

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037»**

08-26.МКР.029.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 2ПМ-18м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Амагуанья Ортис Клебер Рафаель_____

Керівник: к.т.н., професор каф. ТАМ

Дерібо О. В. _____

«____» _____ 2019 р.

Рецензент: _____

«____» _____ 2019 р.

Вінниця ВНТУ – 2019 рік

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

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

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

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Амагуанья Ортис Клебер Рафаель

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»

керівник МКР Дерібо Олександр Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «__» _____ 20__ року №__.

2. Строк подання студентом МКР: _____

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Кришка передня Д06.037»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 16000 шт.; довідкова література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»; аналіз точності обробки, що забезпечується тонким точінням плоских поверхонь заготовок деталей з алюмінієвих сплавів на токарних верстатах з ЧПК; проектування верстатного пристрою для однієї з операцій; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Кришка передня Д06.037» (А3); заготовка деталі (випусок) (А3); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень на операцію 015 (А1); результати аналізу точності обробки, що забезпечується тонким точінням плоских поверхонь заготовок деталей з алюмінієвих сплавів на токарних верстатах з ЧПК (А1); складальне креслення верстатного пристрою (А1, А2); техніко-економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Дерібо О. В., професор кафедри ТАМ		
Економічна частина	Кавецький В. В. ст. викл. кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І. В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Амагуанья Ортис Клебер Рафаель

Керівник МКР

(підпис)

Дерібо О. В.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	6
ABSTRACT.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ».....	11
1.1 Сутність технічної задачі.....	11
1.2 Характеристика об'єкта виробництва, його службове призначення, технічні умови на виготовлення.....	11
1.3 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	13
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.....	17
1.5 Удосконалення базового технологічного процесу.....	19
1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу.....	20
1.7 Розробка технічного завдання на МКР.....	23
Висновки.....	23
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037»...	24
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	24
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт.....	
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки.....	25
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки.....	29
2.5 Вибір технологічних баз.....	40
2.6 Розробка варіантів технологічного процесу.....	43

2.7 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат.....	49
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу.....	54
2.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь.....	62
2.10 Визначення режимів різання.....	67
2.11 Оптимізація режимів різання.....	72
2.12 Визначення технічних норм часу.....	73
Висновки.....	81
3 АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ ТОНКИМ ТОЧІННЯМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК.....	82
3.1 Постановка задачі дослідження.....	82
3.2 Результати дослідження.....	83
Висновки.....	91
4 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ	92
4.1 Постановка задачі.....	92
4.2 Розрахунок зусилля затискання.....	92
4.3 Силовий розрахунок пристосування.....	95
Висновки.....	97
5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	98
5.1 Розрахунок приведеної програми.....	98
5.2 Визначення кількості верстатів та їх коефіцієнтів завантаження.....	100
5.3 Розрахунок кількості робітників на дільниці.....	102
Висновки.....	103

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037».....	104
6.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037».....	104
6.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції.....	109
6.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу.....	113
6.4 Розрахунок величини чистого прибутку.....	113
6.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення.....	114
Висновки.....	116
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	117
ВИСНОВКИ.....	130
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	132
ДОДАТКИ.....	135

АНОТАЦІЯ

Амагуанья Ортис Клебер Рафаель. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Амагуанья Ортис Клебер Рафаель – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» та порівняльний аналіз техніко-економічних показників обробки заготовок партії деталей на верстатах з ЧПК різних типів, а також виявлення впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки тонким точінням площин токарних верстатах з ЧПК і визначення коефіцієнта уточнення, який досягається такою обробкою.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Диски»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка передня Д06.037» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи виконано аналіз показників точності, що забезпечуються тонким точінням площин на токарному верстаті з ЧПК.

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

В МКР також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

ANNOTATION

Amaguana Ortiz Kleber Rafael. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece details of the type «Front Cover D06.037»: qualification work for obtaining the educational-qualification level «Master» in the specialty 131 «Applied Mechanics» / Amaguana Ortiz Kleber Rafael - Vinnitsa National Technical University. - Vinnytsia, 2019.

The purpose of the Master's qualification work (MQR) is to improve the technological and technological process of machining workpiece type "Front Cover D06.037" and comparative analysis of the technical and economic indicators of processing workpieces batch parts on CNC machines of different types, as well as to identify the impact of elemental errors on the total error of machining by fine-tuning the planes of lathe versatile tats with a CNC and determining the coefficient of refinement achieved by such processing.

To achieve this goal, a review of technologies for manufacturing parts of the type "Drives" was carried out; made a variant choice and feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; variants of the route of mechanical processing of details of the type "Front Cover D06.037" were developed using modern CNC machines and choosing the best of them at the minimum of the given costs; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; cutting modes and time limits are defined; the program, the number of equipment and employees are calculated; machining section has been improved.

In the scientific part of the work, the analysis of precision indices, which are ensured by the thin turning of planes on the CNC lathe, is performed.

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

Occupational safety and health measures have also been developed in the MQW.

ВСТУП

Актуальність. Однією з важливих задач в економічній стратегії розвитку машинобудування є прискорення науково-технічного прогресу шляхом широкого впровадження сучасного обладнання, прогресивних технологічних процесів.

Розв'язання цієї задачі неможливе без широкого використання в усіх типах машинобудівного виробництва високоавтоматизованого металорізального обладнання. Подальший розвиток автоматизації виробництва базується на застосуванні металорізальних верстатів, оснащених системами числового програмного керування (ЧПК).

Ефективність верстатів з ЧПК пояснюється їх високою продуктивністю, підвищенням продуктивності праці обслуговуючого персоналу, скороченням потреб у спеціальних верстатних пристроях, різальному і допоміжному інструменті, вивільненням значних виробничих площ.

Впровадження верстатів з ЧПК для автоматизації технологічних процесів (ТП) механічної обробки дозволяє обробляти з меншими витратами заготовки деталей такої ж широкої номенклатури, як і на верстатах з ручним керуванням. Порівняльний аналіз ефективності використання верстатів з ЧПК різних типів на прикладі виготовлення конкретної деталі складає певний інтерес.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є зниження технологічної собівартості та підвищення продуктивності праці шляхом удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» з урахуванням сучасних технологій обробки та способів виготовлення вихідної заготовки, а також зменшення впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки тонким точінням плоских поверхонь на токарному верстаті з ЧПК.

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

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат;

- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки;
- визначення оптимальних режимів різання;
- встановлення технічних норм часу на операції;
- проектування верстатного пристосування для однієї з операцій механічної обробки;
- визначити величини елементарних похибок, що виникають під час тонкого точіння торця і впливають на поле розсіювання розміру до вимірювальної бази;
- проаналізувати вплив елементарних похибок на сумарну похибку;
- визначити коефіцієнт уточнення для досліджуваного переходу;
- розрахунок кількості обладнання та працівників;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримав подальший розвиток метод порівняльного аналізу показників точності, що забезпечується тонким точінням площин на токарних верстатах з ЧПК.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037», а також дільниці механічної обробки заготовки цієї деталі. При цьому запропоновані такі нові технічні рішення:

- для двох альтернативних способів виготовлення заготовки – лиття в кокіль та лиття під тиском спроектовано заготовки та за порівнянням їх собівартості встановлено, що доцільним варіантом є виготовлення заготовки литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки при цьому складає 54,1 грн., що менше у порівнянні з лиття під тиском – 71,8 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки деталі типу «Кришка передня Д06.037»; розрахунки підтверджують доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу;

- для удосконаленого технологічного процесу заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» розроблено план ділянки механічної обробки, яка містить 3 верстати, що обслуговуються 4 основними і 1 допоміжним робітниками.

Особистий внесок. Результати досліджень отримані магістрантом самостійно. Постановка мети, задач та аналіз виконані під керівництвом наукового керівника.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи – 2019» (м. Вінниця, ВНТУ, 21 жовтня 2019 р. – 30 квітня 2020 р.)

Публікації. Оpubлікована теза доповіді:

Амагуанья Ортис Клебер Рафаель / Аналіз точності обробки, що забезпечується тонким точінням на токарних верстатах з ЧПК плоских поверхонь заготовок деталей з алюмінієвих сплавів // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи – 2019» [Електронне мережне наукове видання], 21 жовтня 2019 р. - 30 квітня 2020 р. : збірник матеріалів. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020/paper/viewFile/8448/7135>

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ДИСКИ»

1.1 Сутність технічної задачі

Темою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка передня Д06.037». В процесі роботи необхідно удосконалити технологію механічної обробки, оскільки наявна базова технологія є такою, що не відповідає сучасним вимогам.

Таким чином, поставлена мета удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Кришка передня Д06.037», що в подальшому підвищить продуктивність праці, зменшить собівартість виробу та підвищить його якість.

1.2 Характеристика об'єкта виробництва, його службове призначення, технічні умови на виготовлення

За своєю формою, конструкцією та технологічними ознаками задана деталь відноситься згідно з [14] до класу деталей типу «Диски».

Матеріал деталі – алюмінієвий сплав марки АК7 (ГОСТ 1583-73).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад (%) матеріалу

Марка матеріалу	<i>Al</i>	<i>Fe</i>	<i>Si</i>	<i>Mg</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>
АК7	87,5	0 ÷ 1,2	6 – 8	0,2 – 0,55	0,2 – 0,6	0 – 1,5	0 – 0,3	0 – 0,5

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу

Твердість по Бринелю (НВ)	Густина, кг/м ³	Відносне видовження, %	Межа витривалості, Па	Межа міцності, Па
60 (для лиття у кокіль та пісч. форми)	2700	0,5 (при литті у ПФ) 1 (при литті в кокіль)	42000000 ÷ 84000000	(1,27E+8) ÷ (1,5E+8)

Деталь (рис. 1.1) є складовою асинхронного електродвигуна. Її призначення полягає в обмеженні осьового переміщення ротора, встановленого на підшипниках.

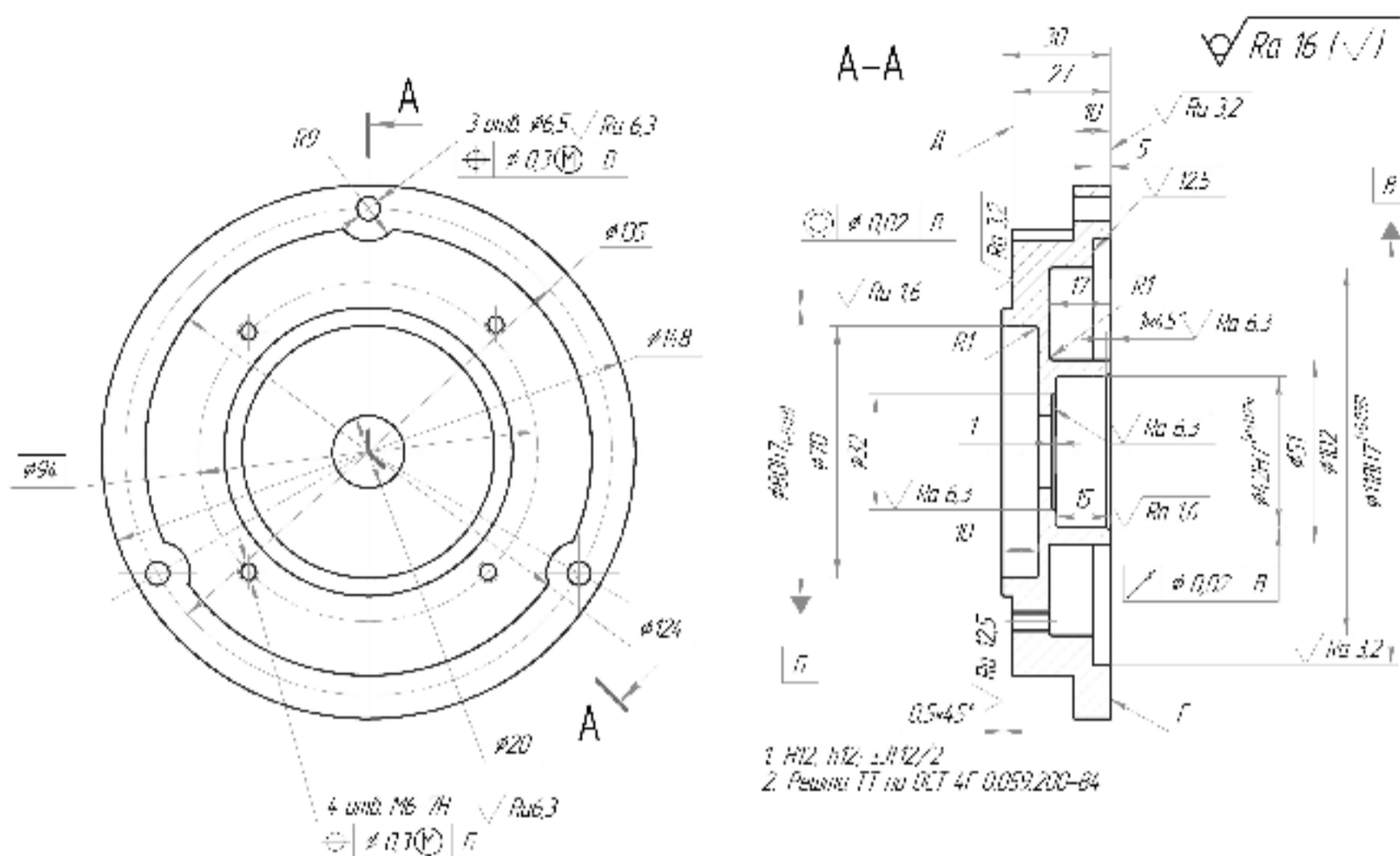


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Кришка передня Д06.037».

Габаритні розміри деталі:

- довжина – 30 мм;
- зовнішній діаметр, максимальний – Ø 148 мм;
- внутрішній діаметр, максимальний – Ø70 мм;
- найвищий квалітет точності – 7;
- найнижчий квалітет точності – 12;
- найнижча шорсткість поверхонь, Ra – 1,6 мкм;
- найнижча шорсткість поверхонь, які механічно обробляються, Ra – 12,5 мкм.

Маса деталі складає 0,447 кг.

Деталь є поєднанням трьох концентрично розташованих поверхонь циліндричної форми (Ø148, Ø126, Ø80). Всередині деталі розташовані отвори – Ø118, Ø102, Ø42,70 (глухі), Ø20 (наскрізний). На поверхні Ø126 мм на всю її довжину під кутом 120° зроблені три вибірки R9, на поверхні Ø148 мм із зовнішнього боку

теж на всю її довжину напроти центра вибірок передбачені отвори $\varnothing 6,5$ мм. На одному з торців розміщені чотири різьбових отвори М6-7Н.

Виходячи із заданих вимог точності розмірів поверхонь, їх можна поділити на 2 групи: поверхні і розміри з підвищеними вимогами – до основних, від яких залежить службове призначення деталі, всі інші – до другорядних. Таким чином, до найточніших (основних) поверхонь можна віднести такі:

отвір $\varnothing 118H7$, $Ra = 1,6$ мкм;

отвір $\varnothing 42H7$, $Ra = 1,6$ мкм;

поверхня $\varnothing 80h7$, $Ra = 1,6$ мкм.

Основними конструкторськими базами деталі є торець «Г» і отвір $\varnothing 118H7$. Допоміжними конструкторськими базами є отвір підшипник $\varnothing 42H7$, поверхня $\varnothing 80h8$ і торець «Д».

Поставлена вимога щодо відносного розташування поверхонь – це співвісність поверхонь $\varnothing 80h7$ та отвору $\varnothing 118H7$.

Креслення деталі має всі необхідні дані щодо вимог точності розмірів, шорсткості поверхонь та відносного розташування, від яких залежить виконання деталлю свого службового призначення. На кресленні деталі, крім того, проставлена необхідна проекція та вид в перерізі, за допомогою чого можна мати повне уявлення про форму деталі, розташування окремих поверхонь тощо.

1.3 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Технологічний процес механічної обробки деталей залежить від серійності виробництва. Оскільки деталь відноситься до класу «Диски» (шків, циліндричні та черв'ячні зубчасті колеса, фланці, кришки, кільця, стакани тощо), то наведемо загальні правила побудови маршрутів механічної обробки таких деталей [14].

Технологічні задачі, які потрібно розв'язати при обробці, - досягнення концентричності внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхонь та перпендикулярність торців до осі деталі. Крім того, у ряді випадків необхідно отримати точні внутрішні та зовнішні фасонні, зубчасті та криволінійні поверхні.

Зазвичай на першій операції заготовки базуються по необробленій зовнішній циліндричній поверхні, на подальших операціях – по обробленому отвору та торцю. Заготовки при обробці внутрішніх поверхонь затискаються у трикулачкових патронах, при обточці зовнішніх поверхонь та торців – на оправках або в патронах. Виконуючи спеціальні операції (нарізання та шліфування зубців), заготовки встановлюють на спеціальних оправках, при обробці на свердлильних, фрезерних, протягувальних та інших верстатах, заготовки встановлюють в універсальних або спеціальних пристосуваннях.

Основні операції обробки дисків полягають в отриманні точного центрального отвору, шпонкових пазів або шліцьових поверхонь, точної зовнішньої поверхні та торців, перпендикулярних до осі.

Другорядні операції – це свердління дрібних змащувальних отворів, нарізання в них різей, інколи zenкування отворів під різь або під головки гвинтів, виготовлення дрібних канавок, виточок, фасок, фрезерування лисок, свердління крипильних отворів тощо.

Як типовий для аналізу вибрано маршрут обробки заготовки деталі типу «Стакан» (рис. 1.2) [19].

Вихідні дані:

- вид заготовки – виливок;
- матеріал – чавун СЧ20;
- кількість деталей із заготовки – 1;
- не вказані відхилення розмірів: валів – h14, отворів – H14, інших – $\pm IT14/2$.

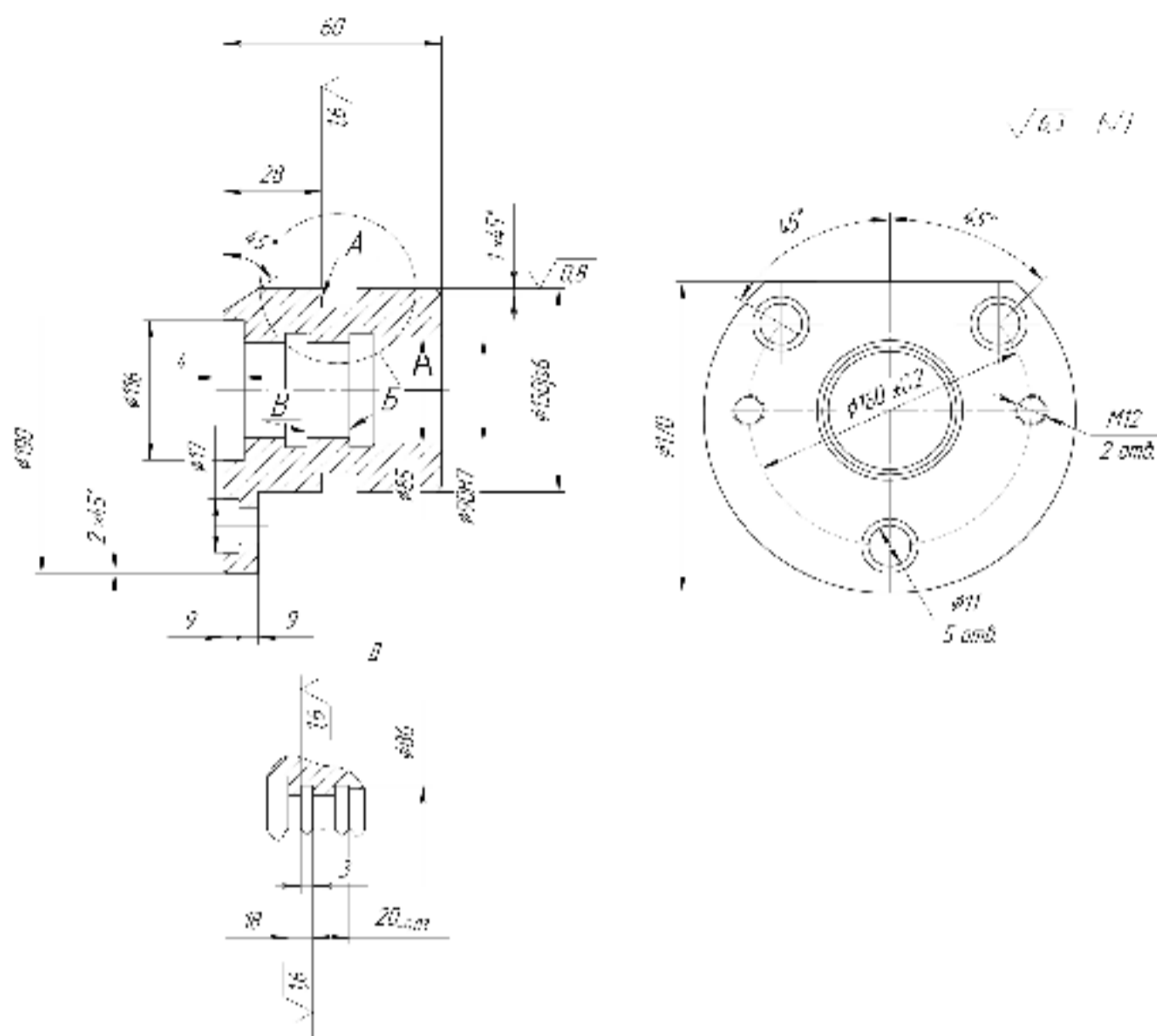


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Стакан»

Таблиця 1.3 – Типовий технологічний процес виготовлення деталі «Стакан» [19]

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення вилівка		
015	Підрізати торці $\varnothing 130_{js6}/\varnothing 90H7$ та А, точити поверхню $\varnothing 130_{js6}$, розточити отвори $\varnothing 85$ та $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 9H7/ \varnothing 85$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
020	Підрізати торці $\varnothing 190$ та $\varnothing 144/ \varnothing 116$, обточити пов. $\varnothing 190$ та конічну пов. $\varnothing 144 \times 45^\circ$	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130js6/Ø90H7 остаточно, точити пов. Ø130js6 з підрізанням торця А під шліфування фаски, канавки остаточно. Розточити отв. Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø85 та отв.Ø85 під тонке розточування, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон
035	Підрізати торець Ø144/Ø116, точити пов. Ø190, конусну пов. Ø144×45° остаточно. Розточити отв. Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø85 під тонке розточування виточки Ø116 та канавки 3×Ø96	Токарний патронний н/а КТ141	3-и кулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отв. Ø11, 2 отв. Ø10,2 під різь М12, зенкувати 5 отв. Ø11/Ø17, фаски 2×24, нарізати різь М12. Фрезерувати лиски в розмір 170	Багатоцільовий вертикальний фрезерний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити задирки	Машина для зняття задирок	
050	Розточити 2 отв. Ø90H7 з підрізанням торців Б та В, отв. Ø85 до Ø85H9 (технологічний)	Алмазно-розточувальний (спеціальний)	Установка пристосування
055	Шліфувати Ø130js6 з підшліфовкою торця 4	Круглошліфувальний н/а 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь		
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Цей типовий технологічний процес взято за основу для розробки технологічного процесу виготовлення деталі в умовах серійного типу виробництва

1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

У зв'язку з тим, що виготовлення даної деталі не пов'язане з умовами конкретного підприємства, то потрібно, враховуючи рекомендації до проектування технологічних процесів подібних деталей та розглянутий типовий технологічний маршрут обробки деталі «Стакан», розробити технологічний процес для обробки заготовок деталей типу «Кришка передня Д06.037» і прийняти його за базовий.

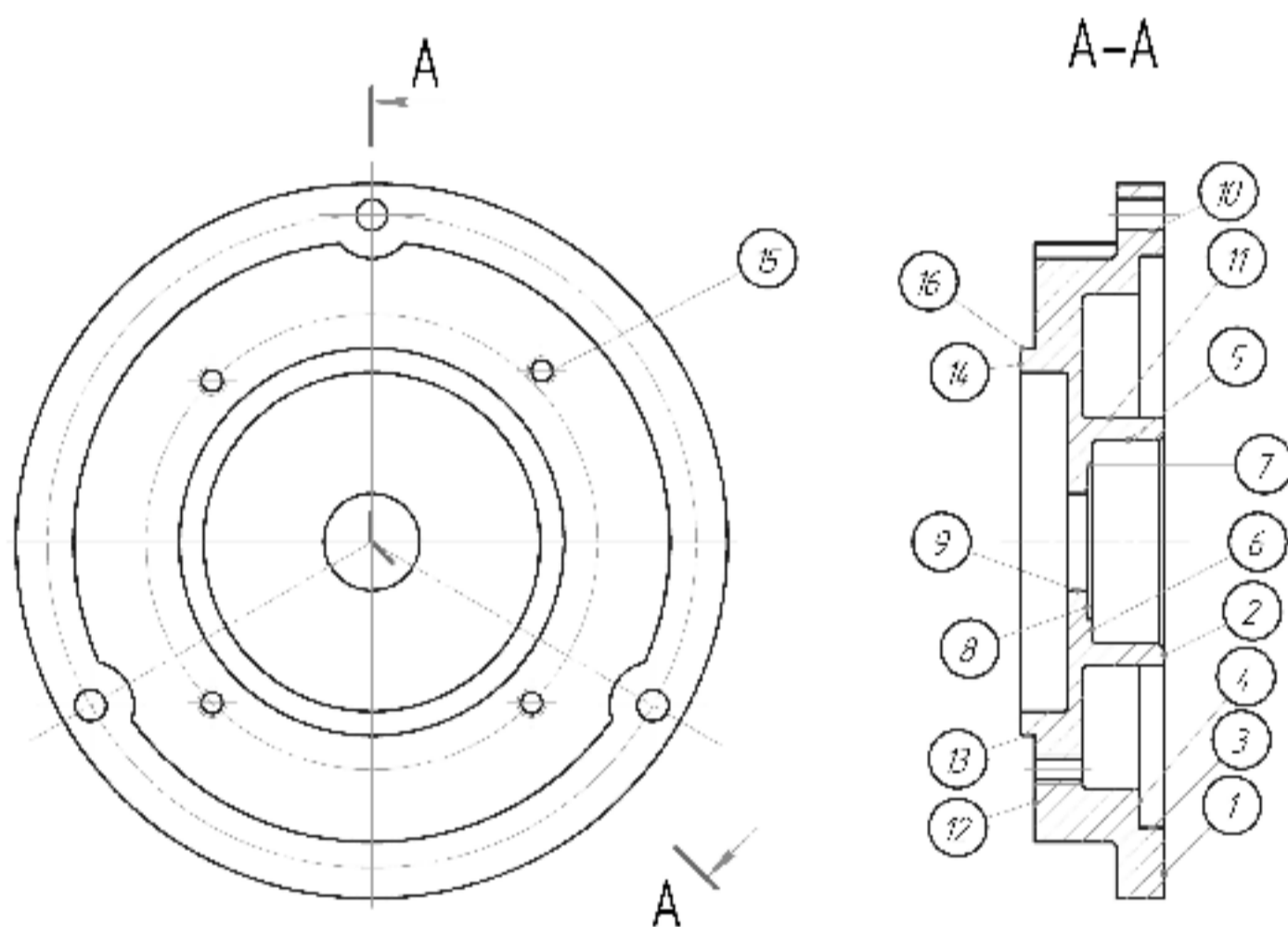


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі «Кришка передня Д06.037» з позначенням поверхонь

Таблиця 1.4 – Базовий маршрут механічної обробки

Операція	Найменування операції. Зміст переходів	Обладнання
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити пов. 1 і 2 попередньо. 2. Розточити отв. 3 попередньо, торець 4 однократно. 3. Розточити отв. 5 попередньо, торець 6, отв. 7, торець 8 однократно. 4. Точити пов. 1, 2 остаточно. 5. Розточити отв. 3, 5 попередньо. 6. Розточити отв. 3, 5 з пов. 11 остаточно. 7. Центрувати 3 отв. 10. 8. Свердли 3 отв. 10. 	Багатоцільовий токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ40
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити пов. 14 однократно. 2. Точити пов.12 попередньо з попереднім обточуванням пов. 13. 3. Точити пов.12 остаточно з попереднім обточуванням пов. 13. 4. Точити пов. 16 однократно з остаточно-ним обточуванням пов. 13. 5. Центрувати 4 отв. 15. 6. Свердли 4 отв. 15. 7. Нарізати різь у 4-х отв. 15. 	1П420ПФ40

Критично аналізуючи наведений технологічний процес, можна дійти висновку, що незважаючи на його концентрованість на мінімальній кількості робочих місць і застосування сучасного обладнання – верстатів з ЧПК, застосоване облад-

нання є достатньо вартісним і великогабаритним, що негативно впливає на собівартість обробки. Тому, цей технологічний процес потребує удосконалення.

1.5 Удосконалення базового технологічного процесу

З метою удосконалення базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кришка передня Д06.037», запропоновано такі зміни:

– на операціях 005 та 010 обмежитися тільки токарною обробкою, застосувавши менш вартісний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30 і він, до того ж, має дещо менші габаритні розміри, що дає можливість зекономити на виробничій площі дільниці цеху;

– три отвори Ø6,5 мм та чотири отвори М6-7Н обробляти на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі 2Р135Ф2, для чого до технологічного маршруту вводиться третя операція 015;

– для операції 015 розробити установно-затискне пристосування.

Ці зміни мають удосконалити базовий технологічний процес, але це в подальшому потрібно довести відповідними економічними розрахунками.

Таблиця 1.5 – Удосконалений технологічний процес

Операція	Найменування операції. Зміст переходів	Обладнання
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити пов. 1, 2 попередньо. 2. Розточити отв. 3 попередньо, торець 4 однократно. 3. Розточити отв. 5 попередньо, торець 6, отв. 7, торець 8 однократно. 4. Точити пов. 1, 2 остаточно. 5. Розточити отв. 3, 5 попередньо. 6. Розточити отв. 3, 5 з пов. 11 остаточно. 	Верстат токарно-револьверний з ЧПК моделі 1П420Ф30

Продовження таблиці 1.5

010	<p style="text-align: center;">Токарна з ЧПК</p> <p>1. Точити пов. 12, 13 попередньо, пов. 14 однократно, пов. 16 однократно.</p> <p>2. Точити пов. 12, 134 попередньо.</p> <p>3. Точити пов. 13 і торець 12 остаточно.</p>	1П420Ф30
015	<p style="text-align: center;">Свердлильна з ЧПК</p> <p style="text-align: center;">Установ А</p> <p>1. Центрувати 3 отв. 10.</p> <p>2. Свердлити 3 отв. 10.</p> <p>Перевстановлення заготовки на 180</p> <p style="text-align: center;">Установ Б</p> <p>1. Центрувати 4 отв. 15.</p> <p>2. Свердлити 4 отв. 15.</p> <p>3. Нарізати різь у 4-х отв. 15.</p>	Верстат вертикаально-свердлильний з ЧПК моделі 2P135Ф2

1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного маршруту [12]

Оскільки деталь типу «Кришка передня Д06.037» не може бути реалізована на ринку самостійно, а використовується тільки як складова електродвигуна, який виготовляє підприємство, то прогноз величини попиту не проводимо.

1.6.1 Визначення величини зменшення собівартості одиниці продукції

На дільниці виготовляється деталь «Кришка передня Д06.037», річна програма складає 16000 шт.

Визначаємо зменшення собівартості одиниці продукції, яка буде виготовлятися за удосконаленим технологічним маршрутом :

$$\Delta S = \frac{(B_a - B_n \cdot K_n) \cdot 100\%}{\Pi\%} [\text{грн.}],$$

де V_a – величина однієї із статей витрат в одиниці продукції, яка є аналогом, грн.;

V_H – величина цієї ж статті прямих витрат в одиниці нової продукції, грн.;

K_H – коефіцієнт, який враховує конструктивні і технологічні особливості нової розробки, $R_H = 1 \dots 1,2$;

Π – питома вага цієї статті витрат в собівартості продукції, яка є аналогом, %.

Проведемо порівняння за статтею – заробітна плата:

$$V_a = 12,5 \text{ грн.}; V_H = 6,34 \text{ грн.}; \Pi = 15 \%; K_H = 1,1$$

Тоді:

$$\Delta S = \frac{(12,5 - 6,34 \cdot 1,1) \cdot 100}{15} = 36,8 \text{ (грн.)}$$

1.6.2 Визначення величини додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення можна спрогнозувати за формулою:

$$\Delta K = (2 - 4) V_{\text{обл.}} \text{ [грн.]},$$

де $(2 - 4)$ – коефіцієнт, який враховує витрати на проектування, оренду приміщення, тощо, грн.;

$V_{\text{обл.}}$ – вартість обладнання, оснащення, тощо, які необхідно придбати або виготовити для упровадження нового технологічного процесу, побудови цеху, дільниці, тощо, грн.:

$$\Delta K = 2 \times 750000 = 1500000 \text{ (грн.)},$$

де вартість верстата моделі 1П420Ф30 – 750000 грн. (придбано за зниженою ціною як бувшого у використанні; верстат моделі 2Р135Ф2 передано з цього підприємства з іншої дільниці; витрати на проектування та виготовлення нового спеціального пристосування для верстата моделі 2Р135Ф2 складають 18000 грн.; вер-

стат моделі 1П420Ф40 (1 шт.), який не буде використовуватися у модернізованому технологічному процесі, продається за ціною 625000 грн.

Отже витрати на обладнання складуть:

$$\Delta K = 1500000 - 625000 = 875000 \text{ (грн.)}$$

1.6.3 Визначення терміну окупності удосконаленого технологічного процесу

Якщо існуючий технологічний процес (1) удосконалюється (модернізується) і внаслідок чого з'являється удосконалений процес (2), то у цьому випадку ведеться розрахунок додаткових капітальних вкладень (ΔK) на модернізацію ТП, а також зменшення собівартості продукції (ΔS), що буде виготовлятися в модернізованому ТП у порівнянні з базовим.

Механізм співставлення додаткових капітальних вкладень та економії на собівартості продукції зводиться до розрахунку терміну окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T_o = \frac{\Delta K}{(S_1 - S_2)N} = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N} \text{ [років]},$$

де ΔK – додаткові капітальні вкладення на модернізацію дільниці, цеху, тощо, грн.;

S_1, S_2 – собівартості одиниці продукції при застосуванні відповідно базового та модернізованого технологічних процесів, грн./шт.;

ΔS – зменшення собівартості одиниці продукції, грн.;

N – обсяг виготовлення нової продукції за рік при застосуванні нового, модернізованого ТП, шт.

Якщо термін окупності T_o буде менший за нормативний, тобто менший за 3 – 5 років, то модернізація ТП буде економічно виправдана.

Таким чином:

$$T_o = \frac{875000}{36,8 \cdot 16000} = 1,5 \text{ (року)}.$$

1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Технічне завдання на МКР наведено в додатку А.

Висновки

Попередні розрахунки показали, що запропоноване удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06. 037» забезпечує термін окупності капітальних вкладень величиною 1,5 року, що менше за нормативний (3...5 років).

Отже, впровадження удосконаленого технологічного процесу є економічно доцільним.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037»

2.1 Аналіз технологічності деталі [4, 16 21]

Маса деталі незначна і складає 0,477 кг. Форма деталі достатньо складна. В основному це стосується отворів та вимог до їх розташування. Зовнішній контур утворюється комплексом поверхонь циліндричної форми у вигляді сходинок, причому їх діаметри на кожній сходинці зменшуються, що надає відповідні зручності під час їх механічної обробки, тобто зовнішній контур є цілком технологічним. Внутрішня частина деталі являє собою систему отворів, які розташовані з обох боків деталі, тобто ця частина деталі створює певні труднощі під час виготовлення вихідної заготовки. Причому, найдоцільнішим методом отримання заготовки такої конфігурації з ливарного алюмінієвого сплаву АК7 є лиття або в піщані форми, або в кокіль.

