

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вишого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

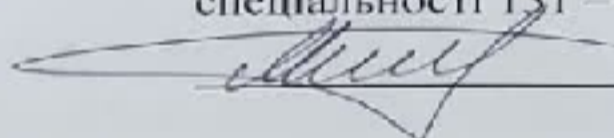
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

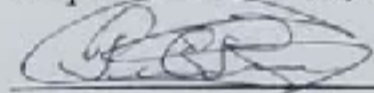
«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу “Основа 008Н.120.071”»

08-26.МКР.007.00.000 ПЗ

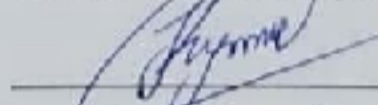
Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-21м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

 Малюшко А. В.

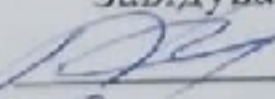
Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Репінський С. В.
« 16 » 12 2022 р.

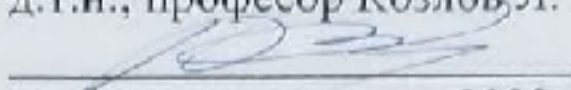
Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.
« 17 » 12 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.
« 17 » 12 2022 р.

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

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

« 10 » жовтня 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Малюшко Артему Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»

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

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

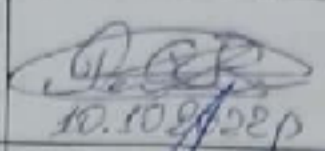
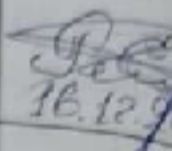
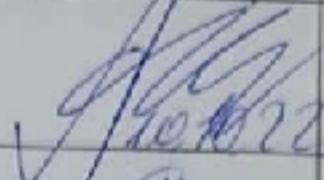
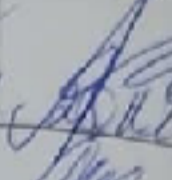
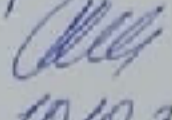
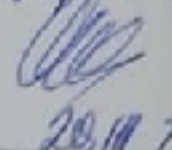
2. Строк подання студентом роботи: 19 грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Основа 008Н.120.071»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 40000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Диски»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Основа 008Н.120.071»; основа (заготовка); маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень (операція 005); застосування математичного планування експерименту для дослідження процесу торцевого фрезерування заготовки; план дільниці механічного цеху; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

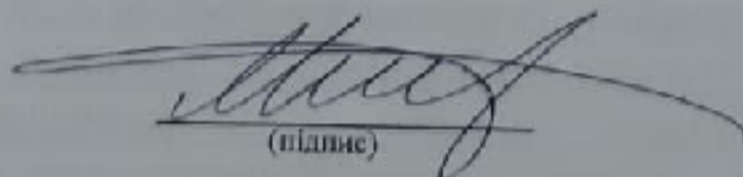
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання п
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ	 10.10.22	 16.12.22
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 10.10.22	 16.12.22
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 10.10.22	 20.11.22

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

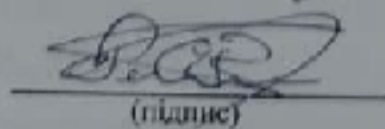
№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Прим
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	90 13.10.2022	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	90 15.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	90 30.10.2022	
4	Розв'язання поставлених задач	90 20.11.2022	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	90 22.11.2022	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	90 25.11.2022	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	90 25.11.2022	
8	Попередній захист МКР	90 12.12.2022	
9	Перевірка роботи на плагіат	90 14.12.2022	
10	Нормоконтроль МКР	90 16.12.2022	
11	Опонування МКР	90 17.12.2022	
12	Захист МКР	90 22.12.2022	

Студент


(підпис)

Малюшко А. В.

Керівник роботи


(підпис)

Репінський С. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Малюшко А. В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2022. 132 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 16; табл. 45.

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Диски», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Основа 008Н.120.071» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу; визначено режими різання та норми часу; застосовано математичне планування експерименту для дослідження процесу торцевого фрезерування заготовки деталі «Основа 008Н.120.071»; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

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

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

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

ABSTRACT

Malyushko A. V. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Base 008N.120.071». Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2022. 132 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 28 titles; fig.: 16; tabl. 45.

In the master's qualification work, the technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Base 008N.120.071» type part was improved. In the general part of the work, an overview of the manufacturing technologies of the «Disk» type part was conducted, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Base 008N.120.071» type part was substantiated.

In the technological part, variant selection and technical and economic substantiation of the workpiece manufacturing method were performed; options for the route of mechanical processing of the «Base 008N.120.071» type part using CNC machines were developed and the best one was selected based on the minimum costs; dimensional and accurate modeling of the improved technological process was carried out; cutting modes and time standards are defined; mathematical planning of the experiment was applied to study the end milling process of the «Base 008N.120.071» workpiece; the given program, the number of equipment and employees are calculated; improved mechanical processing department.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of mechanical processing of the workpiece, the payback period and the economic effect obtained as a result of the improvement of the technological process and the mechanical processing section are calculated. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»	10
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Диски»	11
1.3 Можливі варіанти удосконалення технологічного процесу	12
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»	14
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	14
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	17
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	22
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	34
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	37
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	38
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	43
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	46
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	53
2.10 Призначення режимів різання	59
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	69
2.12 Визначення технічних норм часу	70

2.13 Застосування математичного планування експерименту для дослідження процесу торцевого фрезерування заготовки деталі «Основа 008Н.120.071»	75
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»	84
3.1 Розрахунок приведеної програми	84
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	90
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	92
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	94
4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»	96
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	96
4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»	103
4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	108
4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	112
4.5 Розрахунок величини чистого прибутку	113
4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	114
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	117
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання робіт	117
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	120
5.3 Інформування та оповіщення	126
ВИСНОВКИ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	130
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	133
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	134

ВСТУП

Актуальність. Покращення технологічних методів виготовлення продукції стоїть на першому місці науково-технічного прогресу в машинобудуванні. Якість, надійність, довговічність і економічність у експлуатації залежать не тільки від удосконалення конструкції, але і від технології виготовлення. Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки забезпечують велику точність і якість поверхонь деталей машин, методів створення робочих поверхонь, які підвищують ресурс роботи деталі і машин в цілому. Ефективне використання сучасних автоматизованих ліній, верстатів з ЧПК, персональних комп'ютерів застосування прогресивних форм організації і економіки технологічних процесів все це направлено на вирішення головних задач: підвищення ефективності промисловості і якості продукції, зменшивши при цьому витрати.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу;
- застосування математичного планування експерименту для дослідження процесу торцевого фрезерування заготовки деталі «Основа 008Н.120.071»;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуемій дільниці;

- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;

- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна одержаних результатів. За допомогою математичного планування експерименту, проведеного за програмою центрального композиційного ротатабельного планування другого порядку, отримала подальший розвиток математична модель залежності максимальної тангенціальної складової P_r сили різання від елементів геометрії зуба торцевої фрези, а саме головного кута φ в плані, кута нахилу λ ріжучої кромки і переднього кута γ при фрезеруванні заготовки деталі «Основа 008Н.120.071».

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071». Запропоновані рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» запропоновано два способи лиття – лиття в кокіль та лиття під тиском. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки вартість заготовки складає 15,81 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 61,0 грн.

- удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» з використанням верстатів з ЧПК;

- за допомогою математичного планування експерименту встановлено вплив геометрії зуба торцевої фрези (головного кута φ в плані, кута нахилу λ

ріжучої кромки і переднього кута γ) на максимальну тангенційну складову P_T сили різання при фрезеруванні заготовки деталі «Основа 008Н.120.071». Отриману інтерполяційну формулу для обчислення величини P_T можна використовувати для встановлення раціональних значень елементів геометрії зуба при конструюванні торцевих фрез під час обробки алюмінієвих сплавів;

- спроектовано ділянку механічної обробки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

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

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ДИСКИ»

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

Об'єктом виробництва є деталь «Основа 008Н.120.071» що є однією з головних деталей складального вузла пристосування, що входить до складу оптико-механічного пристрою «Нівелір», який використовується в будівництві.

Деталь «Основа 008Н.120.071» (рис. 1.1) призначена для використання в якості опорного елемента. В посадочних отворах $\varnothing 23H8$ кріпиться ніжки нівеліра а центральний отвір $\varnothing 34H8$ мм служить для робочого керування приладом. Деталь середніх габаритних розмірів 150×120 мм, середньої складності, маса деталі $m = 0,37$ кг. Виробництво деталей – 40000 штук на рік, що орієнтовно відповідає середньосерійному типу виробництва. Можливі способи виготовлення заготовки – лиття під тиском та лиття в кокіль.

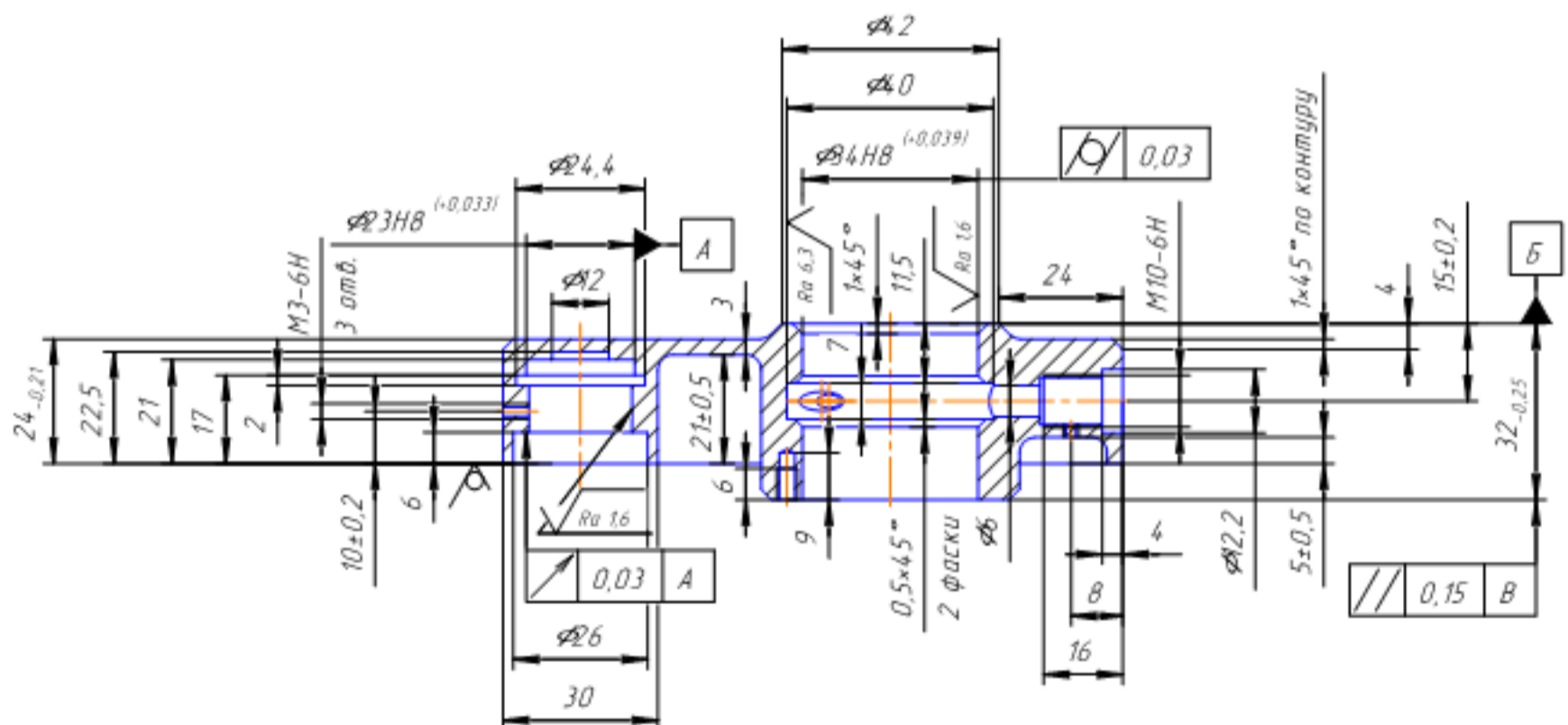


Рисунок 1.1 – Деталь «Основа 008Н.120.071»

Деталь «Основа 008Н.120.071» виготовляється із матеріалу АЛ2Д і слугує для встановлення і настройки оптичного обладнання. Має трикутну зовнішню поверхню з вилитими впадинами. Має внутрішній наскрізний циліндричний

отвір. Для закріплення в деталі «Основа 008Н.120.071» оптико-механічного обладнання є 3 кріпильні отвори. Деталь не має важкодоступних місць для обробки, тому спрощувати її конструкцію недоцільно.

Основні конструкторські бази деталі – отвори $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$, що слугують для правильної орієнтації деталі «Основа 008Н.120.071» в приладі та торцева поверхня $\varnothing 26$, яка обмежує вертикальне переміщення.

Допоміжні конструкторські бази – $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 26$, М10-6Н, 6 отв. М3-6Н, торцева поверхня $\varnothing 50$.

Вільні поверхні – зовнішній контур деталі, заглиблення в нижній частині.

У відповідності до призначення поверхонь, до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні конструкторські бази. До них ставиться вимога обробки по 8 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- торцеве биття отвору $\varnothing 26$ до бази А – 0,03 мм;
- циліндричність пов. $\varnothing 34H8$ – 0,03 мм;
- паралельність нижнього торця до верхнього 0,15 мм.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Диски»

Задана деталь «Основа 008Н.120.071» відноситься до класу «Диски» [1, 2].

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні, торець і внутрішню циліндричну пов. $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$, які в подальшому будуть слугувати технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на наступних операціях.

Після обробки базових поверхонь здійснюється фрезерна, та свердлильна обробка всіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі. Після чистової обробки проводиться доводочні операції: обробка різьбових отворів, канавок, фасок і т. ін. Різьбові отвори обробляють на верстатах з ЧПК.

Фінішною операцією є остаточне розточування. При остаточному точіння можна досягти 8 квалітет точності і чистоту поверхні шорсткістю Ra 1,6-3,2 мкм.

Типова послідовність побудови маршруту обробки деталі типу «Диски» показана у вигляді таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 – Технологічна схема виготовлення деталей класу «Диски»

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Фрезерно-свердлильно-розточувальна Фрезерування плоских поверхонь, розточування внутрішніх циліндричних поверхонь, що в подальшому використовуються як чистові бази та поверхні, які можливо обробити на цій операції.	Оброблювальний центр
010	Фрезерно-свердлильно-розточувальна Розточування, цекування циліндричних поверхонь, фрезерування торців, точіння канавок. Технологічні бази – поверхні оброблені на операції 005	Оброблювальний центр
015	Свердлильна Свердління, зенкерування та розвертання кріпильних отворів. Технологічні бази – площина і отвір, оброблені на операції 005	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК
025	Кінцевий контроль	

1.3 Можливі варіанти удосконалення технологічного процесу

Пропонуємий варіант маршруту механічної обробки деталі типу «Основа 008Н.120.071» принципово відрізняється від базового. Перш за все, скорочено чисельність операцій механічної обробки, чисельність допоміжних спеціальних пристосувань, чисельність основних робітників, пропонується використати прогресивне обладнання з ЧПК та автоматичною зміною інструментів що зменшить число установ, поліпшить якість обробки та зменшить витрати часу на обробку.

Таблиця 1.2 – I варіант удосконаленого технологічного процесу

№	Назва операції	Обладнання
005	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК	Фрезерно-свердлильно-розточувальний 6902ПМФ2
010	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК	Фрезерно-свердлильно-розточувальний 6902ПМФ2
015	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2118ПМФ2

В даному технологічному процесі недоліком є велика трудомісткість операцій, та досить дороге обладнання.

