко-економічне порівняння показників  
процесів механічної обробки*

<i>Технологічний процес</i>	<i>Базовий</i>	<i>Удосконалений</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>1,425</i>	
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>2,07</i> <small>(лиття в ПГФ)</small>	<i>1,657</i> <small>(лиття в кокіль)</small>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>309,57</i>	<i>281,16</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,69</i>	<i>0,86</i>
<i>Кількість операцій, шт.</i>	<i>3</i>	<i>2</i>
<i>Основний час, хв.</i>	<i>5,32</i>	<i>5,32</i>
<i>Штучно-калькуляційний час, хв.</i>	<i>7,54</i>	<i>7,29</i>
<i>Кількість основних робітників, чол.</i>	<i>8</i>	<i>4</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
<i>Кількість верстатів</i>	<i>4</i>	<i>2</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання</i>	<i>0,49</i>	<i>0,84</i>
<i>Середній коефіцієнт викор-ня за основним часом</i>	<i>0,53</i>	<i>0,73</i>
<i>Виробнича площа ділянки, м<sup>2</sup></i>	<i>110</i>	<i>50</i>
<i>Капітальні вкладення, грн.</i>	<i>–</i>	<i>1438676,76</i>
<i>Собівартість деталі, грн.</i>	<i>457,95</i>	<i>318,02</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>773985,93</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>1,86</i>