Розташування поверхонь деталі дозволяє виконати переважну частину обробки з використанням високопродуктивного обладнання (в завданні задані умови серійного виробництва) призначеного для комплексної обробки – токарні переходи та використання осьових інструментів (свердління, цекування, нарізання різей, фрезерування). Цим обладнанням можуть бути напівавтоматичні, автоматичні верстати, у тому числі – верстати з ЧПК.

До недоліків конструкції щодо технологічності, крім вказаного вище, можна віднести те, що більшість поверхонь, в основному це отвори, потребує декілька переходів обробки. Деякі з цих отворів є глухими.

Разом з тим, деталь має достатньо розвинені базові поверхні, доступ інструментів до оброблюваних поверхонь вільний. Вимоги до точності розмірів та шорсткості поверхонь можна забезпечити вибором відповідних технологічних методів обробки та режимів різання. Всі поверхні деталі доступні для контролю.

Таким чином, якісний аналіз технологічності конструкції свідчить, що конструкція деталі є достатньо технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації роботи

2. 2. 1 Визначення типу виробництва

Вихідні дані:

- річний обсяг виготовлення деталі 16000 шт.;
- режим роботи підприємства – 2 зміни;
- дійсний річний фонд роботи обладнання, $F_d = 3890$ год. (для верстатів з ЧПК);
- маса деталі – 0,447 кг.

Тип виробництва визначався за коефіцієнтом закріплення операцій [4]:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{j=1}^m P_j} \quad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^n O_i$ – сумарна розрахункова кількість операцій, які виконуються на всіх n робочих місцях дільниці;

$\sum_{j=1}^m P_j$ – сумарна кількість робочих місць m для виконання операцій.

Розглянуто найхарактерніші поверхні, час обробки яких визначено за наближеними формулами основного часу обробки [9] і зведемо вихідну та отриману інформацію до таблиці 2.1.

Штучно-калькуляційний час обробки визначено за формулою

$$T_{шт-к_1} = \varphi_k \cdot \sum T_{O_i}, [\text{хв}] \quad (2.2)$$

де φ_k – коефіцієнт, який враховує співвідношення між основним та штучно-калькуляційним часом;

$\sum T_{O_i}$ – сумарний основний час на кожній операції.

Таблиця 2.1 – Результати визначення витрат основного часу

Поверхня обробки, її характеристики	Наближена формула для визначення витрат основного часу T_0	D , мм	l , мм	T_0 , хв.
1	2	3	4	5
Отв. $\varnothing 118H7$, $Ra = 1,6$ мкм	1. $0,000068 \cdot D \cdot l$ – чорнове розточування	118	5	0,04
	2. $0,00019 \cdot D \cdot l$ – напівчистове розточування	118	5	0,112
Торець отв. $\varnothing 118H7$, $Ra = 12,5$ мкм	1. $0,000045 \cdot (D^2 - d^2)$ – однократне підрізання торця	$D = 118$ мм $d = 102$ мм	–	0,158
Отв. $\varnothing 42H7$, $Ra = 1,6$ мкм	1. $0,000068 \cdot D \cdot l$ – чорнове розточування	42	15	0,0428
	2. $0,00019 \cdot D \cdot l$ – напівчистове розточування	42	15	0,1197
Торець отв. $\varnothing 42H7$, $Ra = 6,3$ мкм	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця 2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 42$ мм $d = 20$ мм	–	0,03 0,0709
Пов. $\varnothing 80H7$, $Ra = 3,2$ мкм	1. $0,000075 \cdot D \cdot l$ – чорнове точіння	80	3	0,018
	2. $0,00017 \cdot D \cdot l$ – напівчистове точіння	80	3	0,0408
2 торці в розмір $30h12$ (до отв. $\varnothing 118$), $Ra = 3,2$ мкм (один торець)	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця	$D = 148$ мм $d = 118$ мм	–	0,1756
	2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 148$ мм $d = 148$ мм	–	0,415
2 торці в розмір $30h12$ (починаючи з пов. $\varnothing 51$), $Ra = 3,2$ мкм (один торець)	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця	$D = 51$ мм $d = 42$ мм	–	0,0184
	2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 51$ мм $d = 42$ мм	–	0,0435
2 торці в розмір $30h12$ (з боку пов. $\varnothing 80$), $Ra = 12,5$ мкм	1. $0,000045 \cdot (D - d)$ – однократне підрізання торця	$D = 80$ мм $d = 70$ мм	–	0,00045
торець в розмір $27h12$, $Ra = 3,2$ мкм	1. $0,000022 \cdot (D^2 - d^2)$ – чорнове підрізання торця	$D = 124$ мм $d = 80$ мм	–	0,197
	2. $0,000052 \cdot (D^2 - d^2)$ – чистове підрізання торця	$D = 124$ мм $d = 80$ мм	–	0,467
3 отв. $\varnothing 6,5$, $Ra = 6,3$ мкм	1. $0,00056 \cdot D \cdot l$ – однократне свердління	6,5	10	0,109
3 отв. М6-7Н, $Ra = 6,3$ мкм	1. $\frac{1}{t_p} \cdot 0,00063 \cdot D \cdot l$ – нарізання різі машинним мітчиком	6	10	0,113

Штучно-калькуляційний час по переходах обробки:

1) токарна обробка:

$$T_{шт-к_{токар}} = (0,04 + 0,112 + 0,158 + 0,0428 + 0,1197 + 0,03 + 0,0709 + 0,018 + 0,0408 + 0,1756 + 0,415 + 0,0184 + 0,0435 + 0,00045 + 0,197 + 0,467) \cdot 1,17 = 1,949 \cdot 1,17 = 2,28 \text{ (хв.)}$$

2) свердлильна обробка:

$$T_{шт-к_{св.}} = (0,109 + 0,113) \cdot 1,25 = 0,2775 \text{ (хв.)}$$

Розрахункова кількість верстатів [4]:

$$C_{P_i} = \frac{N \cdot T_{шт-к_i}}{F \cdot 60 \cdot \eta_{з.н}}$$

де $\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, який дорівнює 0,75 для умов серійного виробництва

1) токарна обробка:

$$C_{P_{токар}} = \frac{16000 \cdot 2,28}{3890 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,208, \text{ приймаємо } C_{P_{токар}} = 1 \text{ верстат}$$

2) свердлильна обробка:

$$C_{P_{св.}} = \frac{16000 \cdot 0,2775}{3890 \cdot 60 \cdot 0,75} = 0,02536, \text{ приймаємо } C_{P_{св.}} = 1 \text{ верстат}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф} = \frac{C_{P_i}}{C_{нр_i}}$$

1) токарна обробка:

$$\eta_{з.ф_{токар}} = \frac{0,208}{1} = 0,208$$

2) свердлильна обробка:

$$\eta_{з.ф_{св.}} = \frac{0,02536}{1} = 0,02536$$

Кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці [4]:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}}$$

1) токарна обробка:

$$O_{\text{ток}} = \frac{0,75}{0,208} = 3,6, \text{ приймаємо } O_{\text{ток,вр}} = 4;$$

2) свердлильна обробка:

$$O_{\text{св.}} = \frac{0,75}{0,02536} = 29,57, \text{ приймаємо } O_{\text{св,вр}} = 30.$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою (2.1)

$$K_{з.о} = \frac{4 + 30}{1 + 1} = \frac{34}{2} = 17$$

Згідно з ГОСТ 14.004 – 74 отриманий коефіцієнт закріплення відповідає умовам середньсерійного виробництва (10...20), яке й прийнято для подальшої роботи.

2.2.2 Визначення форми організації робіт [4]

1) Денний випуск деталей:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} = 62,99 \approx 63 \text{ деталі}$$

2) Денна продуктивність потокової лінії:

$$Q_{\text{д}} = \left(\frac{F_{\text{д}}}{T_{\text{сер}}} \right) \cdot \eta_{з.л} \quad (2.3)$$

де $F_{\text{д}}$ – денний фонд часу роботи обладнання, $F_{\text{д}} = 952$ хв. при 2-х змінах роботи, $T_{\text{сер}}$ – середня трудомісткість операцій:

$$T_{\text{сер}} = \frac{2,28 + 0,2775}{2} = 1,278 \text{ (хв.)}$$

Отже:

$$Q_{\text{д}} = \left(\frac{952}{1,278} \right) \cdot 0,75 = 558,68 \approx 559 \text{ (дет/хв.)}$$

Оскільки, $Q_d > F_d$, то застосування потокової лінії недоцільно тому вибрано групову форму організації робіт.

3) Кількість деталей у партії для одночасного запуску у виробництво:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [дет.]} \quad (2.4)$$

де a – періодичність запуску у днях, приймаємо $a = 12$ днів.

Тоді:

$$n = \frac{16000 \cdot 12}{254} = 755,9, \text{ приймаємо } n_{np} = 756 \text{ дет.}$$

4) Розрахунок кількості змін роботи на обробку всієї партії деталей:

$$C = \frac{T_{сер} \cdot n_{np}}{476 \cdot \eta_{з.н}} = \frac{1,278 \cdot 756}{476 \cdot 0,75} = 2,7, \text{ приймаємо } C_{np} = 3 \text{ зміни}$$

5) Уточнення кількості деталей у партії:

$$n'_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 3}{1,278} = 838 \text{ (дет.)}$$

Висновок: прийнято групову форму організації виробничого процесу, запускаючи на обробку через кожні 12 днів партії деталей обсягом 838 шт. (3 зміни).

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.

Для заготовки, яка виготовляється зі сплаву марки АК7 і має масу 0,447 кг, відноситься до класу типових деталей «Диски», найприйнятнішими способами виготовлення заготовки є:

- лиття під тиском;
- лиття в кокіль.

Кількісні та якісні характеристики вибраних способів лиття наведено в таблиці 2.2 [11].

Таблиця 2.2 – Кількісна характеристика способів лиття [11]

Лиття в кокіль	Під тиском	Спосіб лиття
С	М, С	Тип виробництва
Сталь, чавун, кольорові метали	Цинкові, алюмінієві, магнієві, мідні сплави	Матеріал вилівка
0,1...50	0,001...13	Маса, кг
≥ 3	0,5...6,0	Товщина стінок, мм
12...15	9...13	Квалітет
80...20	40...10	Шорсткість Rz, мкм
0,71...0,75	0,95...0,98	Коефіцієнт використання матеріалу
Виготовлення товстостінних виливків простої та середньої форми складності	Тонкостінні вилівки складної конфігурації	Технологічні особливості
Муфти, втулки, стакани, маховики, колеса	Корпуси приладів, паяльні роз'єми	Області застосування

Таблиця 2.3 – Якісні характеристики способів лиття [11]

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
1	2	2	4	5
Лиття під тиском	Рідкий метал з великою швидкістю заповнює порожнину металеві прес-форми і кристалізується під тиском. Лиття здійснюється на поршневих (1000...3600 заливок за годину) та компресійних (60...500 заливок за годину) машинах	Головні особливості процесу: металева форма (включаючи і стержні) та високий тиск на рідкий метал. Це дозволяє отримувати заготовки з товщиною стінок до 0,5 мм, точністю розмірів до 9 квалітету і параметрами шорсткості поверхні $Rz = 40...10$ мкм	Складність і тривалість виготовлення прес-форми, її висока вартість і невелика стійкість. В металевих прес-формах важко виготовити та вилучити вилівки із складними порожнинами. По причині невідповідності форми можлива поява залишкових напружень	Цим способом отримують складні, близькі по конфігурації до готових деталей тонкостінні заготовки масою від декількох грамів із цинкових, алюмінієвих та ін. сплавів

Продовження таблиці 2.3

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
1	2	3	4	5
Лиття в кокіль	Розплавлений метал заливається до багатократної металевої форми – кокілю	Отримання виливків із стабільними і точними розмірами, підвищені механічні властивості, зменшені витрати металу	Ускладнений процес отримання заготовок із тонкими стінками, висока вартість кокілів	Серійне виробництво

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки

Вибір параметрів заготовки

Таблиця 2.4 – Вибір параметрів заготовки

Вихідні дані	Лиття під тиском (ЛТ)		Кокільне лиття (КЛ)	
	Згідно з ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно з ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності [11, табл.9]	3 – 7т	5	6 – 11т	8
Ступінь жолоблення елементів виливка [11, табл.10]	3 – 5 $\left(\frac{10}{148} = 0,067\right)$	3	3 – 5	3
Ступінь точності поверхонь виливка [11, табл. 11]	3 – 7	5	7 – 13	10
Шорсткість поверхонь виливка [11, табл. 12]	Ra = 5 мкм	Ra = 5 мкм	Ra = 16 мкм	Ra = 16 мкм
Клас точності маси [11, табл.13]	1 – 7	4	4 – 11	7
Ряд припусків [11, табл.14]	1 – 4	2	3 – 6	4

Призначення допусків

Визначаємо попередньо необхідні розміри для призначення допусків, мм: отвір Ø42H7, 30, 10 (глибина западини Ø70), 10 (товщина фланцевої частини), 17 (глибина внутрішньої порожнини Ø102), 15.

Призначені допуски на визначені розміри зводимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Допуски на розміри заготовок, виготовлених литтям під тиском

Розміри, мм Допуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø102)	15	Ø118H 7	5	27	Ø80h7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. На розмір [2,т.1]	0,5	0,44	0,32	0,32	0,4	0,36	0,64	0,28	0,44	0,56
2. Круглість, співвіс- ність[2,т.1]	0,5	0,44	0,32	0,32	0,4	0,36	0,64	0,28	0,44	0,56
3. Зміщення від площини рознімання [2, т.1]	0,28 (товщина стінки, утворена отв. Ø42H7 та виборкою, глибиною 10 мм –5 мм)									
4. Форма та розташуван- ня повер- хонь [2, т.2]	0,2									
5. Допуск загальний [2, т.16]	0,56	0,56	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,44	0,56	0,7
6. Нерівність поверхонь [2, т.3]				0,12						
7. Маси [2, т.4]				2,4 %						

Таблиця 2.6 – Допуски на розміри заготовки, виготовлених литтям в кокіль

Розміри, мм Допуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø10 2)	15	Ø118 H7	5	27	Ø80 h7
1. На розмір [2, т. 1]	1,2	1,1	0,8	0,8	1,0	0,9	1,6	0,7	1,1	1,4
2. Круглість, співвісність [2, т. 1]	1,2	1,1	0,8	0,8	1,0	0,9	1,6	0,7	1,1	
3. Форми та розташуван- ня поверхонь [2, т. 2]		0,2								
4. Зміщення від площини роз'єму [2, т. 1]	0,8 (товщина стінки 5 мм)									
5. Допуск за- гальний [2, т. 16]	1,2	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	1,6	0,8	1,2	1,6
6. Нерівність поверхонь [2, т. 3]		0,4								
7. Маса [2, т. 4]		8 %								

Призначення напусків

Мінімально можливий розмір виливних отворів визначаємо за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S_0 \text{ [мм]}, \quad (2.5)$$

де d_0 – вихідний діаметр;

S_0 – товщина стінки (довжина стержня);

Для алюмінієвих сплавів $d_0 = 7$ мм [11], а товщина стінки $S_0 = 2$ мм [11].

Отже, $d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 2 = 7,2$ (мм).

Тобто, на 3 отворів Ø6,5 мм та 4 різьбових отворів М6 (мінімальні розміри отворів на заданій деталі) призначаємо напуски. Напуски призначаємо і на 3 вибірки R9 та поверхню Ø80H7 мм.

Призначення припусків

Таблиця 2.7 – Припуски на поверхні заготовки

Розміри, мм Припуски, мкм	Ø42 H7	30	10 (Ø70)	10	17 (Ø102)	15	Ø118 H7	5	27	Ø80 h7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лиття під тиском										
1.Мінімальний припуск, мм [2, т.5]	0,2×2	0,2×2	0,2	0,2	0,2	0,2×2	0,2×2	0,2	0,2	0,2×2
2.Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,025}{0,56} = -0,0446$	$\frac{0,21}{0,56} = -0,375$	$\frac{0,15}{0,4} = -0,375$	$\frac{0,15}{0,4} = -0,375$	$\frac{0,18}{0,5} = -0,36$	$\frac{0,18}{0,5} = -0,36$	$\frac{0,035}{0,7} = -0,05$	$\frac{0,12}{0,44} = -0,272$	$\frac{0,21}{0,56} = -0,375$	$\frac{0,03}{0,7} = -0,043$
3.Кількість переходів [, т.7]	3	2	2	2	2	2	4	2	2	3
4.Рівень точності обробки [2, т.15]	середній									
5.Загальний припуск, мм [2 , т.6]	2×0,9	0,9(Ø148) 0,7(Ø124)	0,7	0,9	0,9	0,9	2×1,1	0,9(Ø148) 0,5(Ø102)	2×0,9	2×1,1
6.Розміри заготовки, мм	Ø4,02	31,6	10,7	10,9	17,9	15,9	Ø115,8	5,4	28,8	Ø82,2
Лиття в кокіль										
1. Мінімальний припуск, мм	0,4×2	0,4×2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4×2	0,4	0,9×2	0,4×2
2. Співвідношення допусків розмірів	$\frac{0,025}{1,2} = -0,0208$	$\frac{0,21}{1,2} = -0,175$	$\frac{0,15}{0,8} = -0,1875$	$\frac{0,15}{0,8} = -0,1875$	$\frac{0,18}{1,0} = -0,18$	$\frac{0,18}{1,0} = -0,18$	$\frac{0,035}{1,6} = -0,0218$	$\frac{0,12}{0,8} = -0,15$	$\frac{0,21}{1,2} = -0,175$	$\frac{0,03}{1,6} = -0,0188$
3.Кількість переходів	4	2	2	2	2	2	4	2	2	3
4.Рівень точності обробки	середній									
5.Загальний припуск, мм	2,0×2	1,6(Ø148) 1,2(Ø124)	1,2	1,6	1,6	1,6	1,4×2	0,9(Ø102) 1,6(Ø148)	1,6×2	2,3×2
6.Розміри заготовки, мм	Ø38	32,8	11,2	11,6	18,6	16,6	Ø115,2	5,7	30,2	Ø84,6

2.3.3 Вибір конструктивних елементів [11]

Визначення мінімально можливої товщини стінок виливка

Найменшу товщину стінок визначають в залежності від габаритів заготовки:

$$N = \frac{(2 \cdot l + b + h)}{3}, [\text{мм}]$$

де l, b, h – відповідно довжина, ширина і висота заготовки

$$N = \frac{(2 \cdot 148 + 148 + 30)}{3} = \frac{474}{3} = 158 \text{ (мм)} = 0,158 \text{ (м)}$$

Для виливків з алюмінієвих сплавів товщину стінок призначаємо приблизно 2,5 мм (рекомендація [11, с. 56 стосується $N \leq 0,1 \text{ мм}$]), тобто:

$$S_{\min} \approx 2,5 \text{ мм}$$

Визначення радіусів заокруглення

За [11] призначаємо такі радіуси заокруглення:

- спряження поверхонь $\varnothing 148$ та $\varnothing 124$

$$S_1 = 10 \text{ мм}; S = 30 \text{ мм};$$

$$\frac{S + S_1}{2} = \frac{10 + 30}{2} = 20 \text{ (мм)} \quad R \cong 5 \text{ мм}$$

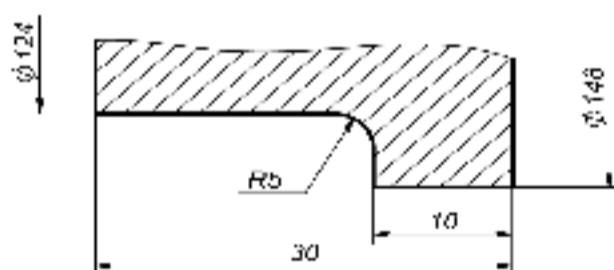


Рисунок 2.1 – Спряження поверхонь $\varnothing 148$ та $\varnothing 124$

– для внутрішніх спряжень отворів з їх торцевими поверхнями:

отв. $\varnothing 102$, отв. під $\varnothing 42H7$, отв. $\varnothing 70$ – в межах $1 \div 2$ мм;

- для спряження торця отв. $\varnothing 102$ з отвором $\varnothing 51$ конструктор задав радіус 1 мм;

– для спряження торця отв. $\varnothing 148$ з отвором $\varnothing 118H7$ – в межах $1 \div 2$ мм;

– призначення ливарних нахилів:

– для зовнішньої поверхні $\varnothing 148$: $\angle 1^{\circ}43'$;

– для зовнішньої поверхні $\varnothing 124$: $\angle 0^{\circ}17'$;

– для внутрішніх поверхонь:

$\varnothing 70$ – $\angle 0^{\circ}30'$;

$\varnothing 102$ – $\angle 0^{\circ}23'$;

$\varnothing 38, \varnothing 40,2$ – $\angle 0^{\circ}41'$;

$\varnothing 118$ – $\angle 0^{\circ}23'$.

2.3.4 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

1. Зміщення роз'єму допускається до 0,28 (0,8) мм.
2. Невказані ливарні радіуси для внутрішніх поверхонь – $1 \div 2$ мм.
3. Точність виливків:

5-3-5 – 3 м ГОСТ 26645-85 (ЛТ)

8-3-10 – 3 м ГОСТ 26645-85 (КЛ)

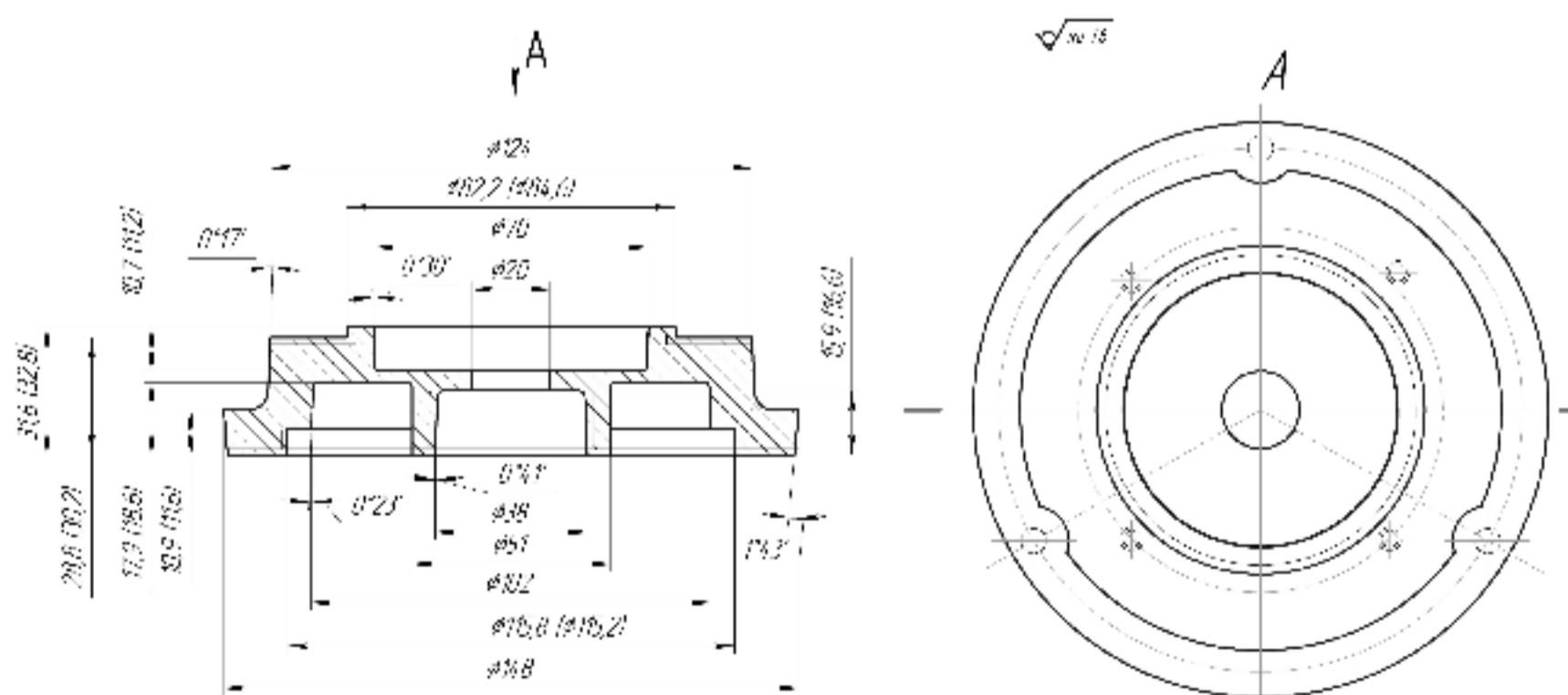


Рисунок 2.2 – Креслення заготовок, отриманих литтям під тиском (ЛТ) та в кокіль (КЛ) (розміри в дужках відносяться до лиття в кокіль)

2.3.5 Розрахунок маси і коефіцієнта точності маси заготовок

ЛТ: Визначаємо маси припусків та напусків, які знімаються при механічній обробці заготовки:

- Напуски:

$$3 \text{ отв. } \varnothing 6,5: m_1 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 6,5^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,686 \text{ (г)}$$

$$3 \text{ отв. М6-7Н: } m_2 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,289 \text{ (г)}$$

$$3 \text{ отв. } \varnothing 32: m_3 = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 2,170 \text{ (г)}$$

Сумарна маса напусків:

$$\sum m_{\text{нап.ЛТ}} = 2,686 + 2,289 + 2,170 = 7,145 \text{ (г)}$$

– Припуски:

– Торець пов. $\varnothing 148$:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{\pi \cdot 148^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \\ &- \left[\frac{\pi \cdot 115,8^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 + \left(\frac{\pi \cdot 51^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 40,2^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \right) \right] = \\ &= 41,783 - [25,579 + (4,961 - 3,083)] = 41,783 - 27,457 = 14,326 \text{ (г)} \end{aligned}$$

– Торець пов. $\varnothing 80h7$:

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 82,2^2}{4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 10,0247 - 7,2698 = 2,755 \text{ (г)}$$

– Отвір $\varnothing 42H7$:

$$m_3 = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 40,2^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 56,082 - 51,378 = 4,704 \text{ (г)}$$

– Торець пов. $\varnothing 124$:

$$m_4 = \frac{\pi \cdot 124^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 82,2^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 29,330 - 12,889 = 16,441 \text{ (г)}$$

Сумарна маса припусків:

$$\sum m_{\text{прип.лр}} = 14,326 + 2,755 + 4,704 + 16,441 = 38,226 \text{ (г)}$$

Сумарна маса напусків та припусків:

$$\sum m_{\text{нап.+прип.лр}} = 7,145 + 38,226 = 45,371 \text{ г} \approx 0,0454 \text{ (кг)}$$

Маса заготовки, виготовленої литтям під тиском:

$$m_{\text{заг.лр}} = m_{\text{дет.}} + \sum m_{\text{нап.+прип.лр}} = 0,447 + 0,0454 \approx 0,492 \text{ (кг)}$$

КЛ: маса напусків ідентична литтю під тиском:

– Напуски:

$$\sum m_{\text{нап.кл}} = 7,145 \text{ г}$$

– Припуски:

– торець пов. Ø148:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{\pi \cdot 148^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \\ &- \left[\frac{\pi \cdot 115,2^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 + \left(\frac{\pi \cdot 51^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 38^2}{4} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \right) \right] = \\ &= 74,2808 - [45,0047 + (8,8205 - 4,8969)] = 74,2808 - 48,928 \approx 25,353 \text{ (г)} \end{aligned}$$

– торець пов. Ø80h7:

$$m_2 = \frac{\pi \cdot 84,6^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 18,2035 - 12,4627 = 5,7408 \text{ (г)}$$

– Отвір Ø42H7:

$$m_3 = \frac{\pi \cdot 42^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 38^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 56,082 - 45,908 = 10,174 \text{ (г)}$$

– торець пов. Ø124:

$$m_4 = \frac{\pi \cdot 124^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 - \frac{\pi \cdot 84,6^2}{4} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 = 39,107 - 18,204 = 20,903 \text{ (г)}$$

Сумарна маса припусків

$$\sum m_{\text{прип.кд}} = 25,353 + 5,7408 + 10,174 + 20,903 \cong 62,171 \text{ (г)}.$$

Сумарна маса напусків та припусків

$$\sum m_{\text{нап.+прип.кд}} = 7,145 + 62,171 = 69,316 \text{ г} \approx 0,069 \text{ (кг)}.$$

Маса заготовки, виготовленої кокільним литтям:

$$m_{\text{заг.кд}} = m_{\text{дет.}} + \sum m_{\text{нап.+прип.кд}} = 0,447 + 0,069 = 0,516 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо коефіцієнти точності маси заготовок:

- лиття під тиском

$$K_{\text{в.м.лт}} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{заг.лт}}} = \frac{0,447}{0,492} = 0,908;$$

- лиття в кокіль

$$K_{\text{в.м.кд}} = \frac{m_{\text{дет.}}}{m_{\text{заг.кд}}} = \frac{0,447}{0,516} = 0,866.$$

2.3.6 Техніко–економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Собівартість виготовлення однієї заготовки визначено за формулою [4]

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_i}{1000} \cdot m_{\text{заг}} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_v \cdot K_M \cdot K_n - (m_{\text{заг}} - m_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}. \text{ [грн.]}$$

Для лиття під тиском

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{140000}{1000} \cdot 0,492 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,09 \right) - (0,492 - 0,477) \frac{6000}{1000} = 71 - 0,21 = 70,79 \text{ (грн)}$$

Для лиття в кокіль

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{41000}{1000} \cdot 0,516 \cdot 1,05 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \right) - (0,516 - 0,477) \frac{6000}{1000} = 54,4 - 0,26 = 54,14 \text{ (грн)}$$

Оскільки заготовка, виготовлена литтям у кокіль, має меншу собівартість, то для подальшого проектування остаточно вибрано саме цей спосіб її виготовлення.

Економічний ефект при використанні лиття в кокіль складе

$$E = (71,8 - 54,1) \cdot 16000 = 283200 \text{ (грн.)}$$

2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки

2.4.1 Визначення кількості ступенів і методів механічної обробки циліндричної поверхні Ø118H7

Розглянемо можливість отримання одного з найточніших отворів деталі Ø118H7, Ra = 1,6 мкм найбільш продуктивними та прогресивними методами

Запропонована така послідовність обробки цієї поверхні:

- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування тонке.

Але тонке розточування у такій послідовності рекомендоване для отримання шорсткості в межах Ra = 0,8...0,2 мкм, тому будемо орієнтуватися для отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм на третьому переході обробки остаточним розточуванням.

Перевіримо цю рекомендацію з точки зору кількості переходів обробки шляхом визначення коефіцієнта уточнення [16].

Загальне уточнення фактичне:

$$\varepsilon_{\Sigma\phi} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_i \cdot \dots \cdot \varepsilon_n, \quad (2.6)$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n$ – уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки по одному з переходів.

Потрібне уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma\text{нотр.}} = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}} = \frac{a_{\text{заг.}}}{a_{\text{дет.}}}, \quad (2.7)$$

де $T_{\text{заг.}}, T_{\text{дет.}}$ – допуски параметру, який розглядається, відповідно для заготовки та деталі;

$a_{\text{заг.}}, a_{\text{дет.}}$ – кількість одиниць допуску для даного квалітету точності відповідно для заготовки та деталі.

Для заготовки (див. р. 2.3):

$$T_{заг.} = 1600 \text{ мкм},$$

для 7 квалітету точності (деталі):

$$T_{дет.} = 35 \text{ мкм}$$

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma_{ногр.}} = \frac{1600}{35} = 45,7,$$

$$n = \lg 45,7 / 0,46 = 3,6.$$

Прийmemo $n_{пр.} = 3$.

Призначаемо уточнення по окремим переходам:

$$\varepsilon_1 = 5, \quad \varepsilon_2 = 4, \quad \varepsilon_3 = 2,5$$

де $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ – уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки по одному з переходів.

де ε_1 – чорнова обробка;

ε_2 – напівчистої обробки;

ε_3 – чистова обробка.

Тоді:

$$\varepsilon_{\Sigma_{\phi}} = 5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 50$$

Умова $\varepsilon_{\Sigma_{\phi}} > \varepsilon_{\Sigma_{ногр.}}$ виконується, тому що $50 > 45,7$), а це свідчить про те, що кількість переходів та їх послідовність вибрані вірно.

Після чорнової обробки точність збільшується з $\pm IT15$ до $\pm IT12$, після напівчистої обробки – з $IT12$ до $IT9$, після чистої обробки – з $IT9$ до $IT7$.

Перевіримо це:

$$a_1 = \frac{T_{заг.}}{\varepsilon_1} = \frac{1600}{5} = 320 \text{ (мкм)} \quad (T_{табл.} = 350 \text{ мкм})$$

$$a_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{320}{4} = 80 \text{ (мкм)} \quad (T_{табл.} = 87 \text{ мкм})$$

$$a_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{80}{2,5} = 32 \text{ (мкм)} \quad (T_{\text{табл.}} = 35 \text{ мкм})$$

Тобто, вибране уточнення цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки і кількості переходів по економічній точності.

Таким чином, остаточно для обробки отв. Ø118H7 приймаємо три переходи в такій послідовності:

- розточування попереднє;
- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

2.4.2 Визначення кількості ступенів і методів механічної обробки циліндричних поверхонь Ø42H7 та Ø80H7

Таблиця 2.8 – Визначення кількості ступенів і методів обробки на інші точні поверхні

Розмір поверхні, мм	$\varepsilon_{\Sigma_{\text{погр.}}}$	n	$n_{\text{пр}}$	$\varepsilon_{\Sigma\phi}$	Перевірка допусків	Прийняті способи обробки
1	2	3	4	5	6	7
Отв. Ø42H7 $\delta = 26 \text{ мм}$	48	3,65	3	$5 \cdot 4 \cdot 2,5 = 50$	$T_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ мкм}$ (IT12 – 250 мкм) $T_2 = \frac{240}{4} = 60 \text{ мкм}$ (IT9 – 62 мкм) $T_3 = \frac{60}{2,5} = 24 \text{ мкм}$ (IT7 – 25 мкм)	1.Розточування попереднє. 2.Розточування попереднє. 3.Розточування остаточне.

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
Пов. Ø80h 7 δ = 30 мм	53,33	3,75	3	5,5·4·2,5 = 55	$T_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ мкм}$ (IT 12 – 250 мкм) $T_2 = \frac{240}{4} = 60 \text{ мкм}$ (IT 9 – 62 мкм) $T_3 = \frac{60}{2,5} = 24 \text{ мкм}$ (IT 7 – 25 мкм)	1. Точіння попереднє. 2. Точіння попереднє. 3. Точіння остаточне.

2.5 Вибір технологічних баз [7]

2.5.1 Вибір чорнових технологічних баз

Чорнові бази використовуються на першій або на першій та другій операціях при обробці чистових баз, тобто тих поверхонь, які використовуються за бази на всіх подальших операціях.