Таблиця 1.3 – II варіант удосконаленого технологічного процесу

№	Назва операції	Обладнання
005	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК 16К20Ф3
010	Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК	Фрезерно-свердлильно-розточувальний 6902ПМФ2
015	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2118ПМФ2

Характерними ознаками існуючої ділянки є досить велика виробнича площа, кількість верстатів: універсальний фрезерний, розточний верстати – 2 штуки, вертикально-свердлильні верстати – 2 штуки і 2 токарних верстати, кількість робітників – 12 чоловік.

При використанні удосконаленого маршруту механічної обробки зменшиться площа ділянки, оскільки зменшиться кількість верстатів, які є недовантаженими, а також зменшиться кількість проміжних складів заготовок, що створюються біля кожного робочого місця. Крім того значно знизиться кваліфікація робітників, оскільки верстати із ЧПК можуть обслуговуватися робітниками другого чи третього розряду, зменшиться також і кількість робітників, оскільки, зменшиться кількість верстатів і робітник може обслуговувати два верстати із числовим програмним управлінням.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Основа 008Н.120.071» є однією з головних деталей складального вузла пристосування, що входить до складу оптико-механічного пристрою «Нівелір», який використовується в будівництві.

Аналізуючи креслення деталі, робимо висновок, що деталь має достатньо поверхонь для базування на різних операціях механічної обробки.

Задана деталь – «Основа 008Н.120.071», виготовляється із сплаву алюмінію АЛ2Д. Модуль пружності даного сплаву 71000 МПа, густина $\rho = 2,71$, кг/м³, вміст алюмінію (Al) 99,2%;

- кремнію (Si) 0,3%;
- марганцю (Mn) 0,025%;
- міді (Cu) 0,005%;
- заліза (Fe) 0,3%;
- магнію (Mg) 0,005%;
- титану (Ti) 0,15%;
- цинку (Zn) 0,1%.

З точки зору механічної обробки деталь має наступні недоліки по технологічності. Нетехнологічними є малі отвори, на які необхідно витратити багато часу.

2.2.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Кількісний аналіз в даній роботі проводиться за наступними коефіцієнтами [1, 3, 4].

- Визначення коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{\text{у}} = \frac{Q_{\text{у}}}{Q_{\text{с}}}, \quad (2.1)$$

де Q_{uc} – кількість уніфікованих елементів;

Q_c – загальна кількість елементів.

Дані для визначення коефіцієнта уніфікації показані в табл. 2.1.

Тоді коефіцієнт уніфікації буде рівним:

$$K_{uc} = \frac{Q_{uc}}{Q_c} = \frac{83}{98} = 0,85 > 0,6 ;$$

умова виконується, отже деталь технологічна.

Таблиця 2.1– Загальна кількість уніфікованих розмірів

Р о з м і р и				Шорсткість
Лінійні	Діаметри	Різи	Кутові	
Рл	Рд	Рр	Рк	Ш
24*	Ø50 (2)*	М3-Н6 (7)	45° (3)*	1,6 (4)*
22,5	Ø40*	М10-6Н (3)*	120° (3)*	6,3 (30)*
21 (3)*	Ø12 (3)*			
17 (3)*	Ø24,4 (3)			
10 (3)*	Ø23Н8 (3)			
6 (3)*	Ø26 (3)*			
2 (3)*	Ø42*			
21*	Ø40*			
11,5*	Ø34Н8*			
4 (2)*	Ø6*			
5*	Ø12,2			
15*	Ø4*			
32*	Ø2,2*			
8*				
16*				
1*				
0,5 (2)*				
Всього 26	22	10	6	34
Уніф. 25	15	3	6	34

- Визначення коефіцієнта точності механічної обробки.

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\sigma}}; \quad (2.2)$$

де T_{σ} – середній квалітет точності розмірів;

$$T_{\sigma} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}. \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта точності механічної обробки

Квалітет	Лінійні розміри	Кількість поверхонь	Розрахунки
8	Ø23; Ø34	4	8·4 = 32
12	Ø42; 24; 22,5; 17; Ø40 та інші	31	12·31 = 372
Всього		35	404

$$T_{\sigma} = \frac{404}{35} = 11,54 ;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,54} = 0,913 > 0,8 .$$

Висновок: умова виконується, отже деталь є технологічною.

- Визначення коефіцієнта шорсткості

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{ш}_{\sigma}}, \quad (2.4)$$

де ш_{σ} – середня шорсткість поверхонь;

$$\text{ш}_{\sigma} = \frac{\sum \text{ш}_i \cdot n_i}{n_i}. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунки
Ra 1,6 ø34H8; ø23H8 (3)	4	1,6·4=6,4
Ra 6,3 ø42; 24; 22,5; ø40 та інші	31	6,3·31=195,3
Всього	35	201,7

$$Ш_{CP} = 201,7/35 = 5,76;$$

$$K_{III} = 1/5,76 = 0,17 < 0,32,$$

умова виконується.

Висновок: за кількісними показниками деталь є технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

2.2.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій за формулою [1, 3]

$$K_{z.o.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

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

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

Визначаємо найбільш характерні переходи механічної обробки виключивши дрібні і трудомісткі. Для встановлених переходів розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k \text{ [хв]}, \quad (2.6)$$

де $T_{осн}$ – основний час обробки, хв;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

При програмі випуску $N = 40\,000$ шт. і масі деталі – 0,7 кг. Згідно довідкової таблиці [1, 3] попередньо визначаємо, що виробництво великосерійне. Для великосерійного виробництва згідно [1, 3] вибрано φ_k .

Результати розрахунків показано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок штучно-калькуляційного часу переходів

№	Характерні переходи	$T_{\text{осл}} \cdot 10^{-3}$, хв.	$T_{\text{осл}}$, хв.	φ_k	$T_{\text{шт-к}}$, хв.
1	Розточування попереднє Ø34Н8	0,18dl	$0,18 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,195$	2,14	0,419
2	Розточування попереднє Ø34Н8	0,2dl	$0,2 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,22$	2,14	0,466
3	Розточування остаточне Ø34Н8	0,3dl	$0,3 \cdot 34 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,33$	2,14	0,698
4	Розточування однократне Ø40Н12	0,18dl	$0,18 \cdot 40 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 0,05$	2,14	0,107
5	Розточування попереднє Ø23Н8	0,18dl	$0,18 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 0,086$	1,84	0,15
6	Розточування остаточне Ø23Н8	0,3dl	$0,3 \cdot 23 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 0,145$	1,84	0,27

Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_s} \text{ [шт.]}, \quad (2.7)$$

де N – річна програма, $N = 40000$ шт.;

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

F_q – дійсний річний фонд часу, год. ($F_q = 3890$ год.);

η_s – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

$$C_{p1} = \frac{40000 \cdot 0,419}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,08 ;$$

$$C_{p2} = \frac{40000 \cdot 0,466}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,09 ;$$

$$C_{p3} = \frac{40000 \cdot 0,698}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,135 ;$$

$$C_{p4} = \frac{40000 \cdot 0,107}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,021 ;$$

$$C_{p5} = \frac{40000 \cdot 0,15}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,03 ; \quad C_{p6} = \frac{40000 \cdot 0,27}{60 \cdot 3890 \cdot 0,85} = 0,052 .$$

Визначення прийнятої кількості робочих місць. Заокруглюємо кількості верстатів до найбільшого більшого цілого числа.

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 1 .$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження.

$$\eta_{\text{ф}} = \frac{C_p}{P}, \quad (2.8)$$

$$\eta_{\text{ф}1} = \frac{0,08}{1} = 0,08 ;$$

$$\eta_{\text{ф}2} = \frac{0,09}{1} = 0,09 ;$$

$$\eta_{\text{ф}3} = \frac{0,135}{1} = 0,135 ;$$

$$\eta_{\text{ф}4} = \frac{0,021}{1} = 0,021 ;$$

$$\eta_{\text{ф}5} = \frac{0,03}{1} = 0,03 ;$$

$$\eta_{\text{ф}6} = \frac{0,052}{1} = 0,052 .$$

Визначаємо кількість операції, що виконуються на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_m}{\eta_{\text{ф}}}, \quad (2.9)$$

$$O_1 = \frac{0,85}{0,08} = 10,63 ;$$

$$O_2 = \frac{0,85}{0,09} = 9,44 ;$$

$$O_3 = \frac{0,85}{0,0135} = 6,3 ;$$

$$O_4 = \frac{0,85}{0,021} = 40,5 ;$$

$$O_5 = \frac{0,85}{0,03} = 28,3 ;$$

$$O_6 = \frac{0,85}{0,052} = 16,35 .$$

Якщо при нормуванні штучного часу з'являються значення, які суттєво відрізняються то такі значення потрібно відкинути як нехарактерні. В даному випадку нехарактерних значень немає.

Результати розрахунків $K_{\text{ср}}$ показано в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Визначення коефіцієнта $K_{\text{ср}}$.

№	Переходи	T_0 , хв	φ_k	$T_{\text{ш-к}}$, хв	C_p	P	$\eta_{\text{зн}}$	$\eta_{\text{зф}}$	O	$K_{\text{ср}}$
1	Розточування попереднє Ø34Н8	0,195	2,14	0,419	0,08	1	0,08	0,85	10,63	18,6
2	Розточування попереднє Ø34Н8	0,22	2,14	0,466	0,09	1	0,09	0,85	9,44	
3	Розточування остаточне Ø34Н8	0,33	2,14	0,698	0,135	1	0,135	0,85	6,3	
4	Розточування однократно Ø40Н12	0,05	2,14	0,107	0,021	1	0,021	0,85	40,5	
5	Розточування попереднє Ø23Н8	0,086	1,84	0,15	0,03	1	0,03	0,85	28,3	
6	Розточування остаточне Ø23Н8	0,145	1,84	0,27	0,052	1	0,052	0,85	16,35	

$$K_{\text{ср}} = \frac{10,63 + 9,44 + 6,3 + 40,5 + 28,3 + 16,35}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 18,6 .$$

Отже, $10 < K_{\text{ср}} = 18,6 < 20$ – виробництво середньосерійне.

2.2.2 Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_{\text{д}} = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.10)$$

$$N_{\text{д}} = \frac{40000}{254} = 257,5 \rightarrow 158 \text{ (шт.)}$$

де 254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к}} \cdot \eta_s} \cdot \eta_s \text{ [шт.]}, \quad (2.11)$$

де F_d – добовий фонд часу роботи обладнання (при двозмінному режимі роботи дорівнює 952 хв.); $T_{\text{шт-к}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_s – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{0,419 + 0,466 + 0,698 + 0,107 + 0,15 + 0,27}{6} = 0,352 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{0,355 \cdot 0,85} = 3181,8 \rightarrow 3182 \text{ (шт.)}$$

Так як $N_d < Q_d$ при умові завантаження її на 85%, то застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно. Тому приймається групова форма організації роботи.

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

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

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

$$n = \frac{40000 \cdot 6}{254} = 944,9 \rightarrow 945 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{\text{зм-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,85} = \frac{0,352 \cdot 945}{476 \cdot 0,85} = 0,82 ; \quad C_{\text{сп}} = 1 \text{ зміна.}$$

Кількість деталей в партії для завантаження обладнання на протязі цілого числа змін

$$n = \frac{C_{\text{сп}} \cdot 476 \cdot 0,85}{T_{\text{зм-к ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{0,352} = 1149,4 \rightarrow 1150 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n = 1150$ шт.

Висновок: тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії – 1150 штук.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідні дані:

Виробництво

середньосерійне.

Кількість оброблюваних деталей

$N = 40000$ шт.

Маса деталі $m = 0,367$ кг.

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод виготовлення заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу АЛ2Д.

Можливі способи виготовлення заготовки литтям [5-8]:

- в кокіль;
- в оболонковій формі;
- за виплавними моделями;
- під тиском.

Проаналізувавши різні способи виготовлення литих заготовок, обираємо такі способи як: лиття в кокіль і лиття під тиском, оскільки вони є найбільш продуктивні для лиття кольорових металів, а саме алюмінієвого сплаву в умовах серійного виробництва.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок [5, 6, 8].

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність.

При виборі прийнятих параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво середньосерійне і вилівок середньої складності приймаємо середні наближені до більш точних значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності вилівка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір вилівка (120 мм), тип матеріалу – АЛ 2Д:

- при литті в кокіль: 5 – 9;
- при литті під тиском: 3 – 7т.

Ступінь жолоблення елементів вилівка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента вилівка). Найбільший розмір – 120 мм, найменший – 3 мм,

отже, відношення – $3/120 = 0,025$. Також враховуємо, що форми багаторазові і відсутня термообробка:

- при литті в кокіль: 5 – 8;
- при литті під тиском: 5 – 8.

Таблиця 2.6 – Вибір вихідних параметрів заготовки

Вихідні дані	Лиття в кокіль		Лиття під тиском	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	5-9	7	3-7т	5
Ступінь жолоблення елементів виливки	5-8	7	5-8	6
Ступінь точності поверхні виливка	5-10	8	3-7	5
Шорсткість поверхонь виливка	Ra	10,0	Ra	5,0
Клас точності маси	3-10	7	1-7	5
Ряд припусків	2-5	3	1-4	2

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (120 мм) і матеріал – АЛ2Д:

- при литті в кокіль: 5 – 10;
- при литті під тиском: 3 – 7.

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

- при литті в кокіль: 10,0 мкм;
- при литті під тиском: 5,0 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (вибираємо коефіцієнт використання матеріалу для лиття в кокіль $\gamma = 0,72$, а для лиття під тиском $\gamma = 0,96$, маса деталі $Q_{\text{дет}} = 0,37$ кг, тоді маси заготовки будуть відповідно $Q_{\text{заг}} = 0,26$ кг і $Q_{\text{заг}} = 0,35$ кг.) до 1 кг для обох способів і тип матеріалу АЛ 2Д.

- при литті в кокіль: 3 – 10;
- при литті під тиском: 1 – 7.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в кокіль: 2 – 5;

- при литті під тиском: 1 – 4.

Таблиця 2.7 – Кількості переходів механічної обробки (лиття в кокіль)

Лиття в кокіль	$\text{Ø}34\text{H}8^{(+0,039)}$	$\text{Ø}23\text{H}8^{(+0,033)}$	$32\text{h}12_{(-0,25)}$	$\text{Ø}12\text{H}12^{(+0,018)}$	$24\text{h}12_{(-0,21)}$
Допуски розмірів	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Допуски форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	0,64	-	0,64
Допуск на перекіс стержня	0,4	0,32	-	0,4	-
Допуски маси	5%				
Допуски нерівностей	0,12				
Загальний допуск	1,2	1,0	1,2	1,0	1,1
Припуск мінімальний	0,3				
Припуск загальний	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4
Кількість переходів механічної обробки					
По точності розмірів	4	4	2	2	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	3	-	2	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	2	2	2
Розміри заготовки	$\text{Ø}30,2$	$\text{Ø}19,6$	35,0	$\text{Ø}9,2$	25,4

Вибір допусків

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

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

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в кокіль – 7, під тиском – 5) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в кокіль – 7, під тиском – 6) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в кокіль – 8, під тиском – 5).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в кокіль – 7, під тиском – 5) і номінальної маси виливка.

Таблиця 2.8 – Кількість переходів механічної обробки (лиття під тиском)

Лиття в кокіль	$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$	$32h12_{(-0,25)}$	$\varnothing 12H12^{(+0,018)}$	$24h12_{(-0,21)}$
Допуски розмірів	0,44	0,40	0,44	0,36	0,40
Допуски форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-
Допуск на перекіс стержня	0,2	0,16	-	0,2	-
Допуски маси	10%				
Допуски нерівностей	0,24				
Загальний допуск	0,7	0,64	0,7	0,64	0,64
Припуск мінімальний	0,2				
Припуск загальний	1,1	1,1	0,9	0,7	0,7
Кількість переходів механічної обробки					
По точності розмірів	4	4	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	3	-	2	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	2	1	1
Розміри заготовки	$\varnothing 31,8$	$\varnothing 20,8$	33,8	$\varnothing 10,6$	24,7

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму (див. рис. 3.1). При литті в кокіль зміщення впливає на лінійні розміри 32h12, 24h12.

Допуск вибираємо згідно рекомендацій [6], враховуючи клас розмірної точності вилівка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить 8 мм.

При литті під тиском (див. рис. 3.1) зміщення по площині роз'єднання не впливає на одержувані розміри вилівка.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які формуються за участю стержня.

При литті в кокіль допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ (найтонша стінка – 3,5 мм) – 0,32 мм

$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ (найтонша стінка – 8 мм) – 0,4 мм

$\varnothing 12H12^{(-0,18)}$ (найтонша стінка – 9 мм) – 0,4 мм

При литті під тиском допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ (найтонша стінка – 8 мм) – 0,2 мм

$\varnothing 23H8^{(+0,038)}$ (найтонша стінка – 3,5 мм) – 0,16 мм

$\varnothing 12H12^{(+0,018)}$ (найтонша стінка – 9 мм) буде 0,2 мм

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

Вибір припусків.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків [1]:

- при литті в кокіль мінімальний припуск (для ряду припусків 3) становить 0,3 мм;

- при литті під тиском (для ряду припусків 2) – 0,2 мм.

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

Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі визначаємо згідно [6].

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

лиття в кокіль:

$$\text{Ø}34\text{H}8^{(+0,039)} - 0,039/0,9 = 0,043 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\text{Ø}23\text{H}8^{(+0,033)} - 0,033/0,8 = 0,04 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$32\text{h}12_{(-0,25)} - 0,25/0,9 = 0,28 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$\text{Ø}12\text{H}12^{(+0,18)} - 0,18/0,7 = 0,26 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

$$24\text{h}12_{(-0,21)} - 0,21/0,8 = 0,26 \rightarrow 2 \text{ переходи (напівчистова обробка);}$$

лиття під тиском:

$$32\text{h}12_{(-0,25)} - 0,25/0,44 = 0,57 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\text{Ø}34\text{H}8^{(+0,039)} - 0,039/0,44 = 0,09 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\text{Ø}23\text{H}8^{(+0,033)} - 0,033/0,4 = 0,083 \rightarrow 4 \text{ переходи (тонка обробка);}$$

$$\text{Ø}24\text{h}12_{(-0,21)} - 0,21/0,4 = 0,53 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

$$\text{Ø}12\text{H}12^{(+0,18)} - 0,18/0,36 = 0,5 \rightarrow 1 \text{ перехід (чорнова обробка);}$$

- по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і виливка:

- лиття в кокіль для розмірів

$$32\text{h}12 (0,15) - 0,15/0,5 = 0,3 \rightarrow 2 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

$$\text{Ø}34 (0,03) - 0,03/0,5 = 0,06 \rightarrow 3 \text{ переходи (чистова обробка);}$$

- лиття під тиском для розмірів

$32h12(0,15) - 0,15/0,4 = 0,38 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$\text{Ø}34H8(0,03) - 0,03/0,4 = 0,075 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка).

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

Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення.

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

- при литті в кокіль для розміру $\text{Ø}34H8^{(+0,039)}$ загальний припуск становить 1,9 мм:

$$\text{Ø}34 - (1,9 \cdot 2) = \text{Ø}30,2 \text{ (мм)};$$

- при литті під тиском для розміру $\text{Ø}34H8^{(+0,039)}$ загальний припуск становить 1,2 мм:

$$\text{Ø}34 - (1,2 \cdot 2) = \text{Ø}31,8 \text{ (мм)}.$$

Аналогічно розраховуємо для інших діаметральних розмірів.

При визначенні лінійних розмірів потрібно в'яснити як формується розмір заготовки:

- якщо розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними, то припуски складаються і добавляються до розміру готової деталі:

- при литті в кокіль $32 + 2 \cdot 1,5 = 35$ (мм);

$$24 + 1,4 = 25,4 \text{ (мм)};$$

$$32 + 2 \cdot 0,9 = 33,8 \text{ (мм)};$$

- при литті під тиском $24 + 0,7 = 24,7$ (мм).

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

Товщина стінок

Мінімальну товщину стінок вибираємо за рекомендаціями [5, 8] в залежності матеріалу, маси вилівка, і від способу лиття.

Для лиття в кокіль – 2,8 мм,

Для лиття під тиском – 1,0 мм.

Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то можливість виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій [5, 8] вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка – 6 мм.

Нахили

Формовочні нахили призначаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень, висоти формуютьовуючої поверхні, способу лиття і виду модельного комплекту згідно рекомендаціям [5, 8]

При литті в кокіль – $2^{\circ}32'$.

При литті під тиском – 1° .

Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]},$$

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

Мінімальний діаметр вибирається в залежності від матеріалу виливку (алюміній): $d_0 = 7$ мм. Для розміру $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$ мм товщина стінки становить 9 мм, а для $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ мм – 3,5 мм знайдемо d_{\min} :

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 9 = 7,9 \text{ (мм) (отвір } \varnothing 10,4 \text{ мм може бути пролитий);}$$

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 3,5 = 7,35 \text{ (мм) (отвір } \varnothing 20,8 \text{ мм може бути пролитий).}$$

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Виконаємо ескіз заготовки виготовленої литтям під тиском.

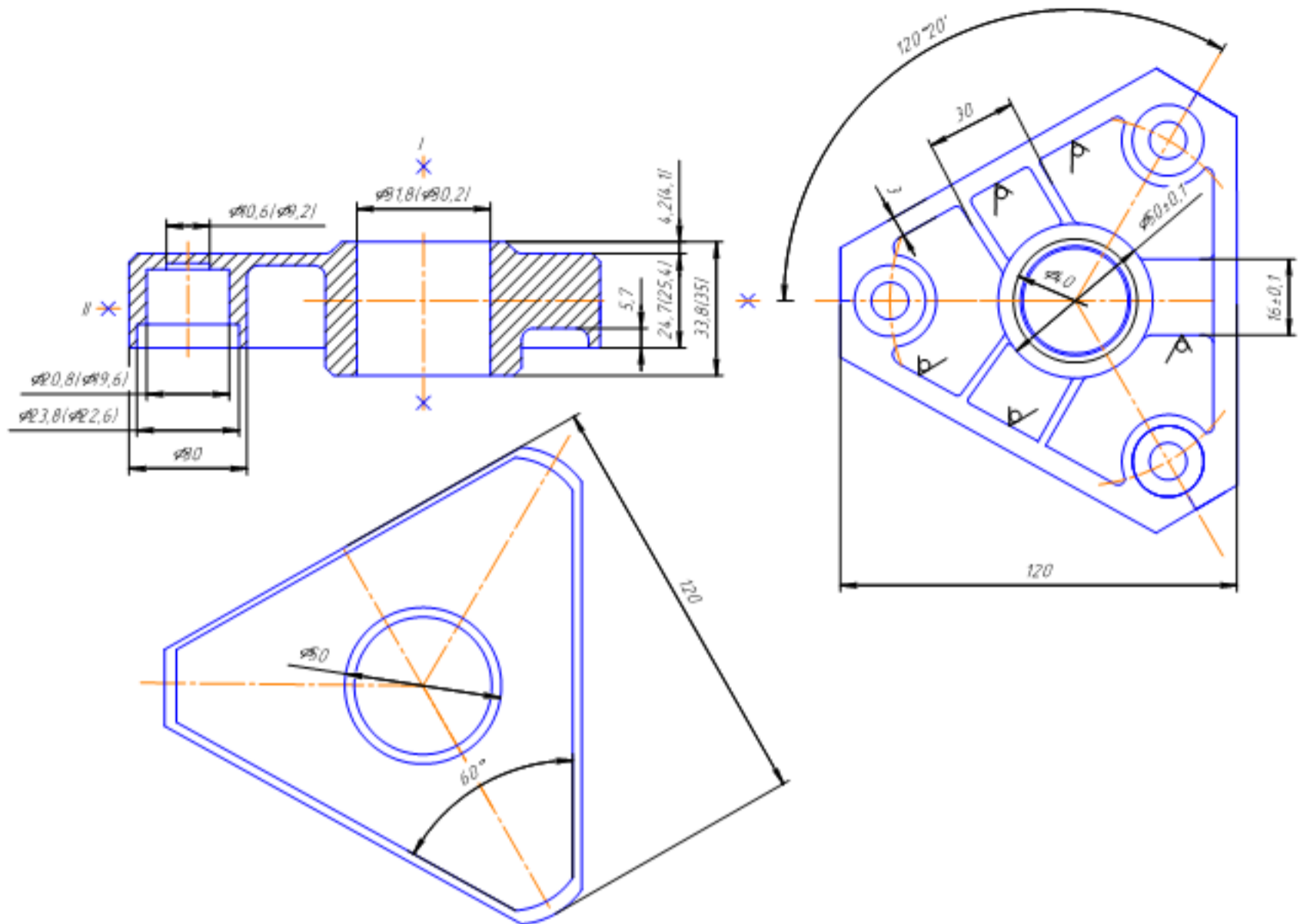


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки и литті в кокіль (при литті під тиском розміри в дужках):

- I – розташування площини роз’єднання при литті в кокіль,
 II – розташування площини роз’єднання при литті під тиском

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Маса заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}, \quad (2.14)$$

Щоб розрахувати загальний об’єм заготовки використано програму “Компас 3D”.

- Лиття в кокіль:

Деталь

Площа

$$S = 0.196212 \text{ м}^2$$

Об'єм	$V = 0.00264277 \text{ м}^3$
Матеріал	Сплав АЛ2Д ГОСТ 1583-93
Густина	$R_0 = 2550 \text{ кг/м}^3$
Маса	$Q_{\text{заг}} = 0,50251 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_1 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}} = 0,37/0,5025 = 0,74.$$

- Лиття під тиском:

Деталь	
Площа	$S = 0.200829 \text{ м}^2$
Об'єм	$V = 0.0023225 \text{ м}^3$
Матеріал	Сплав АЛ2Д ГОСТ 1583-93
Густина	$R_0 = 2550 \text{ кг/м}^3$
Маса	$Q_{\text{заг}} = 0.42068 \text{ кг}$

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma_2 = Q_{\text{дет}}/Q_{\text{заг}} = 0,37/0,42068 = 0,88.$$

Отже, коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском більший ніж при литті в кокіль, тобто менше матеріалу буде йти у стружку

2.3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. литт}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{обр}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.15)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн., вибираємо згідно [8], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [8], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [8]. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [8]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [8]. Вибираємо згідно способу лиття, маси виливка, матеріалу виливка;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [8]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва згідно [8]. При литті в кокіль та під тиском – 2 група серійності;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів, для алюмінію $C_{\text{відх}} = 30000$ грн./т.

Таблиця 2.9 – Коефіцієнти визначення вартості заготовки

Коефіцієнти	Лиття в кокіль	Лиття під тиском
$C_{\text{л}}$	32300	45800
$K_{\text{т}}$	1	1
$K_{\text{м}}$	4,23	1
$K_{\text{с}}$	1	1
$K_{\text{в}}$	1	0,9
$K_{\text{п}}$	0,95	1

Лиття в кокіль:

$$C_{\text{загот. лиття}} = \frac{0,50}{1000} \cdot 32300 \cdot 1 \cdot 4,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 - \frac{(0,50 - 0,37)}{1000} \cdot 30000 = 61 \text{ (грн.)}$$

Лиття під тиском:

$$C_{\text{заг. литт}} = \frac{0.42}{1000} \cdot 45800 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 - \frac{(0.42 - 0.37)}{1000} \cdot 30000 = 15,81 \text{ (грн.)}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість литої заготовки під тиском менша ніж в кокіль.

В результаті розрахунків в нас вийшло, що коефіцієнт точності маси заготовки при литті в кокіль менший ніж при литті під тиском (маса стружки при літі в кокіль буде більше ніж при литті під тиском) і вартість заготовки при литті в кокіль вище вартості при литті під тиском. Виходячи з вище сказаного лиття під тиском має дві значні переваги над литтям в кокіль і тому вибираємо основний спосіб виготовлення деталі – лиття під тиском.

При цьому економічний ефект:

$$E = (C_{\text{заг. кокіль}} - C_{\text{заг. тиск}}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (2.16)$$

$$E = (61 - 15,81) \cdot 40000 = 1807600 \text{ (грн.)}$$

2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [3, 4]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \quad (2.17)$$

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

Для розміру $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ загальне уточнення буде рівне:

$$\varepsilon = \frac{440}{39} = 11,28 .$$

Приймаємо $n = 2$ ступені механічної обробки, призначивши $\varepsilon_1 = 5,0$;
 $\varepsilon_2 = 2,25$

$$T_1 = \frac{440}{5} = 88 \text{ (мкм) } (\approx \text{IT10});$$

$$T_2 = \frac{88}{2,25} = 39 \text{ (мкм) (IT8).}$$

Остаточню приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

Для усіх поверхонь визначимо кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної механічної обробки.

Згідно креслення деталі та прийнятої заготовки необхідно обробити такі поверхні: три отвори $\varnothing 26\text{H}12$, $\varnothing 23\text{H}8$, $\varnothing 12\text{H}12$ торці $\varnothing 50 \pm 0,1$, сім отворів МЗ-6Н і та нарізати різьбу в цих отворах, також необхідно обробити отвір $\varnothing 34^{(+0,039)}$, торці в розмір 32h12, канавку $\varnothing 40\text{H}12$, отвори $\varnothing 6\text{H}12$, $\varnothing 12,2\text{H}12$, нарізати різьбу М10-6Н.

Для забезпечення цих параметрів точності розмірів деталі, які вказані на кресленні, будемо обробляти ці поверхні наступним чином:

- сім отворів МЗ-6Н – центрувати, свердлити, і нарізати різь;
- розточувати отвори $\varnothing 26\text{H}12$ однократно, $\varnothing 23\text{H}8$ попередньо, остаточню;
- підрізати однократно торець $50 \pm 0,1$ (розмір 32h12);
- підрізати однократно торець в розмір 24h12;
- фрезерувати однократно торець $50 \pm 0,1$;
- фрезерувати однократно торець 24h12;
- розточити отв. $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ попередньо, остаточню;

- розточити канавку $\varnothing 40H12$ однократно;
- зенкерувати заглиблення $\varnothing 12$ однократно;
- свердлити отв. $\varnothing 6$;
- отвір M10-6H мм – центрувати, свердлити, і нарізати різь;
- розточити отвір $\varnothing 12,2H12$ однократно;
- центрувати, свердлити отвір $\varnothing 2,2$;
- цекувати отвір $\varnothing 4$.

Кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної механічної обробки прийняті враховуючи допуски заготовки, та допуски готової деталі (за кресленням деталі), попередньо за таблицями визначивши квалітет на розміри деталі.

Розраховано кількість переходів механічної обробки і призначено їх послідовність. Результати занесені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 34H8$	$\varepsilon=440/39$ $=11,28$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2,25$	$T_1=88$ $T_2=39$	10 8	Розточування попер. Розточування остат.
$\varnothing 23H8$	$\varepsilon=400/33$ $=12,12$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=2,42$	$T_1=80$ $T_2=33$	10 8	Розточування попер. Розточування остат.
$\varnothing 12H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 22,5H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 26H12$				12	Розточування однократне
$\varnothing 6H12$				12	Свердління
$\varnothing 12H12$				12	Цекування
M3-6H (7 пов.)				12	Свердління Нарізання різьби
M10-6H				12	Зенкерування Нарізання різьби
$\varnothing 2,2H12$				12	Свердління

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6
Ø3H12				12	Свердління
Ø4H12				12	Свердління
24h12				12	Підрізання торцю
32h12				12	Фрезерування (підрізання торцю)
1×45°				12	Розточування фаски
0,5×45° (2 пов.)				12	Розточування фаски

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

На першій операції обробляються чистові бази, тобто ті технологічні бази, які будуть використовуватись на наступних операціях. Тому важливо визначити насамперед чистові технологічні бази. Ними в даній деталі є поверхня Ø34 мм та зовнішній торець (шорсткість $Ra=3,2$ мкм) (рис. 2.2).