На першій операції базового технологічного процесу за чорнові бази прийняті зовнішня необроблювана циліндрична поверхня Ø148 мм та її внутрішній теж в подальшому необроблюваний торець. На цій операції обробляються отвори Ø42H7 та Ø118H7, отвір Ø 32 мм та група кріпильних отворів: 3 отвори Ø6,5 мм, отвір Ø42H7 та один з отворів Ø6,5 мм будуть використовуватись за чистові бази на наступній операції. Схема базування реалізована шляхом встановлення заготовки у трикулачковий самоцентрувальний патрон.

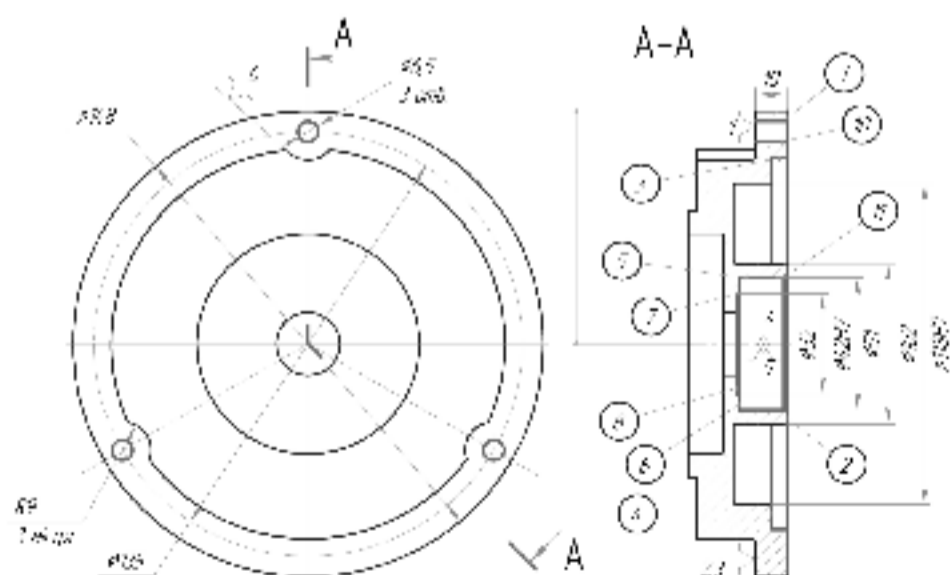


Рисунок 2.3 – Схема базування на чорнові бази (операція 005).

За такої схеми базування забезпечується розв'язання задачі забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями, а саме розміру 10 і забезпечується співвісність між зовнішньою необробленою поверхнею $\varnothing 148$ мм і точною виконавчою поверхнею – отвором $\varnothing 118H7$ мм.

Для орієнтування отворів $\varnothing 6,5$ мм відносно R9 передбачена підвідна опора – база 6.

2. 5.1.2 Удосконалений технологічний процес

На першій 005 операції чорнові бази ідентичні прийнятим у БТП (за винятком підвідної опори) і обробляються ті ж самі поверхні за винятком 3-х отв. $\varnothing 6,5$ кріпильного призначення. Заготовка теж встановлюється у трикулачковий патрон (рис. 2.2).

2.5.2 Вибір чистових технологічних баз

На операції 010 будуть оброблятися остаточно торець пов. $\varnothing 80h7$, пов. $\varnothing 80h7$, торець пов. $\varnothing 124$ та чотири отвори M6-7H.

Базування на цій операції будемо здійснювати по тим поверхням, які вже остаточно оброблені на операції 005, тобто по пов. $\varnothing 118H7$ (встановлення на круглій оправці) та по торцю пов. $\varnothing 148$ з фіксацією від провертання за допомогою зрізаного пальця, який вводиться до отвору $\varnothing 6,5$ мм.

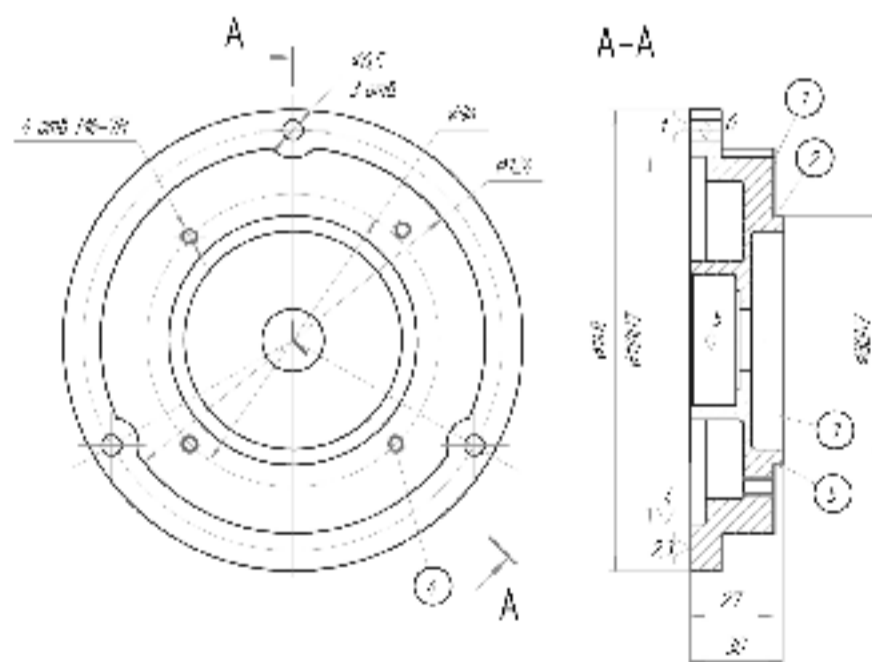


Рисунок 2.4 – Схема базування на чистові бази (операція 010)

Таблиця 2.9 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Розмір чи вимоги точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи мінімальність, або зумовлює наявність похибки базування
Розмір 27	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз
Розмір 30	Відсутня	Виконання принципу суміщення баз
Співвісність $\varnothing 80h7$ відносно отвору $\varnothing 118H7$ (база Б)	Мінімальна (дорівнює зазору між оправкою і отвором)	Виконання принципу суміщення баз

2.5.2.2 Удосконалений ТП

На операції 010 обробляються торець поверхні $\varnothing 80h7$, поверхня $\varnothing 80h7$ та торець поверхні $\varnothing 124$. Схема базування аналогічна базовому ТП (рис. 2.3).

На операції 015 з двох установів будуть оброблятися по черзі 2 групи отворів – 3 отвори $\varnothing 6,5$ та 4 отв. М6-7Н.

На першому установі деталь буде базуватися на площину торця і по циліндричній поверхні $\varnothing 80h7$. Для забезпечення правильного відносного розташування цих отворів відносно вибірок зовнішнього контуру осі заготовки одна з цих вибірок виконує функцію опорної бази.

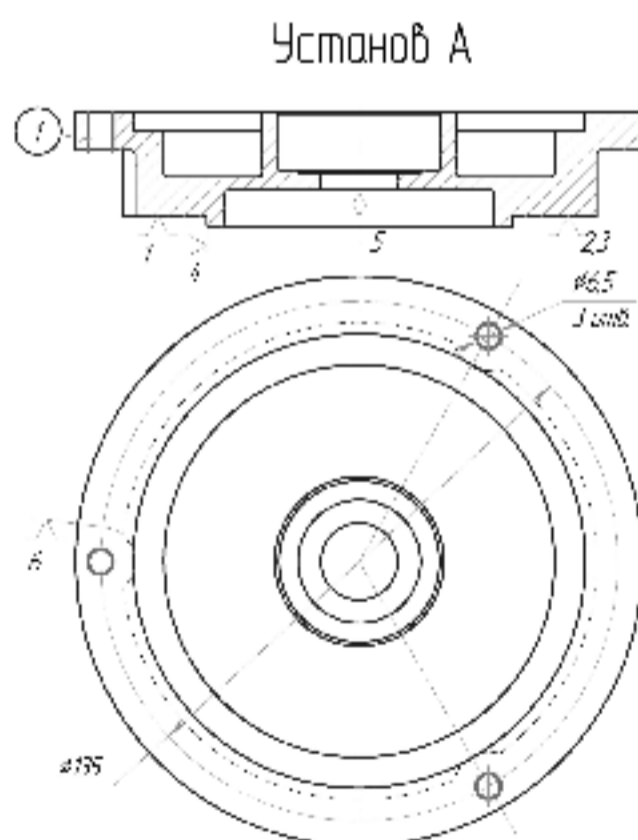


Рисунок 2.5 – Схема базування на першому установі операції 015

На другому установі заготовка базується на оправку по отвору $\text{Ø}118H7$ мм та по торцю циліндричної поверхні $\text{Ø}148$ мм, крім того, застосовується ще одна опора - зрізаний палець з базуванням по одному з отворів $\text{Ø}6,5$ мм.

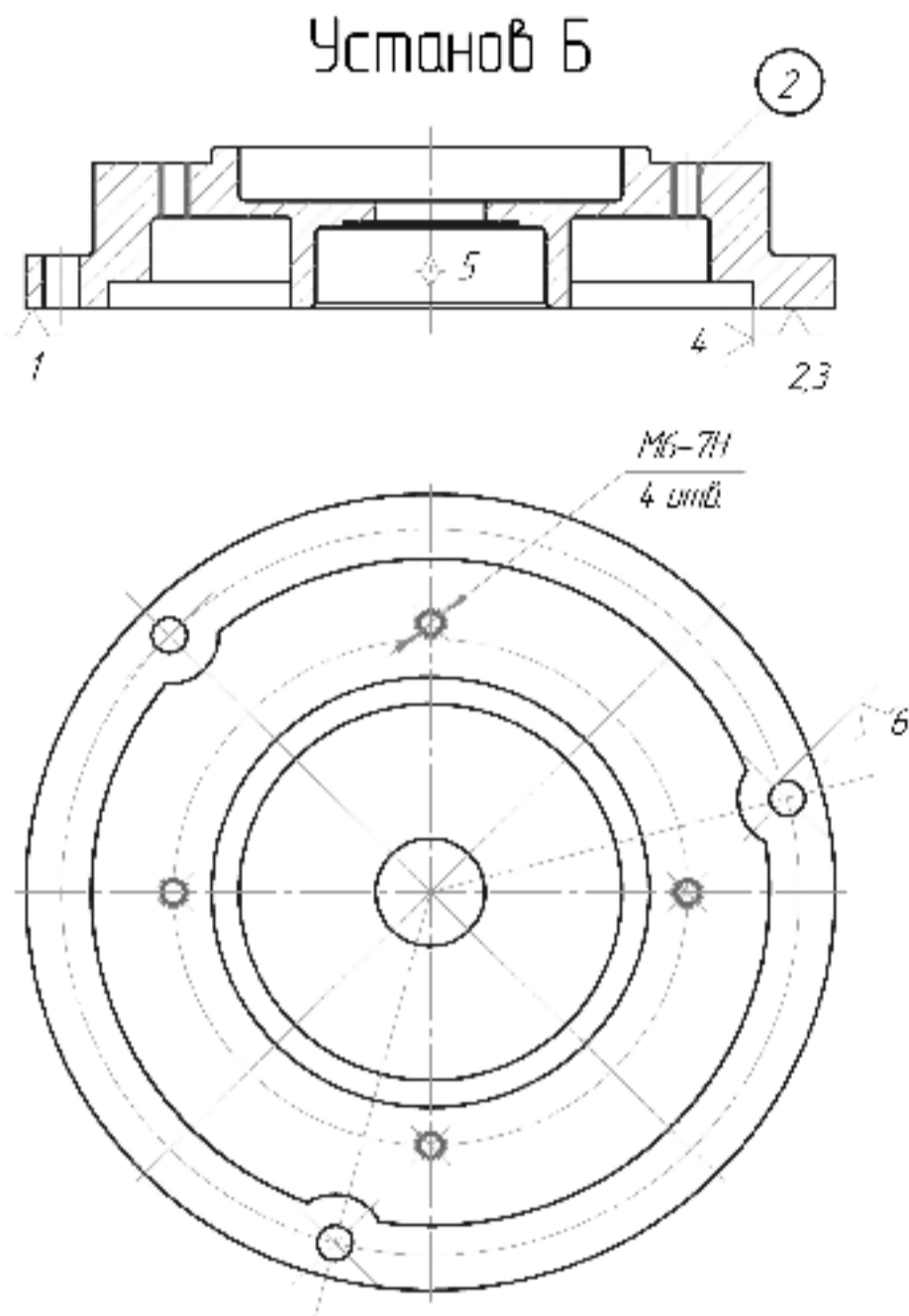


Рисунок 2.6 – Схема базування на другому установі операції 015

Запропоновані схеми базування реалізовані за рахунок конструювання верстатного пристосування. Це двомісний верстатний пристрій. Обробка двох груп отворів здійснюється за керувальною програмою на верстаті з ЧПК.

2.6 Розробка варіантів технологічного процесу

Таблиця 2.10 – Перший варіант технологічного процесу (базовий)

№ опр	Назва і зміст операції	Ескиз обробки зі схемою базування	Тип кваліфікації базувача
005	<p>Комбінована з ЧТК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Висновки згідно з ДСТУ 2 Точити поєд. 1,2 попередньо 3 Розточити поєд. 3 попередньо, попередні обточування 4 Розточити поєд. 5 попередньо, торцеві 6, поєд. 7, поєд. 8 попередньо 5 Обточити поєд. 10 6 Обточити поєд. 10 7 Точити поєд. 1, поєд. 2 попередньо 8 Розточити поєд. 3, поєд. 5 попередньо 9 Розточити поєд. 3, поєд. 5 попередньо і розточити 10 Висновки згідно з ДСТУ 		<p>базувач поєд. 10 показує розташування базувача з ЧТК кодів: 10, 20, 30, 40</p>
010	<p>Комбінована з ЧТК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Висновки згідно з ДСТУ 2 Точити поєд. 3 попередньо 3 Точити поєд. 1 попередньо, попередні обточування поєд. 2 4 Точити поєд. 1 попередньо і попередні обточування поєд. 2 5 Точити попередньо поєд. 5 і попередні обточування поєд. 2 6 Шліфувати поєд. 4, 5, 6 7 Обточити поєд. 1 8 Висновки згідно з ДСТУ 9 Висновки згідно з ДСТУ 		<p>базувач поєд. 10 показує розташування базувача з ЧТК кодів: 10, 20, 30, 40</p>

Таблиця 2.11 – Другий варіант технологічного процесу (удосконалений)

№ опер	Назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою бажування	Тип операції
005	<p>Гокрна з ЧК</p> <p>1. Заставити заготовки 2. Покласти по 12 попередньо 3. Зробити заготовки 3-х різними діаметрами А 4. Виконати спеціальні операції: покласти в спеціальні 5. Покласти по 1, покласти 2 заготовки 6. Виконати спеціальні операції: покласти в спеціальні 7. Виконати спеціальні операції: покласти в спеціальні 8. Зробити заготовки</p>		<p>Безоперційний гокрно-робот-зверний верстат з ЧПК модель ПЧ20ПЧ30</p>
010	<p>Гокрна з ЧК</p> <p>1. Заставити заготовки 2. Покласти по 1 покласти 2 покласти по 2 однократно 3. Виконати спеціальні операції 4. Виконати спеціальні операції: покласти в спеціальні 5. Зробити заготовки</p>		<p>ПЧ20ПЧ30</p>
015	<p>Великокальній-свердильний з ЧПК</p> <p>Установ А</p> <p>1. Виконати заготовки 2. Виконати спеціальні операції 3. Виконати спеціальні операції 4. Виконати заготовки</p> <p>Установ Б</p> <p>4. Виконати спеціальні операції 5. Виконати спеціальні операції 6. Виконати спеціальні операції 7. Зробити заготовки</p>		<p>Великокальній-свердильний верстат з ЧПК модель ПЧ20ПЧ30</p>

2.7 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат [9]

При порівнянні варіантів технологічного маршруту обробки визначався річний економічний ефект за формулою:

$$E_p = \frac{N_p \cdot \left(\sum_1^n C_{o_i} - \sum_1^m C_{o_i} \right)}{100}, \quad (2.8)$$

де N_p – річний обсяг виготовлення деталі, шт.;

$\sum_1^n C_{o_i}$ – сума собівартостей операцій, що відрізняються, по базовому варіанту

ТП;

$\sum_1^m C_{o_i}$ – сума собівартості операцій, які відрізняються по модернізованому

варіанту ТМ (умовно приймаємо перший варіант ТП);

$$C_{o_i} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 1,3}, \quad (2.9)$$

де C_{n-3} – годинні приведені витрати;

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

Визначаємо найбільш економічний варіант з 2-х запропонованих ТМ:

Таблиця 2.12 – Порівняння двох варіантів ТП

1-й варіант		2-й варіант	
Номер та назва операції	Обладнання	Номер та назва операції	Обладнання
005 Багатоцільова з ЧПК	1П420ПФ40	005 Токарна з ЧПК	1П420ПФ30
		010 Токарна з ЧПК	1П420ПФ30
015 Багатоцільова з ЧПК	1П420ПФ40	015 Свердлильна з ЧПК Установ А Установ Б	2Р135Ф2

Перший варіант ТП:

1. Витрати основного часу на операції 005:

- точіння пов. 1, 2 попереднє:

$$T_{0_1} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot [(148^2 - 38^2) - (102^2 - 51^2)] \cdot 10^{-3} = \\ = 0,037 \cdot [(21904 - 1444) - (10404 - 2601)] \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (20460 - 7803) \cdot 10^{-3} = 0,468 \text{ (хв.)}$$

- точіння отв. 1, 2 остаточне:

$$T_{0_2} = 0,052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052 \cdot (20460 - 7803) \cdot 10^{-3} = 0,658 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 3 попереднє:

$$T_{0_3} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 116,8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cong 0,117 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 3 попереднє:

$$T_{0_4} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 117,6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \approx 0,118 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 3 остаточне:

$$T_{0_5} = 0,3 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 118 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,177 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 5 попереднє:

$$T_{0_6} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 40 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 5 попереднє:

$$T_{0_7} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 41,2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cong 0,124 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 5 остаточне:

$$T_{0_8} = 0,3 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot 42 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,185 \text{ (хв.)}$$

- розточування отв. 7 однократне:

$$T_{0_9} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,0064 \text{ (хв.)}$$

- центрування 3-х отв. 10:

$$T_{0_{10}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 5,0 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 0,0195 \text{ (хв.)}$$

- свердління 3-х отв. 10:

$$T_{0_{11}} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 6,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 0,101 \text{ (хв.)}$$

- розточування фаски 11 остаточно:

$$T_{0_{12}} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 44 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,0088 \text{ (хв.)}$$

Сумарні витрати основного часу на операції 005:

$$T_{0_{\Sigma 005}} = 0,468 + 0,658 + 0,117 + 0,118 + 0,177 + 0,12 + 0,124 + \\ + 0,185 + 0,0064 + 0,0195 + 0,101 + 0,0088 \cong 2,103 \text{ (хв.)}$$

2 Витрати основного часу на операції 010:

- точіння пов. 1 попереднє:

$$T_{0_1} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (148^2 - 82,2^2) \cdot 10^{-3} = \\ = 0,037 \cdot (21904 - 6756,84) \cdot 10^{-3} = 0,56 \text{ (хв.)}$$

- точіння пов. 1 остаточно:

$$T_{0_2} = 0,052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052 \cdot (148^2 - 80,8^2) \cdot 10^{-3} = \\ = 0,052 \cdot (21904 - 6528,64) \cdot 10^{-3} \cong 0,8 \text{ (хв.)}$$

- точіння пов. 2 попереднє:

$$T_{0_3} = 0,1 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 82,2 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,0247 \text{ (хв.)}$$

- точіння пов. 2 попереднє:

$$T_{0_4} = 0,17 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80,8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cong 0,041 \text{ (хв.)}$$

- точіння пов. 2 остаточно:

$$T_{0_5} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 80 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,048 \text{ (хв.)}$$

- точіння пов. 5 остаточне:

$$T_{0_6} = 0,2 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,016 \text{ (хв.)}$$

- центрувати 4 отв. 4:

$$T_{0_7} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,52 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,037 \text{ (хв.)}$$

- свердлити 4 отв. 4:

$$T_{0_8} = 0,52 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,52 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,104 \text{ (хв.)}$$

- нарізання різі у 4 отв. 4:

$$T_{0_9} = 0,4 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,4 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,096 \text{ (хв.)}$$

Сумарні витрати основного часу на операції 010:

$$T_{0_{\Sigma 010}} = 0,56 + 0,8 + 0,0247 + 0,041 + 0,048 + 0,016 + \\ + 0,037 + 0,104 + 0,096 \cong 1,73 \text{ (хв.)}$$

2. Витрати штучно-калькуляційного часу на операціях 005 та 010 1-го варіанту ТМ.

- Операція 005:

$$T_{шт-К_{005}} = \varphi_K \cdot T_{0_{\Sigma 005}} = 1,17 \cdot 2,103 = 2,46 \text{ (хв.)}$$

- Операція 010:

$$T_{шт-К_{010}} = \varphi_K \cdot T_{0_{\Sigma 010}} = 1,17 \cdot 1,73 = 2,02 \text{ (хв.)}$$

3. Визначення технологічної собівартості операції по першому варіанту ТП та сумарної технологічної собівартості операції 1-го варіанту ТП:

- Операція 005:

$$C_{0_{005}} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{шт-К_{005}}}{60 \cdot K_g} = \frac{48,1 \cdot 2,46}{60 \cdot 1,3} = 1,517 \approx 1,52 \text{ (грн.)}$$

- Операція 010:

$$C_{a_{010}} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{шт-к_{010}}}{60 \cdot K_e} = \frac{48,1 \cdot 2,02}{60 \cdot 1,3} \cong 1,25 \text{ (грн.)}$$

$$C_{a_{\Sigma l}} = C_{a_{005}} + C_{a_{010}} = 1,52 + 1,25 = 2,77 \text{ (грн.)}$$

2-й варіант ТП:

1. Витрати основного часу на операції 005:

- точіння пов. 1, 2 попереднє:

$$T_{005} = T_{005r} - T_{0_{от}} \text{ (обробка 3-х отв. 10 з 1-го варіанту ТМ)} =$$

$$= 2,103 - (0,0195 + 0,101) = 2,103 - 0,1205 \cong 1,98 \text{ (хв.)}$$

2. Витрати основного часу на операції 010:

$$T_{010} = T_{010r} - T_{0_{от}} \text{ (обробка 4-х отв. 4 з 1-го варіанту ТМ)} =$$

$$= 1,69 - (0,037 + 0,104 + 0,096) = 1,69 - 0,237 = 1,453 \cong 1,45 \text{ (хв.)}$$

3. Витрати основного часу на операції 015:

На установі А витрати аналогічні витратам основного часу по 1-му варіанту на обробку трьох отворів 3, а на установі Б – на обробку чотирьох отворів. Теж саме – по 1-му варіанту ТП.

Таким чином, сумарні витрати основного часу на операції 015 складають величину:

$$T_{0_{\Sigma 015}} = 0,1205 + 0,237 \cong 0,358 \text{ (хв.)}$$

4. Витрати штучно-калькуляційного часу на операціях 2-го варіанту ТП:

- Операція 005:

$$T_{шт-к_{005}} = \varphi_k \cdot T_{005} = 1,17 \cdot 1,98 \cong 2,32 \text{ (хв.)}$$

- Операція 010:

$$T_{шт-к_{010}} = \varphi_k \cdot T_{010} = 1,17 \cdot 1,45 = 1,696 \approx 1,7 \text{ (хв.)}$$

- Операція 015:

$$T_{шт-к_{015}} = \varphi_k \cdot T_{0_{\Sigma 015}} = 1,25 \cdot 0,358 = 0,4475 \approx 0,45 \text{ (хв.)}$$

Визначення технологічних собівартостей операцій по 2-му варіанту ТП та сумарної технологічної собівартості операції 2-го варіанту ТП:

- Операція 005:

$$C_{o_{005}} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{\text{шт}} - \kappa_{005}}{60 \cdot K_g} = \frac{42,5 \cdot 2,32}{60 \cdot 1,3} \approx 1,26 \text{ (грн.)}$$

- Операція 010:

$$C_{o_{010}} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{\text{шт}} - \kappa_{010}}{60 \cdot K_g} = \frac{42,5 \cdot 1,7}{60 \cdot 1,3} \approx 0,93 \text{ (грн.)}$$

- Операція 015:

$$C_{o_{015}} = \frac{C_{n-3} \cdot T_{\text{шт}} - \kappa_{015}}{60 \cdot K_g} = \frac{36,5 \cdot 0,45}{60 \cdot 1,3} = 0,21 \text{ (грн.)}$$

$$C_{o_{\Sigma II}} = C_{o_{005}} + C_{o_{010}} + C_{o_{015}} = 1,26 + 0,93 + 0,21 = 2,4 \text{ (грн.)}$$

Висновок: У зв'язку з тим, що технологічна собівартість операцій по другому варіанту ТП менша за величину по першому варіанту ТП (2,4 грн. < 2,74 грн.), то для подальшої роботи приймаємо перший варіант ТП.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу [9]

2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів вибираємо таким чином, щоб забезпечити розмірну прив'язку поверхонь, які обробляються на даній операції, або визначають взаємне розташування оброблюваних поверхонь між собою.

При розташуванні технологічних розмірів варіант базування, якщо співпадають конструкторські та технологічні бази, є найбільш раціональним. При цьому похибка базування відсутня і немає необхідності проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів.

В розділі до розгляду прийняті операції 005 та 010, на яких обробка здійснюється вздовж спільної осі симетрії деталі. Варіант розташування технологічних розмірів на цих операціях показаний на рис. 2.5.

Розміри «З» визначають розміри заготовки. Технологічні розміри «В» характеризують послідовність процесу механічної обробки, за якими утворюються конструкторські розміри «К», і визначають положення як базових, так і інших поверхонь деталі. Розміри «Z» характеризують припуски, які при обробці потрібно знати для того, щоб дотримати конкретний технологічний та конструкторський розмір.

2.8.2 Попереднє призначення допусків технологічних розмірів

Зіставляючи розташування технологічних розмірів з кресленням деталі, можна побачити, що частина технологічних розмірів співпадають з конструкторськими, тому мають однакові допуски:

$$T(B_6) = T(K_1) = 210 \text{ мкм (розмір } 30h12);$$

$$T(B_8) = T(K_5) = 210 \text{ мкм (розмір } 30h12);$$

$$T(B_3) = T(K_3) = 120 \text{ мкм (розмір } 5 \pm IT12/2);$$

На інші технологічні розміри допуски призначено за $h12$ та $\pm IT12/2$:

$$T(B_1) = 250 \text{ мкм (h12)};$$

$$T(B_2) = 250 \text{ мкм (h12)};$$

$$T(B_5) = 18 \text{ мкм } (\pm IT12/2);$$

$$T(B_7) = 210 \text{ мкм (h12)}.$$

Допуски розмірів заготовки взяті з підрозділу 2.5. Таким чином:

$$T(Z_1) = 1200 \text{ мкм}; \quad T(Z_5) = 1000 \text{ мкм};$$

$$T(Z_2) = 800 \text{ мкм}; \quad T(Z_6) = 800 \text{ мкм};$$

$$T(Z_3) = 800 \text{ мкм}; \quad T(Z_7) = 800 \text{ мкм}.$$

$$T(Z_4) = 1000 \text{ мкм};$$

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Згідно з маршрутом механічної обробки (див. табл. 2.11) розроблена розмірна схема технологічного процесу (рис. 2.7).

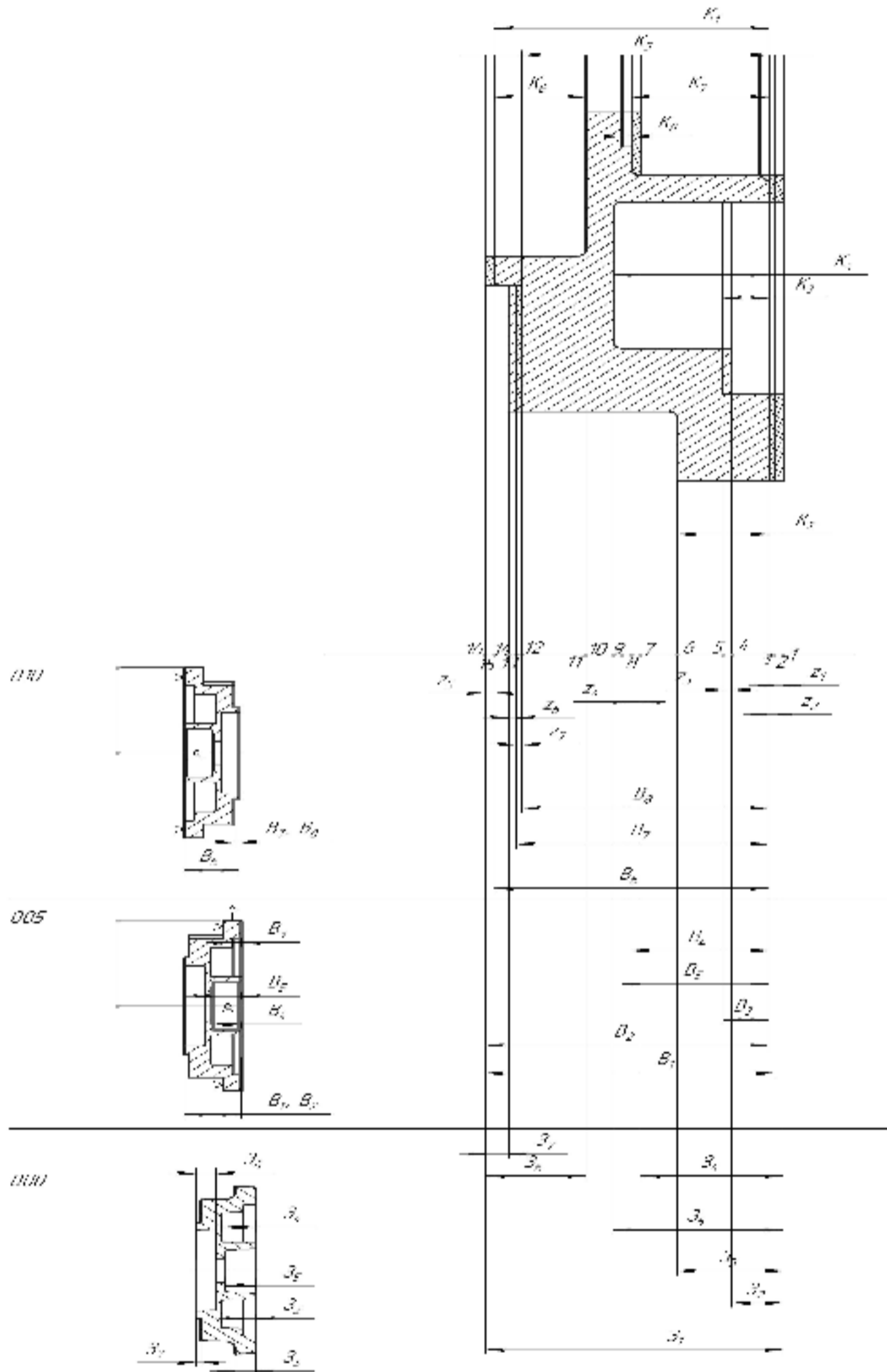


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

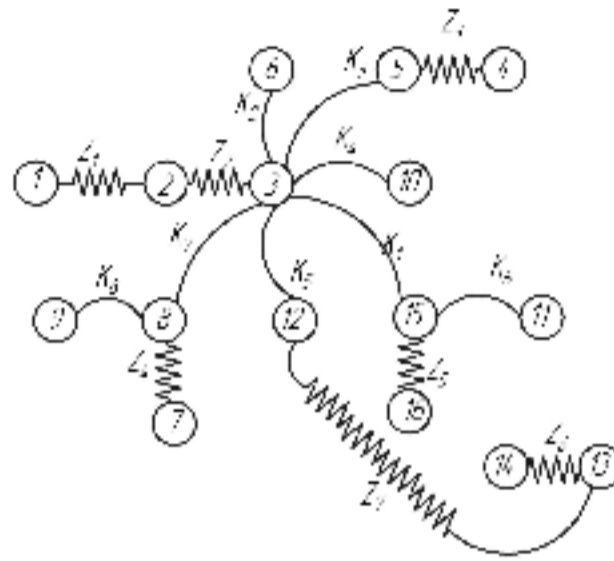


Рисунок 2.8 – Похідний граф-дерево

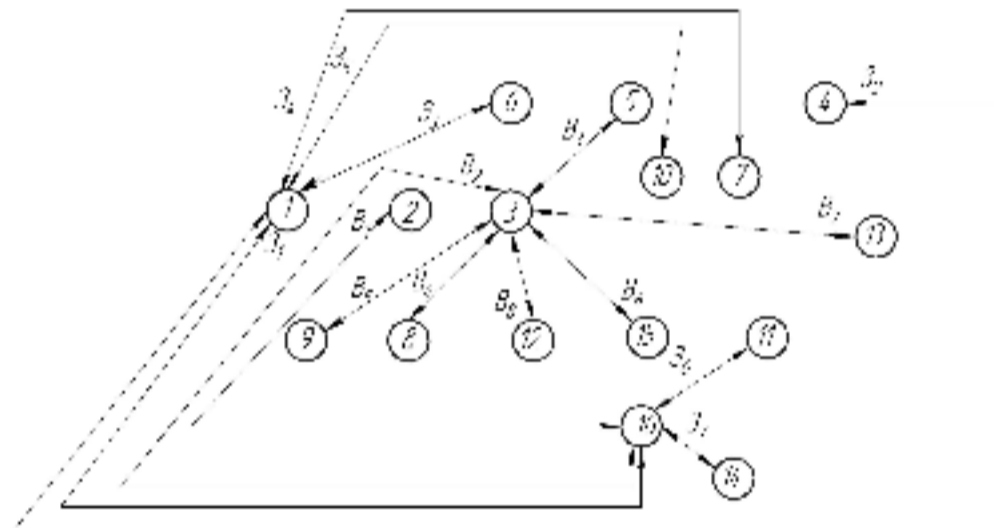


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

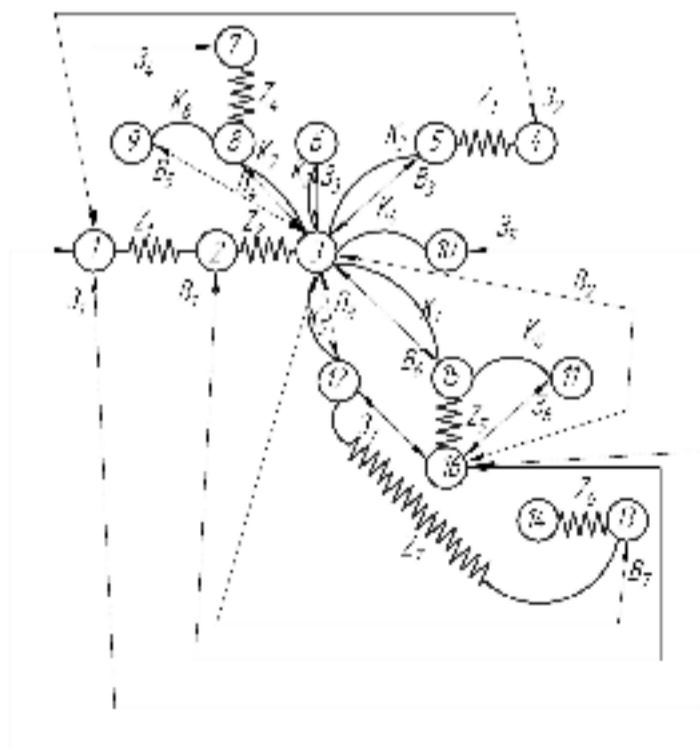


Рисунок 2.10 – Суміщений граф

2.8.5 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

На основі суміщеного графа записані рівняння технологічних розмірних ланцюгів (таблиця 2.16).