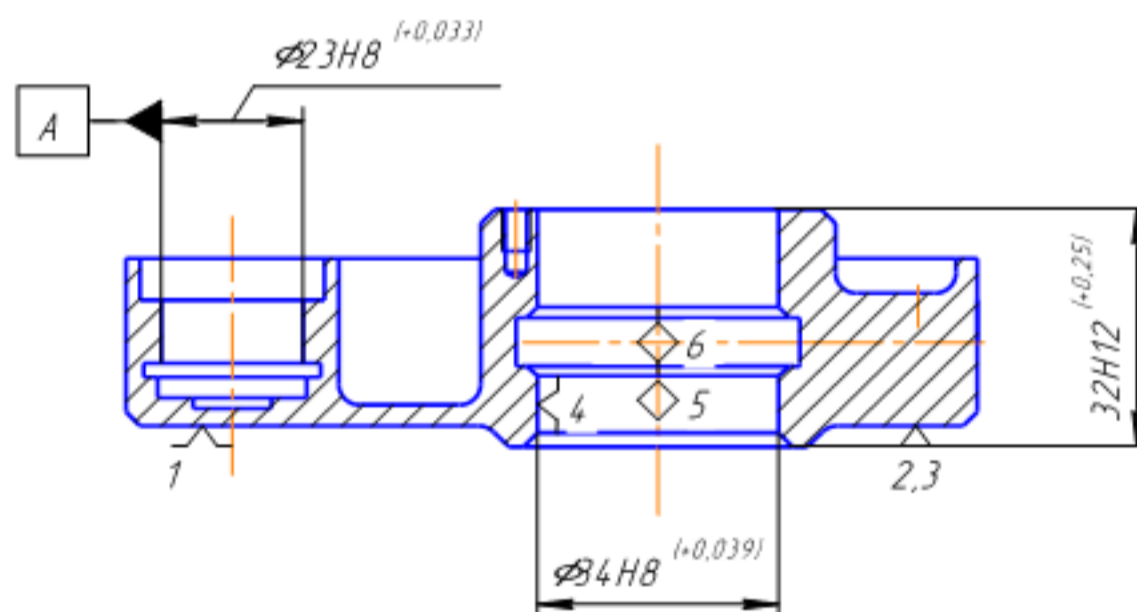


Рисунок 2.2 – Схема чистових технологічних баз

Проведемо аналіз похибки базування, що може виникати під час обробки:

- $\epsilon_{\phi 23H8}=0$; $\epsilon_{\phi 6H12}=0$; $\epsilon_{\phi 12,2H12}=0$; $\epsilon_{\phi 2,2H12}=0$; $\epsilon_{\phi 3H12}=0$; $\epsilon_{\phi 4H12}=0$; $\epsilon_{\phi 12H12}=0$;
 $\epsilon_{\phi 24,4}=0$; $\epsilon_{\phi 26H12}=0$; $\epsilon_{\phi 50}=0$ – обробка діаметральних розмірів;
 $\epsilon_{\phi 15\pm 0,2}=0$; $\epsilon_{24h12}=0$ – суміщення баз;
 $\epsilon_{22,5}=0$; $\epsilon_{21}=0$; $\epsilon_{17}=0$; $\epsilon_{10\pm 0,2}=0$ – обробка з одного установка;

$$\varepsilon_{632h12} \neq 0; \varepsilon_{632h12} = T_{24h12}$$

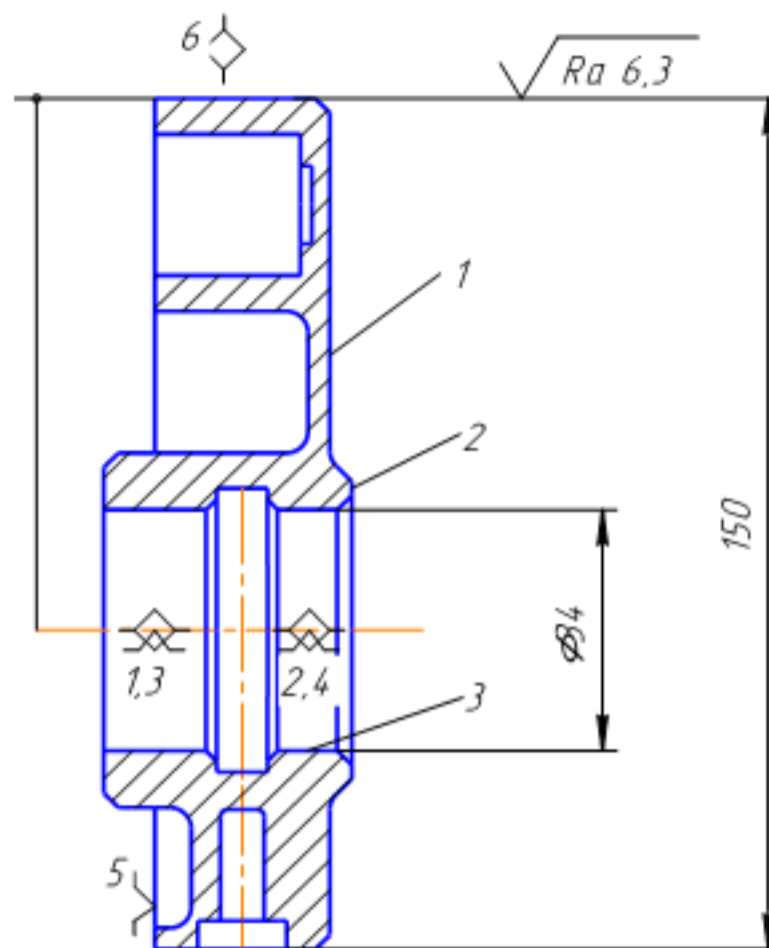


Рисунок 2.3 – Чорнові технологічні бази

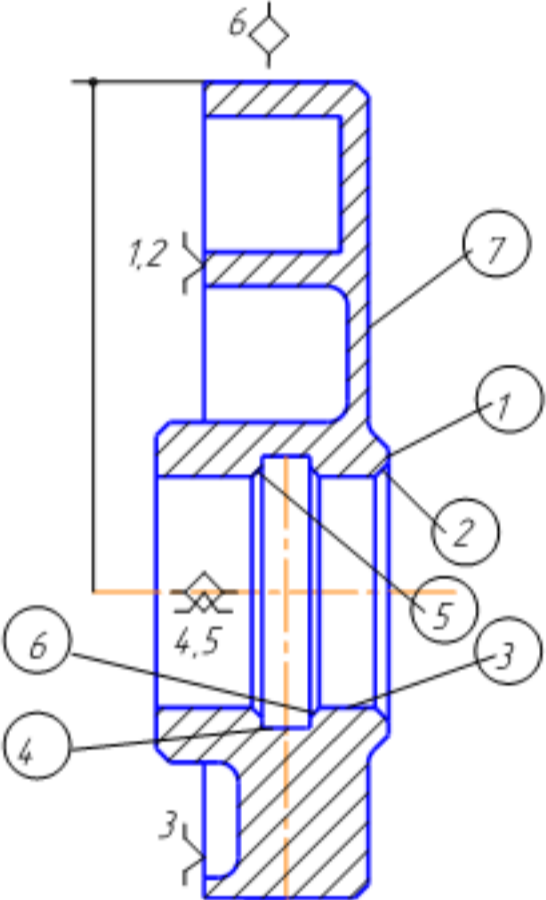
В нашому випадку при виборі чорнових баз вирішуються дві задачі – це забезпечення розмірної прив'язки оброблених поверхонь з необробленими та зняття мінімального рівномірного припуску при виконанні розмірів 24h12 та 32h12.

Для реалізації вибраної схеми базування може бути використана цангова розжимна оправка, тому на першій операції в якості чорнових технологічних баз будемо використовувати зовнішню поверхню правильного трикутника з описаним колом $\varnothing 150$ мм. Деталь закріплюємо в трьохкулачковому патроні.

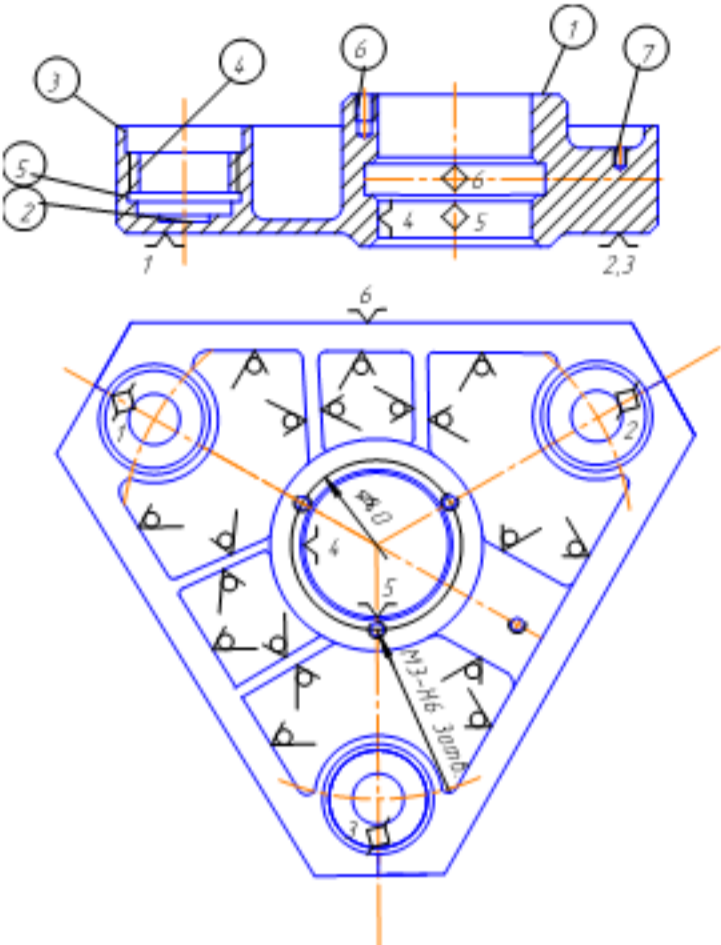
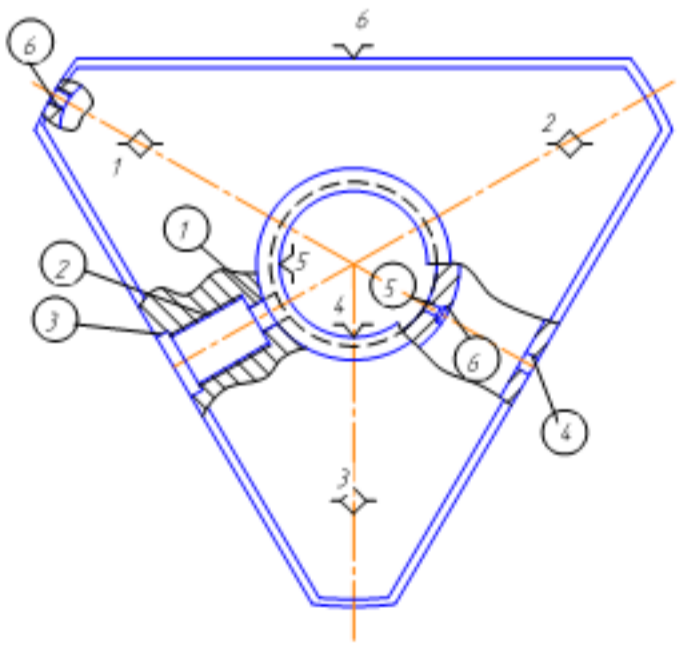
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Маршрут механічної обробки заданої деталі показано в табл. 2.11-2.12.

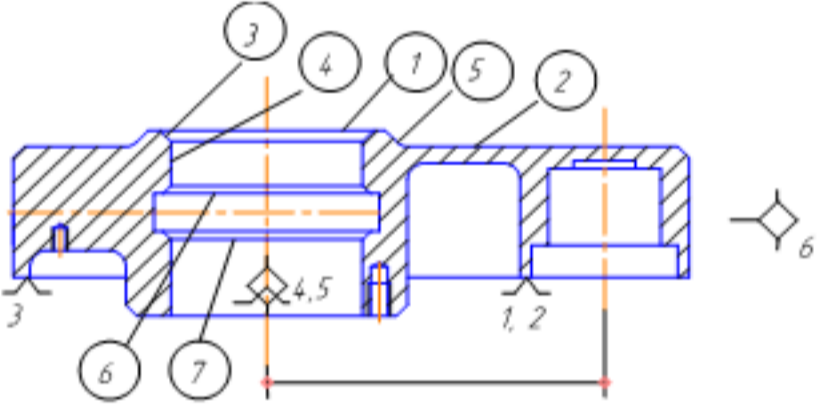
Таблиця 2.11 – Маршрут механічної обробки (варіант 1)

№ опер.	Назва і зміст операції, переходи	Ескіз деталі і схема базування	Тип верстата
1	2	3	4
005	<p align="center">Токарна з ЧПК</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Підрізати торець 1 однократно. 3. Розточити фаску 2 однократно, поверхню 3 попередньо. 4. Розточити поверхню 3 остаточно. 5. Розточити канавку 4. 6. Розточити фаску 5 однократно. 7. Розточити фаску 6 однократно. 8. Підрізати торець 7 однократно. 9. Зняти заготовку.</p>		Токарно-револьверний з ЧПК 16К20Ф3

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
010	<p><u>Свердлильно-фрезерно-розточувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ВВЗ. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Розточити 3 отв. 2 з підрізанням торцю однократно. 4. Розточити 3 отв. 3 з підрізанням торцю однократно, 3 отв. 4 попередньо. 5. Розточити 3 отв. 4 остаточно. 6. Розточити 3 канавки 5 однократно. 7. Центрувати 3 отв. 6, отв. 7. 8. Свердлити 3 отв. 6, отв. 7. 9. Нарізати різь в 3 отв. 6, отв. 7. 10. Зняти заготовку. 		Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2
015	<p><u>Свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ВЗЗ. 2. Центрувати отв. 1. 3. Свердлити отв. 1. 4. Зенкерувати отв. 2. 5. Цекувати отв. 3. 6. Нарізати різь в отв. 2. 7. Пов. деталь на 60°. 8. Центрувати отв. 4. 9. Свердлити отв. 4. 10. Центрувати отв. 5. 11. Свердлити отв. 5. 12. Цекувати отв. 6. 13. Пов. деталь на 120°. 14. Центрувати 3 отв. 6. 15. Свердлити 3 отвори 6. 16. Нарізати різьбу в 3 отворах 6. 17. Зняти деталь. 		Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2

Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки (варіант 2)

№ опер.	Назва і зміст операції і переходу	Ескіз деталі і схема базування	Тип верстата
1	2	3	4
005	<p><u>Свердлильно-фрезерно-розточувальна</u></p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати по контуру поверхню 1 однократно. 3. Фрезерувати по контуру поверхню 2 однократно. 4. Розточити фаску 3 однократно, отвір 4 попередньо. 5. Розточити отвір 4 остаточно. 6. Розточити канавку 5 однократно. 7. Розточити фаску 6 однократно. 8. Розточити фаску 7 однократно. 9. Зняти заготовку.</p>		Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
010	<p><u>Свердлильно-фрезерно-розточувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ВВЗ. 2. Фрезерувати поверхню 1 однократно. 3. Розточити 3 отв. 2 з підрізанням торцю однократно. 4. Розточити 3 отв. 3 з підрізанням торцю однократно, 3 отв. 4 попередньо. 5. Розточити 3 отв. 4 остаточно. 6. Розточити 3 канавки 5 однократно. 7. Центрувати 3 отв. 6, отв. 7. 8. Свердлити 3 отв. 6, отв. 7. 9. Нарізати різь в 3 отв. 6, отв. 7. 10. Зняти заготовку. 		Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2
015	<p><u>Свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ВЗЗ. 2. Центрувати отв. 1. 3. Свердлити отв. 1. 4. Зенкерувати отв. 2. 5. Цекувати отв. 3. 6. Нарізати різь в отв. 2. 7. Пов. деталь на 60°. 8. Центрувати отв. 4. 9. Свердлити отв. 4. 10. Центрувати отв. 5. 11. Свердлити отв. 5. 12. Цекувати отв. 6. 13. Пов. деталь на 120°. 14. Центрувати 3 отв. 6. 15. Свердлити 3 отвори 6. 16. Нарізати різьбу в 3 отворах 6. 17. Зняти деталь. 		Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2

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

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою [1, 4]:

$$C_o = \frac{C_m \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot k_b} \text{ [грн.],} \quad (2.18)$$

де C_m – приведені витрати роботи верстата, грн./год.; $T_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час обробки; k_b – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається рівним 1,3.