Таблиця 2.13 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1. $B_6 - K_1 = 0$	$K_1 = B_6$	B_6
2. $B_8 - K_5 = 0$	$K_5 = B_8$	B_8
3. $B_7 - B_8 - Z_7 = 0$	$Z_7 = B_7 - B_8$	B_7
4. $B_3 - K_3 = 0$	$K_3 = B_3$	B_3
5. $B_6 + Z_5 - B_2 = 0$	$Z_5 = B_2 - B_6$	B_2
6. $B_2 + Z_2 - B_1 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
7. $B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_1$	3_1
8. $3_7 + Z_6 + B_7 - B_2 = 0$	$Z_6 = B_2 + B_7 - 3_7$	3_7
9. $B_4 - K_7 = 0$	$K_7 = B_4$	B_4
10. $B_4 - Z_4 - 3_4 + 3_1 - B_2 = 0$	$Z_4 = B_4 - 3_4 + 3_1 - B_2$	3_4
11. $B_4 + K_8 - B_5 = 0$	$K_8 = B_5 - B_4$	B_5
12. $3_5 - K_4 + B_2 - 3_1 = 0$	$Z_4 = B_4 - B_3$	3_5
13. $3_3 - K_2 + B_2 - 3_1 = 0$	$K_2 = 3_3 + B_2 - 3_1$	3_3
14. $3_2 + Z_3 - B_3 + B_2 - 3_1 = 0$	$Z_3 = 3_1 - B_2 + B_3 - 3_2$	3_2
15. $3_6 - K_6 + B_6 - B_2 + 3_1 = 0$	$K_6 = 3_6 + B_6 - B_2$	3_6

2.8.6 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Припуски визначено за таблицями [8]:

$$Z_{1\min} = Z_{6\min} = 0,5 \text{ мм};$$

$$Z_{2\min} = Z_{4\min} = Z_{5\min} = Z_{7\min} = 0,2 \text{ мм}.$$

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів

$$1. K_1 = B_6 = 30_{-0,21} = B_{6\max}$$

$$2. K_5 = B_8 = 27_{-0,21} = B_{8\max}$$

$$3. Z_7 = B_7 - B_8$$

$$Z_{7\min} = B_{7\min} - B_{8\max}$$

$$B_{7\min} = B_{8\max} + Z_{7\min} = 27,0 + 0,2 = 27,2 \text{ (MM)}$$

$$B_{7\max} = B_{7\max} + \delta = 27,0 + 0,21 = 27,41 \text{ (MM)}$$

$$Z_{7\max} = B_{7\max} - B_{8\min} = + = 27,41 - 26,79 = 0,62 \text{ (MM)}$$

$$B_{7\text{nom.}} = 27,41_{-0,21}$$

$$4. K_3 = B_3 = 5 \pm 0,06 = B_{3\text{nom.}}$$

$$5. Z_5 = B_2 - B_6$$

$$Z_{5\min} = B_{2\min} - B_{6\max}$$

$$B_{2\min} = B_{6\max} + Z_{5\min} = 30,0 + 0,2 = 30,2 \text{ (MM)}$$

$$B_{2\max} = B_{2\max} + \delta = 30,2 + 0,25 = 30,45 \text{ (MM)}$$

$$Z_{5\max} = B_{2\max} - B_{6\min} = 30,45 - 29,79 = 0,66 \text{ (MM)}$$

$$B_{2\text{nom.}} = 30,45_{-0,25}$$

$$6. Z_2 = B_1 - B_2$$

$$Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{2\min} = 30,45 + 0,2 = 30,65 \text{ (MM)}$$

$$B_{1\max} = B_{1\max} + \delta = 30,65 + 0,25 = 30,90 \text{ (MM)}$$

$$Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 30,90 - 30,2 = 0,7 \text{ (MM)}$$

$$B_{1\text{nom.}} = 30,90_{-0,25}$$

$$7. Z_1 = 3_1 - B_1$$

$$Z_{1\min} = 3_{1\min} - B_{1\max}$$

$$3_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 30,90 + 0,5 = 31,4 \text{ (MM)}$$

$$3_{1\max} = 3_{1\max} + \delta = 31,4 + 1,2 = 32,6 \text{ (MM)}$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 32,6 - 30,65 = 1,95 \text{ (MM)}$$

$$3_{1\text{nom.}} = 32,6_{-1,2}$$

$$8. Z_6 = B_2 - B_7 - 3_7$$

$$Z_{6\min} = B_{2\min} - B_{7\max} - 3_{7\min}$$

$$3_{7\min} = B_{2\min} - B_{7\max} - Z_{6\min} = 30,2 - 27,41 - 0,5 = 2,29 \text{ (MM)}$$

$$3_{7\max} = 3_{7\max} + \delta = 2,29 + 0,8 = 3,09 \text{ (MM)}$$

$$Z_{6\max} = B_{2\max} - B_{7\min} - 3_{7\max} = 30,45 - 27,2 - 3,09 = 0,16 \text{ (MM)}$$

$$3_{7\text{nom.}} = 26,9 \pm 0,4$$

$$9. K_7 = B_4 = 15 \pm 0,09 = B_{4\text{nom.}}$$

$$10. Z_4 = B_4 - 3_4 + 3_1 - B_2$$

$$Z_{4_{\min}} = B_{4_{\min}} - 3_{4_{\max}} + 3_{1_{\min}} - B_{2_{\min}}$$

$$3_{4_{\max}} = B_{4_{\min}} + 3_{1_{\min}} - B_{2_{\min}} - Z_{4_{\min}} = 14,91 + 31,4 - 30,2 - 0,2 = 15,91 \text{ (MM)}$$

$$3_{4_{\min}} = 3_{4_{\max}} - \delta = 15,91 + 1,0 = 14,91 \text{ (MM)}$$

$$Z_{4_{\max}} = B_{4_{\max}} - 3_{4_{\min}} + 3_{1_{\max}} - B_{2_{\max}} = 15,09 - 16,11 + 32,6 - 30,45 = 1,13 \text{ (MM)}$$

$$3_{4_{\text{nom}}} = 15,41 \pm 0,5 \text{ MM.}$$

$$11. K_8 = B_5 - B_4$$

$$K_{8_{\min}} = B_{5_{\min}} - B_{4_{\max}}$$

$$B_{5_{\min}} = B_{4_{\max}} - K_{8_{\min}} = 15,09 + 1,05 = 16,14 \text{ (MM)}$$

$$B_{5_{\max}} = B_{5_{\min}} - \delta = 16,14 + 0,1 = 16,24 \text{ (MM)}$$

$$B_{5_{\text{nom}}} = 16,19 \pm 0,05 \text{ MM.}$$

$$12. K_4 = 3_5 + B_2 - 3_1$$

$$K_{4_{\min}} = 3_{5_{\min}} + B_{2_{\max}} - 3_{1_{\min}}$$

$$3_{5_{\min}} = 3_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} + K_{4_{\min}} = 31,4 - 30,45 + 17,09 = 18,04 \text{ (MM)}$$

$$3_{5_{\max}} = 3_{5_{\min}} + \delta = 17,04 + 1,0 = 19,04 \text{ (MM)}$$

$$3_{5_{\text{nom}}} = 18,54 \pm 0,05$$

$$13. K_2 = 3_3 + B_2 - 3_1$$

$$K_{2_{\min}} = 3_{3_{\min}} + B_{2_{\max}} - 3_{1_{\min}}$$

$$3_{3_{\min}} = 3_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} + K_{2_{\min}} = 31,4 - 30,45 + 9,925 = 10,875 \text{ (MM)}$$

$$3_{3_{\max}} = 3_{3_{\min}} + \delta = 10,875 + 0,8 = 11,675 \text{ (MM)}$$

$$3_{3_{\text{nom}}} = 11,675_{-0,8} \text{ MM.}$$

$$14. Z_3 = 3_1 - B_2 + B_3 - 3_2$$

$$Z_{3_{\min}} = 3_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} + B_{3_{\min}} - 3_{2_{\min}}$$

$$3_{2_{\min}} = 3_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} + B_{3_{\min}} - Z_{3_{\min}} = 31,4 - 30,45 + 4,94 - 0,2 = 5,69 \text{ (MM)}$$

$$3_{2_{\max}} = 3_{2_{\min}} + \delta = 5,69 + 0,8 = 6,49 \text{ (MM)}$$

$$Z_{3_{\max}} = 3_{1_{\max}} - B_{2_{\min}} + B_{3_{\max}} - 3_{2_{\max}} = 32,06 - 30,2 + 5,06 - 6,49 = 0,43 \text{ (MM)}$$

$$3_{2_{\text{nom}}} = 6,09 \pm 0,4 \text{ MM.}$$

$$15. K_6 = 3_6 + B_6 - B_2$$

$$K_{6_{\min}} = 3_{6_{\min}} + B_{6_{\max}} - B_{2_{\min}}$$

$$3_{6_{\min}} = B_{2_{\min}} - B_{6_{\max}} + K_{6_{\min}} = 30,2 - 29,79 - 30 + 14,925 = 15,125 \text{ (MM)}$$

$$3_{6_{\max}} = 3_{6_{\min}} + \delta = 15,125 + 0,8 = 15,925 \text{ (MM)}$$

$$3_{6_{\text{nom}}} = 15,525 \pm 0,4 \text{ MM}$$

Визначені за результатами розрахунків розміри вихідної заготовки, технологічні розміри, мінімальні і максимальні припуски зведено до таблиць 2.17 і 2.18.

Таблиця 2.14 – Розміри вихідної заготовки і технологічні розміри, мм

Технологічні розміри	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
Попередні значення допусків розмірів, мм	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,25	0,25	0,12	0,18	0,1	0,21	0,21	0,21
Квалітет точності	–	–	–	–	–	–	–	h12	h12	$\pm \frac{IT12}{2}$	$\pm \frac{IT12}{2}$	$\pm \frac{IT12}{2}$	h12	h12	h10
Прийняті значення допусків розмірів	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,25	0,25	0,12	0,18	0,1	0,21	0,21	0,084
Номінальні розміри	$32,6_{-1,2}$	$6,09_{\pm 0,4}$	$11,675_{-0,8}$	$15,41_{\pm 0,5}$	$18,54_{\pm 0,5}$	$15,525_{\pm 0,4}$	$2,69_{\pm 0,4}$	$30,90_{-0,25}$	$30,45_{-0,25}$	$5_{\pm 0,06}$	$15_{\pm 0,09}$	$16,19_{\pm 0,05}$	$30_{-0,21}$	$27,41_{-0,21}$	$27_{-0,084}$

Таблиця 2.15 – Мінімальні і максимальні припуски

Припуски, мм		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
Граничні розміри	Z_{\min}	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
	Z_{\max}	1,95	0,7	0,43	1,13	0,66	0,16	0,62

Висновки: Розрахункові рівняння в більшості випадків відповідають 2-3 ланковим ланцюгам, і вони дозволяють без особливих труднощів визначити технологічні розміри, розміри вихідної заготовки і максимальні припуски. Лише 2 ланцюга є 4-х ланковими, що декілька збільшують трудомісткість розрахунків. Але вважаємо, що взагалі технологічний процес є задовільним, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту обробки не потрібна.

2.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 118H7$, $R_a = 1,6$ мкм, [4]

Вихідні дані та результати розрахунків зводимо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.16 – До розрахунку припусків та технологічних розмірів

Технологічні переходи обробки пов. $\varnothing 118H7$ $\left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мм	Граничний розмір, мкм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{sp}$	$2Z_{\max}^{sp}$
Заготовка	20 0	30 0	805	–	–	115,8	160 0	114,2	115,8	–	–
Розточування попереднє	50	50	40,2 5	40 0	2×90 2	117,6	87	117,5 1	117,6	1800	3310
Розточування попереднє	40	40	32,2	20	2×13 8	117,88	54	117,8 3	117,88	280	320
Розточування остаточнє	20	25	–	–	2×80	118,03 5	35	118,0	118,03 5	155	170
Всього:										2235	3800

Показники якості поверхні вилівка в кокіль:

$$R_z = 200 \text{ мкм}, T = 300 \text{ мкм}.$$

Параметри поверхонь, оброблених на після відповідних переходах:

$R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм – після першого попереднього розточування;

$R_z = 40$ мкм, $T = 40$ мкм – після другого попереднього розточування;

$R_z = 20$ мкм, $T = 25$ мкм – після остаточного розточування.

Сумарне значення просторових відхилень поверхні вилівка:

$$\rho_{\varnothing 118} = \sqrt{\rho_{\text{жол.}}^2 + \rho_{\text{зм.}}^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.10)$$

де $\rho_{\text{жол.}}$ – жолоблення отвору

$$\rho_{\text{жол.}} = \sqrt{(\Delta_{\text{жол.}} \cdot L)^2 + (\Delta_{\text{жол.}} \cdot D)^2}; \text{ [мкм]} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{жол.}} &= \sqrt{(0,8 \cdot 5,7)^2 + (0,8 \cdot 115,2)^2} = \sqrt{20,7936 + 8493,4656} = \\ &= \sqrt{8514,2592} = 92,27 \approx 92 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

$\rho_{\text{зм.}}$ – зміщення отвору відносно зовнішньої поверхні:

$$\rho_{\text{зм.}} = \delta_{5,7} = 800 \text{ мкм}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\varnothing 118} &= \sqrt{92^2 + 800^2} = \sqrt{8464 + 640000} = \\ &= \sqrt{648464} \approx 805 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

Залишкові просторові відхилення:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\varnothing 118} = 0,05 \cdot 805 = 40,25 \text{ мкм після першого попереднього розточування;}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 805 = 32,2 \text{ мкм після другого попереднього розточування;}$$

Похибка встановлення:

- при першому попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.12)$$

де ε_{δ} – похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_{γ} – похибка закріплення, $\varepsilon_{\gamma} = 400$ мкм

$$\varepsilon_1 = \sqrt{400^2} = 400 \text{ (мкм)}.$$

Залишкова похибка встановлення при другому попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 400 = 20 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих даних (див. таблицю 2.19) виконано розрахунок мінімальних припусків, користуючись формулою:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{ [мкм]} \quad (2.13)$$

Мінімальний припуск на перше попереднє розточування:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min_1} &= 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{40,25^2 + 400^2} \right) = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{1620,06 + 160000} \right) = \\ &= 2 \cdot (200 + 300 + 402) = 2 \cdot 902 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

Мінімальний припуск на друге попереднє розточування:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_{\min_2} &= 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{32,2^2 + 20^2} \right) = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{1036,84 + 400} \right) = \\ &= 2 \cdot (50 + 50 + 38) = 2 \cdot 138 \text{ (мкм)} \end{aligned}$$

Мінімальний припуск на остаточне розточування:

$$2 \cdot Z_{\min_3} = 2 \cdot (40 + 40) = 2 \cdot 80 \text{ (мкм)}$$

Визначаємо розрахунковий розмір d_p

– для остаточного розточування

$$d_{p_3} = 118,035 \text{ мм};$$

– для другого попереднього розточування

$$d_{p_2} = 118,035 - 0,16 = 117,875 \text{ (мм)};$$

– для першого попереднього розточування

$$d_{p_1} = 117,875 - 0,276 = 117,599 \text{ (мм)};$$

– для заготовки

$$d_{p_1} = 117,599 - 1,804 = 115,795 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничні розміри d_{min} та d_{max} :

– для остаточного розточування:

$$d_{max} = 118,035 \text{ мм}; d_{min} = 118,035 - 0,035 = 118 \text{ мм};$$

– для другого попереднього розточування:

$$d_{max} = 117,88 \text{ мм}; d_{min} = 117,88 - 0,054 = 117,826 \approx 117,83 \text{ (мм)};$$

– для першого попереднього розточування:

$$d_{max} = 117,60 \text{ мм}; d_{min} = 117,60 - 0,087 = 117,513 \approx 117,51 \text{ (мм)};$$

– для заготовки:

$$d_{max} = 115,80 \text{ мм}; d_{min} = 115,80 - 1,6 = 114,2 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничні значення припусків $2Z_{min}^{sp}$ та $2Z_{max}^{sp}$:

– для остаточного розточування:

$$2Z_{min_3}^{sp} = 118,035 - 117,88 = 0,155 \text{ мм} = 155 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max_3}^{sp} = 118,00 - 117,83 = 0,17 \text{ мм} = 170 \text{ (мкм)};$$

– для другого попереднього розточування:

$$2Z_{min_2}^{sp} = 117,88 - 117,60 = 0,28 \text{ мм} = 280 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max_2}^{sp} = 117,83 - 117,51 = 0,32 \text{ мм} = 320 \text{ (мкм)};$$

– для першого попереднього розточування:

$$2Z_{min_1}^{sp} = 117,60 - 115,80 = 1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max_1}^{sp} = 117,51 - 114,20 = 3,31 \text{ мм} = 3310 \text{ (мкм)}.$$

Виконаємо перевірку правильності розрахунку:

$$2Z_{\max_3}^{sp} - 2Z_{\min_3}^{sp} = 170 - 155 = 15 \text{ (мкм)}, \delta_2 - \delta_3 = 54 - 35 = 19 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max_2}^{sp} - 2Z_{\min_2}^{sp} = 320 - 280 = 40 \text{ (мкм)}, \delta_1 - \delta_2 = 87 - 54 = 33 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max_1}^{sp} - 2Z_{\min_1}^{sp} = 3310 - 1800 = 1510 \text{ (мкм)}, \delta_3 - \delta_1 = 1600 - 87 = 1513 \text{ (мкм)}.$$

Незначні розбіжності пояснюються накопиченням похибок від заокругленні у попередніх розрахунках.

Будуємо схему графічного розташування припусків та допусків (рис. 2.11).

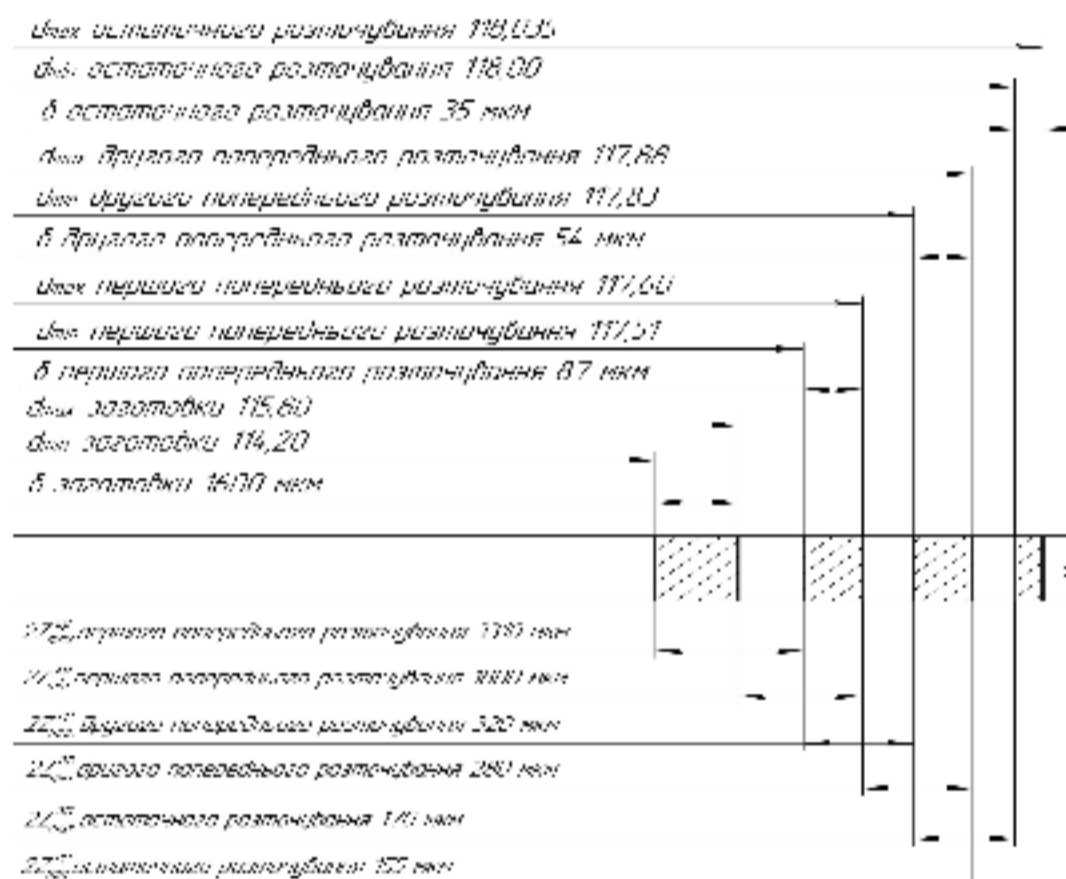


Рисунок 2.11 – Схема графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору Ø118H7 деталі «Кришка передня Д06.037»

2.9.2 Визначення за нормативами мінімальних проміжних припусків на механічну обробку решти точних циліндричних поверхонь, розрахунок технологічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 2.20 – Нормативне визначення припусків і проміжних технологічних розмірів на пов. $\varnothing 42H7$ та $\varnothing 80h7$

Поверхня	Розміри, мм	Допуск, мкм	Технологічні переходи, технологічні проміжні розміри, максимальні припуски
Отвір $\varnothing 42H7$	38	25	1. Попереднє розточування, $Z_{\max} = 1\text{мм}$, $D = 40\text{мм}$ 2. Попереднє розточування, $Z_{\max} = 0,85\text{мм}$, $D = 41,7\text{мм}$ 3. Остаточне розточування, $Z_{\max} = 0,15\text{мм}$, $D = 42\text{мм}$
Пов. $\varnothing 80h7$	84,6	30	1. Точіння попереднє, $Z_{\max} = 1,2\text{мм}$, $D = 82,2\text{мм}$ 2. Точіння попереднє, $Z_{\max} = 0,7\text{мм}$, $D = 80,8\text{мм}$ 3. Точіння остаточне, $Z_{\max} = 0,1\text{мм}$, $D = 80\text{мм}$

2.10 Визначення режимів різання [15, 21].

Операція 015 – вертикально-свердлильна з ЧПК.

- модель верстата – 2P135Ф2, N = 4 кВт;
- матеріал заготовки: алюмінієвий сплав марки АК7.

Установ А, перехід 2: центрування трьох отворів:

- інструмент: свердло центрувальне спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2317-0102 ($\varnothing 10$), ОСТ 2И20-5-80, матеріал Р6М5;
- глибина різання: $t = 3\text{ мм}$.

Нормативні значення подачі, швидкості різання, сили різання і потужності різання:

$$S_{0_T} = 0,13 \text{ мм/об}; V_T = 47,5 \text{ м/хв}; P_T = 136 \text{ Н}; N_T = 0,15 \text{ кВт};$$

1. Корегування режимів різання:

$$S_0 = S_{0_T} \cdot K_{\zeta_M} = 0,13 \cdot 0,9 = 0,105 \text{ (мм/об)};$$

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_x} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_n} \cdot K_{V_N} \cdot K_{V_i} \cdot K_{V_w} \cdot K_{V_s} = \\ = 47,5 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cong 34,2 \text{ (м/хв)};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{136}{0,9} = 151 \text{ (Н)};$$

$$N = \frac{N_T}{K_{V_M}} = \frac{0,15}{0,9} = 0,167 \text{ (кВт)}.$$

2. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,2}{3,14 \cdot 10} = 1089 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо: $n_s = 1100$ об/хв.

3. Дійсна швидкість різання складає:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1100}{1000} = 34,54 \text{ (м/хв.)}$$

Перехід 3: свердління трьох отворів $\varnothing 6,5$ мм

- інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2300-1239 ($\varnothing 6,5$ мм) ОСТ 2И20-1-80, Р6М5

- глибина різання 3,25 мм.

Табличні значення подачі, швидкості різання, сили різання і потужності:

$$S_{0_T} = 0,13 \text{ мм/об}; V_T = 47,5 \text{ м/хв}; P_T = 136 \text{ Н}; N_T = 0,15 \text{ кВт};$$

1. Корекція режимів різання:

$$S_0 = S_{0_T} \cdot K_{\zeta_M} = 0,13 \cdot 0,9 = 0,105 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_\infty} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_a} \cdot K_{V_N} \cdot K_{V_i} \cdot K_{V_W} \cdot K_{V_s} = \\ = 47,5 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 34,2 \text{ (м/хв.)};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{136}{0,9} \cong 151 \text{ (Н)};$$

$$N = \frac{N_T}{K_{V_M}} = \frac{0,15}{0,9} = 0,167 \text{ (кВт)}.$$

2. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,2}{3,14 \cdot 6,5} \cong 1676 \text{ (об/хв.)}.$$

Прийmemo: $n_s = 1700$ об/хв.

3. Дійсна швидкість різання складає величину:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 1700}{1000} \cong 34,7 \text{ (м/хв.)}.$$

Перехід 5: свердління чотирьох отворів 2

- інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2300-1224 (Ø5 мм)
ОСТ 2И20-1-80, Р6М5

- глибина різання: $t = 2,5$ мм.

Табличні значення подачі, швидкості різання, сили різання і потужності та їх кореговані значення ідентичні переходу 3 установка А:

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,2}{3,14 \cdot 5} = 2178 \text{ (об/хв.)}.$$

Приймасмо: $n_s = 2000$ об/хв..

1. Дійсна швидкість різання складає величину:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ (м/хв.)}.$$

Перехід 6: нарізання різі М6 в чотирьох отворах 2.

- інструмент: мітчик машинний швидкоріжучий з метричною різзю М6×1-
2640-0053 ГОСТ 1604-71, Р6М5;

- глибина різання: $t = 1$ мм;

Табличні значення подачі, швидкості різання, сили різання, крутного моменту і потужності:

$$S_0 = 1 \text{ мм/об}; V_T = 5,4 \text{ м/хв}; P_T = 1,5 \text{ Н}; N_T = 0,05 \text{ кВт}; M_{\text{кр}} = 0,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Корекція режимів різання:

$$S_0 = S_{0_T} = 1 \text{ мм/об};$$

$$V = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_K} = 5,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 5,4 \text{ (м/хв)};$$

$$P = \frac{P_T}{K_{P_M}} = \frac{1,5}{1,0} = 1,5 \text{ (Н)};$$

$$N = N_T = 0,05 \text{ (кВт)}.$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 5,4}{3,14 \cdot 6} = 287 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо: $n_s = 250$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 250}{1000} = 4,71 \text{ (м/хв.)}$$

Аналогічно призначено режими різання на операції 005 і 010. Прийнято, що чорнове і напівчистове точіння і розточування виконувалось різцями з різальною частиною з твердого сплаву ВК8, а остаточна обробка – різцями з різальною частиною з твердого сплаву ВК3.

Всю отримані дані щодо режимів різання внесено до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Режими різання

№ операції та зміст переходів	t , мм	S_0 , мм/об.	n , об/хв	V , м/хв.
1	2	3		5
005				
2. Точіння пов. 1 попереднє, точіння пов. 2 попереднє.	1,0 1,0	1,07 0,63	1000 2000	465 320
3. Розточування отв. 5 попереднє, торця 4 однократне.	0,8 0,7	0,24 0,54	1200 600	440 220
4. Розточування отв. 5 попереднє, торця 6 однократне, отв. 7 однократне; торця 8 однократне.	1,0 1,6 0,8 0,2	0,22 0,37 0,24 0,45	2000 2000 2000 2000	251,2 251,2 125,6 125,6
5. Точіння пов. 4 остаточне; пов. 2 остаточне.	0,6 0,6	0,1 0,45	1800 2000	500 320
6. Розточування отв. 3 попереднє, отв. 5 попереднє.	0,4 0,6	0,2 0,12	2000 2000	500 258,7
7. Розточування отв. 3 остаточне отв. 5 остаточне, пов. 11 остаточне.	0,2 0,4 1,0	0,1 0,38 0,4	2000 2000 2000	500 263,8 263,8
010				
2. Точіння пов. 3 однократне, 3 Точіння пов. 1 попереднє обточування пов. 2 попереднє	1,2 1,0	0,46 0,46	1000 650	265,6 253,1
4. Точіння пов. 1 остаточне, обточування пов. 2 попереднє	1,2 0,6	0,46 0,54	1000 650	258,1 253,1
5. Точіння пов. 5 однократне, обточування пов. 2 остаточне.	0,7 0,5 0,4	0,54 0,54 0,54	900 900 900	228,3 226,1 226,1
015				
Установ А				
2. Центрування 3 отв. 1	3,0	0,105	1100	34,54
3. Свердління 3 отв. 1	3,25	0,105	1700	34,7
Установ Б				
4. Центрування 4 отв. 2	3,0	0,105	1100	34,54
5. Свердління 4 отв. 2	2,5	0,105	2000	31,4
6. Нарізання різі у 4-х отв. 2	1,0	1,0	250	4,71

2.11 Оптимізація режимів різання на ЕОМ

З використанням методу лінійного програмування виконано оптимізацію режимів різання на обробку попереднім розточуванням отвору $\varnothing 118H7$ мм (операція 005, перехід 6). Графіки обмежень і результати оптимізації показані на рис. 2.12.

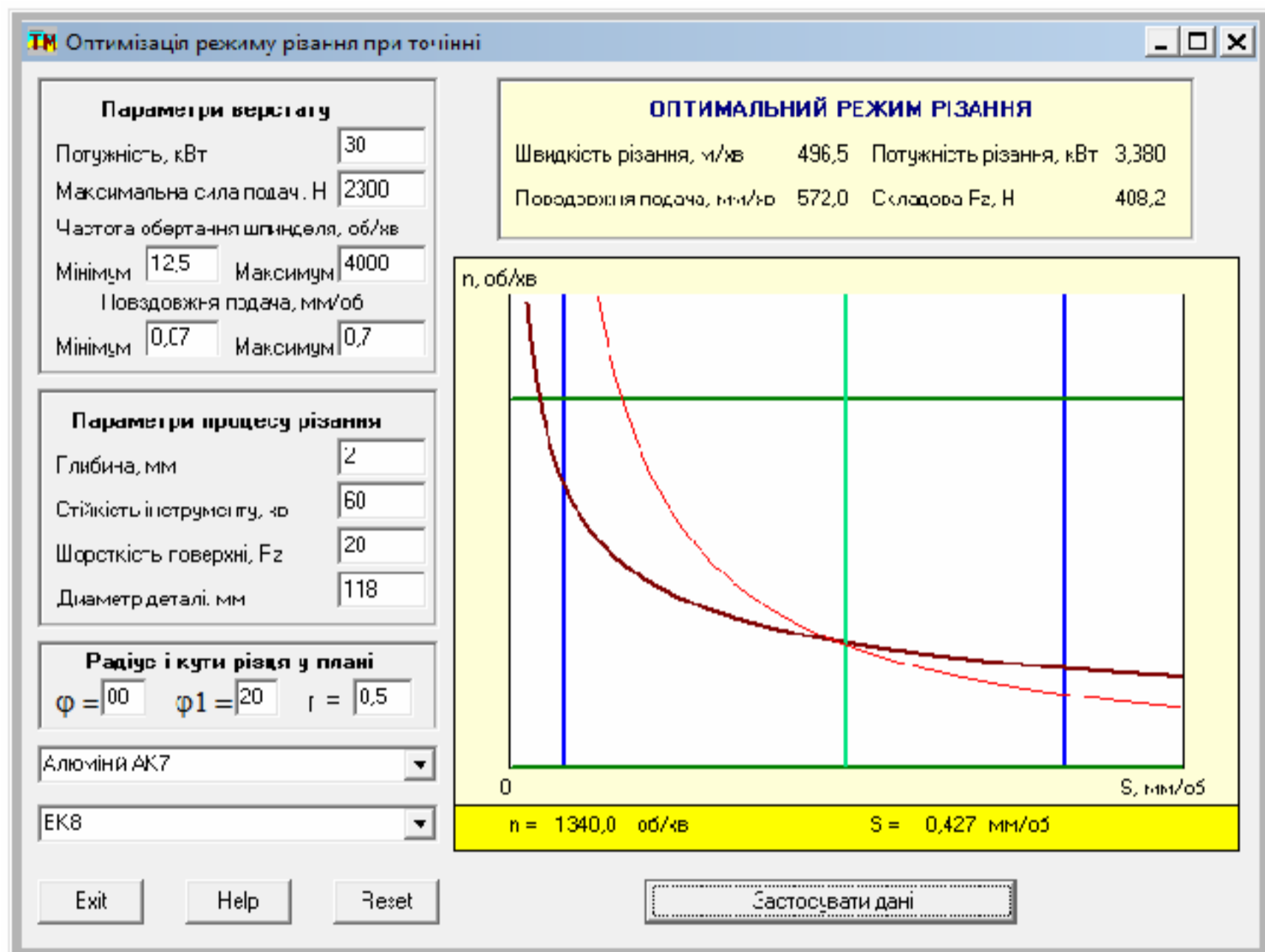


Рисунок 2.12 – Результати режимів різання на обробку попереднім розточуванням отвору $\varnothing 118H7$ мм

Висновок: отримані в результаті оптимізації величини швидкості різання і подачі близькі до нормативних значень.

2.12 Визначення технічних норм часу [15, 19, 20]

2.12.1 Визначення витрат основного часу [19]

Розрахункові формули для визначення витрат основного часу:

1) токарні роботи (обточування та розточування циліндричних поверхонь, точіння торцевих поверхонь, зняття фасок):

$$T_0 = \left(\frac{L}{n \cdot S_0} \right) \cdot i, \quad L = l + l_1 + l_2 \quad (2.14)$$

де l – довжина обробки, мм;

l_1 – величина недобігу інструменту, мм;

l_2 – величина перебігу інструменту, мм;

i – кількість проходів інструменту;

n, S_0 – режими різання (S_0 – обертова подача, мм/об.)

2) свердлильні та розточувальні роботи (центрування, свердління, зенкерування, розвертання, цекування, розточування однорізцевою борштангою або суцільним розточувальним різцем);

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0}, \quad L = l + l_1 + l_2$$

3) нарізання різі машинними мітчиками;

$$T_0 = \frac{L + L_{\text{доп.}}}{n \cdot P}, \quad (2.15)$$

де $L_{\text{доп.}}$ – довжина допоміжного ходу мітчика, мм;

P – крок різі, мм;

Всі дані для розрахунку та його результати зведено до таблиці 2.18.

2.12.2 Нормування робіт на операцію 015 [20]

Визначення машинно-допоміжного часу

1. Машинно-допоміжний час, пов'язаний із заміною інструмента

Верстат моделі 2P135Ф2 оснащений револьверною головкою на 6 інструментів, для обробки на даній операції використовуються 4 інструменти, замінюється інструмент 5 разів. 1-й інструмент (центрувальне свердло) встановлюється у вихідне положення і цей же інструмент буде очікувати заготовки другої деталі з операції.

Заміна інструмента в зоні обробки здійснюється поворотом револьверної головки на один інструмент:

$$T'_{MB} = 3 \text{ с.}$$

Тоді загальний час заміни всіх інструментів разом з часом на неробочі повороти револьверної головки без інструменту

$$T_{MB_i} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ (с)} = 0,3 \text{ (хв.)}.$$

Машинно-допоміжний час, пов'язаний з прискореними рухами виконавчих органів в процесі позиціонування. Робочі органи верстату мод. 2P135Ф2 мають можливість пересуватися по трьом координатам зі швидкістю 3800 мм/хв..

При обробці відстань «плаваючого нуля» до поверхні заготовки задається величиною $R = 100 \text{ мм}$.

«Нулі» верстата знаходяться у таких місцях:

- по осям «X» та «Y» – в масці перетину умовних діагоналей столу, де ця точка перетинається з віссю шпинделя;
- по осі «Z» – в крайньому верхньому положенні шпиндельної бабки, на якій закріплена револьверна головка.

«Нулі» деталі знаходяться у таких місцях:

- по осям «X» та «Y» – по осям симетрії деталі;
- по осі «Z» – верхній торець деталі.

Інструмент замінюється в таких положеннях виконавчих органів верстата:

- вісь шпинделя повинна перетинати вісь симетрії деталі;

- шпиндельна головка повинна знаходитись в крайньому верхньому положенні.

Вильоти інструментів (без врахування допоміжного інструменту) такі:

$L = 65$ мм – свердло центрувальне 035-2317-0102 (Ø10) ОСТ 2И20-5-80;

$L = 65$ мм – свердло спіральне 035-2300-1234 (Ø6) ОСТ 2И20-1-80;

$L = 60$ мм – свердло спіральне 035-2300-1224 (Ø5) ОСТ 2И20-1-80;

$L = 60$ мм – мітчик машинний М6×1 2640-0053 ГОСТ 1604-71.

Різниця довжин між максимальними (визначає «плаваючий нуль») та мінімальним інструментами:

$K_1 = 0$ – для центрувального свердла;

$K_2 = 0$ – для свердла Ø6 мм;

$K_3 = 5$ мм; – для свердла Ø5 мм;

$K_4 = 5$ мм – для мітчика.

Величини K_3 та K_4 вводяться в СЧПК.

Отже, час на здійснення швидких переміщень буде таким (рис. 2.13 і 2.14):

$$T_{M.Bx21} = \frac{(100-3) + 6 \cdot 2 + (3+100)}{3800} = \frac{206}{3800} = 0,0542 \text{ (хв.)} - \text{центрувальне свердло (Т1);}$$

$$T_{M.Bx22} = \frac{(100-3) + 18 \cdot 2 + (18+100)}{3800} = \frac{251}{3800} = 0,066 \text{ (хв.)} - \text{для свердла Ø6 мм (Т2);}$$

$$T_{M.Bx23} = \frac{(100-3) + 3 \cdot 3 + (3+100)}{3800} = \frac{209}{3800} = 0,055 \text{ (хв.)} - \text{центрувальне свердло (Т1);}$$

$$T_{M.Bx24} = \frac{(100+5-3) + (17+5+3) \cdot 3 + (97+5)}{3800} = \frac{279}{3800} = 0,0734 \text{ (хв.)} - \text{для свердла Ø5 мм (Т3);}$$

$$T_{M.Bx25} = \frac{(100+5-3) + (17+5+3) \cdot 3 + (97+5)}{3800} = \frac{279}{3800} = 0,0734 \text{ (хв.)} - \text{для мітчика (Т4).}$$

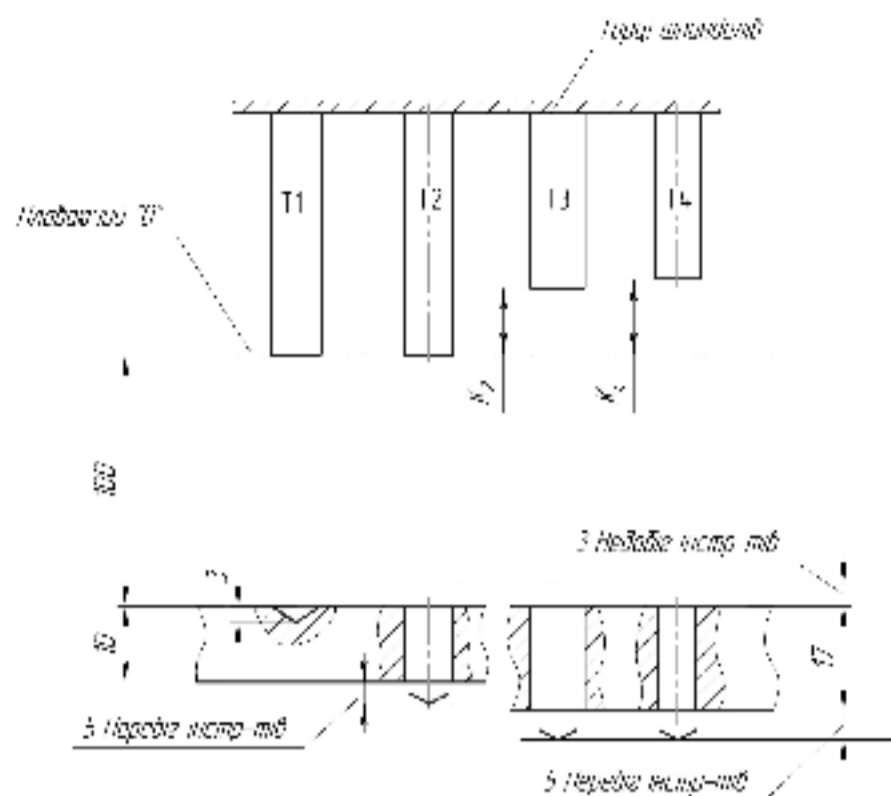
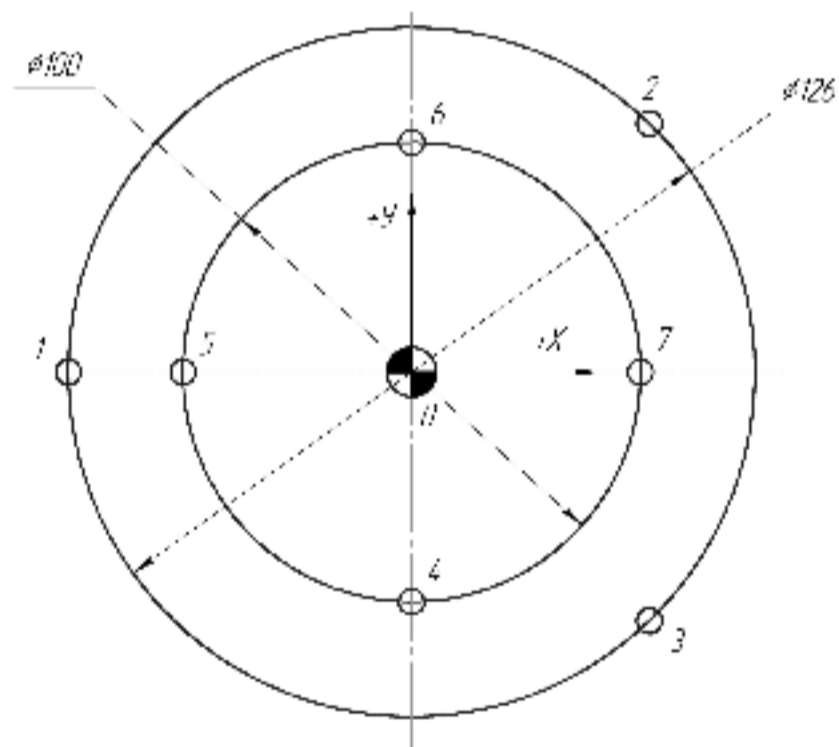


Рисунок 2.13 – До визначення витрат $T_{M.B_X}$ по осі Z



Вигляд-ти	Точки	X	Y
П. Св.	р11	-63	0
	р12	+21,5	-32,45
	р13	131,5	-32,45
Зам.на інтегр-та	р10	0	0
Св. Об.	р11	-63	0
	р12	+21,5	-32,45
	р13	131,5	32,45
Зам.на інтегр-та	р10	0	0
П. Св.	р15	-50	0
	р16	0	150
	р17	150	0
	р11	0	-50
Зам.на інтегр-та	р10	0	0
Св. Об.	р13	-50	0
	р16	0	150
	р17	+50	0
	р14	0	-50
Зам.на інтегр-та	р10	0	0
Мітки	р15	-50	0
	р16	0	+50
	р17	+50	0
	р14	0	-50
Зам.на інтегр-та	р10	0	0

Рисунок 2.14 – До визначення витрат $T_{M.B_{X,Y}}$ по осям «X» та «Y»

Сумарні витрати часу $T_{M.B_X}$ по осі «Z»:

$$\sum T_{M.B_{XZ}} = 0,0542 + 0,066 + 0,055 + 0,0734 + 0,0734 = 0,322 \text{ (хв.)}$$

- по осям X та Y:

$$T_{MB_{x_1y_1}} = \frac{63 + (32,45 + 31,5) + 32,45 \cdot 2}{3800} = \frac{191,85}{3800} = 0,0505 \text{ (хв.)};$$

- рух центрувального свердла між отворами Ø6 мм

$$T_{MB_{x,y}} = \frac{31,5 + 32,45}{3800} = \frac{63,95}{3800} = 0,0168 \text{ (хв.)};$$

- рух центрувального свердла в точку «0» деталі для наступної заміни

$$T_{MB_{x_1y_2}} = 0,0505 \text{ (хв.) - рух свердла Ø6};$$

$$T_{MB_{x_1y}} = 0,0168 \text{ (хв.) - рух свердла Ø6 в «0» деталі};$$

$T_{MB_{x_1y_3}} = \frac{50 + (50 + 50) \cdot 3}{3800} = \frac{350}{3800} = 0,0921 \text{ (хв.) - рух центрувального свердла між отворами М6};$

$T_{MB_{x_1y}} = \frac{50}{3800} = 0,0131 \text{ (хв.) - рух центрувального свердла в «0» деталі для наступної заміни.}$

$$T_{MB_{x_1y_2}} = 0,0921 \text{ (хв.) - рух свердла Ø5.}$$

$$T_{MB_{x_1y}} = 0,0131 \text{ (хв.) - рух свердла Ø5 в «0» деталі.}$$

$$T_{MB_{x_1y_3}} = 0,0921 \text{ (хв.) - рух мітчика М6}$$

$$T_{MB_{x_1y}} = 0,0131 \text{ (хв.) - рух мітчика М6 в «0» деталі.}$$

Сумарні витрати часу T_{MB_y} по осях «Х» та «Y»:

$$\begin{aligned} \sum T_{MB_{x,y}} &= 0,0505 + 0,0168 + 0,0505 + 0,0168 + 0,0921 + \\ &0,0131 + 0,0921 + 0,0131 + 0,0921 + 0,0131 = 0,45 \text{ (хв.)} \end{aligned}$$

Таким чином, машинно-допоміжний час на виконання допоміжних ходів складає:

$$T_{MB_x} = T_{MB_y} + \sum T_{MB_{xz}} + \sum T_{MB_{xy}} = 0,3 + 0,322 + 0,45 = 1,072 \text{ (хв.)}$$

3. Визначення часу автоматичної роботи за програмою:

$$T_{\text{ца}} = \sum T_{0_{015}} + \sum T_{MBx} = 1,435 + 1,072 = 2,507 \text{ (хв.)}$$

4. Визначення норми штучного часу

а) Визначаємо допоміжний час:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{вст.}} + T_{\text{закр}} + T_{\text{доп.о}} + T_{\text{вим.}}$$

де $T_{\text{вст.}}$ – час на встановлення та зняття деталі,

$T_{\text{вст.}} = 0,1 \cdot 2 = 0,2$ хв. (встановлення здійснюється у 2 пристосування, які розташовані на столі верстату: на 1-му установі – використовується отвір пристосування і пов. $\text{Ø}80h7$ деталі, на 2-му установі – палець пристосування і отв. $\text{Ø}42H7$ деталі; встановлення та зняття деталей здійснюється вручну);

$T_{\text{закр}}$ – час на закріплення та розкріплення деталі,

$T_{\text{закр}} = 0,16 \cdot 2 = 0,32$ (хв.) (закріплення та розкріплення за допомогою швидкозйомної шайби та пневмоприводу);

$$T_{\text{доп.о}} = 0,2 + 0,03 + 0,12 + 0,24 + 0,2 + 0,03 = 0,82 \text{ (хв.)}$$

(роботою верстата керує СЧПК «Координата С70-3»);

$T_{\text{вим.}}$ – час на контрольні вимірювання,

$$T_{\text{вим.}} = 0,5 \text{ хв. (калібр-пробка різьбовий)}$$

Отже,

$$T_{\text{д}} = 0,2 + 0,32 + 0,82 + 0,5 = 1,84 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби:

$$\alpha_{\text{орг.}} + \alpha_{\text{тех.}} + \alpha_{\text{відп.о}} = 8\%$$

Остаточну норму штучного часу складає

$$T_{шт.} = (T_{ц.а} + T_{д}) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{орг.} + \alpha_{мех.} + \alpha_{смон.}}{100} \right) =$$

$$= (2,507 + 1,84) \cdot \left(1 + \frac{8}{100} \right) = 4,347 \cdot 1,08 \cong 4,69 \text{ (хв.)}$$

Визначення норми штучно-калькуляційного часу

а) Визначаємо підготовчо-заклучний час [20]:

$$T_{n-3} = T_{n-3_1} + T_{n-3_2} + T_{n-3_3},$$

де $T_{n-3_1} = 12$ хв.;

T_{n-3_2} – час, який враховує додаткові прийоми та роботи: встановлення та знімання пристосування – $4 \cdot 2 = 8$ хв. (вручну), встановлення та знімання інструменту – $4 \cdot 0,5 = 2,0$ хв. (4 інструменти), переміщення столу, шпіндельної головки в зону, зручну для налагодження – $0,3$ хв.; встановлення програмного та зчитувального пристрою та знімання – $0,7$ хв.; перевірка працездатності зчитувального пристрою – 1 хв.; введення програми до пам'яті системи з ЧПК з програмоносія – 1 хв.; встановлення початку системи координат деталі – $1,3$ хв.

$$T_{n-3_2} = 8 + 2 + 0,3 + 0,7 + 1 + 1 + 1,3 = 14,3 \text{ (хв.)}$$

T_{n-3_3} – час на пробну обробку деталі (до цього часу включається час обробки глухих отворів); на даній операції такі отвори не обробляються, тому $T_{n-3_3} = 0$.

Таким чином,

$$T_{n-3} = 12 + 14,3 = 26,3 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n} = 4,69 + \frac{26,3}{756} = 4,69 + 0,035 \cong 4,73 \text{ (хв.)} \left(n = \frac{N_a}{254} = 16000 + \frac{12}{254} \cong 756 \text{ (дет.)} \right)$$

На операціях 005 та 010 нормування здійснено аналогічно і загальні результати нормування зведено до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Зведена таблиця норм часу

№ опер.	$\sum T_0$, хв.	$T_{q.a}$, хв.	T_d , хв.	$T_{шт.}$, хв.	T_{n-2} , хв.	$T_{шт-к}$, хв.
005	0,537	1,337	1,05	2,577	25,1	2,61
010	0,192	0,592	0,75	1,449	25,1	1,482
015	1,435	2,507	1,84	4,69	26,3	4,73

Висновки

Виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі, що показав – конструкція заданої деталі є технологічною.

Проведені розрахунки з метою визначення типу виробництва та форми організації робіт: виробництво – середньосерійне, форма організації роботи – групова, величина партії деталей – 838 шт.

Розглянуто два найдоцільніших способи виготовлення заготовки : лиття під тиском та лиття в кокіль. Техніко-економічне порівняння розглянутих способів показало перевагу литтю в кокіль.

Виконано вибір методів, послідовності та кількості переходів обробки найточніших поверхонь, вибір чистових та чорнових технологічних баз.

Розглянуті два варіанти технологічного процесу (базовий та удосконалений). З використанням порівняння за мінімумом приведених витрат показано, що удосконалений технологічний процес забезпечує меншу собівартість механічної обробки.

Виконано розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу, розраховані припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь, розміри вихідної заготовки.

Визначені режими різання, для одного з переходів з використанням методу лінійного програмування виконано оптимізацію режимів різання, розраховані технічні норми часу для всіх технологічних операцій.

3 АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ ТОНКИМ ТОЧІННЯМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК

3.1 Постановка задачі дослідження

В сучасних технологічних процесах виготовлення деталей з кольорових металів, у т. ч. з алюмінієвих ливарних сплавів, як для попередньої, так і для завершальної механічної обробки використовується переважно лезовий інструмент. Це, перш за все, пояснюється появою на ринку металообробного обладнання високоточних і високопродуктивних верстатів з ЧПК, а також різців і фрез, оснащених пластинами із зносостійких матеріалів різальної частини. Важливою перевагою лезової обробки на верстатах з ЧПК є можливість обробки значної кількості поверхонь з одного установа. Це усуває вплив похибки установа на точність відносного розташування цих поверхонь. Тому певний практичний інтерес складає встановлення показників точності, що забезпечуються як попередньою (чорною), так і фінішною лезовою обробкою на сучасних токарних верстатах з ЧПК.

Метою роботи є виявлення впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки тонким точінням плоских поверхонь на токарному верстаті з ЧПК і визначення коефіцієнта уточнення, який досягається такою обробкою.

Для досягнення мети роботи поставлені такі *завдання*:

- визначити величини елементарних похибок, що виникають під час тонкого точіння торця і впливають на поле розсіювання розміру між обробленою поверхнею і вимірювальною базою;
- проаналізувати вплив елементарних похибок на сумарну похибку;
- визначити коефіцієнт уточнення для досліджуваного переходу;
- сформулювати висновки за результатами дослідження.

3.2 Результати дослідження

Необхідною умовою роботи без браку під час виконання завершального технологічного переходу механічної обробки партії заготовок деталей на настроєному верстаті є забезпечення співвідношення

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T, \quad (3.1)$$

де ε_{Σ} – сумарна похибка обробки, яка дорівнює полю розсіювання розмірів, отриманих в результаті механічної обробки партії заготовок;

T – допуск забезпечуваного розміру.

Виникнення сумарної похибки обробки є наслідком впливу низки технологічних факторів, кожний з яких зумовлює появу первинної або елементарної похибки.

Якщо здійснюється остаточна обробка, як у випадку, що розглядається, то, визначивши ε_{Σ} , потрібно перевірити виконання умови (3.1). Якщо ця умова не виконується, то мають бути вжиті заходи щодо зменшення ε_{Σ} . Визначивши ступінь впливу кожної з елементарних похибок на величину ε_{Σ} , можна встановити, яких саме заходів потрібно вжити для її зменшення.

Дослідження виконувалось на прикладі технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка передня Д06.037» в умовах серійного виробництва. В основу дослідження покладена методика, описана в [16] з урахуванням особливостей токарної обробки.

Розглядалась операція 010, на якій виконується попередня і остаточна обробка площини торця в розмір $27h10(-0,084)$ мм (рис. 3.1).

Прийнято, що обробка здійснюється за таких технологічних умов:

- операція виконується на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1П420ПФ30;
- клас точності верстата П;
- остаточна обробка (чистове точіння торця) виконується після попереднього точіння, яке забезпечує розмір між площиною (вимірювальною базою) і оброб-

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_y)^2 + (K_2 \varepsilon_{\text{пд}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{н}})^2 + (K_4 \varepsilon_{\text{п.і}})^2 + (K_5 \varepsilon_i)^2 + (K_6 \varepsilon_{\text{в}})^2 + (K_7 \varepsilon_{\text{т}})^2}, \quad (3.2)$$

де $\frac{1}{K}$ – коефіцієнт, що залежить від бажаної імовірності роботи без браку;

$K_1 \dots K_6$ – коефіцієнти, значення яких залежить від виду закону розподілу відповідних елементарних похибок:

ε_y – похибка установлення заготовки у верстатний пристрій;

$\varepsilon_{\text{пд}}$ – похибка, що спричиняється пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання;

$\varepsilon_{\text{н}}$ – похибка настроєння верстата;

$\varepsilon_{\text{п.і}}$ – похибка позиціювання поздовжнього супорта;

ε_i – похибка, що зумовлена розмірним зносом різального інструмента;

$\varepsilon_{\text{в}}$ – похибка, що спричиняється геометричною неточністю верстата;

$\varepsilon_{\text{т}}$ – похибка, що спричиняється тепловими деформаціями технологічної системи.

Послідовно визначено всі елементарні похибки, а потім і сумарну похибку розміру, що виникають під час тонкого точіння торця.

Відомо [10], що величина похибки установлення ε_y залежить від кількісних значень похибки базування, похибки закріплення і похибки положення заготовки у пристрої.

У випадку, що розглядається, похибка базування відсутня, оскільки виконується принцип суміщення баз. Тому усереднене значення похибки установлення можна знайти за таблицею 14 [25]. Для заданих технологічних умов $\varepsilon_y = 25$ мкм.

Похибка, що зумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи під дією сили різання визначалась за формулою [10]

$$\varepsilon_{\text{пд}} = \omega_{\Sigma} (P_{y_{\text{max}}} - P_{y_{\text{min}}}), \quad (3.3)$$

де ω_{Σ} – сумарна податливість технологічної системи, яка враховує податливість верстата, верстатного пристрою, різця і заготовки;

$P_{y_{\max}}$ і $P_{y_{\min}}$ – відповідно найбільша і найменша величина складової сили різання, яка діє у напрямі нормалі до оброблюваної поверхні.

Під час визначення величини ω_{Σ} вважалось, що податливості верстатного пристрою, різця і заготовки суттєво менші за податливість револьверної головки верстата $\omega_{\text{в}}$, тобто приймалося, що $\omega_{\Sigma} = \omega_{\text{в}} = 0,026$ мкм/Н [26].

Очевидно, що на зміну величини P_y впливатиме зміна припуску на тонке точіння. Згідно з результатами розмірного аналізу технологічного процесу $t_{\max} = 0,62$ мм; $t_{\min} = 0,2$ мм.

Граничні значення сили P_y знайдено за формулою [27]

$$P_y = 10C_p t^x s^y v^n K_p \text{ [Н]}$$

за таких параметрів: $C_p = 40$; $x = 1$; $y = 0,75$, $s = 0,1$ мм/об; $n = 0$; $K_p = 1$.

$$P_{y_{\max}} = 10 \cdot 40 \cdot 0,6^1 \cdot 0,1^{0,75} = 13 \text{ (Н)};$$

$$P_{y_{\min}} = 10 \cdot 40 \cdot 0,2^1 \cdot 0,1^{0,75} = 5 \text{ (Н)};$$

За формулою (3.11) визначено величину похибки $\varepsilon_{\text{пд}}$

$$\varepsilon_{\text{пд}} = 0,026(13 - 5) = 0,2 \text{ (мкм)}.$$

Похибка $\varepsilon_{\text{н}}$ визначалася з урахуванням того, що для точної обробки верстата з ЧПК настроюються з використанням методу спробних заготовок. Згідно з [28], $\varepsilon_{\text{н}}$ визначено за формулою

$$\varepsilon_{\text{н}} = 1,2 \sqrt{(\varepsilon_{\text{р}})^2 + (\varepsilon_{\text{вм}})^2 + (\varepsilon_{\text{зм}})^2}, \quad (3.4)$$

де $\varepsilon_{\text{р}}$ – похибка регулювання положення інструмента;

$\varepsilon_{\text{вм}}$ – похибка вимірювання розміру деталі;

$\varepsilon_{\text{зм}} = \varepsilon_{\text{п.д}} / \sqrt{m}$ – похибка, замовлена зміщенням центра групування розмірів

спробних заготовок відносно середини поля розсіювання в момент настроювання;

m – кількість пробних заготовок.

Похибку $\varepsilon_{\text{р}}$ прийнято рівною точності позиціонування $\Delta_{\text{п}}$. Для верстата ІП420ПФ30 $\Delta_{\text{п}}$ дорівнює двом дискретам. Таким чином, прийнято, що $\varepsilon_{\text{р}} = 20$ мкм.

Похибку $\varepsilon_{\text{вм}}$ прийнято рівною 10 мкм (ціна поділки мікрометра).

Величина похибки $\varepsilon_{\text{зм}}$ за $m = 5$ складе

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{10}{\sqrt{5}} = 4 \text{ (мкм)}.$$

За формулою (3.13) визначено величину похибки $\varepsilon_{\text{н}}$

$$\varepsilon_{\text{н}} = 1,2 \sqrt{(20)^2 + (10)^2 + (4)^2} = 23 \text{ (мкм)}.$$

Під час обробки на багатоінструментальних токарних верстатах з ЧПК після завершення чергового переходу відбувається поворот револьверної головки з подальшим її швидким переміщенням у початкову точку (позиціонуванням). Під час гальмування супорта верстата в кінці цього переміщення виникає похибка позиціонування $\varepsilon_{\text{п.і}}$. Згідно з [16], для токарних верстатів з ЧПК ця похибка складає 20 мкм.

Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця $\varepsilon_{\text{і}}$, в процесі обробки заготовок партії на настроєному верстаті з ЧПК може компенсуватися введенням корекції на розмірний знос інструмента, тобто регламентованим програмованим зміщенням вершини різця через певну кількість оброблених заготовок. Згідно з [16], вважалось, що похибка корекції $\varepsilon_{\text{к}}$ дорівнює двом дискретам, тобто 20 мкм. Відповідно, приймемо, що $\varepsilon_{\text{і}} = \varepsilon_{\text{к}} = 20$ мкм.

Визначимо, яка кількість заготовок може бути оброблена між введеннями корекційного піднастроювання різця для компенсації його розмірного зносу. Вважатимемо, що розмірний знос різця між піднастроюваннями $[\varepsilon_{\text{і}}]$ дорівнює двом дискретам, тобто приймемо, що $[\varepsilon_{\text{і}}] = 20$ мкм.

Допустимий шлях, який проходить вершина різця між піднастроюваннями по поверхні оброблюваних заготовок

$$L_N = \frac{1000[\varepsilon_i]}{u_0} \text{ [м]} \quad (3.5)$$

де u_0 – відносний знос різця, який згідно з [29] для різця з твердого сплаву ВК3 для випадку точіння заготовок з алюмінієвого сплаву складає 1 мкм/км.

Згідно з формулою (3.5)

$$L_N = \frac{1000 \cdot 20}{1} = 20 \cdot 10^3 \text{ (м)}.$$

Шлях, який проходить вершина різця під час обробки однієї заготовки для випадку, що розглядається, складе

$$L_1 = \frac{\pi D(D-d)}{2000s} \text{ [м]}, \quad (3.6)$$

де $D = 124$ мм і $d = 80$ мм – відповідно найбільший і найменший діаметри оброблюваного торця.

Підставивши величину подачі ($s = 0,1$ мм/об) і діаметральні розміри оброблюваної поверхні у формулу (3.6), отримаємо

$$L_1 = \frac{3,14 \cdot 124(124 - 80)}{2000 \cdot 0,1} = 85 \text{ (м)}.$$

Кількість заготовок, яка обробляється під час проходження різцем шляху L_N визначено за формулою

$$N = \frac{L_N}{L_1} = \frac{20 \cdot 10^3}{85} = 235 \text{ [шт.]}. \quad (3.6)$$

Кількість корекційних піднастроювань різця, необхідних для обробки партії заготовок, складе

$$K = n/L_N = 838/235 = 3.$$

Похибку ε_B в даному випадку спричиняє відхилення від перпендикулярності напрямку руху поперечного супорта до осі обертання шпинделя. Згідно з [25], ця похибка визначена за формулою

$$\varepsilon_B = \frac{Cl}{L_6} \text{ [мкм]}, \quad (3.7)$$

де C – допустиме відхилення від перпендикулярності осі напрямку його руху супорта до осі обертання шпинделя в межах базової довжини L_6 .

Прийнявши згідно з [25], що $C = 20$ мкм, $L_6 = 400$ мкм, за формулою (3.7) знайдемо

$$\varepsilon_B = \frac{20 \cdot 22}{400} = 1 \text{ (мкм)}.$$

Похибка, що зумовлена тепловими деформаціями технологічної системи згідно з [25] складає близько 15% від суми інших похибок, тобто

$$\varepsilon_T = 0,15(\varepsilon_y + \varepsilon_{п.д} + \varepsilon_H + \varepsilon_{п.і} + \varepsilon_i + \varepsilon_B) \text{ [мкм]}. \quad (3.8)$$

Разом з тим, ця похибка під час обробки на сучасних верстатах з ЧПК зазвичай дещо менша, ніж на верстатах з ручним керуванням завдяки використанню рясного охолодження оброблюваної заготовки у закритій робочій зоні верстата. З урахуванням цього ε_T визначена за формулою (3.8), але коефіцієнт перед виразом в дужках зменшений з 0,15 до 0,1. Таким чином,

$$\varepsilon_T = 0,1(25+0,2+23+20+20+ 1) = 6 \text{ (мкм)}.$$

За формулою (3.2) визначимо ε_Σ прийнявши: $\frac{1}{K} = 1$ (очікуваний брак складає 0,03%); $K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = 1$ (розподіл похибок ε_y , ε_H , $\varepsilon_{п.д}$, $\varepsilon_{п.і}$ відповідає нормальному закону); $K_5 = K_6 = K_7 = 1,73$ (розподіл похибок ε_i , ε_B , ε_T відповідає закону рівної імовірності).

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{(25)^2 + (0,2)^2 + (23)^2 + (20)^2 + (1,73 \cdot 20)^2 + (1,73 \cdot 1)^2 + (1,73 \cdot 6)^2} = 54 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки $\varepsilon_{\Sigma} < T = 84$ мкм, то необхідна точність обробки забезпечуватиметься.

Вважаючи, що допуск на попередньому переході забезпечувався в межах 12 квалітету точності ($T_{i-1} = 210$ мкм), визначимо коефіцієнт уточнення ε , який досягається на переході, що розглядається. Таким чином, $\varepsilon = T_{i-1}/T = 210/54 = 3,8$.

За результатами розрахунків побудовані діаграми величин елементарних похибок і сумарної похибки, що виникають під час тонкого точіння торця на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ30 (рис. 3.2).

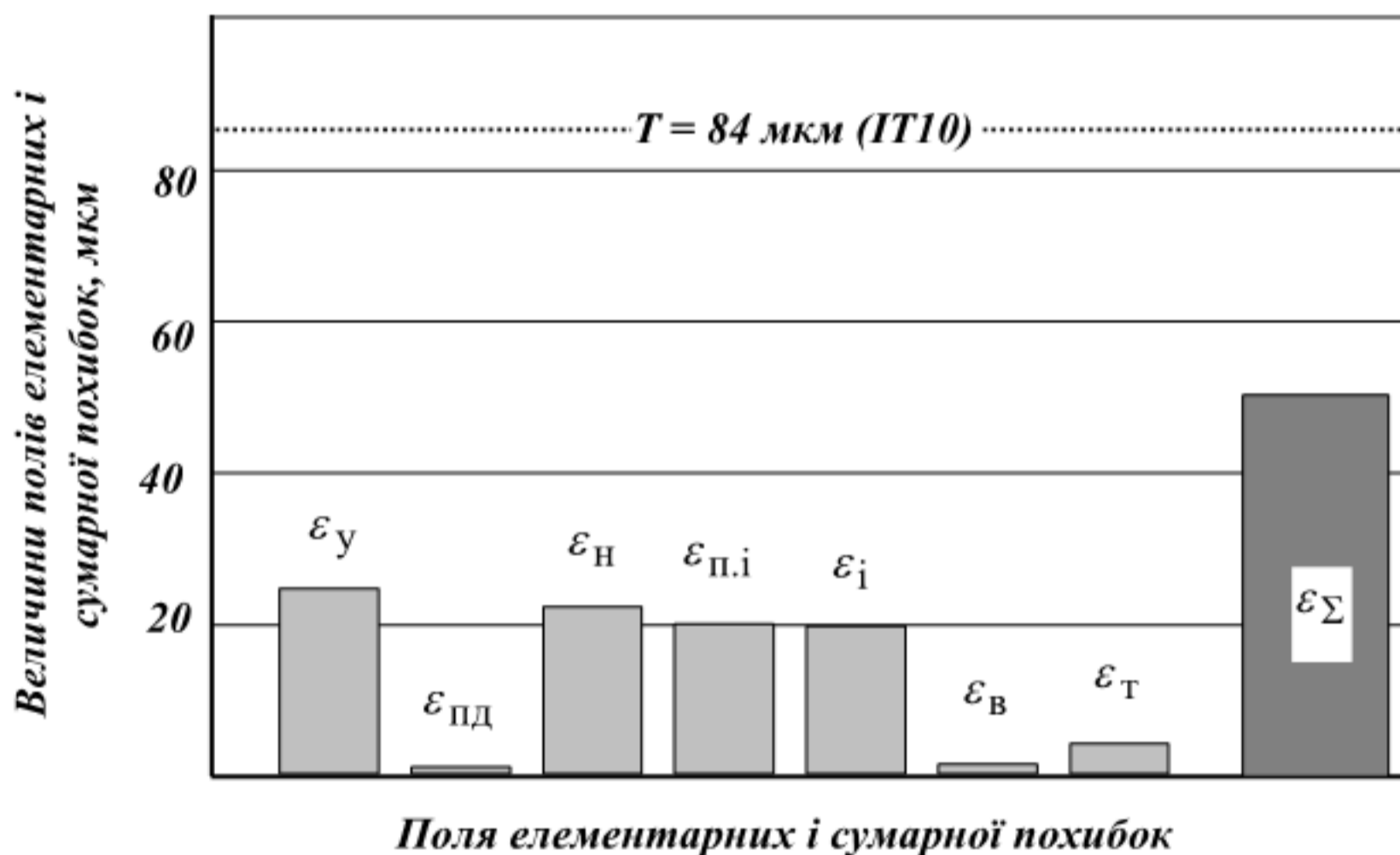


Рисунок 3.2 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки, які виникають під час тонкого точіння торця на верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ30

Висновки

1. На прикладі обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ30 (клас точності «П») виконаний аналіз точності обробки з виявлення елементарних похибок, які мають домінуючий вплив на точність, що забезпечується під час тонкого точіння торців на настроєному верстаті.

2. Встановлено, що найсуттєвіший вплив на точність обробки мають похибка настроєння і похибка, що зумовлена неточністю позиціювання при підведенні різального інструмента (різця) до початкової точки.

3. Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця, зменшується до рівня похибки позиціювання супорта верстата завдяки використанню програмованої корекції інструмента.

4. Обробка на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ30 гарантовано забезпечує задану точність розміру $27h10_{(-0,084)}$ мм, оскільки сумарна похибка обробки склала 54 мкм.

5. Для переходу, що розглядається, визначено кількісне значення коефіцієнта уточнення, яка узгоджується з рекомендаціями [16].

6. Результати дослідження можуть бути використані для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів механічної обробки і у навчальному процесі.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

4.1 Постановка задачі

Пристосування проектується для операції 015 і має забезпечувати надійність затискання заготовки, що визначається відповідною силою затискання.

Заплановано спроектувати двомістне пристосування для збільшення оперативності роботи на цій операції, яка виконується на двох установках заготовки. Згідно розробленої схеми базування на цих установках в пристосуванні потрібно передбачити два циліндричних зрізаних пальці: на установі А один палець базує заготовку по одній з 3-х вибірок R9 – це потрібно для кутового орієнтування трьох отворів $\varnothing 6,5$, які обробляються на цьому установі у фланці $\varnothing 147$ мм; на установі Б обробляються чотири отвори M6-7H у фланці $\varnothing 126$ мм і вони мають бути відповідно зорієнтовані у кутовому розташуванні відносно трьох отворів $\varnothing 6,5$ мм. Для цього у пристосуванні повинен бути передбачений ще один зрізаний палець, який базує заготовку по одному з оброблених на установі А отворів $\varnothing 6,5$ мм. Вказані дві групи отворів будуть оброблятися на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі 2P135Ф2.