Скористаємося даними наведеними в довідниках, де наведено годинні приведені витрати для кожного типу верстату. Наприклад, для вертикально-свердильного верстату моделі 2118ПМФ2 вони складають 77,6 грн./год. Аналогічно вибираються дані для інших моделей верстатів, занесені до табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Годинні приведені витрати

Модель верстату	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$, грн./год.
6902ПМФ2	125,6
2118ПМФ2	77,6
16К20Ф3	87,9

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = \frac{C_{п.з.} \cdot t_{\text{шт}}}{60 \cdot K_b} \text{ [грн.],} \quad (2.19)$$

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

$t_{\text{шт}}$ – штучно – калькуляційний час на виконання операції.

Для точних розрахунків визначається нормуванням операцій технологічного процесу. Норми часу операцій (штучний час $t_{шт.}$) визначається як сума:

$$t_{шт.} = t_o + t_d + t_{oo} + t_{To} + t_b \text{ [хв]}, \quad (2.20)$$

де t_o – основний час (час роботи інструмента);

t_d – допоміжний час;

t_{oo} – час на організаційне обслуговування;

t_{To} – час на технічне обслуговування;

t_b – час на відпочинок.

Але для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами, які можуть бути визначені згідно [1].

Так як в порівнюваних варіантах відрізняються лише операції 005, то порівняння проведемо лише за цими операціями.

Таблиця 2.14 – Основний час за першим варіантом маршруту механічної обробки

№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк.}$, хв.
1	2	3	4	5	6
Операція 005 – Токарна					
2	Підрізати торець 1 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (50^2-31,8^2)=0,077$	1,75	2,95
3	Розточити фаску 2 однократно, поверхню 3 попередньо	$0,052(D^2-d^2)+0,18dl$	$0,052 \cdot (36^2-34^2)+0,18 \cdot 33,5 \cdot 32=0,2$		
4	Розточити поверхню 3 остаточно	$0,3dl$	$0,3 \cdot 34 \cdot 32=0,33$		
5	Розточити канавку 4.	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (42^2-34^2)=0,032$		
6	Розточити фаску 5 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (40^2-39^2)=0,004$		
7	Розточити фаску 6 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (40^2-39^2)=0,004$		
8	Підрізати торець 7 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (150^2-50^2)=1,04$		
Сума			1,687		

Таблиця 2.15 – Основний час за другим варіантом маршруту механічної обробки

№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	φ_k	$T_{шт.к}$, хв.
1	2	3	4	5	6
Операція 005 – Свердлильно-фрезерно-розточувальна					
2	Фрезерувати по контуру поверхню 1 однократно	$6l=6\pi d$	$6 \cdot 3,14 \cdot 50=0,942$	2,545	24,82
3	Фрезерувати по контуру поверхню 2 однократно	$6l=6i\pi d$	$6 \cdot 3,14 \cdot (62,5+75+87,5+100+112,5)=8,24$		
4	Розточити фаску 3 однократно, отвір 4 попередньо	$0,052(D^2-d^2)+0,18dl$	$0,052 \cdot (36^2-34^2)+0,18 \cdot 33,5 \cdot 32=0,2$		
5	Розточити отвір 4 остаточно	$0,3dl$	$0,3 \cdot 34 \cdot 32=0,33$		
6	Розточити канавку 5 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (42^2-34^2)=0,032$		
7	Розточити фаску 6 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (40^2-39^2)=0,004$		
8	Розточити фаску 7 однократно	$0,052(D^2-d^2)$	$0,052 \cdot (40^2-39^2)=0,004$		
Сума			9,752		

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт.к} = t_0 \cdot \varphi_k \text{ [хв]},$$

де φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання, наприклад для токарних верстатів з ЧПК він складає 1,75. І відповідно штучно-калькуляційний час для кожної операції та переходів наведені в таблицях 2.14 та 2.15 відповідно для першого та другого варіантів технологічного процесу.

Технологічна собівартість операції 005, що виконується на верстаті фрезерному з ЧПК верстаті 16К20Ф3:

$$C_0 = \frac{879 \cdot 2,95}{60 \cdot 1,3} = 33,24 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість операції на свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті 6902ПМФ2. Технологічна собівартість операції технологічних процесів механічної обробки наведена в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$, хв.	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$, грн./год.	Технологічна собівартість C_o , грн.
<u>Перший варіант</u>			
16К20Ф3	2,95	87,9	33,24
<u>Другий варіант</u>			
6902ПМФ2	24,82	125,6	39,97

Отже, при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операції 005 виготовлення деталі складатиме 33,24 грн., а при використанні другого варіанту – 39,97 грн.

Економічний ефект складатиме:

$$E = (39,97 - 33,24) \cdot 40000 = 1465840 \text{ (грн.)}$$

Отже, вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розмірний аналіз будемо виконувати для операції 000, 005, 010.

Технологічний розмір Z_1 розміщений таким чином, що він пов'язує між собою основу деталі, та виступ за рахунок якого деталь фіксується в вузлі, таким чином, мінімізує похибку базування та дозволяє досить зручно його

контролювати (наприклад, штангенциркулем). Технологічний розмір Z_2 розміщений таким чином, що він пов'язує між собою основу деталі, та вісь отвору у вихідній заготовці, таким чином, мінімізує похибку базування та дозволяє досить зручно його контролювати (наприклад, штангенциркулем).

Технологічні розміри відповідно B_1, B_2 відкладені від однієї поверхні, що дозволяє виключити похибку базування на ці розміри взагалі, оскільки вони виконуються з одного установу, мінімальна похибка відносного розташування поверхонь, а також забезпечується зручність їх вимірювання.

Технологічні розміри відповідно B_3, B_4, B_5, B_6 відкладені від одного торця, що дозволяє виключити похибку базування на ці розміри взагалі, оскільки вони виконуються з одного установу, мінімальна похибка відносного розташування поверхонь, а також забезпечується зручність їх вимірювання.

Розміри заготовки розташовані таким чином, щоб забезпечити легкість їх контролю універсальним інструментом.

При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це у свою чергу мінімізує похибку базування. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 2.4.

2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

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

- Конструкторські розміри і їх допуски:

$K_1=24h12$ мм; $T(K_1)=0,21$ мм;	$K_2=21$ мм; $T(K_2)=0,21$ мм;
$K_3=6$ мм; $T(K_3)=0,12$ мм;	$K_4=32h12$ мм; $T(K_4)=0,25$ мм;
$K_5=15$ мм; $T(K_5)=0,2$ мм;	$K_6=4$ мм; $T(K_6)=0,12$ мм;

- Допуски заготовки (IT 16)

$T(Z_1)= T(37)=1,5$ мм;	$T(Z_2)= T(25,5)=1,5$ мм;
$T(Z_3)= T(12)=1,0$ мм;	$T(Z_4)= T(7,5)=1,5$ мм.

Допуски технологічних розмірів показані в табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Квалітет точності	14	14	12	8	14	12
Попереднє значення допуску, мм	1,0	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