4.2 Розрахунок зусилля затискання

Закріплення заготовок на двох установках виходячи з геометричної форми деталі, напрямку обробки, доцільно здійснювати за допомогою швидкознімних шайб, які будуть мати опорні поверхні відповідно $\varnothing 51$ та $\varnothing 80h7$. Можливі такі варіанти створення затискних зусиль: це, наприклад, ручні гвинтові затискачі і від пневмо- або гідроциліндрів. Зважаючи на серійний тип виробництва і величину партії запуску $n=838$ шт., бажано застосувати швидкодійний затискний механізм (пневмо- або гідроциліндри).

Тому, для визначення зусилля затискання на кожному установі потрібно, насамперед, розрахувати сили різання і крутні моменти на шпинделі верстата. Зусилля затискання повинне протидіяти виникаючим в процесі обробки зазначеним

силовим параметрам. Вказані на початку розділу два зрізані пальці для взаємного орієнтування оброблюваних отворів будуть також перешкоджати необхідним крутним моментам при свердлінні отворів та нарізанні різей від зміщення заготовки. Тобто ними можна знехтувати. При свердлінні отворів $\varnothing 6,5$ та $\varnothing 5$ (під різь М6-7Н), а також при нарізанні різі будуть виникати осьові сили P_0 , які можуть привести при недостатньому зусиллі затискання до відриву заготовки відвід опор пристосування.

Отже, при свердлінні отворів $\varnothing 6,5$ мм та $\varnothing 5$ мм максимальна осьова сила буде виникати в першому випадку, її значення вибираємо з р. 2 – $P_{0\text{ св.}} = 151\text{Н}$, при нарізанні різі ця сила буде незначною, її можна не враховувати.

За ГОСТ 4087-69 попередньо вибрано швидкознімні шайби:

- для установка А: $D=50$ мм, $b=22$ мм, d (стержень)=20 мм, $H=10$ мм (тип 1);
- для установка Б: $D=80$ мм, $b=32$ мм, d (стержень)=30 мм, $H=14$ мм.

Враховуючи те, що в заготовці мінімальний розмір наскрізного отвору, через який стержень має доступ до швидкознімної шайби в обох установках складає величину $\varnothing 20$ мм, то стандартні шайби не підходять. Тому в конструкції пристосування застосовувані швидкознімні шайби оригінальних конструкцій з такими параметрами:

- для установка А: $D= 50$ мм, $b= 20$ мм, $d= 18$ мм, $H= 10$ мм;
- для установка Б: $D= 80$ мм, $b= 20$ мм, $d= 18$ мм, $H= 10$ мм.

Момент сил на торці шайби, який унеможливилює провертання шайби під дією сили різання буде дорівнювати [1]

$$Q = 4P_zKR/(D+d)f [\text{H}],$$

де $P_z \text{ М6} = 0,33/0,003 = 110$ (Н);

$M_{\text{кр } \varnothing 6,5} = 10C_M D^q S^y K_p = 10$ де $P_z = M_{\text{кр}}/R_{\text{інстр}} = 0,348/0,00325 = 107$ (Н);
 $\times 9,8 \times 6,5^2 \times 0,105^{0,8} = 10 \times 0,005 \times 42,25 \times 0,165 \times 1,0 = 0,348$ (Нм);

$M_{\text{кр}\varnothing 6,5}$ – крутний момент, який виникає при свердлінні отв. $\varnothing 6,5$ мм і розрахований за аналітичною залежністю

$$M_{\text{кр м6-7н}} = M_{\text{кр т}} / K_{\text{ММ}} = 0,3 / 0,9 = 0,33 (\text{Нм}),$$

де $M_{\text{М6-7Н}}$ – крутний момент, який виникає під час нарізання різі М6-7Н, визначений нормативним способом.

K – коефіцієнт запасу, $K=1,5-2$ (враховує затуплення інструмента);

R – радіус оброблюваного отвору, $R_A=3,25\text{мм}$ (установ А), $R_B=3\text{мм}$ (установ Б);

D – зовнішній діаметр швидкознімної шайби, $D_A=50\text{ мм}$, $D_B=80\text{ мм}$;

f – коефіцієнт тертя між шайбою та заготовкою, $f = 0,08$ (пара тертя «сталь-алюміній»);

d – внутрішній діаметр посадочного місця швидкознімної шайби, $d_A=42\text{ мм}$; $d_B=70\text{ мм}$.

Отже:

$$Q_A = 4 \times 107 \times 2 \times 0,00325 / (0,005 + 0,0042) \times 0,08 = 2,782 / 0,000736 = 3780 (\text{Н})$$

$$Q_B = 4 \times 110 \times 2 \times 0,003 / (0,008 + 0,007) \times 0,08 = 2,64 / 0,0012 = 2200 (\text{Н})$$

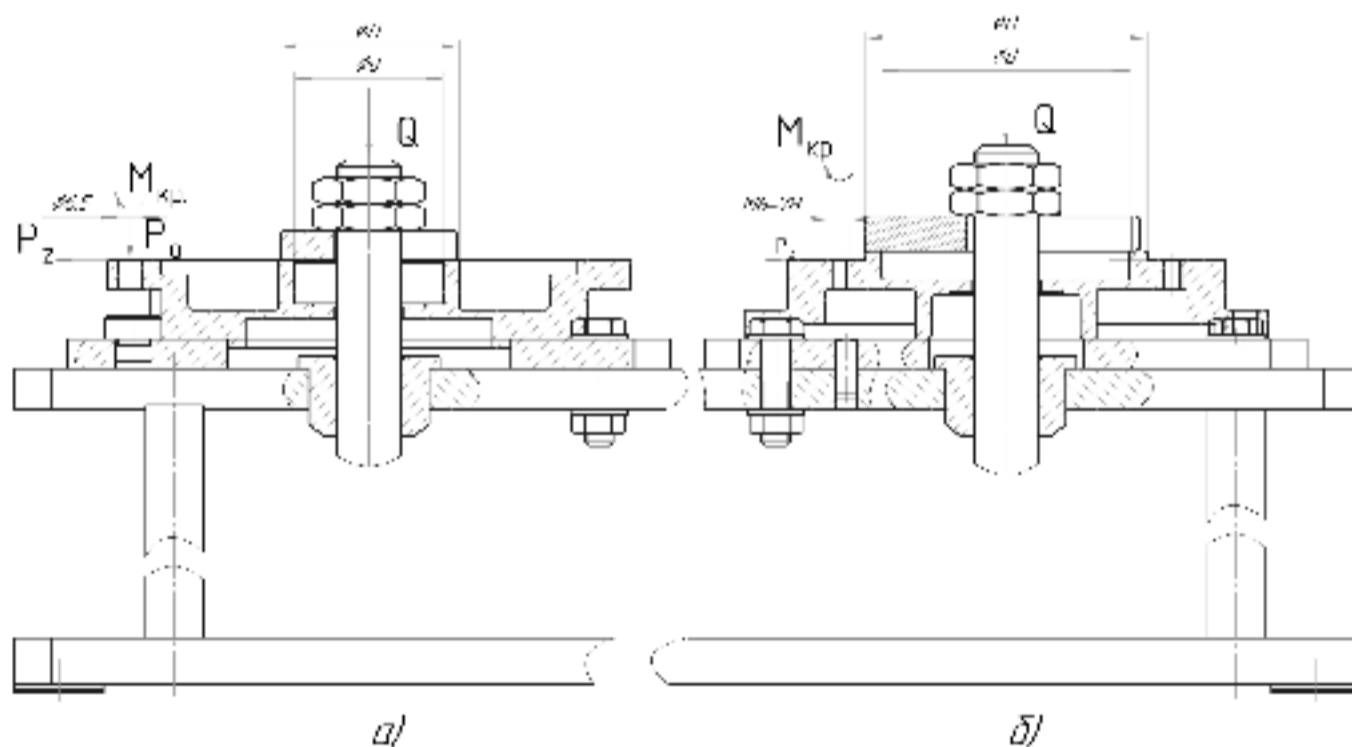


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема для визначення зусилля затискання:

а – установ А; б – установ Б

Для створення сили затискання використано один пневмоциліндр, шток якого через важільний механізм з'єднується з двома затискними стрижнями швидкознімних шайб і буде передавати затискне зусилля величиною 3780 Н (максимальне з двох розрахованих вище).

4.3 Силовий розрахунок пристосування

4.3.1 Вибір силового приводу

Враховуючи серійний тип виробництва з річним обсягом виготовлення $N = 16000$ шт., виникає необхідність у застосуванні швидкодіючого затискного механізму. Рушієм цього механізму вибрано пневмопривод. Перевагами пневмоприводу є значна швидкодія ($0,5 \dots 1,2$ с), постійність зусилля затискання і можливості його регулювання, простота конструкції та експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури зовнішнього середовища. Швидкість виконавчого механізму при застосуванні пневмоприводу складає $0,1 \dots 0,2$ м/с. При менших швидкостях виникають вібрації та нерівномірність ходу.

З економічної точки зору раціонально застосовувати пневмопривод із зусиллям до 30 кН і пневмоциліндрів з максимальним діаметром 250 мм. Недоліком пневмоприводу є низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити у порівнянні з гідроприводом, нерівномірність переміщення робочих органів. Але ці недоліки не мають суттєвого впливу на точність обробки заданих поверхонь.

4.3.2 Розрахунок параметрів приводу

Зусилля затискання буде передаватися через шток на рівноплечий важіль на два робочих місця і далі на дві швидкознімні шайби через відповідні стрижні (див. рис. 4.1):

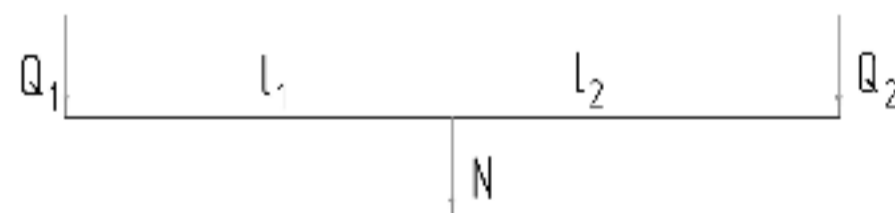


Рисунок 4.2 – Схема розрахунку зусилля затискання

На рисунку 4.2:

$Q_1 = Q_2 = 3780$ Н; $l_1 = l_2 = 100$ мм (обрані конструктивно); N – зусилля на штокові пневмоциліндра.

З величини потрібного зусилля N за [5] вибрано:

- тиск повітря в мережі $p = 0,63$ МПа;
- діаметр циліндра $D = 100$ мм;
- діаметр штока $d = 25$ мм;
- статичне навантаження на штокові (не менше):
- штовхаюча сила – 4300 Н;
- тягнуча сила – 4000 Н;
- швидкість переміщення штока – не більше 1 м/с.

За даними вибрано пневмоциліндр без гальмування із закріпленням на фланці з такими параметрами (виконання 3) (рис. 4.3):

$D = 100$ мм; $A_3 = 92 + 0,4$; $A_4 = 138 + 0,4$; $B_2 = 162$ мм; $B_3 = 110$ мм; $D_2 = 80H8$; $d_4 = 12$ мм; $l_3 = 14$ мм; $l_4 = 9$ мм.

Інші розміри вибрані з конструктивних міркувань.

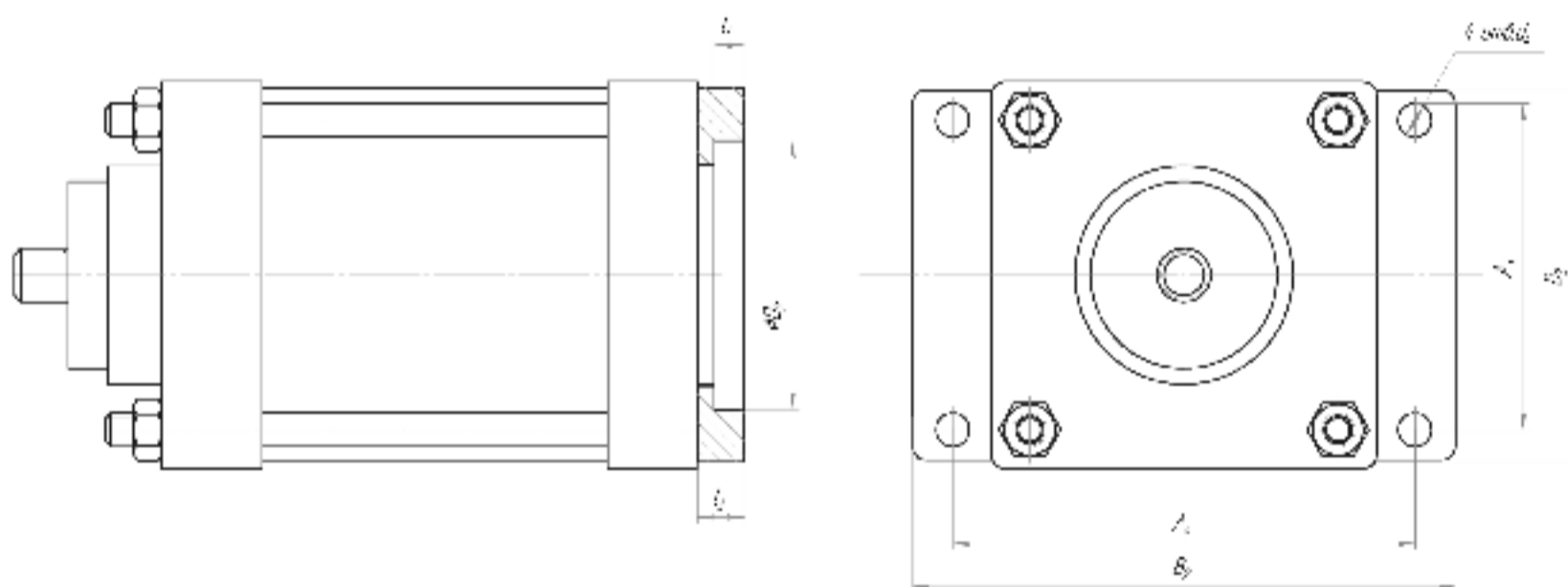


Рисунок 4.3 – Величини конструктивних параметрів пневмоциліндра

Виконано додаткові розрахунки пневмопривода:

- для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндра, робочу швидкість переміщення поршня вибрано з рекомендованого діапазону значень 0,2...1 м/с:

$$V = 0,5 \text{ м/с};$$

- час руху поршня:

$$t = L / 1000 \times V = 10 / 1000 \times 0,5 = 0,02 \text{ (с)};$$

- площа поршня:

$$F = 0,01 \times 0,785D^2 = 0,01 \times 0,785 \times 100^2 = 78,5 \text{ (см}^2\text{)};$$

- витрати повітря за хід:

$$V = 6Fv = 6 \times 78,5 \times 0,5 = 235,5 \text{ (л/хв.)}$$

- внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d_1 = 4,6 \times V/w = 4,6 \times 235/17 = 4,6 \times 3,72 = 17,12 \text{ (мм)},$$

де w – швидкість руху повітря у трубопроводі, $w = 17$ м/с; приймаємо $d = 18$ мм.

4.3.3 Розрахунок деталей пристосування на міцність [2]

Розрахуємо гвинт затискного механізму на розтяг за формулою

$$\delta = N/A < [\delta] = 118 \text{ (МПа)},$$

де $A = \pi \times d^2/4 = 3,14 \times 16^2/4 = 201 \text{ (мм}^2\text{)}$ – площа поперечного перерізу гвинта;

$$\delta = 4000/201 = 19,9 \text{ (МПа)} < [\delta] = 118 \text{ МПа},$$

$N = 4000$ Н – тягнуче зусилля, яке розвивається пневмоциліндром.

Умова міцності виконується.

Висновки

Для операції 015 розроблено установно-затискне пристосування. Розраховано необхідне зусилля затискання. Виконано вибір силового пневмоприводу та розраховані його параметри. Спроектована конструкція пристосування. Виконано розрахунок найнавантаженої деталі на міцність. Визначені технічні характеристики пристосування.

5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Розрахунок приведеної програми [13, 18]

Проектування ділень і цехів в умовах серійного виробництва виконують по приведеній програмі. Приведена програма визначається за формулою [13, 18]:

$$N_{np} = N_{пред} + \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} \text{ [шт.]}, \quad (5.1)$$

де $N_{пред}$ – програма випуску представника; N_i – програма випуску деталей, якими довантажуються верстати; K_{npi} – коефіцієнт приведення деталей, якими довантажуються верстати.

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (5.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі; K_2 – коефіцієнт приведення по програмі випуску; K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (5.3)$$

де m_i – маса розглядуваної деталі; m_{np} – маса розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^{0,15}, \quad (5.4)$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \left(\frac{R_{ai}}{R_{анр}}\right)^{\alpha 1} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{np}}\right)^{\alpha 2}, \quad (5.5)$$

де R_{ai} – середній коефіцієнт шорсткості розглядуваної деталі; R_{anp} – середній коефіцієнт шорсткості розрахункового представника; T_i – середній квалітет точності розглядуваної деталі; T_{np} – середній квалітет точності розрахункового представника; α_1, α_2 – коефіцієнти.

Таблиця 5.1 – Характеристика підібраних деталей для приведення

Номер деталі	m , кг	N , шт.
Деталь № 1	0,5	10000
Деталь № 2	0,4	8000
Деталь № 3	0,6	8000

Деталей підібрані згідно з рекомендаціями [13]:

- співвідношення маси m і річного обсягу виготовлення N об'єкта представника та інших об'єктів виробництва, які входять до групи приведення:

$$\begin{aligned} 0,5m_{max} &\leq m \leq 2m_{min}, \\ 0,1N_{max} &\leq N \leq 10N_{min} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Прийнято, що деталь «Кришка передня Д06.037» є деталлю-представником:

$$m_{np} = 0,447 \text{ кг}; N_{np} = 16000 \text{ шт.}$$

Визначені значення вказаних коефіцієнтів заносимо до таблиць:

Таблиця 5.2 – Значення коефіцієнтів приведення

Номер деталі	K_m	K_N	K_Σ
Деталь № 1	0,937	1,098	1,0288
Деталь № 2	0,808	1,148	0,9276
Деталь № 3	1,058	1,148	1,285

Таблиця 5.3 – Значення приведених програм по кожній деталі

Номер деталі	$N_{прив_i}$
Деталь № 1	10288
Деталь № 2	7421
Деталь № 3	10280
$N_{прив}$	$\Sigma 27989$

Сумарна приведена програма становить

$$N_{прив} = N_{пр.} + N_{прив} = 16000 + 27989 = 43989 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $N_{прив,сп} = 45000$ шт.

5.2 Визначення кількості верстатів, які працюють з приведеною програмою, та їх коефіцієнтів завантаження

5.2.1 Визначення кількості верстатів

$$C_{P_{005+010}} = \frac{45000 \cdot 4,092}{60 \cdot 3890} = 0,7889; \text{ приймаємо } C_{P_{005+010}} = 1 \text{ верстат}$$

$$C_{P_{015}} = \frac{45000 \cdot 4,73}{60 \cdot 3890} = 0,9119, \text{ приймаємо } C_{P_{015}} = 1 \text{ верстат}$$

5.2.2 Визначення коефіцієнтів завантаження обладнання

$$\eta_{z_{005+010}} = \frac{0,7889}{1} = 0,7889$$

$$\eta_{z_{015}} = \frac{0,9119}{1} = 0,9119$$

$$\eta_{z_{ср.}} = \frac{0,7889 + 0,9119}{2} = \frac{1,7008}{2} = 0,8504 \text{ (85,04\%)}$$

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 5.1.

5.2.3 Визначення коефіцієнтів використання обладнання за основним часом

$$\eta_{0_{005+010}} = \frac{0,537 + 0,192}{2,61 + 1,482} = \frac{0,729}{4,092} = 0,178$$

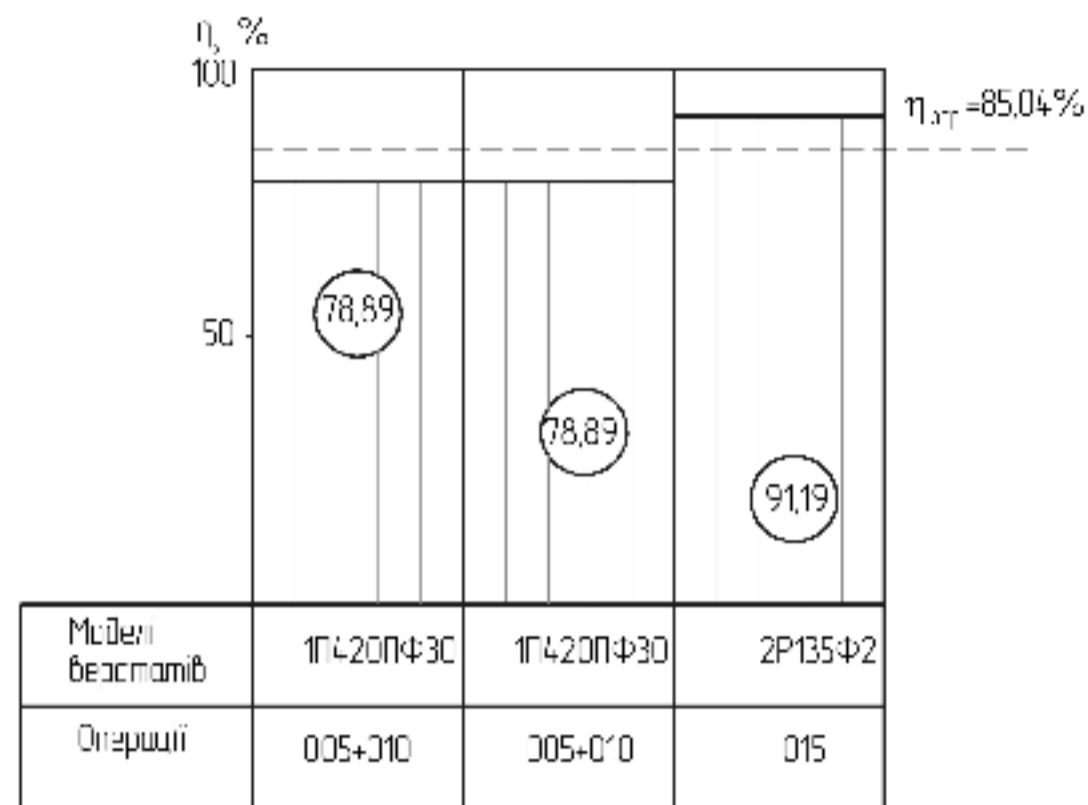


Рисунок 5.1 – Графік завантаження обладнання

$$\eta_{0,015} = \frac{1,435}{4,73} = 0,303$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{0,оп.} = \frac{0,178 + 0,303}{2} = \frac{0,481}{2} = 0,2405 \text{ (24,05 \%)}$$

Графік використання обладнання за основним часом показаний на рис. 5.2.

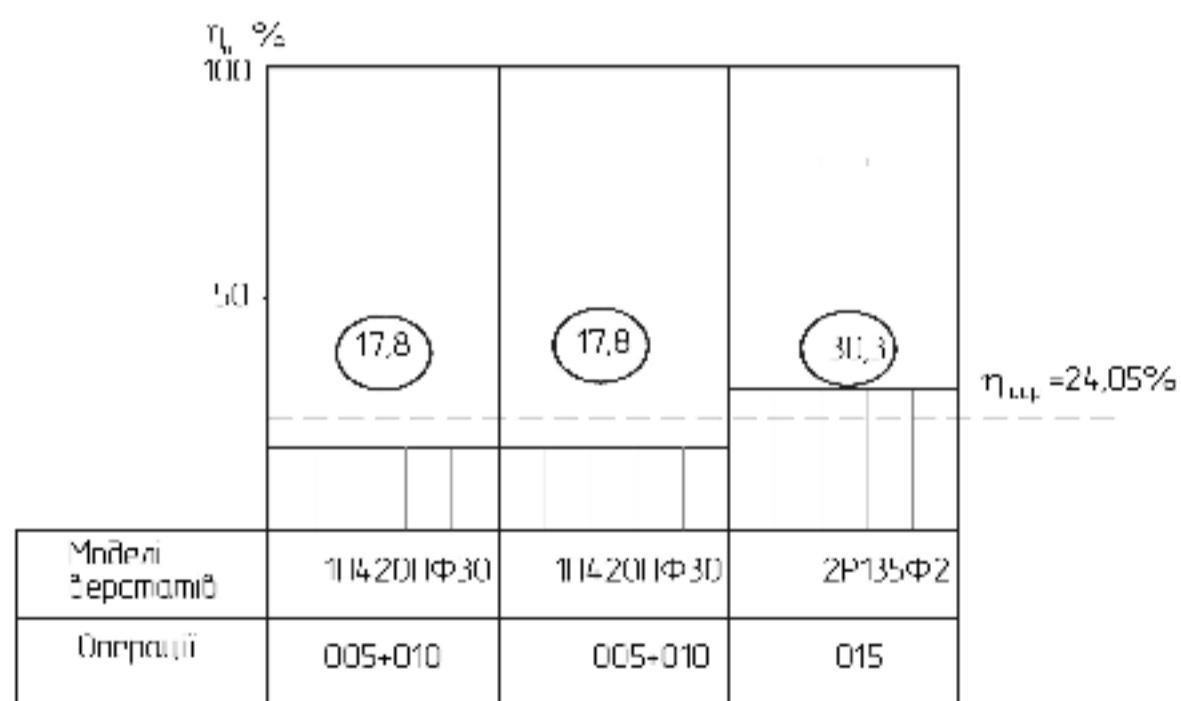


Рисунок 5.2 – Графік використання обладнання за основним часом

5.3 Розрахунок кількості робітників на дільниці

До складу працюючих на дільниці входять:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні працівники (ІТР);
- службовці (СКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

1. Кількість основних робітників:

$$P_{верст_{005+010}} = \frac{\sum T_{шт-к_{005+010}} \cdot N_{прис.}}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{4,092 \cdot 45000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 1,65,$$

Прийнято $P_{верст_{005+010}} = 2$ робітника для двох робочих змін

$$P_{верст_{015}} = \frac{\sum T_{шт-к_{015}} \cdot N_{прис.}}{\Phi_p \cdot K_M} = \frac{4,73 \cdot 45000}{1860 \cdot 60 \cdot 1} = 1,907.$$

Прийнято $P_{верст_{015}} = 2$ робітника для двох робочих змін.

2. Кількість допоміжних робітників

Кількість допоміжних робітників визначається як 20 – 25% від кількості основних робітників, тобто:

$$P_{доп} = 0,2 \cdot \sum P_{верст} = 0,2 \cdot (2 + 2 + 1) = 0,8.$$

Прийmemo $P_{доп_{тр}} = 1$ робітник (транспортник) для однієї робочої зміни

3. Кількість ІТР

Кількість ІТР визначається як 15 – 21% від кількості основних робітників, тобто:

$$P_{ІТР} = 0,2 \cdot 4 = 0,8.$$

Прийmemo $P_{ІТР_{тр}} = 1$ працівник для однієї робочої зміни.

4. Кількість СКП

Кількість службовців визначається як 0,6 – 1,6% від кількості основних робітників, тобто:

$$P_{СКП} = 0,016 \cdot 4 = 0,064.$$

Прийmemo $P_{СКП_{тр}} = 1$ робітник для двох робочих змін (нормувальник).

5. Кількість МОП

Кількість МОП визначається як 1 – 2% від загальної кількості робітників, тобто:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot 7 = 0,14.$$

Прийmemo $P_{\text{МОП,ср}} = 1$ робітник для двох робочих змін (прибиральник).

Всі результати розрахунку кількості працюючих на дільниці зводимо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Зведена відомість працюючих на дільниці

Основні робітники по спеціальності	Кількість	Розряд	Середній розряд по дільниці	К і л ь к і с ь т ь										
				Основних робітників		Допоміжних робітників		ІТР		СКП		МОП		
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
				Зміни		Зміни		Зміни		Зміни		Зміни		
Оператор токарного верстата з ЧПК	2	3	3	1	1									
Оператор вертикально-свердлувального верстата з ЧПК	2	3		1	1	1	1	1	1	–	1	–		
Всього:	4			2	2	1	1	1	1	1	–	1	–	

5.4 Висновки

Виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037». При цьому уточнений тип виробництва – серійний, визначена приведена програма – крім заданої деталі на дільниці будуть ще оброблятися три деталі для нормативного завантаження обладнання, яке складається з двох верстатів, задіяних на трьох операціях. Розраховані коефіцієнти завантаження обладнання – на двох об'єднаних токарних операціях – це 78,89%, на вертикально-свердлильній операції – 91,19%. Визначені також коефіцієнти використання обладнання за основним часом – токарних операціях це 17,8%, на вертикально-свердлильній операції – 30,3%, тобто вони достатньо малі, а це свідчить про те, що на цих операціях використовується досить багато ручної праці. у зв'язку з цим, можливо, в подальшому, на цих операціях створити гнучкі автоматизовані модулі. Розрахована кількість необхідних робітників – 10 чоловік.

6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037»

6.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037»

6.1.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу [12]

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою :

$$K = Z_0 + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{н}} + V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{тр}} + V_{\text{осн}} + V_{\text{інв}} + V_{\text{пк}} + V_{\text{пв}} + V_{\text{оз}}, [\text{грн.}] \quad (6.1)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{\text{н}}$ – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$V_{\text{буд}}$ – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;

$V_{\text{обл}}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$V_{\text{тр}}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

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

$V_{\text{інв}}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$V_{\text{пк}}$ – вартість програм керування, грн.;

$V_{\text{пв}}$ – передвиробничі витрати, грн.;

$V_{\text{оз}}$ – вартість оборотних засобів, грн.

6.1.2 Основна заробітна плата розробників [12]

Витрати на основну заробітну плату розробників (Z_0) розраховано за формулою:

$$Z_0 = (M_{ni} \times t/T_p) \text{ [грн.],} \quad (6.2)$$

де k – кількість посад розробників, залучених до процесу досліджень, грн.;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – кількість днів роботи конкретного розробника;

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні.

Таблиця 6.1 – Основна заробітна плата розробників

Посада	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	10000	454,55	10	4545,45
Інженер	8000	363,64	8	2909,1
Технолог	8000	363,64	8	2909,1
Економіст	8000	363,64	2	181,82
Всього				10545,47

6.1.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} \times Z_0 \text{ [грн.],} \quad (6.3)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \times 10545,47 = 1054,55 \text{ (грн.)}$$

6.1.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників Z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_0 + Z_{\text{дод}}) \times N_{\text{зп}} \text{ [грн.],} \quad (6.4)$$

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

$$Z_n = (10545,47 + 1054,55) \times 0,22 = 2552,00 \text{ (грн.)}$$

6.1.5 Вартість частини будівлі, яку займає діляниця

У випадку, що розглядається, не передбачено будівництво діляниці. Тому розраховано вартість переобладнання наявної діляниці. Таким чином, можна обчислити витрати на переобладнання власних старих приміщень для облаштування удосконаленого технологічного процесу за формулою

$$V_{\text{буд}} = C_{\text{пл}} \times S_{\text{заг}} \text{ [грн.]}, \quad (6.5)$$

де $C_{\text{пл}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м^2 власних приміщень ($C_{\text{пл}} = 20 \dots 100 \text{ грн./м}^2$);

$S_{\text{заг}}$ – загальна площа виробничої діляниці, м^2

$$V_{\text{буд}} = 60 \times 120 = 7200 \text{ (грн.)}$$

6.1.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{обл}} = C_i \times C_{\text{пр } i} \times K_i \text{ [грн.]}, \quad (6.6)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання, встановленого на діляниці.

Таблиця 6. 2 – Витрати на придбання нового технологічного обладнання

Вид обладнання	Ціна, грн	Кількість	K_i	Вартість, грн.
Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ30	750000	1	1,1	825000
Всього				825000

Витрати на придбання, монтаж та налагодження верстату складають 750000 грн. (придбаний верстат був у використанні).

Реалізовано з базової дільниці: один багатоцільовий токарно-револьверний верстат моделі 1П420ПФ40 за ціною 625000 грн.

Отже витрати на обладнання складають величину:

$$V_{\text{обл}} = 825000 - 625000 = 200000 \text{ (грн.)}$$

6.1.7 Початкова вартість транспортних засобів

Для організації технологічного процесу використання додаткових транспортних засобів не заплановано.

6.1.8 Початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів

До інструменту відноситься нормалізований та спеціальний виробничий інструмент, включаючи контрольно-вимірювальний, ріжучий, ударний, слюсарно-монтажний, допоміжний і інший, а також пристосування, моделі, прес-форми і інші пристрої і механізми, використані для забезпечення технологічних процесів.

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 розраховують за формулою:

$$V_{i \text{ то}} = V_{\text{обл}} \times K_{\text{н}}/100\% , \text{ [грн.]} \quad (6.7)$$

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

$K_{\text{н}}$ – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$V_{i \text{ то}} = 200000 \times 0,1 = 20000 \text{ (грн.)}$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{овв}} &= (0,2 \dots 0,3) V_{\text{то}} \text{ [грн.];} \\ V_{\text{овв}} &= 20000 \times 0,25 = 5000 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($V_{\text{квт}}$), 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:

$$\begin{aligned} V_{\text{квт}} &= (0,06 \dots 0,12) \times V_{\text{то}} \text{ [грн.];} \\ V_{\text{квт}} &= 0,1 \times 20000 = 2000 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (6.9)$$

Загальна вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, виготовлення пристосування:

$$\begin{aligned} V_{\text{заг}} &= V_{\text{то}} + V_{\text{овв}} \text{ [грн.];} \\ V_{\text{заг}} &= 20000 + 5000 + 2000 = 27000 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (6.10)$$

6.1.9 Вартість виробничого та господарського інвентарю

До виробничого інвентарю підприємства відносяться предмети, безпосередньо не використовувані у виробничому процесі, але сприяючі його здійсненню: стелажі, шафи і сейфи для зберігання матеріалів, напівфабрикатів і готових виробів, приймальні столики, стільці для оснащення робочих місць, тара для металевих відходів і обтирального матеріалу, столи під прилади і інші аналогічні за призначенням предмети, а також первинний комплект оборотної тари для внутрішньоцехових і міжцехових перевезень заготовок, деталей і вузлів (контейнери, піддони тощо).

Розрахунки не проводяться, оскільки інвентар залишається той самий, що й до удосконалення.

6.1.10 Вартість програм керування

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

$$\begin{aligned} V_{пк} &= (0,05 \dots 0,1) \times V_{обл} \text{ [грн.];} \\ V_{пк} &= 0,1 \times 200000 = 20000 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (6.11)$$

Передвиробничі витрати $V_{пв}$ та вартість оборотних засобів $V_{оз}$ не враховуються – дільниця існує і ці статті забезпечені.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 10545,47 + 1054,55 + 2552,00 + 7200 + 200000 + 27000 + 20000 = \\ &= 268352,02 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

6.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції [12]

6.2.1 Сировина та матеріали

Вартість основного матеріалу з урахуванням утилізації відходів визначається за формулою:

$$M_o = S_{загj} - V_j C_{vj} \text{ [грн.],} \quad (6.12)$$

де $S_{загj}$ – виробнича собівартість заготовки у відповідному підрозділі, грн.;

V_{vj} – маса відходів, кг;

C_{vj} – ціна відходів, грн./кг;

j – кількість видів матеріалів.

Вартість витрат на виготовлення однієї заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» складає 54,10 грн.

6.2.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = (W_{yi} \times t_i \times C_e \times K_{vni}) / n_i \text{ [грн.]}, \quad (6.13)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеній i – й операції, кВт;

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

C_e – вартість 1 кВт – год. електроенергії, $C_e = 2,99$ грн.;

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

n_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $n_i = 0,96$.