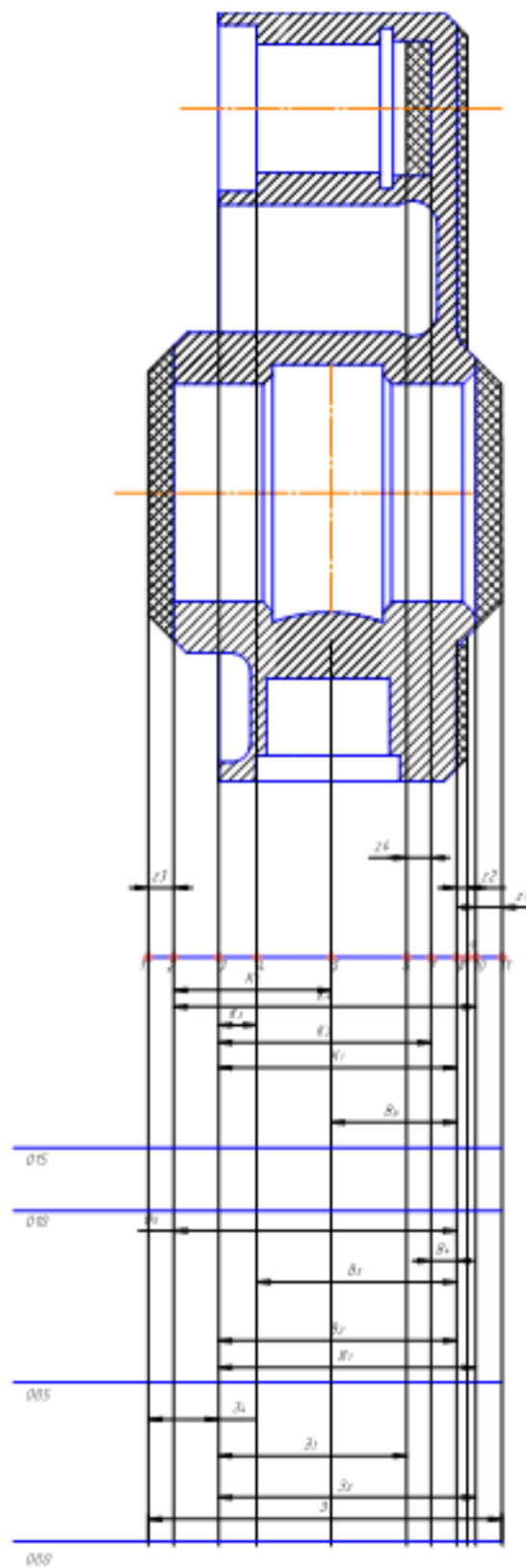


Рисунок 2.4 – Розмірна схема технологічного процесу

2.8.4 Похідний, вихідний графи-дерева, суміщений граф

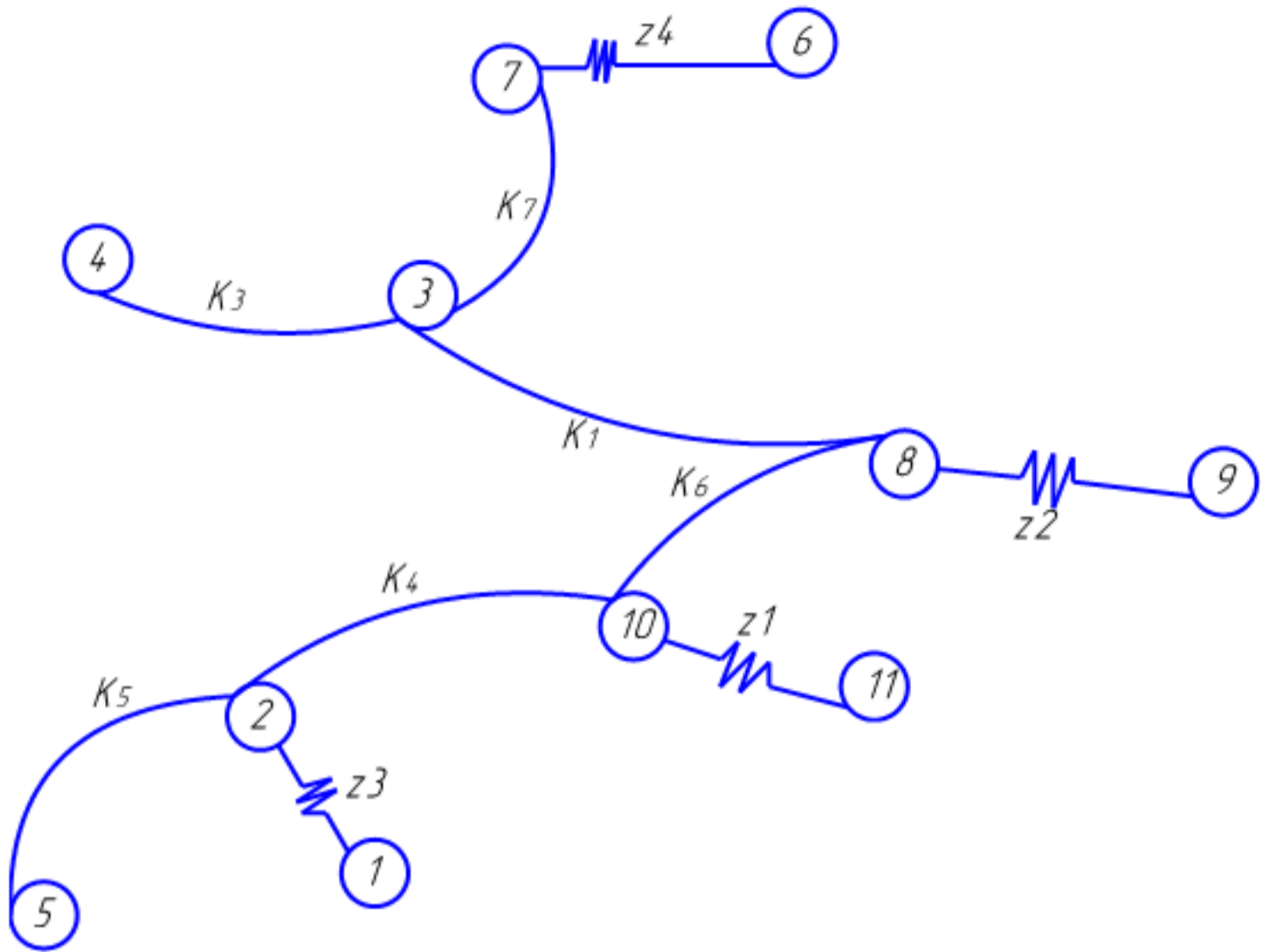


Рисунок 2.5 – Похідний граф-дерево

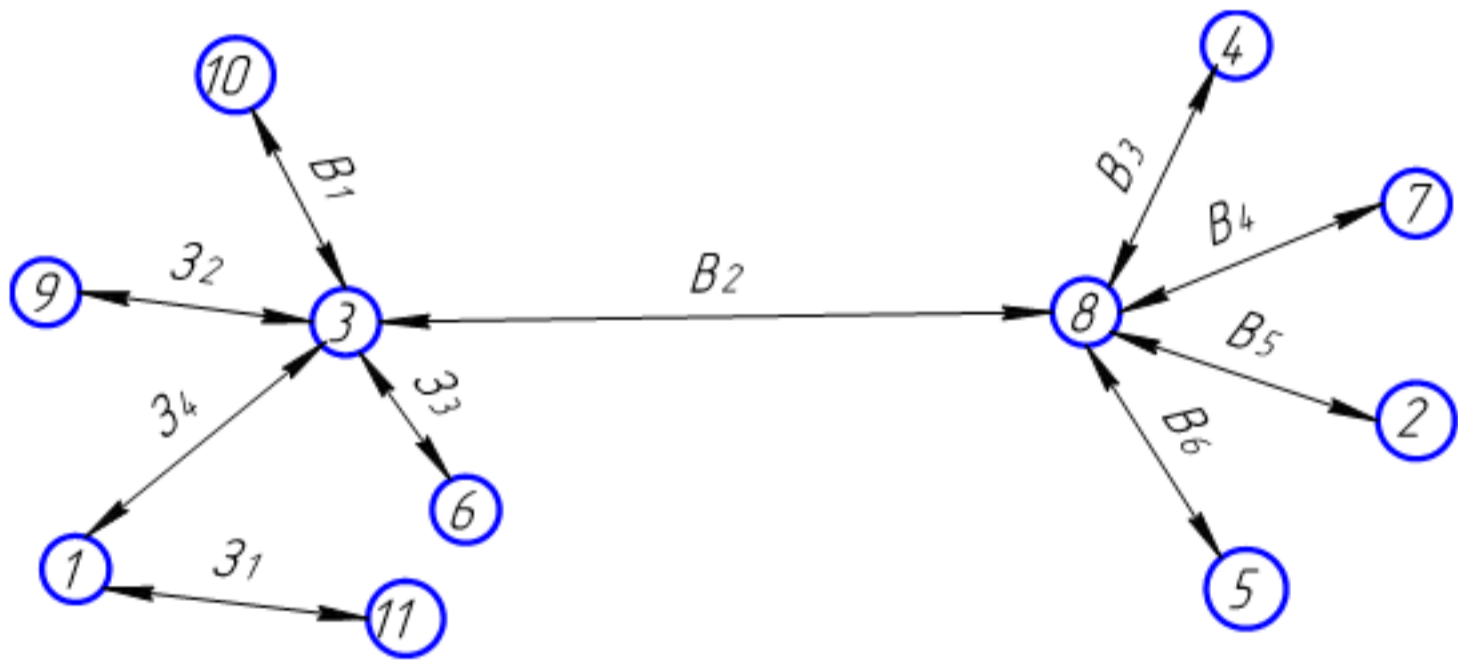


Рисунок 2.6 – Вихідний граф-дерево

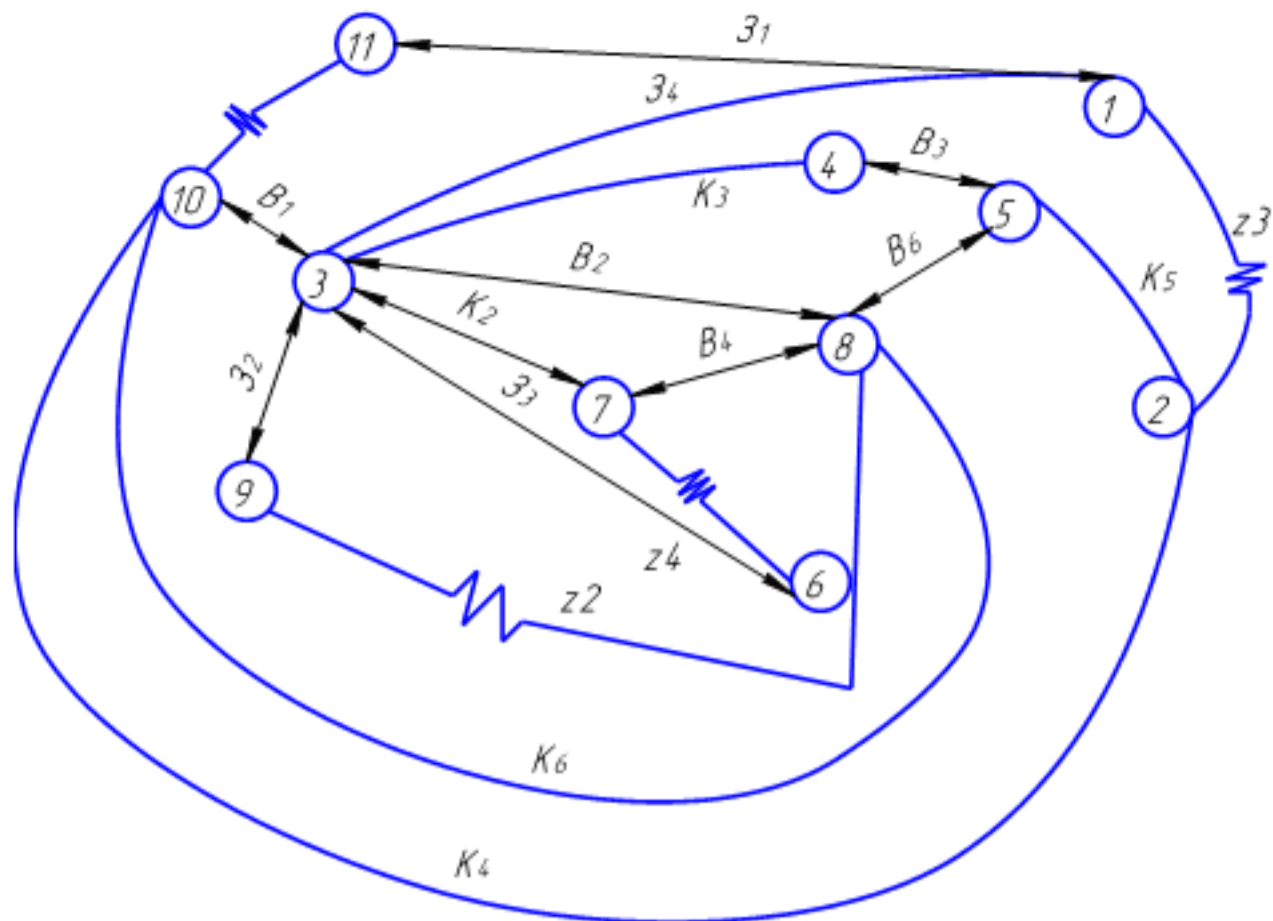


Рисунок 2.7 – Суміщений граф

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [9].

Таблиця 2.18 – Значення мінімальних припусків

Спосіб обробки	Підрізання торця	Підрізання торця	Підрізання торця	Фрезерування однок.
Мінімальний припуск (Z_{\min})	$Z_{1\min}$	$Z_{2\min}$	$Z_{3\min}$	$Z_{4\min}$
Значення Z_{\min} , мм	1,0	1,0	1,0	0,7

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Розмірні ланцюги показано в табл. 2.19.

Таблиця 2.19 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
1	$K_1 - B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-B_2 - K_2 + B_4 = 0$	$B_4 = B_2 + K_2$	B_4
3	$K_2 + Z_3 - Z_4 = 0$	$Z_3 = -K_2 + Z_4$	Z_3
4	$K_6 - K_4 + B_5 = 0$	$B_5 = -K_6 + K_4$	B_5
5	$B_5 - K_5 + B_6 = 0$	$B_6 = -B_5 + K_5$	B_6
6	$K_1 - B_3 + K_3 = 0$	$B_3 = -K_3 + K_1$	B_3
7	$K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + Z_4 = 0$	$Z_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3$	Z_4
8	$Z_2 - Z_2 - B_4 - K_2 = 0$	$Z_2 = Z_2 + B_4 + K_2$	Z_2
9	$Z_2 - Z_2 + K_6 - B_1 = 0$	$B_1 = Z_2 - Z_2 + K_6$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - Z_1 + Z_4 = 0$	$Z_1 = B_1 + Z_2 + Z_4$	Z_1

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

$$1. K_1 - B_2 = 0;$$

$$K_1 = B_2 = 24 - 0,21 \text{ (мм);}$$

$$B_{2\max} = 24 \text{ мм; } B_{2\min} = 23,76 \text{ мм;}$$

$$2. -B_2 - K_2 + B_4 = 0;$$

$$B_4 = B_2 + K_2;$$

$$B_{4\max} = B_{2\min} + K_{2\min} = 23,76 + 21 = 44,76 \text{ (мм);}$$

$$B_{4\min} = B_{2\max} + K_{2\max} = 24 + 21 = 45 \text{ (мм);}$$

$$3. K_2 + Z_3 + Z_4 = 0;$$

$$Z_3 = -K_2 + Z_4;$$

$$Z_{3\max} = -K_{2\min} + Z_4 = -21 + 0,7 = -20,3 \text{ (мм);}$$

$$Z_{3\min} = -K_{2\max} + Z_4 = -21,21 + 0,7 = -20,49 \text{ (мм);}$$

$$4. K_6 - K_4 + B_5 = 0;$$

$$B_5 = -K_6 + K_4;$$

$$B_{5\max} = -K_{6\min} + K_{4\min} = -4 + 33,75 = 29,25 \text{ (мм);}$$

$$B_{5\min} = -K_{6\max} + K_{4\max} = -4,12 + 34 = 29,82 \text{ (мм);}$$

$$5. B_5 - K_5 + B_6 = 0;$$

$$B_6 = -B_5 + K_5;$$

$$B_{6 \max} = -B_{5 \min} + K_{5 \min} = -29,82 + 14,8 = -15,02 \text{ (MM)};$$

$$B_{6 \min} = -B_{5 \max} + K_{5 \max} = 29,25 + 15,2 = 14,05 \text{ (MM)};$$

$$6. K_1 - B_3 + K_3 = 0;$$

$$B_3 = -K_3 + K_1;$$

$$B_{3 \max} = -K_{3 \min} + K_{1 \min} = -6 + 24 = 18 \text{ (MM)};$$

$$B_{3 \min} = -K_{3 \max} + K_{1 \max} = -6,12 + 24,21 = 18,9 \text{ (MM)};$$

$$7. K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + Z_4 = 0;$$

$$Z_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3;$$

$$Z_{4 \max} = -K_{3 \min} - B_{3 \min} + B_{5 \max} + Z_3 = -6 - 18,9 + 29,25 + 1 = 5,35 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4 \min} = -K_{3 \max} - B_{3 \max} + B_{5 \min} = -6,12 - 18 + 29,82 + 1 = 6,7 \text{ (MM)};$$

$$8. Z_2 - Z_2 - B_4 - K_2 = 0;$$

$$Z_2 = Z_2 + B_4 + K_2;$$

$$Z_{2 \max} = Z_2 + B_{4 \min} + K_{2 \min} = 1 + 45 + 21 = 67 \text{ (MM)};$$

$$Z_{2 \min} = Z_2 + B_{4 \max} + K_{2 \max} = 1 + 44,76 + 21,21 = 66,91 \text{ (MM)};$$

$$9. Z_2 - Z_2 + K_6 - B_1 = 0;$$

$$B_1 = Z_2 - Z_2 + K_6;$$

$$B_{1 \max} = Z_{2 \min} - Z_2 + K_{6 \min} = 66,91 - 1 + 4 = 69,91 \text{ (MM)};$$

$$B_{1 \min} = Z_{2 \max} - Z_2 + K_{6 \max} = 67 - 1 + 4,2 = 70,2 \text{ (MM)};$$

$$10. B_1 + Z_2 - Z_1 + Z_4 = 0;$$

$$Z_1 = B_1 + Z_2 + Z_4;$$

$$Z_{1 \max} = B_{1 \min} + Z_2 + Z_{4 \min} = 70,2 + 1 + 6,7 = 77,9 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1 \min} = B_{1 \max} + Z_2 + Z_{4 \min} = 69,91 + 1 + 5,35 = 76,26 \text{ (MM)}.$$

Висновок. Знайдені розміри заготовки і припуски входять в поле допуску раніше порохованих припусків і розмірів заготовки. Отже, вибраний спосіб отримання заготовки є доцільним і відповідає поставленим вимогам точності на розміри.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 38H8^{(+0,039)}$

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$.

Вихідні дані.

Заготовка – лиття під тиском;

Технологічний маршрут обробки:

- розточування попереднє;

- розточування остаточне.

Обробка виконується за один установ.

Базування виконується по зовнішньому торцеві $\varnothing 150$.

Розрахунок припусків на обробку отвору $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ наведено в табл. 2.20, в якій послідовно записано технологічний маршрут обробки і всі значення елементів припуску.

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій [6], для заготовки при литті під тиском $R_z + T = 200$ мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z = T = 50$ мкм, при чистовому розточуванні приймаємо – $R_z = 30$ мкм, $T = 30$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається [1, 4]:

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.21)$$

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

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

Жолоблення отвору необхідно враховувати як в діаметральному, так і основному його перерізі, тому:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta K_1 d)^2 + (\Delta K_1 l)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \cdot 31,8)^2 + (0,7 \cdot 33,8)^2} = 33 \text{ (мкм)},$$

де $\Delta K_1 = 0,7$ мм – питоме жолоблення вилівка;

$d = 31,8$ мм; $l = 33,8$ мм (відповідно діаметр і довжина отвору) – за кресленням;

$\rho_{\text{зм}} = 0,2$ мм (згідно довідникових даних).

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки

$$\rho_{\text{с}} = \sqrt{33^2 + 200^2} = 200,08 \text{ (мкм)} \approx 200 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 200 = 12 \text{ (мкм)},$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки ε_y на переході, що виконується при визначенні проміжного припуску характеризується зміщенням оброблюваної поверхні, яке повинно компенсуватися додатковою складовою, що входить до складу проміжного припуску:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.24)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування.

Похибка базування в даному випадку для $\varnothing 34\text{H}8^{(+0,039)}$ дорівнює 0.

Похибка закріплення заготовки $\varepsilon_z = 50$ мкм [1].

Похибка пристосування

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{6} \right) T .$$

Приймаємо $1/3 \cdot T = 1/3 \cdot 100 = 33$ (мкм).

Тоді похибка установки при попередньому розточуванні (чорновому):

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{0^2 + 50^2 + 33^2} = 60 \text{ (мкм)}.$$

Так, як попереднє і остаточне розточування виконується з одного установа, то $\varepsilon_{\text{ін}} = 0$.

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою [1, 4]:

$$2Z_{i \text{ min}} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \text{ [мкм]}, \quad (2.25)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1 \text{ min}} = 2 \cdot \left(200 + \sqrt{200^2 + 60^2} \right) = 818 \text{ (мкм)}.$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{2 \text{ min}} = 2 \cdot (50 + 50 + 12) = 224 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному точінні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 34,039 \text{ мм}.$$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, отримуємо:

- для попереднього розточування: $d_2 = 34,039 - 0,224 = 33,815$ (мм);
- для заготовки: $d_3 = 33,812 - 0,818 = 32,997$ (мм).

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

Так, для остаточного розточування значення допуску складає 39 мкм, для попереднього розточування – 100 мкм (10 квалітет), для заготовки – 440 мкм.

Таким чином:

- для остаточного розточування найбільший граничний розмір – 34,039 мкм;
- найменший $34,039 - 0,039 = 34$ (мм);
- для попереднього розточування найбільший граничний розмір – 33,815 мм; найменший $33,815 - 0,100 = 33,715$ (мм);
- для заготовки найбільший граничний розмір – 33,994 мм, найменший – $33,994 - 0,44 = 32,557$ (мм).

Тоді, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 4}^{\text{сп}} = 34,039 - 33,815 = 0,224 \text{ мм} = 224 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4}^{\text{сп}} = 34 - 33,715 = 0,285 \text{ мм} = 285 \text{ (мкм)}.$$

Для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2}^{\text{сп}} = 33,815 - 32,997 = 0,818 \text{ мм} = 818 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{\text{сп}} = 33,715 - 32,557 = 1,158 \text{ мм} = 1158 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.20.

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 224 + 818 = 1042 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 285 + 1158 = 1443 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.20 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_y				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	200	200				32,994	440	32,557	32,997		
Розточування											
попереднє	50	50	12	60	818	33,815	100	33,715	33,815	818	1158
остаточне	30	30	0,6	0	224	34,039	39	34	34,039	224	285
								Σ		1042	1443

Схема графічного розміщення розмірів і припусків на обробку $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ показана на рис. 2.8.

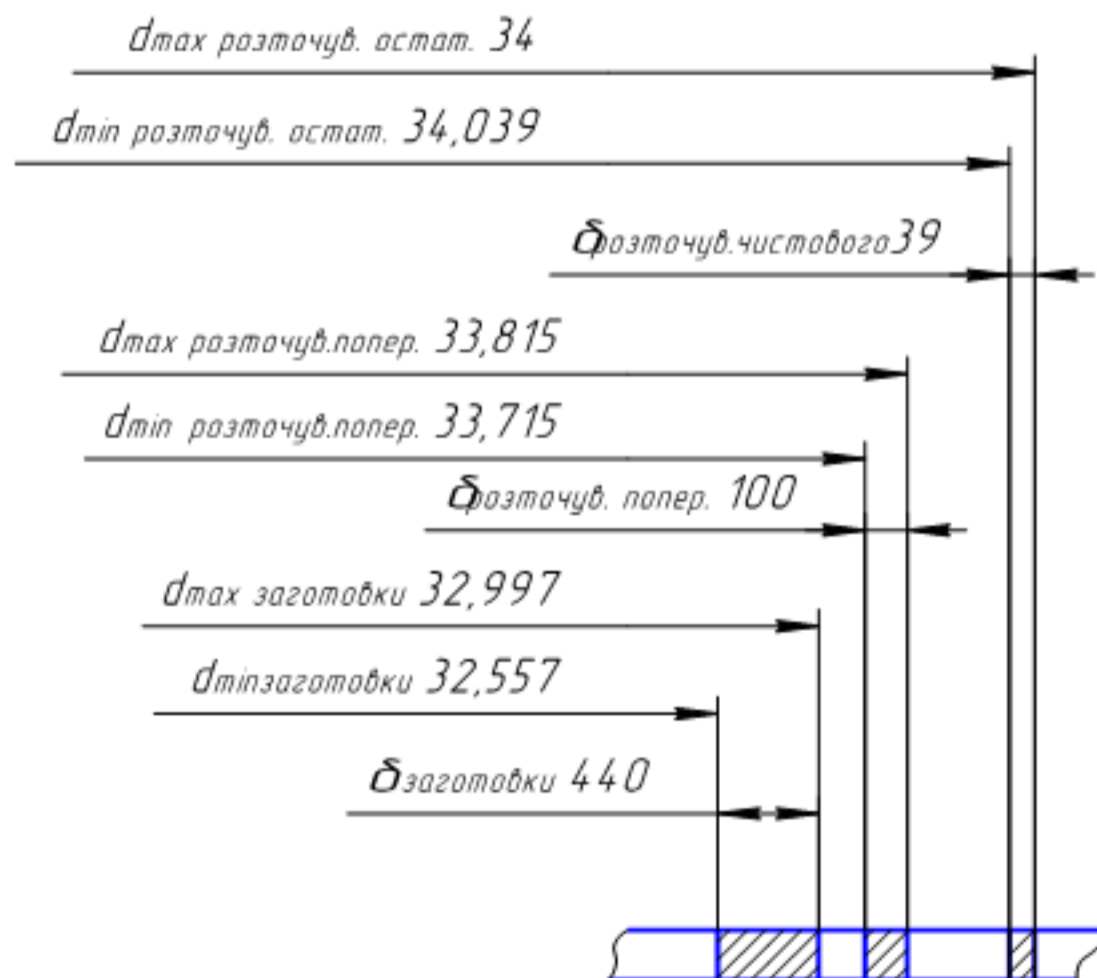


Рисунок 2.8 – Схема графічного розміщення розмірів і припусків на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 1158 - 818 = 340 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 440 - 100 = 340 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 285 - 224 = 61 \text{ (мкм);}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 100 - 39 = 61 \text{ (мкм).}$$

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

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

Визначимо припуски на циліндричні поверхні нашої деталі. Більшість з них обробляються однократно і на них не буде проміжних технологічних розмірів, тому їх враховувати не будемо. Оскільки на поверхню $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$ проміжні припуски та технологічні розміри розраховані в попередньому пункті, то в цьому пункті залишається визначити проміжні припуски і технологічні розміри на поверхні $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$.

За нормативами [9] призначаємо проміжні припуски на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 23H8^{(+0,033)}$ і розраховуємо технологічні розміри і максимальні припуски. Дані заносимо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 – Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід, мм	Отримуваний розмір, мм
$\varnothing 23H8^{(+0,033)}$	Заготовка	-	20,8
	Попереднє розточування	2·0,8	22,4
	Остаточне розточування	2·0,3	23

2.10 Призначення режимів різання

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів, фрезерування однократного площини, та розточування попереднього отвору.

Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для обробки на верстаті з ЧПК на прикладі виконання операцій – свердління отвора $\varnothing 6$ [10-12].

Зміст переходу обробки: свердлимо отвір $\varnothing 10$.

Виконуємо вибір різального інструмента [11]:

Вибираємо свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2300-1263 по ОСТ 2120-1-80 з $\psi = 55^\circ$, $2\varphi = 118^\circ$, $L = 125$ мм, $l_0 = 80$ мм, $\omega = 30^\circ$. Матеріал – Р6М5.

Визначаємо глибину різання t :

$$t = \frac{D_{отв}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ (мм)}, \quad (2.26)$$

де $D_{отв} = 6$ мм – діаметр отвору, що обробляється.

Визначаємо величину подачі S , мм/об.:

$$S = 0,24 \dots 0,31 \text{ 3 мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

З врахуванням поправних коефіцієнтів:

- на глибину отвору – $K_{Is} = 0,9$;
- на досягнення більш високої якості в зв'язку з наступною операцією нарізання різі – $K_{os} = 1,0$;
- на недостатню жорсткість системи ВПД – $K_{жср} = 0,75$ (середня жорсткість).

$$S = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,20 \text{ (мм/об.)}$$

Величина швидкості різання при свердлінні може бути розрахована із залежності:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.],} \quad (2.27)$$

$$V = \frac{14,7 \cdot 6^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,20^{0,55}} \cdot 1,0 = 39,6 \text{ (м/хв.)}$$

де $C_v = 14,7$; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$ [4];

T – стійкість свердла, $T = 35$ хв. [11];

K_v – поправний коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (2.28)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,3} = 1,0. \quad (2.29)$$

K_{iv} – поправний коефіцієнт, що враховує марку різальної частини інструмента, $K_{iv} = 1,0$;

K_{lv} – поправний коефіцієнт, що враховує довжину обробки, $K_{lv} = 1,0$.

За формулою (4.12):

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Визначаємо частоту обертання n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.],} \quad (2.30)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 39,6}{3,14 \cdot 6} = 2100 \text{ (об/хв.)}$$

За паспортними даними верстата мод. 2118ПМФ2: $n_e = 1250$ об/хв.
Тобто, фактичне значення швидкості різання: $V_\phi = V = 23,55$ м/хв.
Крутний момент при свердлінні визначається за формулою [11]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}, \quad (2.31)$$

де $C_M = 0,021$; $q = 2,0$; $y = 0,8$.

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки і визначається виразом:

$$K_p = K_{mp}, \quad (2.32)$$

де

$$K_{mp} = \left(\frac{190}{HB} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6} = 1,0. \quad (2.33)$$

де $n = 0,6$.

Чисельне значення $M_{кр}$ складає:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 6^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 4,7 \text{ (Н·м)}.$$

Величина основної сили P_0 розраховується із залежності:

$$P_0 = 10 \cdot C_{po} \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{po} \text{ [Н]}, \quad (2.34)$$

де $C_{po} = 42,7$; $q = 1,0$; $y = 0,8$; $K_{po} = K_p = 1,0$.

Визначаємо P_0 :

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 6^1 \cdot 0,2^{0,8} = 1061 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_c = \frac{M_{sp} \cdot n}{9750} \text{ [кВт]}, \quad (2.35)$$

$$N_c = \frac{4,7 \cdot 1250}{9750} = 0,6 \text{ (кВт)}.$$

Визначаємо потужність, яку необхідно витратити приводу верстата на різання:

$$N_p = \frac{N_c}{\eta} = \frac{0,67}{0,8} = 0,75 \text{ (кВт)}, \quad (2.36)$$

$\eta = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_e$ ($0,75 < 7,5$) – обробка є можливою ($N_e = 2,2$ кВт – потужність приводу головного руху верстата мод. 2118ПМФ2).

Визначаємо величину основного часу, що витрачаються на обробку:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{24 + 5}{1250 \cdot 0,2} = 0,12 \text{ (хв)}, \quad (2.37)$$

де $L = l + l_1 + l_2 = 24 + 5 = 29$ мм ; $l_1 + l_2 = 5$ мм.

- Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для розточування попереднього для розміру $\varnothing 23 H 8^{(+0,033)}$.

Визначаємо глибину різання: ля чорнового розточування припуск $t = 1,8$ мм, оскільки загальній припуск дорівнює 1,9 мм, а даний отвір ми розточуємо два рази.

Визначаємо величину подачі S : в залежності від вильоту різця або оправки (виліт різця 100 мм), від вище прийнятого припуску і матеріалу деталі чавун приймаємо подачу: $S=0,3$ мм/об.

Величина швидкості різання при розточуванні може бути розрахована із залежності:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.38)$$

де T – середнє значення стійкості інструменту, $T = 30-60$ хв., приймаємо $T = 50$ хв.

C_v , x , y , m – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання.

Згідно з [11] вони рівні:

$$C_v=292 \cdot 0,9=262,8; \quad x=0,15 \cdot 0,9=0,135; \quad y=0,2 \cdot 0,9=0,18; \quad m=0,2 \cdot 0,9=0,18;$$

K_v – загальний поправковий коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.39)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

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

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.40)$$

де $n_v = 1,25$ – показник степені при обробці.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1.$$

Поправковий коефіцієнт $K_{pv} = 0,85$, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

Поправковий коефіцієнт $K_{iv} = 1,0$, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Отже, загальний поправковий коефіцієнт:

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

Швидкість різання:

$$V = \frac{262,8}{50^{0,18} 1,8^{0,135} 0,3^{0,18}} \cdot 0,85 = 120,48 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо частоту обертання n :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 120,48}{3,14 \cdot 42} = 913,56 \text{ (об/хв.)} \quad (2.41)$$

За паспортними даними верстата моделі 16К20Ф3: $n_0 = 800$ об/хв.

Тобто, фактичне значення швидкості різання: $V_\phi = V = 84,9$ м/хв.

Визначаємо силу різання:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.42)$$

де t – глибина різання, $t = 1,8$ мм.

Коефіцієнти, та показники степені згідно з [11] вони рівні:

$$C_p = 92 ; x = 1 ; y = 0,75 ; n = 0.$$

Поправковий коефіцієнт K_p для алюмінієвого сплаву, який враховує фактичні умови різання:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\epsilon P}, \quad (2.43)$$

$$\text{де } K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4 / 0,55} = 1 ;$$

$$K_{\text{вР}} = 1,08 ;$$

$$K_{\text{гР}} = 1,25 ;$$

$$K_{\text{лР}} = 1,0 ;$$

$$K_{\text{тР}} = 0,87 .$$

$$K_{\text{вЗ}} = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,17 .$$

Сила різання буде дорівнювати:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,8^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 120 \cdot 48^0 \cdot 1,17 = 1090 \quad (\text{Н}).$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad [\text{кВт}], \quad (2.44)$$

де V – швидкість різання.

$$N = \frac{1090 \cdot 84,9}{1020 \cdot 60} = 1,5 \quad (\text{кВт}).$$

Визначаємо потужність, яку необхідно витратити приводу верстата на різання:

$$N_p = \frac{N}{\eta} = \frac{1,5}{0,8} = 1,9 \quad (\text{кВт}), \quad (2.45)$$

де $\eta = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_e$ ($2,69 < 6,3$) – обробка є можливою ($N_e = 10,0$ кВт – потужність приводу головного руху верстата моделі 16К20Ф3).

- Для операції підрізання торця поверхні $\varnothing 50^{+0,2}_{+0,2}$ вибираємо марку сплаву для ріжучої частини різця Т5К6. Різець підрізний, $\alpha=12^\circ$; $r=2,4$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\lambda=0$; $Ra=3,2$ (мкм).

При точінні $t = 0,9$ мм; $T = 60$ хв.

За таблицею [11] вибираємо подачу $S = 0,5-1,3$. Приймаємо $S = 0,5$.

Знаходимо швидкість різання за формулою [11]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v \quad [\text{М/хв}], \quad (2.46)$$

де $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,20$ [10].

Поправковий коефіцієнт K_v складається з:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IB} \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi 1},$$

де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує матеріал

$$K_{MV} = \left(\frac{HB}{190} \right)^k = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4 / 0,55} = 1, \quad (2.47)$$

$K_{PV}=1$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні.

$K_{IB}=1$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту.

$K_\varphi=1$, $K_{\varphi 1}=0,87$ – коефіцієнти, що враховують кути в плані.

$$K_v = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,87.$$

Отже:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,87 = 154,63 \left(\frac{\text{М}}{\text{хв}} \right).$$

Частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]}, \quad (2.48)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 154,63}{3,14 \cdot 50} = 984,9 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

Приймаємо $n = 800$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi d n}{1000} \text{ [м/хв]}, \quad (2.49)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 800}{1000} = 125,6 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right).$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.50)$$

де $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$ [10];

$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,0$ – поправковий коефіцієнт [11].

Отже:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 125,6^{-0,15} \cdot 1,0 = 303,5 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.51)$$

$$N = \frac{303,5 \cdot 125,6}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ (кВт)};$$

$$N = \frac{0,62}{0,8} = 0,78 \text{ (кВт)}.$$

Висновок: Потужність різання складає $N_{\max} = 0,78$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 16К20Ф3 – $N = 10$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N_{\max} = 0,78$ кВт $<$ $N = 10$ кВт, то верстат може бути використаний для обробки.

Режими різання для всіх операцій маршруту механічної обробки зведено до таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Результати визначення (за нормативами) [12] режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Операції, переходи	Режими різання			
	s , мм/об	n , об/хв	v , м/хв	t , мм
1	2	3	4	5
005 Токарна з ЧПК				
Перехід 2	0,5	800	125,6	0,9
Перехід 3	0,3	800	67,3	1,8
Перехід 4	0,1	1000	85,4	0,1
Перехід 5	0,25	400	52,8	3,0
Перехід 6	0,25	400	50,2	0,5
Перехід 7	0,25	400	50,2	0,5
Перехід 8	0,2	630	296	0,7
010 Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК				
Перехід 2	1,25	850	130	0,9
Перехід 3	1,75	850	130	1,1
Перехід 4	0,15	630	109	0,7
Перехід 5	0,15	630	109	0,5
Перехід 6	0,05	1000	109	0,05
Перехід 7	0,2	500	85	1,0
Перехід 8	0,2	500	85	1,5
Перехід 9	0,2	500	70	1,5
Перехід 10	0,2	500	70	0,5
015 Вертикально-свердлильна з ЧПК				
Перехід 2	0,2	500	72,5	1,5
Перехід 3	0,2	500	80	3,0
Перехід 4	0,15	600	92,5	1,5
Перехід 5	0,25	500	130	0,61
Перехід 6	0,5	400	70	0,5

Продовження таблиці 2.22

	1	2	3	4	5
Перехід 8		0,2	500	72,5	0,05
Перехід 9		0,2	500	80	1,0
Перехід 10		0,2	500	72,5	0,5
Перехід 11		0,2	500	80	0,6
Перехід 12		0,25	500	84	
Перехід 14		0,2	500	72,5	0,5
Перехід 15		0,2	500	83	0,5
Перехід 16		0,5	400	84	0,5

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Розрахунок оптимального режиму різання виконаний за допомогою комп'ютерного моделювання і показаний на рисунку 2.9 та рисунку 2.10.