Виконані розрахунки зводимо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Витрати на електричну енергію

Вид обладнання, операція	Потужність приводу головного руху	Нормо-години	Вартість, грн.
Верстат токарно-револьверний з ЧПК моделі 1П420ПФ30, операція 005	30	0,009	0,0673
Верстат токарно-револьверний з ЧПК моделі 1П420ПФ30, операція 010	30	0,003	0,224
Вертикально- свердлильний верстат з ЧПК моделю 2Р135Ф2, операція 015	4	0,024	0,224
Всього			1,12

6.2.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$Z_p = C_i \times t_i \text{ [грн.]}, \quad (6.14)$$

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

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

Погодинна тарифна ставка робітника визначається за формулою

$$C = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (6.15)$$

де M_M – мінімальна місячна оплата праці, $M_M = 4173$ грн.,

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії ;

T_p – кількість робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні;

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

Таблиця 6. 5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Номер та найменування технологічних операцій	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 – токарно-револьверна з ЧПК	0,044	3	32	1,41
010 – токарно-револьверна з ЧПК	0,0245	3	32	0,784
015 –свердлильна з ЧПК	0,079	3	32	2,53
Всього				4,72

6.2.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} \times Z_p \text{ [грн.]}, \quad (6.16)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \times 9,91 = 0,472 \text{ (грн.)}$$

6.2.5 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:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \times N_{\text{зп}} \text{ [грн.]}, \quad (6.17)$$

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

$$Z_n = (4,472 + 0,472) \times 0,22 = 1,144 \text{ (грн.)}$$

6.2.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$V_{\text{заг}} = N_{\text{зв}} \times Z_p \text{ [грн.]}; \quad (6.18)$$

$$V_{\text{заг}} = 2,5 \times 4,72 = 11,80 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу (таблиця 6.6)

Таблиця 6.6 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	54,1
Витрати на силову електроенергію, грн.	V_e	1,12
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	4,72
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	0,472
Витрати на єдиний страховий внесок, грн.	Z_n	1,144
Загальновиробничі витрати, грн.	$V_{\text{заг}}$	11,8
Всього:	S_v	73,37

6.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу [12]

6.3.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$Ц_{\text{нмр}} = S_a \times (1 + P/100) \times (1 + W/100) \quad [\text{грн.}], \quad (6.19)$$

де $Ц_{\text{нмр}}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v - виробнича собівартість, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати $P = 5 \dots 20\%$;

W – ставка податку на додану вартість, за станом на 12.12.2017 року $W = 20\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватися верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок

$$Ц_{\text{нмр}} = 73,37 \times (1 + 0,2) \times (1 + 0,2) = 105,36 \text{ (грн.)}.$$

6.3.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($Ц_{\text{вмр}}$) 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, тобто $Ц_{\text{вмр}} = 105,63$ грн.

6.4 Розрахунок величини чистого прибутку [12]

При модернізації технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом року, розраховується за формулою:

$$\Pi = [Ц_{\text{дог}} - (Ц_{\text{дог}} - M) \times f/100 - S_v - q \times S_v/100] \times (1 - h/100) \times N \quad [\text{грн.}], \quad (6.20)$$

де $Ц_{\text{дог}}$ – 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 лодану 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 – кількість виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\Pi = [81,59 - (81,59 - 7,25) \times 16,67/100 - 56,66 - 10 \times 56,66/100] \times (1 - 18/100) \times 16000 = 90186,88 \text{ (грн.)}$$

6.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення [12]

Для оцінювання ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких показників, як:

- чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект);
- внутрішня норма дохідності (прибутковості);
- індекс прибутковості;
- термін окупності.

6.5.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Запропонована модернізація передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1 + d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (6.21)$$

де Π_t – прибуток, отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проекту), 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.

$$NPV = 214288,96/(1 + 0,2)^1 + 214288,96/(1 + 0,2)^2 + 214288,96/(1 + 0,2)^3 + 214288,96/(1 + 0,2)^4 - 268352,02 = 296385,2 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

6.5.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту IRR_{\min} розраховується за формулою

$$IRR_{\min} = \sqrt[4]{\frac{\sum_{i=1}^4 (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (6.22)$$

де – Π_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 використане для розробки інноваційного рішення (проекту), грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проекту), грн.;

n – термін, протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

Підставивши у формулу (6.22) відповідні значення параметрів. Отримаємо

$$IRR_{\min} = \sqrt[4]{\frac{214288,96 + 214288,96 + 214288,96 + 214288,96}{268352,02}} - 1 = 0,34.$$

6.5.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних (або додаткових) вкладень розраховується за формулою:

$$T_o = K (K)/\Pi \text{ [років]}, \quad (6.23)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології, грн.;

K – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.;

Π – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої із застосуванням нового технологічного процесу, грн.

Таким чином,

$$T_o = 268352,02 / 214288,96 = 1,25 \text{ (року)}$$

Висновки

1. Використання удосконаленого технологічного процесу дозволить отримати позитивний економічний ефект.

2. Впровадження удосконаленого технологічного процесу потребує від інвестора 268352,02 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 214288 грн., термін окупності – 1,25 року.

3. Запропоноване інноваційне рішення у вигляді удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка передня Д06.037» є доцільним для впровадження.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз умов праці

Проаналізовано умови на дільниці механічної обробки деталей. Встановлено, що в процесах механічної обробки металевих заготовок може виникати низка фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а саме:

- наявність у повітрі робочої зони шкідливих газів;
- підвищений та знижений рівень температур та вологості;
- недостатнє освітлення;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- рухомість частин виробничого обладнання;
- вироби та заготовки, що переміщуються;
- гострі кромки, задирки;
- підвищена напруга в електричній мережі, струм від якої може пройти через тіло людини.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт на дільниці, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати «Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт», а також ДНАОП 0.00-1.28-97.

Виробничі приміщення для технологічного процесу повинні відповідати вимогам СНіП II-90-81, СН 245-71.

7.2 Виробнича санітарія

На дільниці механічної обробки обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно виконувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення.

Внутрішнє планування приміщення має передбачати достатню ширини і кількість проходів, сходів, дверей для можливого усунення зустрічних потоків людей у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше 4,5 м² площі, 15 м³ об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа дільниці 60 м², об'єм – 192 м³, тобто вимоги виконуються.

7.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються згідно ГОСТ 12.1.005-88 і характеризується такими показниками: температура повітря, °С; відносна вологість повітря, %; інтенсивність теплового опромінення, Вт/м²; швидкість руху повітря, м/с. Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце.

Роботи, що проводяться на ділянці механічної обробки, відносяться до категорії робіт Пб.

Параметри мікроклімату дільниці механічної обробки згідно з ГОСТ 12.1.005-88 наведені у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху пов., м/с	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце				
Холодн.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	≥0,4
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.005-88 приведені в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Дизельне паливо	100	4	П
Сірчана кислота	12	A	A
Свинець та його неорганічні сполуки	0,01	1	A

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

7.2.2 Освітлення

Норми освітлення (кількісні і якісні характеристики) регламентовані СніП П-4-79. На ділянці природне освітлення забезпечується подвійними вікнами. Виконувані роботи відносяться до розряду зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_H^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (7.1)$$

де $e_H^3 = 1.5$ - нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m = 0.9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0.75$ – коефіцієнт сонячності клімату.

Таким чином,

$$e^4 = 1,5 * 0,9 * 0,75 = 1,01.$$

Штучне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам (табл. 7.4).

Таблиця 7.4 – Норми освітленості приміщень і виробничих ділянок механічної обробки

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна ділянка	Горизонтальна 0,8 м	4а	300(750)	250(700)

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого освітлення, повинно складати 10(%) від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовуються для місцевого освітлення.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити, зазвичай, газорозрядні лампи незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

Під час проектування загального освітлення (незалежно від системи освітлення) на підставі техніко-економічних розрахунків, слід приймати мінімально нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинно перевищувати для робіт I – III розрядів з використанням люмінесцентних ламп – 1,5; інших з використанням джерел світла – 2.

7.2.3 Шум

Джерелом шуму на ділянці є працююче обладнання та інструмент, установки та пристрої, а також системи вентиляції.

За характером спектру – шум на ділянці широкосмуговий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками – шум постійний, так як рівень звука за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого облад-

нання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкосмугового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці «повільно» шумоміра по ГОСТ 17187 - 85.

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на ділянці відновлення наведений у табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях (за ГОСТ 17187–85)

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на ділянці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

Вимоги по допустимому рівню шуму виконуються.

7.2.4 Вібрація

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого виробничого обладнання на працюючих може впливати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3, тип «а» – технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки – межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і за-

гальна вібрація. Вона передається через руки робітника і через стопи ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год приведені у таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	дБ	м/с, ·10 ⁻²	дБ
Локальна	-	$X_n; Y_n; Z_n$	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип «а»	$X_0; Y_0; Z_0$	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на ділянці має бути встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

Вимоги по допустимому рівню вібрації виконуються.

7.4.3 Техніка безпеки

До роботи на ділянці може допускатися лише обслуговуючий персонал, який добре знає будову і роботу установки, що комплектує устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес.

Витяжна вентиляція повинна бути оснащена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Профілактичне очищення стінок камери робити пилососом і металевою щіткою.

Куріння в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях необхідно мати засоби для гасіння пожежі - вогнегасники ОУ - 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

7.4.3.1 Електробезпека

За ступенем електробезпеки діляниця відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом, так як присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин. Для захисту від ураження електрострумом вибрані такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання з використанням електричного струму і високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, які мають з'єднання із землею під будівлями, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотирипровідних мереж із заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вищезначених факторів і згідно з ГОСТ 12Л.013-78, це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу згідно з ГОСТ 2Л.030-80 вибрано такі способи захисту – занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метри та перед вводом в будівлю.

1. Розрахунок занулення верстата

Початкові дані: $P_{\text{нв}}=20,75$ кВт; $U_{\text{н}}=380$ В. Умови праці: з особливою небезпекою ураження людей електричним струмом.

Вибір перерізу проводів.

Призначення нульового проводу в мережі із заземленою нейтраллю – забезпечення необхідної для включення електрообладнання величини струму короткого замикання шляхом створення для цього ланцюга з малим опором.

Визначимо розрахунковий струм:

$$I_{\text{в}} = P_{\text{нв}} / U_{\text{н}} \sqrt{3} = 20750 / 380 \sqrt{3} = 31,5 \text{ А},$$

де $P_{\text{нв}}$ – номінальна потужність, Вт;

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга живлення, В.

Вибираємо 3 одножильних проводи перерізом $S_{\text{н}} = 4 \text{ мм}^2$, пролокладених в одній трубі, для яких допустиме струмове навантаження складає 32 А.

2. Вибір струмового захисту (СЗ)

Вибираємо струмові захисні запобіжники. Визначаємо номінальний струм плавких вставок запобіжників (СЗ/1).

Пусковий струм електродвигуна:

$$I_{\text{п}}/I_{\text{н}} = 5,5; I_{\text{п}} = 5,5 \cdot I_{\text{н}} = 5,5 \cdot 31,526 = 173,39 \text{ А}.$$

Номінальний струм плавкої вставки (СЗ/1) при

$$\alpha = 2,5; I_{\text{н}1} = I_{\text{п}} / 2,5 = 173,39 / 2,5 = 69,36 \text{ А}.$$

Зі стандартного ряду вибираємо плавку вставку для запобіжника (СЗ/1) з номінальним струмом 80 А.

Розрахунок на відключаючу здатність:

$$P_{\text{но}} = 22 \text{ кВА}; l_1 = 200 \text{ м}, l_2 = 6 \text{ м}.$$

Для живлення лінії 1 вибираємо масляний трансформатор потужністю $P_{\text{т}} = 25$ кВт з первинною напругою 6-10 В, розрахований опір $Z_{\text{т}}/3 = 0,302$ Ом.

Визначаємо робочий струм лінії 1 за формулою:

$$I_p = P_T / \sqrt{3} \cdot U_{л} = 25 \cdot 10^3 / 1,73 \cdot 380 = 38,03 \text{ А.}$$

Вибираємо чотирьохжильний алюмінієвий кабель з перетином жили $S_{1\phi} = 10 \text{ мм}^2$ для якого допустиме струмове навантаження складає 45 А.

Визначимо значення активних опорів фазових проводів ліній 1 і 2 за формулою

$$R_{\phi} = \rho_{л} (l_1 / S_{1\phi} + l_2 / S_{2\phi}) = 0,028 (200 / 10 + 6 / 4) = 0,266 \text{ Ом.}$$

Приймаємо значення індуктивного опору повітряної лінії $X_1 = 0,6 \text{ Ом/км}$ і внутрішньої $X_2 = 0,3 \text{ Ом/км}$, тоді індуктивний опір петлі «фаза-нуль»

$$X_{п} = 2X_1 l_1 + 2X_2 l_1 = 2(0,6 \cdot 0,2) + 2(0,3 \cdot 0,006) = 0,24 \text{ Ом.}$$

Приймаємо перерізи нульових проводів для ліній 1 і 2: $S_{н1} = 35 \text{ мм}^2$; $S_{н2} = 2,5 \text{ мм}^2$, виконаних з алюмінію. Значення активного опору нульових проводів:

$$R_{н} = \rho_{л} (l_1 / S_{н1} + l_2 / S_{н2}) = 0,028 (200 / 35 + 6 / 2,5) = 0,23 \text{ Ом.}$$

Знаходимо комплексний опір петлі «фаза-нуль»

$$Z_{н} = \sqrt{(R_{н} + R_{\phi})^2 + X_{п}^2} = \sqrt{(0,23 + 0,266)^2 + 0,24^2} = 0,55 \text{ Ом.}$$

Струм короткого замикання: $I_{кз} = U_{\phi} / (Z_T / 3 + Z_{п}) = 220 / 0,302 + 0,55 = 258,22 \text{ А.}$

Перевіримо виконання умови $I_{зк} = KI_{н}; I_{н3} / I_{н1} = 258,22 / 75 = 3,4$.

Умова виконується, оскільки $3,4 > 3$, що гарантує спрацювання захисту.

7.4 Пожежна безпека

Категорії виробництв щодо пожежної безпеки варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку.

Цехи і ділянки, де ведуться роботи відновлення та зміцнення, відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і ділянок повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами. Приміщення

повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

Місця, відведені для установки устаткування повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше, ніж 5 м. Роботи повинні проводитися відповідно до СНіП 11-90-81 і СНіП 11-2-80 з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Таблиця 7.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекрить	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесівні	Зовнішні несівні	Внутрішні несівні				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 7.8 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Найприйнятнішим способом пожежогасіння для проектованої ділянки є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежогасіння

використовують рідку вуглекислоту. Як ручні вуглекислотні вогнегасники застосовуються вогнегасники типів ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації обладнання в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та ІІІ ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше 1 м, дверей - не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

7.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити в дуже спрощеному вигляді таким чином. Припустімо, що в організмі людини відбувається нормальний процес травлення, їжа, що надходить, розкладається на більш прості сполуки, які потім надходять через мембрану усередину кожної клітини і будуть використані як будівельний матеріал для відтворення собі подібних, для відшкодування енергетичних витрат на транспортування речовин і їхню переробку. Під час потрапляння випромінювання на мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в іони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця. Молекулярні зв'язки відновлюються, і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розладнується; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

7.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи на виробництві в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{12} = 1,29 \text{ мР}, \quad (7.6)$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=2$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=12$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 1,15 \text{ мР / год}. \quad (7.7)$$

Оскільки можлива доза опромінення $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,29 > 0,75$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$ ($2 > 1,15$) перевищують допустимі норми, робота операторів верстатного обладнання, а отже і цеху в цілому в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо у такій послідовності.

Для кожної зміни визначимо час початку робочої зміни (t_n), час кінця робочої зміни (t_k), тривалість роботи зміни (t_p) та можливу дозу опромінення (D_m).

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot 2} = 3,38. \quad (7.8)$$

Згідно з довідниковими даними час початку роботи першої скороченої зміни $t_{\text{п}}=1$ год.

Згідно проведеного розрахунку режимів радіаційного захисту роботу в дві зміни на підприємстві в заданих умовах можна буде розпочинати через 34 год. після радіоактивного забруднення.

Висновки

В процесі розробки заходів з охорони праці на дільниці технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка передня Д06.037» був проведений аналіз умов праці, визначені санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, проведений розрахунок рукавного відсмоктувача, розроблені питання з техніки безпеки роботи на дільниці та пожежної безпеки, розроблені заходи щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено та економічно обґрунтовано удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037». При цьому отримано такі результати.

1. Визначено тип виробництва і форма організації роботи, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння доцільних варіантів – лиття в кокіль та лиття під тиском. Для цих способів спроектовано заготовки і за техніко-економічним порівнянням встановлено, що економічно доцільнішим варіантом є виготовлення заготовки литтям в кокіль оскільки вартість заготовки при цьому складає 54,1 грн., що менше у порівнянні з литтям під тиском – 71,4 грн.

2. Вибрано чистові і чорнові технологічні бази, спроектовано удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037», виконано розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу, вибрано припуски на механічну обробку, встановлено режими різання та норми часу на виконання переходів і операцій.

3. Технологічний маршрут механічної обробки заготовки розроблений на основі типових технологічних процесів виготовлення подібних деталей, що дало змогу прискорити процес проектування і покращити якість розробки. Обладнання вибрано з урахуванням нових тенденцій обробки різанням, з урахуванням можливості використання високопродуктивних методів. Саме тому акцент було зроблено на виборі верстатів з ЧПК. Вибір моделей верстатів, способів виготовлення заготовки виконано на основі техніко-економічних розрахунків, що дало можливість вибрати оптимальний варіант.

4. Виконано аналіз точності обробки з виявлення елементарних похибок, які мають домінуючий вплив на точність, що забезпечується під час тонкого точіння торців на настроєному верстаті.

5. Встановлено, що найсуттєвіший вплив на точність обробки мають похибка настроєння і похибка, що зумовлена неточністю позиціювання при підведенні

різального інструмента (різця) до початкової точки.

6. Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця, зменшується до рівня похибки позиціювання супорта верстата завдяки використанню програмованої корекції інструмента.

7. Обробка на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі 1П420ПФ40 гарантовано забезпечує задану точність розміру $27h10_{(-0,084)}$ мм, оскільки сумарна похибка обробки склала 54 мкм.

8. Для переходу, що розглядається, визначено кількісне значення коефіцієнта уточнення, яка узгоджується з рекомендаціями [16].

9. Виконано проектування елементів ділянки для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки. Уточнено тип виробництва, визначена приведена програма (45 тис. шт.). Крім заданої деталі на ділянці будуть оброблятися ще три деталі для нормативного завантаження обладнання, яке складається з двох верстатів, задіяних на трьох операціях. Розраховані коефіцієнти завантаження обладнання – на двох об'єднаних токарних операціях – це 78,89%, на вертикально-свердлильній операції – 91,19%. Розрахована кількість необхідних робітників – 10 чоловік.

10. Використання удосконаленого технологічного процесу дозволить отримати позитивний економічний ефект. Впровадження удосконаленого технологічного процесу потребує від інвестора 268352,02 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 214288 грн., термін окупності – 1,25 року. Наведене інноваційне рішення у вигляді удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка передня Д06.037» є доцільним для впровадження.

11. Під час розробки заходів з охорони праці на ділянці технологічного процесу виготовлення деталі типу «Кришка передня Д06.037» був проведений аналіз умов праці, визначені санітарно-гігієнічні вимоги до приміщення, проведений розрахунок рукавного відсмоктувача, розроблені питання з техніки безпеки роботи на ділянці та пожежної безпеки, розроблені заходи щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений: Справочное пособие / В. Е. Антонюк – Минск : Беларусь, 1991 г. – 400 с.
2. Бакшеев С. М. Детали машин в примерах и задачах / Минск : Высшэйшая школа, 1970. – 488 с.
3. Безопасность труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Саборно [и др.] – К. : Техника, 1982. – 228 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – Мн.: Вища школа, 1983. – 256 с.
5. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А. К. Горошкин – М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
6. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 54 с.
7. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 2: навчальний посібник / О.В. Дерібо – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 112 с.
8. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, С.І. Сухоруков – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
9. Дерібо О.В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, В.П. Пурдик. Вінниця: ВНТУ, 2013. – 123 с.
10. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
11. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
12. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

13. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
14. Картавов С.А. Технология машиностроения (специальная часть) / С.А. Картавов. – К.: Вища школа, 1974. – 272 с.
15. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2011. – 60 с.
16. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. — М. : Машиностроение, 1985. — 224 с.
17. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
18. Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
19. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Ланов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
20. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – М. : Экономика, 1990. – 206 с.
21. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.
22. 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.

23. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач. – К.: Вища школа, 1991. – 241 с.
24. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник. / В.Д. Рудь. – К.: ІСДО, 1996. – 300 с.
25. 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.
26. 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.
27. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / Корсаков В. С. – М. : Машиностроение, 1974. – 288 с.
28. Солонин И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / Солонин И. С. – М. : Машиностроение, 1972. – 216 с.
29. Ящерицын П. И. Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении / Ящерицын П. И. – Минск : Вышэйшая школа, 1974. – 607 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТАМ
назва кафедри (скорочено)

д.т.н., проф. Л. Г. Козлов
Підпис науковий ступінь, вчене звання, ініціали та прізвище

« » 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
 на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
 ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА ПЕРЕДНЯ Д06.037»

08-26.МКР.029.00.000 ТЗ

Керівник роботи
 к. т. н., доцент Дерібо О. В.

« » 2019 р.

Виконавець: студент гр. 2ПМ-18м
 Амагуанья Ортіс Клебер Рафаель

« » 2019 р.

Вінниця 2019

1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

- а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;
- б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2 Мета і призначення МКР

а) мета – зниження технологічної собівартості та підвищення продуктивності праці шляхом удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» з урахуванням сучасних технологій обробки та способів виготовлення вихідної заготовки, а також зменшення впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки тонким точінням плоских поверхонь на токарному верстаті з ЧПК.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені такі **завдання**:

- варіантний вибір способу виготовлення заготовки;
- проектування варіантів маршруту механічної обробки з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки;
- визначення оптимальних режимів різання;
- встановлення технічних норм часу на операції;
- проектування верстатного пристосування для однієї з операцій механічної обробки;
- визначити величини елементарних похибок, що виникають під час тонкого точіння торця і впливають на поле розсіювання розміру до вимірювальної бази;
- проаналізувати вплив елементарних похибок на сумарну похибку;
- визначити коефіцієнт уточнення для досліджуваного переходу;
- розрахунок кількості обладнання та працівників;
- розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

3 Джерела розробки: завдання на МКР, це технічне завдання, довідникова та технічна література, наявний аналог.

4 Вхідні дані для виконання МКР

При виконанні МКР за початкові дані було прийнято:

- креслення деталі типу «Кришка передня Д06.037»;
- маса деталі – 0,477 кг;

- матеріал деталі – ливарний алюмінієвий сплав АК8 (ГОСТ 1583-73);
- річна програма випуску розрахункового представника – 16000 шт.;
- приведена програма – 45000 шт.;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення вихідної заготовки деталі та вибору найраціональнішого;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки деталі «Кришка передня Д06.037» на базі автоматизованого обладнання з вибором оптимального варіанту.

5 Вимоги до виконання МКР

МКР повинна бути виконана в задані терміни згідно завдання, затвердженого кафедрою ТАМ та замовником (якщо тема виконана за завданням підприємства).

При виконанні МКР забезпечити прийняття прогресивних інженерних рішень, що забезпечать досягнення поставленої мети.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з двох частин:

- 1 частина – розрахунково-пояснювальна записка;
- 2 частина – графічна.

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

6 Етапи та стадії розробки

Магістерська кваліфікаційна робота складається з чотирьох основних частин:

- спеціальна;
- економічна частина;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;
- графічна.

На кожну частину, завдання видає викладач відповідної кафедри, контролює процес роботи та візує виконану роботу підписом у бланку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Загальне керівництво магістерською кваліфікаційною роботою здійснює викладач випускової кафедри, він же керує виконанням спеціальної частини.

7 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції; економічна перевага в порівнянні з іншими.

8 Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні та ілюстративні матеріали, відгук керівника, рецензія.

9 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється керівником згідно з встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, яка затверджена наказом ректора.

10 Вимоги до оформлення МКР

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

11 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

Додаток Б

Графічна частина

08-26.MKP.029.00.001

№ документа

№ чертежа

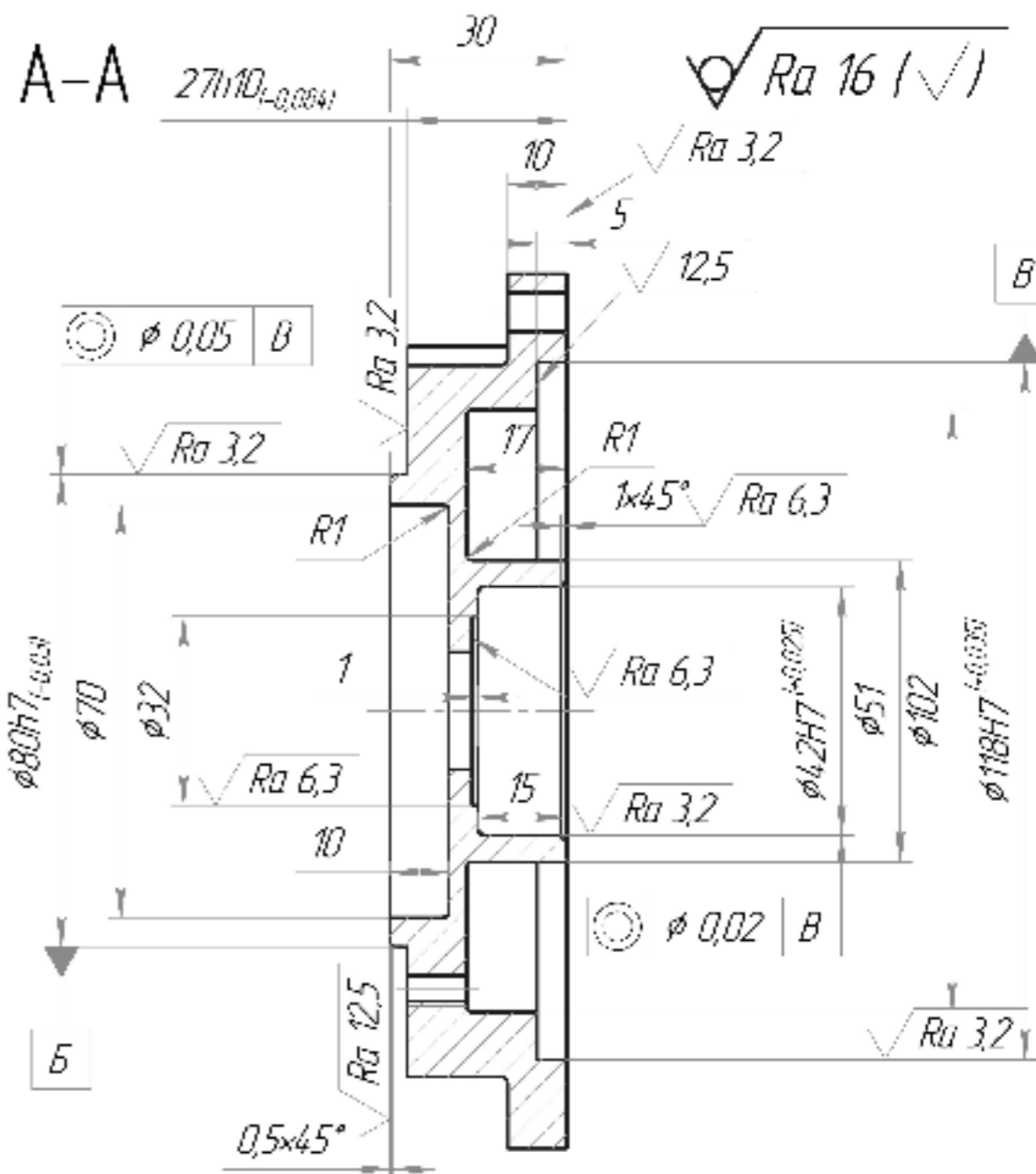
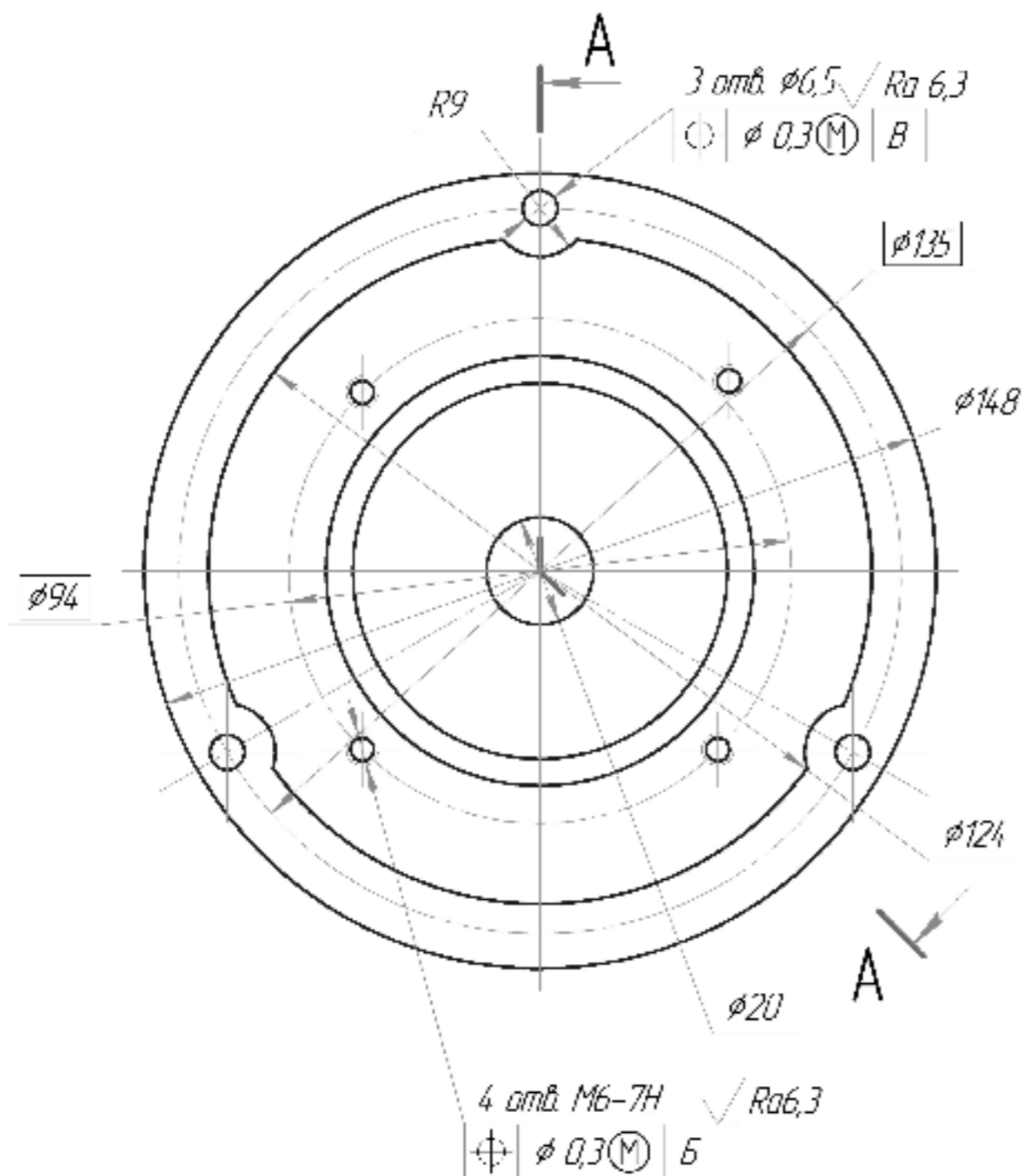
№ детали

№ детали

№ детали

№ детали

№ детали



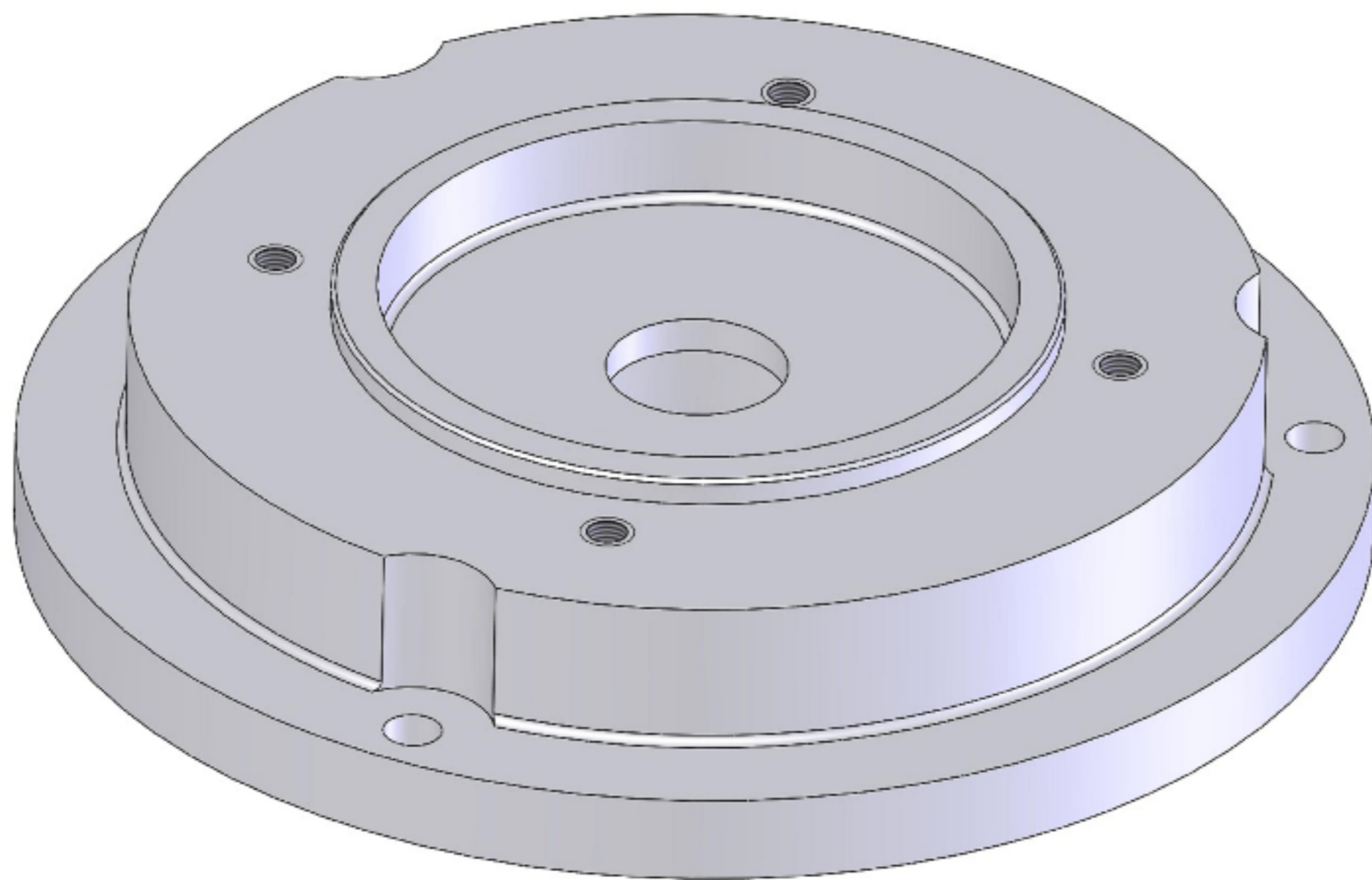
1. H14; h14; $\pm J14/2$

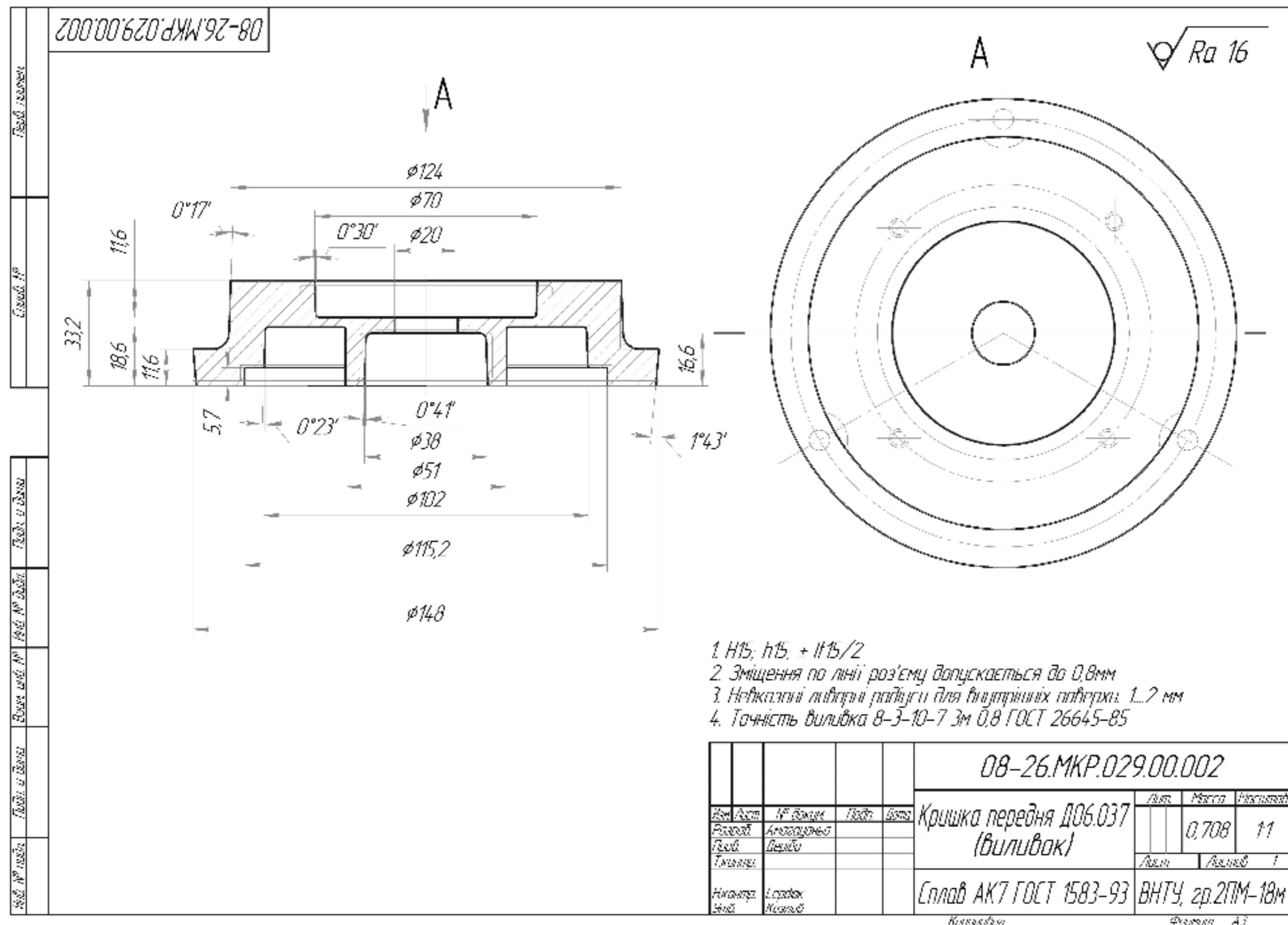
				08-26.MKP.029.00.001				
Изм.	Лист	Ир. докум.	Подп.	Дата	Кришка передняя Д06.037	Лист	Масса	Материал
							0,447	11
Разработ.	Провер.	Технол.				Лист	Листов	1
Инженер	Сварщик	Зав. цехом			Сплав АК7 ГОСТ 1583-93	ВНТУ, зр.2ПМ-18м		

Контур

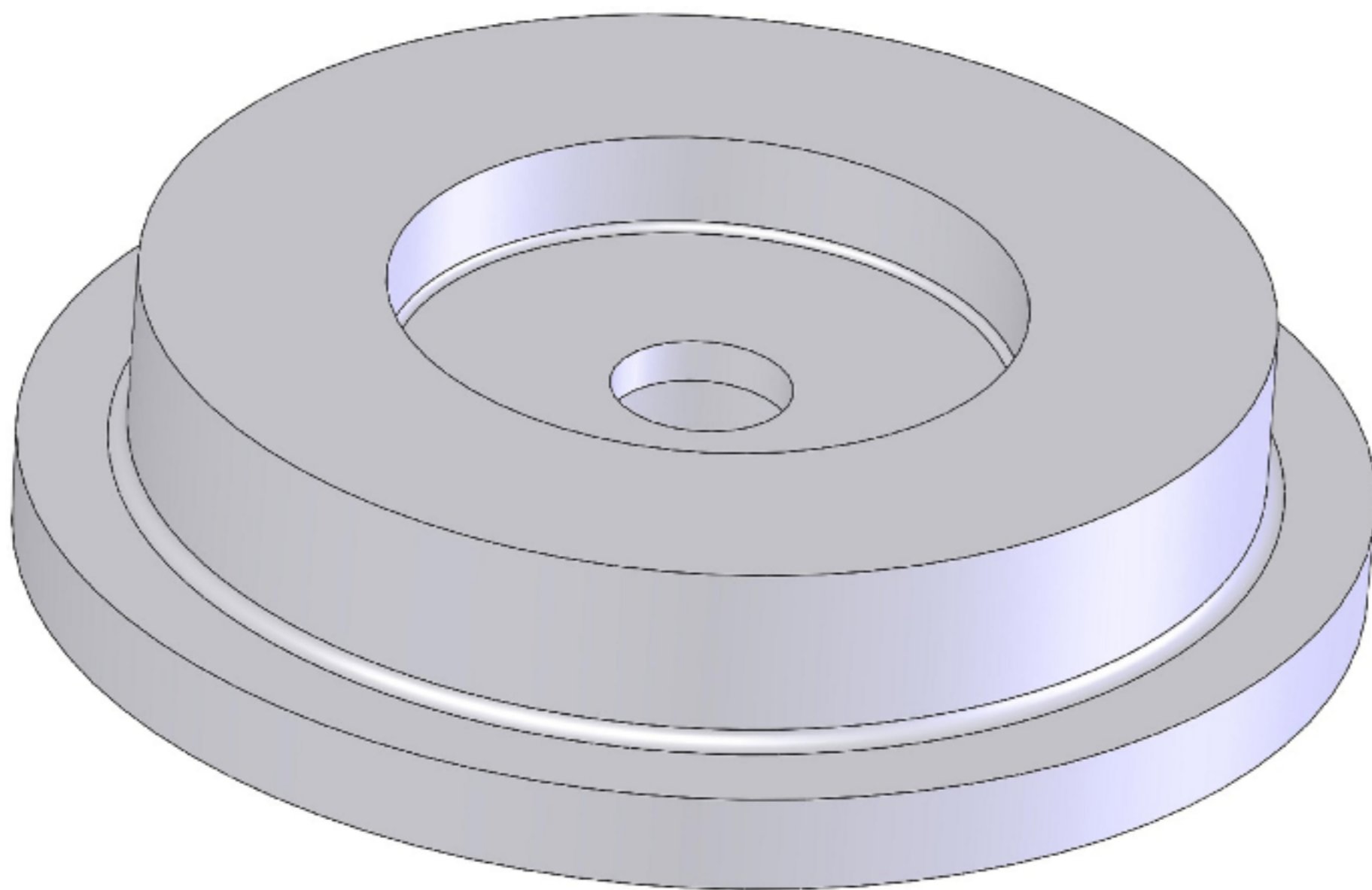
Формат А1

3D-модель дет. Крышка передняя Д06.037





3D- модель заготовки дет. Крышка передня Д06.037



Графічне зображення маршруту механічної обробки

№ опер	Назва і зміст операції	Ескиз обробки зі схемою установа	Тип і модифікація верстата
1	2	3	4
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити заготовку 2 Точити по 12 поперечно 3 Точити по 15 поперечно в радіусі поперечно товщина 4 обертів 4 Розточити отвір 5 в радіусі 40 поперечно товщина 2 5 Точити по 7 поперечно в радіусі 40 6 Розточити отвір 3 отвір 5 поперечно в радіусі 40 7 Розточити отвір 3 отвір 5 в радіусі 11 поперечно 8 Дати заготовку</p>		<p>Безшпиндельний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі #14201030</p>
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>1 Встановити заготовку 2 Точити по 3 отвір 7 поперечно в радіусі 40 3 Точити по 2 поперечно в радіусі 40 4 Точити по 1 поперечно в радіусі 40 5 Дати заготовку</p>		<p>#14201030</p>
015	<p>Вертикально-свердлувальна з ЧПК</p> <p>Установ А</p> <p>1 Встановити заготовку 2 Центрувати 3 отвір 3 Свердлити 3 отвір 4 Перевірити заготовку</p> <p>Установ Б</p> <p>5 Центрувати 4 отвір 6 Свердлити 4 отвір 7 Свердлити 4 отвір 4-1 отвір 8 Дати заготовку</p>		<p>Вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК моделі 2112502</p>

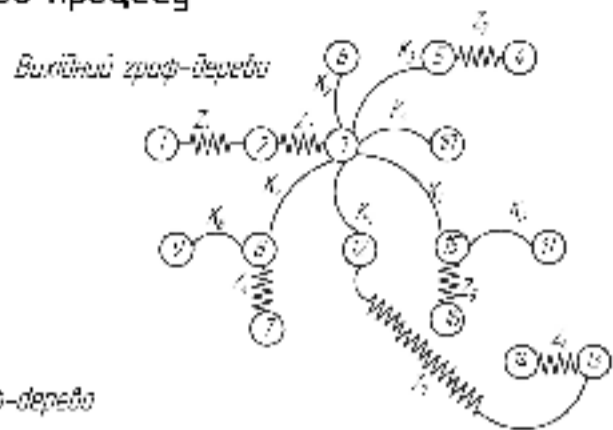
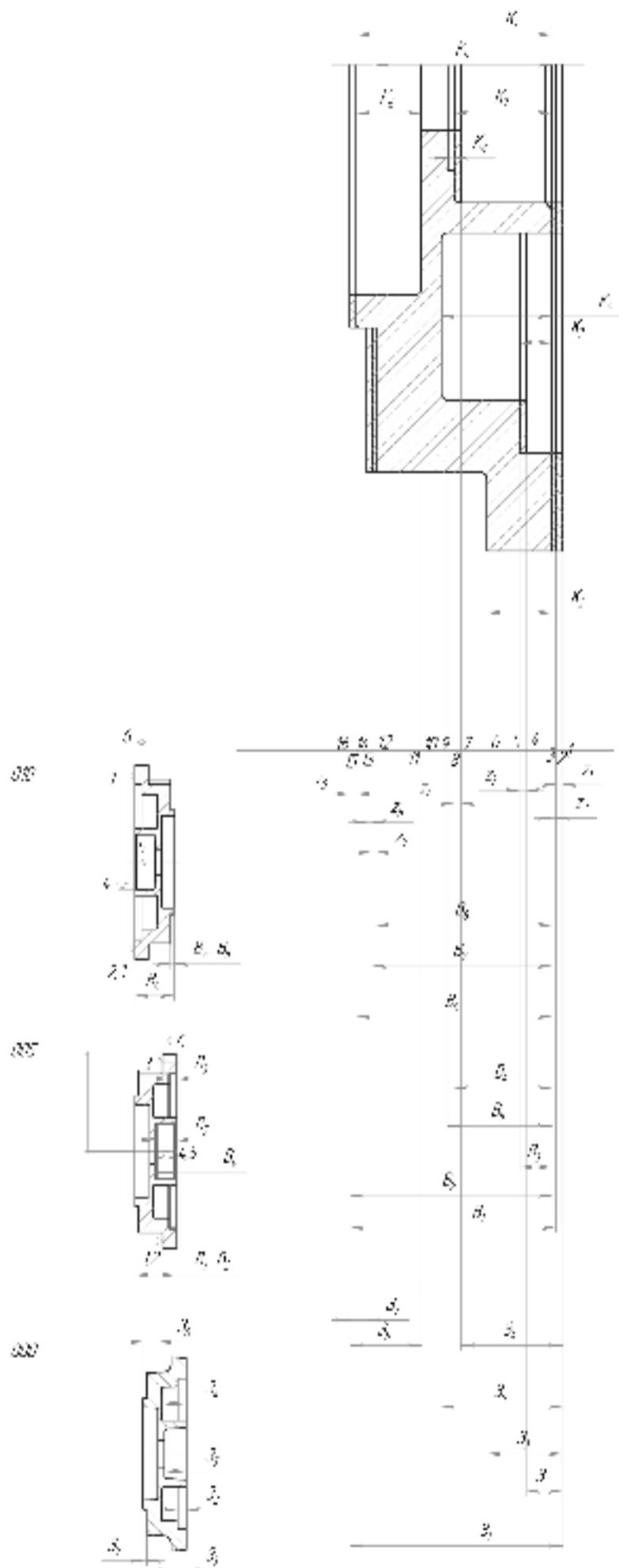
08-20-MYP-029-00-1001/1

08-20-MYP-029-00-1001/1	08-20-MYP-029-00-1001/1	08-20-MYP-029-00-1001/1	08-20-MYP-029-00-1001/1	08-20-MYP-029-00-1001/1
-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

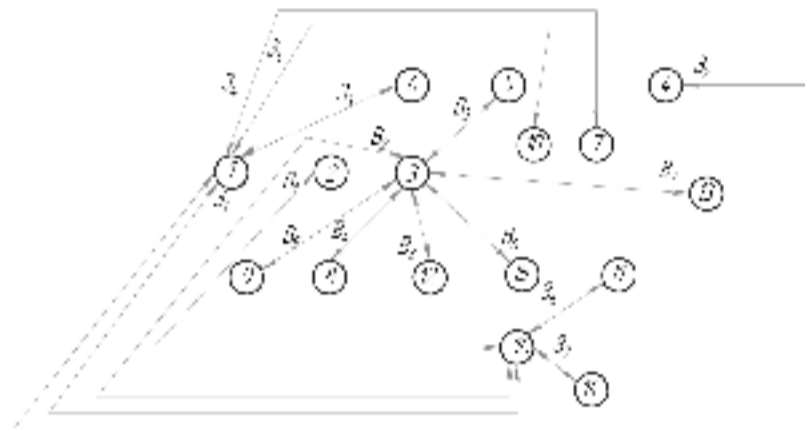
				08-20-MYP-029-00-1001/1	
№ п/п	№ инв.	№ инв.	№ инв.	Годовая отчетность	№ инв. / № инв.
1	2	3	4	Годовая отчетность	№ инв. / № инв.
5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34
35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46
47	48	49	50	51	52
53	54	55	56	57	58
59	60	61	62	63	64
65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76
77	78	79	80	81	82
83	84	85	86	87	88
89	90	91	92	93	94
95	96	97	98	99	100

Розмірний аналіз технологічного процесу

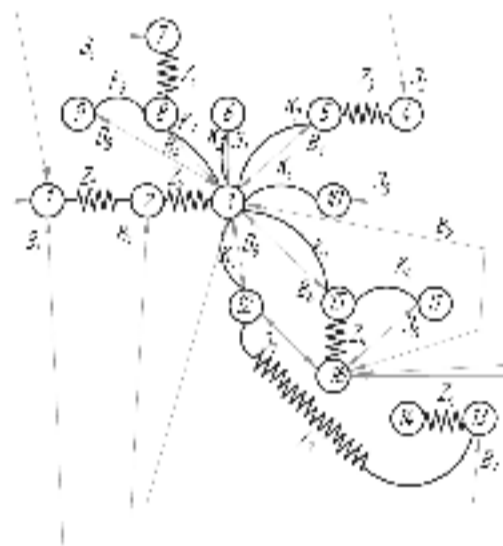
Розмірна схема технологічного процесу



Наслідний граф-дерево



Сумщений граф



Таблиця 1 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Розраховане рівняння	Відоме рівняння	Розмір, що визначається
$1 \quad X_1 - X_2 = 0$	$X_1 - X_2$	A_1
$2 \quad X_2 - X_3 = 0$	$X_2 - X_3$	A_2
$3 \quad X_3 - X_4 - X_5 = 0$	$X_3 - X_4 - X_5$	A_3
$4 \quad X_4 - X_5 = 0$	$X_4 - X_5$	A_4
$5 \quad X_5 - X_6 - X_7 = 0$	$X_5 - X_6 - X_7$	A_5
$6 \quad X_6 - X_7 = 0$	$X_6 - X_7$	A_6
$7 \quad X_7 - X_8 - X_9 = 0$	$X_7 - X_8 - X_9$	A_7
$8 \quad X_8 - X_9 - X_{10} - X_{11} = 0$	$X_8 - X_9 - X_{10} - X_{11}$	A_8
$9 \quad X_9 - X_{10} = 0$	$X_9 - X_{10}$	A_9
$10 \quad X_{10} - X_{11} - X_{12} - X_{13} = 0$	$X_{10} - X_{11} - X_{12} - X_{13}$	A_{10}
$11 \quad X_{11} - X_{12} = 0$	$X_{11} - X_{12}$	A_{11}
$12 \quad X_{12} - X_{13} - X_{14} = 0$	$X_{12} - X_{13} - X_{14}$	A_{12}
$13 \quad X_{13} - X_{14} - X_{15} = 0$	$X_{13} - X_{14} - X_{15}$	A_{13}
$14 \quad X_{14} - X_{15} - X_{16} - X_{17} = 0$	$X_{14} - X_{15} - X_{16} - X_{17}$	A_{14}
$15 \quad X_{15} - X_{16} = 0$	$X_{15} - X_{16}$	A_{15}

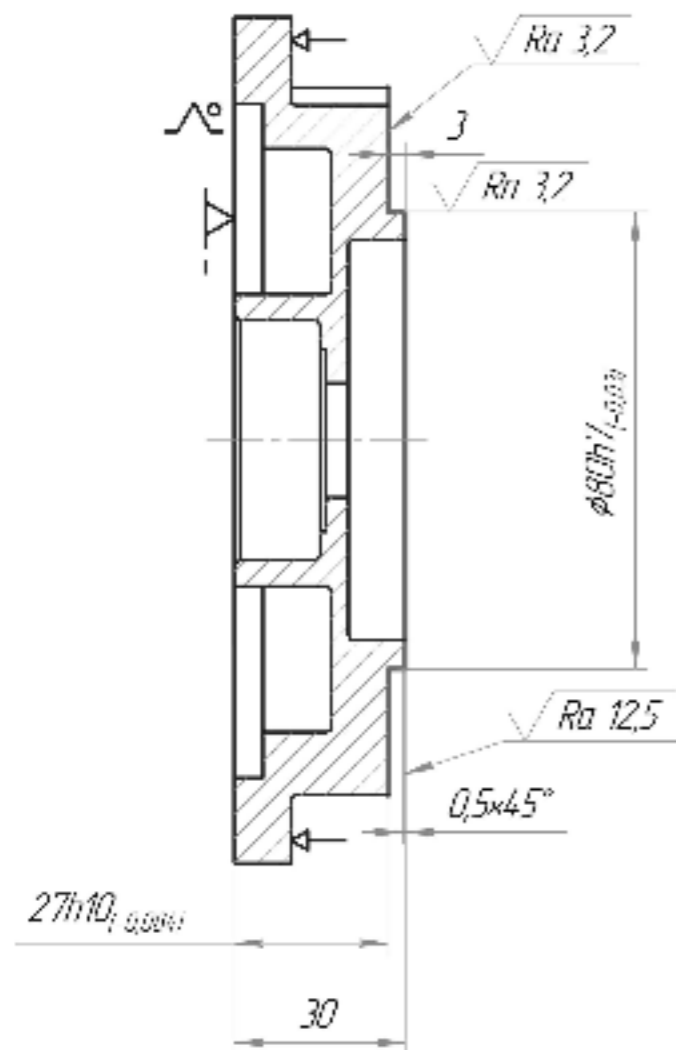
Таблиця 2 – Результати розрахунку розмірних ланцюгів

Рівняння ланцюга та відповідна поверхня	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}
Початковий стан ланцюга	12	0,6	0,8	10	10	0,6	0,6	0,25	0,25	0,2	0,2	0,1	0,21	0,21	0,21
Мінімальне значення	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02
Максимальне значення	17	0,6	0,8	10	10	0,6	0,6	0,27	0,27	0,2	0,2	0,1	0,21	0,21	0,21
Номінальні значення	12 \pm 0,05	0,6 \pm 0,01	0,8 \pm 0,01	10 \pm 0,05	10 \pm 0,05	0,6 \pm 0,01	0,6 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01	0,2 \pm 0,01	0,2 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01	0,21 \pm 0,01	0,21 \pm 0,01	0,21 \pm 0,01

Таблиця 3 – Результати визначення на базі розмірного аналізу припусків

Поверхня	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
Інструментальні	$Z_{ин}$	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
Матеріальні	$Z_{мат}$	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄТЬСЯ ТОНКИМ ТОЧННЯМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМНІЄВИХ СПЛАВІВ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК



Метою роботи є виявлення впливу елементарних похибок на сумарну похибку обробки тонким точінням плоских поверхонь на токарному верстаті з ЧПК і визначення коефіцієнта уточнення, який досягається такою обробкою.

Сумарна похибка обробки на розмір між площинами $27h10_{(-0,084)}$ мм, що отримується обробкою на токарному верстаті з ЧПК (модель 1П420ПФ30, клас точності верстата – П)

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_y)^2 + (K_2 \varepsilon_{пл})^2 + (K_3 \varepsilon_{н})^2 + (K_4 \varepsilon_{п.і})^2 + (K_5 \varepsilon_i)^2 + (K_6 \varepsilon_n)^2 + (K_7 \varepsilon_{\tau})^2}. \quad (1)$$

Елементарні похибки

1. Похибка установалення ε_y

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

$\varepsilon_0 = 0$ (виконується принцип суміщення баз), $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} = 25$ мкм.

2. Похибка, що зумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи під дією сили різання $\varepsilon_{пл}$

$$\varepsilon_{пл} = \omega_{\Sigma} (P_{y_{max}} - P_{y_{min}}), \quad (2)$$

$$\varepsilon_{пл} = 0,2 \text{ мкм.}$$

3. Похибка настроєння $\varepsilon_{н}$

$$\varepsilon_{н} = 1,2 \sqrt{(\varepsilon_p)^2 + (\varepsilon_{вм})^2 + (\varepsilon_{зм})^2}, \quad (3)$$

$\varepsilon_p = 20$ мкм; $\varepsilon_{вм} = 10$ мкм; $\varepsilon_{зм} = 0,1$ мкм;

$\varepsilon_{н} = 21$ мкм.

4. Похибка позиціонування поздовжнього супорта $\varepsilon_{п.і}$

Прийнято, що $\varepsilon_{п.і} = 20$ мкм.

5. Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця ε_i

$$\varepsilon_i = \varepsilon_k = 20 \text{ мкм.}$$

6. Похибка, що спричиняється геометричною неточністю верстата

$$\varepsilon_B = \frac{CI}{l_{\text{в}}} [\text{мкм}], \quad \varepsilon_B = 1 \text{ мкм.}$$

7. Похибка, яка спричиняється температурними деформаціями технологічної системи ε_T

$$\varepsilon_T = 0,1(\varepsilon_y + \varepsilon_{\text{пл}} + \varepsilon_H + \varepsilon_{\text{пл.і}} + \varepsilon_i + \varepsilon_B); \quad \varepsilon_T = 6 \text{ мкм}$$

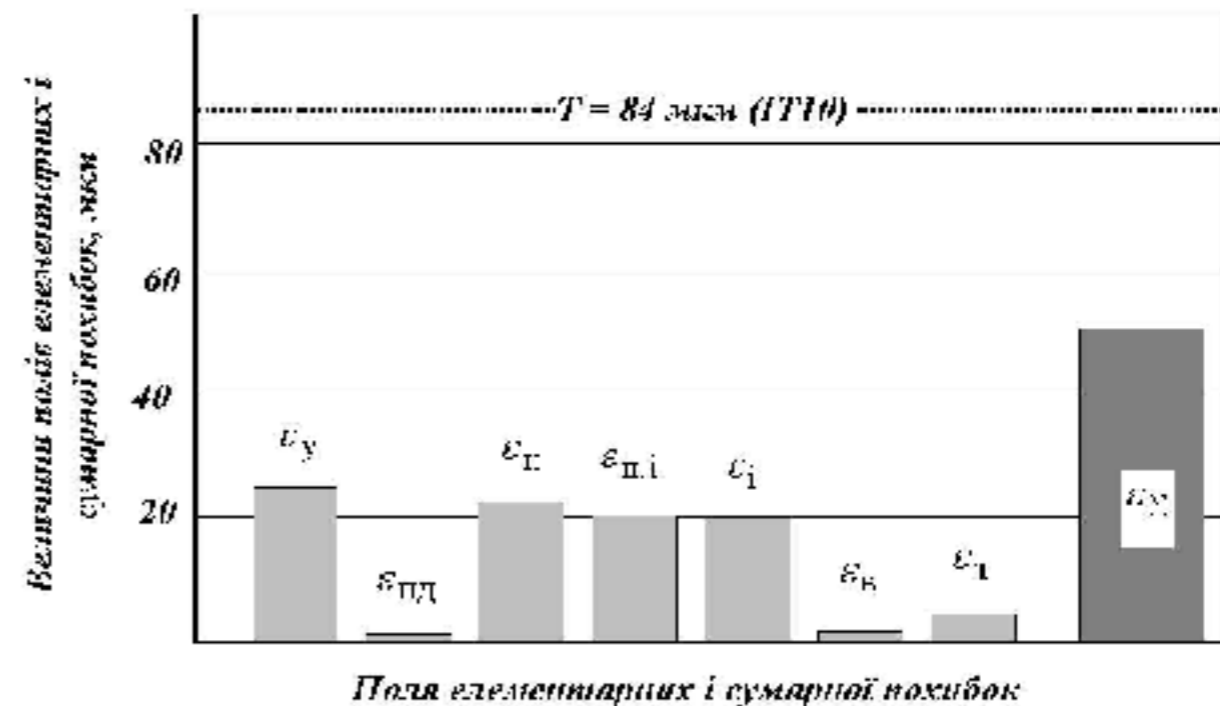
Сумарна похибка обробки $\varepsilon_y = 54 \text{ мкм.}$

Значення коефіцієнта уточнення складас

$$K_y = \frac{\varepsilon_{\Sigma i}}{\varepsilon_{\Sigma y}} = \frac{210}{54} = 3,8.$$

4. Обробка на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі П420ПФ30 гарантовано забезпечує задану точність розміру $27h10(\text{д.св4}) \text{ мм}$, оскільки сумарна похибка обробки складала 54 мкм.

5. Для переходу, що розглядається, визначено кількісне значення коефіцієнта уточнення, яке узгоджується із загальноприйнятим.



Висновки

1. На прикладі обробки заготовки деталі типу «Кришка передня Д06.037» на токарно-револьверному верстаті з ЧПК моделі П420ПФ40 (клас точності «П») виконаний аналіз точності обробки з виявлення елементарних похибок, які мають домінуючий вплив на точність, що забезпечується під час тонкого точіння торців на настроєному верстаті.

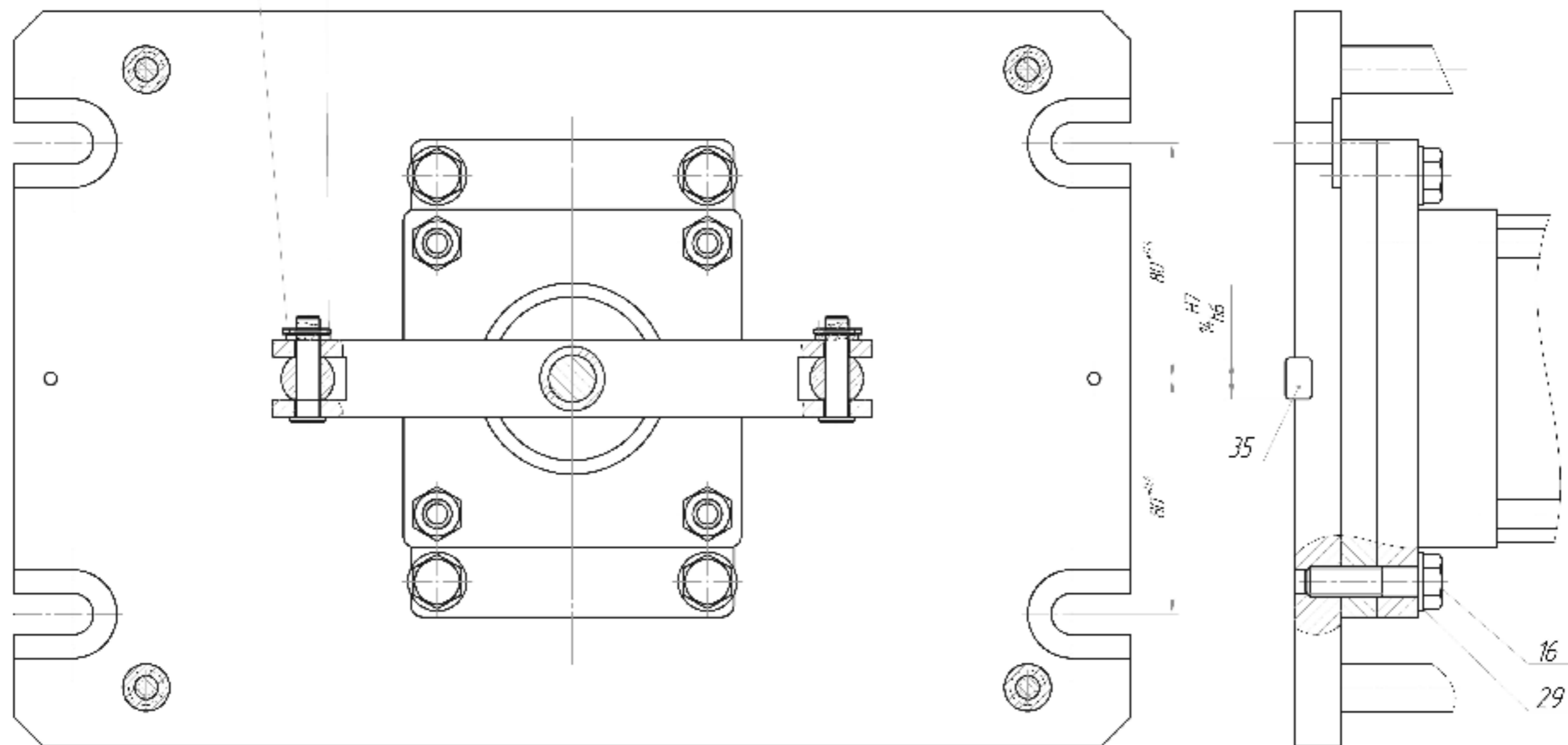
2. Встановлено, що найсуттєвіший вплив на точність обробки мають похибка настрочення і похибка, що зумовлена неточністю позиціонування при підведенні різального інструмента (різця) до початкової точки.

3. Похибка, що спричиняється розмірним зносом різця, зменшується до рівня похибки позиціонування супорта верстата завдяки використанню програмованої корекції інструмента.

08-26.MKP.029.01.000CK

Б-Б

27 33



1. Изменен
 2. Изменен
 3. Изменен
 4. Изменен
 5. Изменен
 6. Изменен
 7. Изменен
 8. Изменен
 9. Изменен
 10. Изменен
 11. Изменен
 12. Изменен
 13. Изменен
 14. Изменен
 15. Изменен
 16. Изменен
 17. Изменен
 18. Изменен
 19. Изменен
 20. Изменен
 21. Изменен
 22. Изменен
 23. Изменен
 24. Изменен
 25. Изменен
 26. Изменен
 27. Изменен
 28. Изменен
 29. Изменен
 30. Изменен
 31. Изменен
 32. Изменен
 33. Изменен
 34. Изменен
 35. Изменен
 36. Изменен
 37. Изменен
 38. Изменен
 39. Изменен
 40. Изменен
 41. Изменен
 42. Изменен
 43. Изменен
 44. Изменен
 45. Изменен
 46. Изменен
 47. Изменен
 48. Изменен
 49. Изменен
 50. Изменен
 51. Изменен
 52. Изменен
 53. Изменен
 54. Изменен
 55. Изменен
 56. Изменен
 57. Изменен
 58. Изменен
 59. Изменен
 60. Изменен
 61. Изменен
 62. Изменен
 63. Изменен
 64. Изменен
 65. Изменен
 66. Изменен
 67. Изменен
 68. Изменен
 69. Изменен
 70. Изменен
 71. Изменен
 72. Изменен
 73. Изменен
 74. Изменен
 75. Изменен
 76. Изменен
 77. Изменен
 78. Изменен
 79. Изменен
 80. Изменен
 81. Изменен
 82. Изменен
 83. Изменен
 84. Изменен
 85. Изменен
 86. Изменен
 87. Изменен
 88. Изменен
 89. Изменен
 90. Изменен
 91. Изменен
 92. Изменен
 93. Изменен
 94. Изменен
 95. Изменен
 96. Изменен
 97. Изменен
 98. Изменен
 99. Изменен
 100. Изменен

Исполн.	Провер.	Утверд.	Дата

08-26.MKP.029.01.000CK

Лист
7

Автомат

Чертеж А1

Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу

<i>Пиловий технологічний процес</i>	<i>Чідьковлений технологічний процес</i>
<i>Техніко-економічні показники</i>	
<i>Матеріал</i>	
<i>Сплав АК7 ГОСТ 1583-93</i>	<i>Сплав АК7 ГОСТ 1583-93</i>
<i>Спосіб виготовлення заготовки</i>	
<i>Лиття під тиском</i>	<i>Лиття в кокиль</i>
<i>Собівартість заготовки</i>	
<i>718грн</i>	<i>34,1грн</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	
<i>0,938</i>	<i>0,866</i>
<i>Кількість операцій</i>	
<i>2 операції</i>	<i>3операції</i>
<i>Кількість верстатів</i>	
<i>2верстати</i>	<i>2верстати</i>
<i>Кількість працюючих</i>	
<i>2 основних робітників</i>	<i>4 основних робітників</i>
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції</i>	
<i>86,8грн</i>	<i>73,37грн</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	
<i>-</i>	<i>268352,62грн</i>
<i>Економічний ефект</i>	
<i>-</i>	<i>214288грн</i>
<i>Термін окупності</i>	
<i>-</i>	<i>1,25року</i>