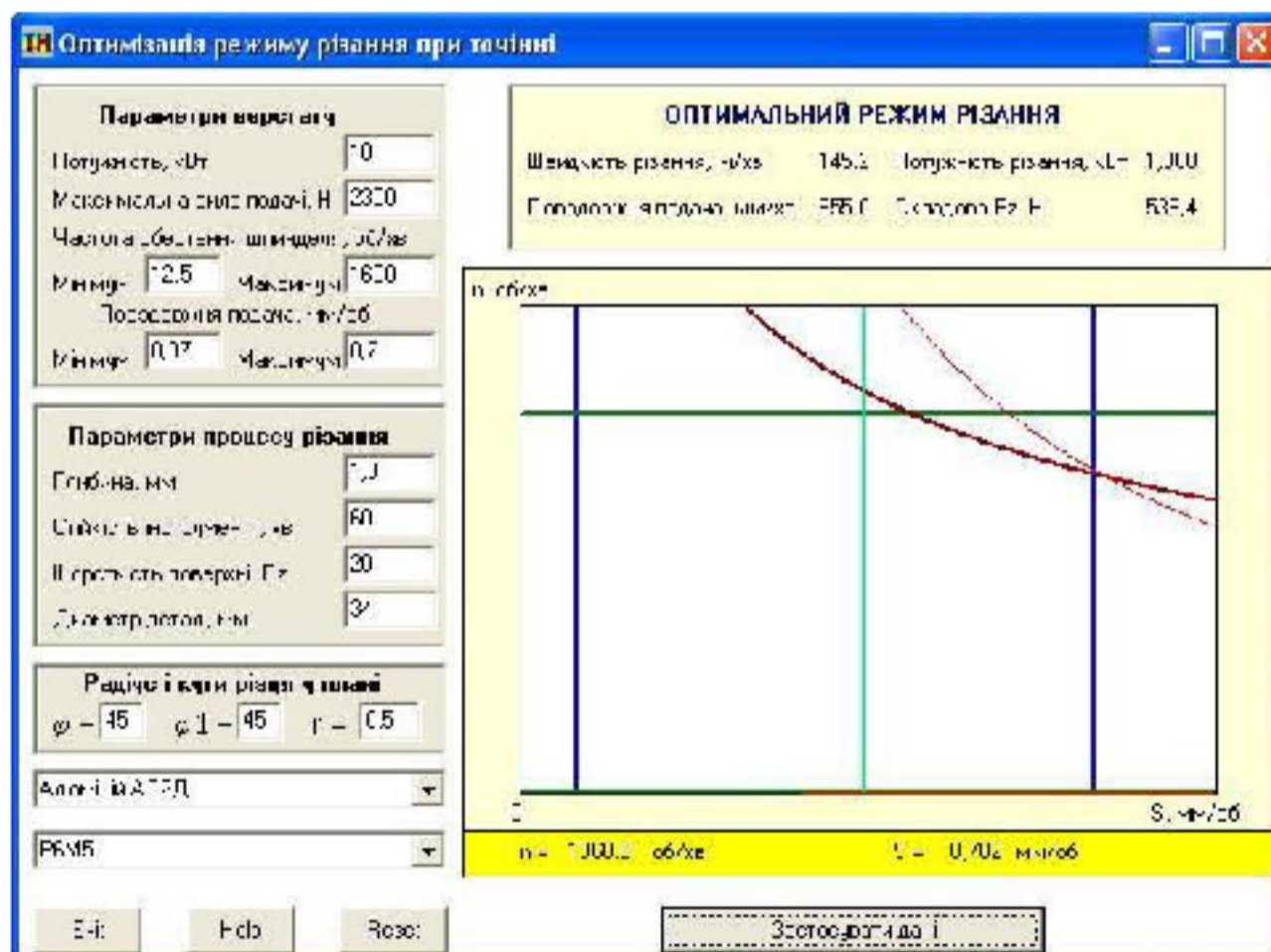


Рисунок 2.9 – Оптимізація режимів різання при попередньому розточуванні поверхні $\varnothing 34H8^{(+0,039)}$

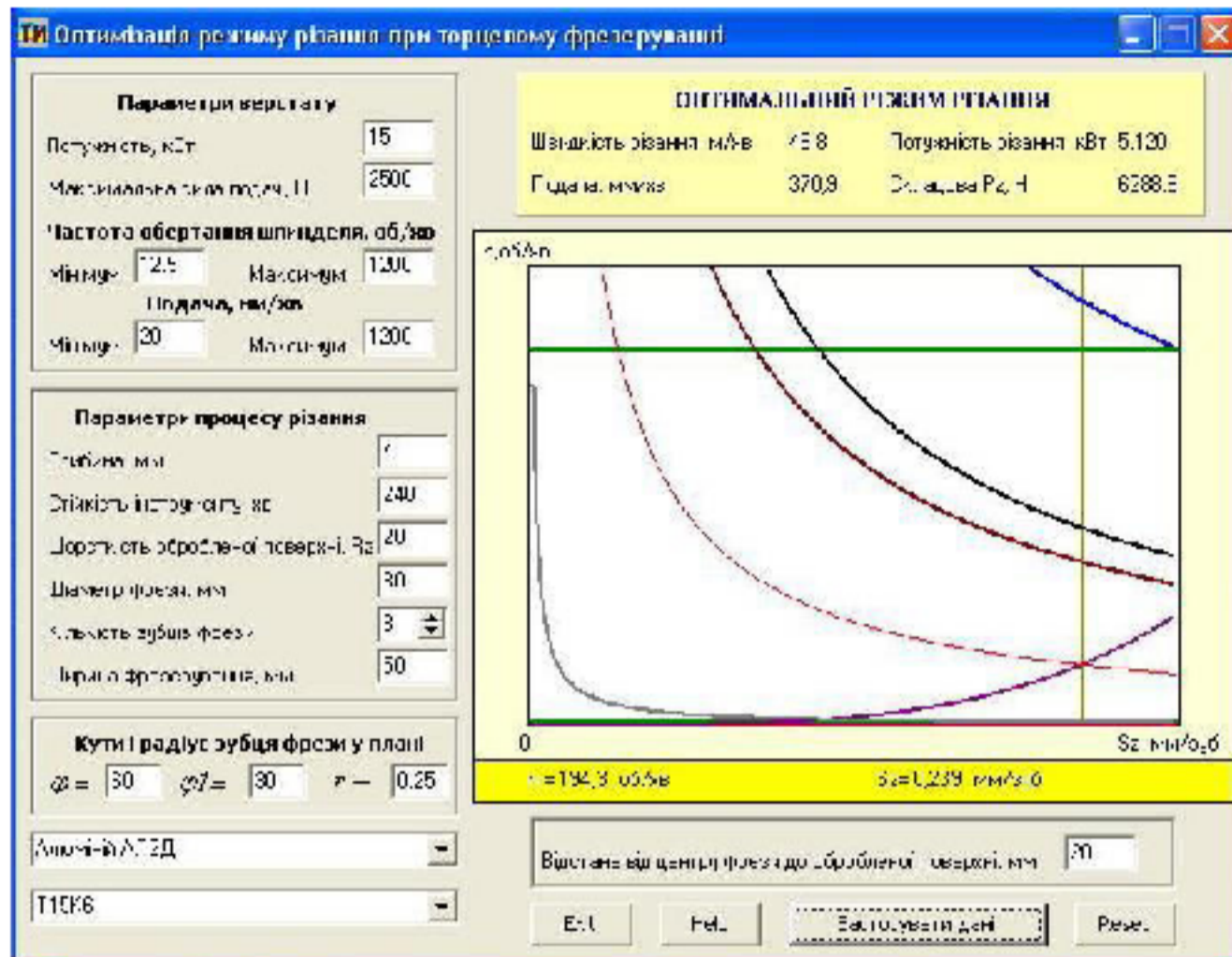


Рисунок 2.10 – Оптимізація режимів різання при фрезеруванні

Результати отримані за допомогою ЕОМ мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином максимальна продуктивність обробки на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

2.12 Визначення технічних норм часу

Для визначення загальної норми часу на механічну обробку однієї деталі попередньо визначають окремо по кожній операції норму штучного часу. Норма штучного часу розраховується по залежності [1, 4]:

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв]}, \quad (2.52)$$

де T_0 – основний технологічний час, хв.,

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.,

$T_{обс}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, хв.,

$T_{відп}$ – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Величину $T_{відп}$ визначають за нормативами.

Після визначення штучного часу визначається штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв]}, \quad (2.53)$$

де $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.; підготовчо-заклучний час витрачається на знайомство з кресленням, наладку обладнання і пристроїв, одержання їх зі складу і здачу після закінчення роботи і визначається за нормативами;

n – величина партії запуску, шт.; $n = 27$ шт.

Для токарної операції з ЧПК 005 наведемо повний розрахунок технічної норми часу.

Операція 005 – Токарна з ЧПК.

Вихідні дані:

Деталь – «Основа 008Н.120.071». Матеріал – алюміній АЛ2Д Заготовка – виливок. Маса заготовки – 0,42 кг.

Обладнання – Токарний верстат моделі 16К20Ф3.

Пристосування – пневмопатрон. Обробка – без охолодження.

Партія – 472 шт.

Організаційні умови.

- Отримання і здача інструмента виконується самим робітником.
- Заточування інструмента – централізоване.
- Планування робочого місця відповідає вимогам наукової організації праці.

Вимірювальний інструмент - штангенциркуль ЩЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80.

Основний час визначаємо в залежності від виду механічної обробки, для операції 005:

- точити попередньо поверхню основи:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \text{ [ХВ]}, \quad (2.54)$$

де L – довжина робочого ходу, мм;

$$L = l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} + l_{\text{обр}} \text{ [мм]}, \quad (2.55)$$

де $l_{\text{вр}}, l_{\text{пер}}$ – довжина врізання, перебігу інструмента, мм;

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

i – кількість проходів;

n – частота обертання, об/хв.;

S – подача, мм/об.

Визначимо час по переходам механічної обробки:

- Підрізати торець 1 однократно

$$T_{o2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{9,1 + 5}{800 \cdot 0,5} = 0,4 \text{ (ХВ.)}$$

$$l_{\text{обр}} = \frac{50 - 31,8}{2} = 9,1 \text{ (мм)}$$

$$l_{\text{вр}} = 0;$$

$$l_{\text{пер}} = 5 \text{ мм.}$$

- Розточити фаску 2 однократно, поверхню 3 попередньо

$$T_{o3} = \frac{1}{800 \cdot 0,3} + \frac{31,9 + 5}{800 \cdot 0,3} = 1,6 \text{ (ХВ.)}$$

- Розточити поверхню 3 остаточно

$$T_{o4} = \frac{31,9 + 5}{1000 \cdot 0,1} = 0,67 \text{ (хв.)}$$

- Розточити канавку 4 однократно

$$T_{o5} = \frac{\left(\frac{42 - 34}{2}\right)}{400 \cdot 0,25} = \frac{4}{400 \cdot 0,25} = 0,4 \text{ (хв.)}$$

- Розточити фаску 5, 6 однократно

$$T_{o5,6} = 2 \cdot \frac{0,5}{400 \cdot 0,25} = 0,1 \text{ (хв.)}$$

- Підрізати торець 7 однократно

$$T_{o7} = \frac{\left(\frac{150 - 50}{2}\right)}{630 \cdot 0,2} = \frac{50}{630 \cdot 0,2} = 0,35 \text{ (хв.)},$$

$$\Sigma T_o = 0,04 + 0,16 + 0,37 + 0,04 + 0,01 + 0,4 = 3,52 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час $T_{дон}$ визначається для кожного переходу по елементам [1]:

- допоміжний час на установку і зняття деталі $t_{уст} = 0,07$ хв.;
- допоміжний час на включення та виключення верстату – 0,02 хв.;
- час на підведення або відведення інструменту $0,05 \cdot 6 = 0,3$ хв.;
- поставити і зняти захисний щиток огороження від стружки (шарнірний) – 0,07 хв.;
- час на контрольні вимірювання – 0,12 хв., відсоток контролю 30;
 $t_k = 0,12/3 = 0,04$ (хв.)

Всього

$$T_{дон} = 0,07 + 0,02 + 0,3 + 0,04 = 0,43 \text{ (хв.)}$$

Час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та фізичні потреби 6,5% від $T_{оп}$

$$T_{оп} = T_{осл} + T_{доп} = 3,52 + 0,43 = 3,95 \text{ (хв.)},$$

$$T_{обсл.відп} = 3,95 \cdot 0,065 = 0,1 \text{ (хв.)}$$

Величина підготовчо-заключного часу складе:

- на налагодження верстата, інструмента і пристосування – 9 хв.;

- на отримання інструмента і пристосування до початку і здачу їх після закінчення обробки – 10 хв.

Всього: $T_{п.з.} = 10+9 = 19 \text{ (хв.)}$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} = 4,05 + \frac{19}{472} = 4,1 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначено час на операції 010, 015 та занесено до таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Технічні норми часу, хв

№ оп.	Найменування операції	T_o	T_b	$T_{оп}$	$T_{об.от}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{шт-к}$
005	Токарна з ЧПК	3,52	0,43	3,95	0,1	4,05	19	472	4,2
010	Свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК	1,84	0,87	2,71	0,22	2,93	30	472	2,79
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,69	0,76	2,45	0,2	2,65	15	472	2,68

2.13 Застосування математичного планування експерименту для дослідження процесу торцевого фрезерування заготовки деталі «Основа 008Н.120.071»

Мета дослідження – встановити залежність максимальної тангенціальної складової P_T сили різання від елементів геометрії зуба торцевої фрези при фрезеруванні алюмінієвого сплаву. В якості впливових факторів розглядали наступні елементи геометрії зуба фрези: головний кут φ в плані, кут нахилу λ ріжучої кромки і передній кут γ .

Залежність $P_T = f(\varphi, \lambda, \gamma)$ вирішено апроксимувати поліномом другого ступеня [13-18]. Експеримент проведено за програмою центрального композиційного ротатабельного планування другого порядку. Прийняті у дослідженні рівні та інтервали варіювання факторів зазначені в табл. 2.24.

Таблиця 2.24 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактори	Кодове позначення	Інтервали варіювання	Натуральні рівні факторів, що відповідають кодованим				
			+1,682	+1	0	-1	-1,682
φ – головний кут в плані	x_1	15	85	75	60	45	35
λ – кут нахилу ріжучої кромки	x_2	6	15	11	5	-1	-5
γ – передній кут	x_3	6	20	16	10	4	0

Матриця планування та результати дослідів наведено в табл. 2.25. Центральний композиційний ротатабельний план другого порядку для трьох факторів складається з плану повного факторного експерименту типу 2^3 (див. табл. 2.25, досліди 1–8), шести дослідів у «зоряних точках» (досліди 9–14) та шести дослідів у центрі плану (досліди 15-20).

Таблиця 2.25 – Матриця планування та результати дослідів

№ дослідів	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	$y, H (P_T)$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1210
2	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	1350
3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	1140
4	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	1285
5	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	1225
6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	1370
7	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	1150
8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	1290
9	+	+1,689	0	0	0	0	0	2,829	0	0	1310
10	+	-1,689	0	0	0	0	0	2,829	0	0	1370
11	+	0	+1,689	0	0	0	0	0	2,829	0	1240
12	+	0	-1,689	0	0	0	0	0	2,829	0	1120
13	+	0	0	+1,689	0	0	0	0	0	2,829	1060
14	+	0	0	-1,689	0	0	0	0	0	2,829	1300
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1118
16	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1140
17	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1160
18	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1210
19	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1190
20	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200

За результатами дослідів, виконаних відповідно до прийнятого плану експерименту, можна оцінити коефіцієнти рівняння регресії виду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \quad (2.56)$$

Коефіцієнти рівняння (2.56) визначено за формулами (2.57) – (2.60):

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[2\lambda^2 (k+2) \sum_{j=1}^N y_j - 2\lambda c \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j \right]; \quad (2.57)$$

$$b_i = \frac{c}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j; \quad (2.58)$$

$$b_{\theta} = \frac{c^2}{N\lambda} \sum_{j=1}^N x_{\theta} x_{\theta} y_j; \quad (2.59)$$

$$b_{\theta} = \frac{A}{N} \left\{ c^2 [(k+2)\lambda - k] \sum_{j=1}^N x_{\theta}^2 y_j + c^2 (1-\lambda) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{\theta}^2 y_j - 2\lambda c \sum_{j=1}^N y_j \right\}. \quad (2.60)$$

При $k = 3$ формули (1.2) – (1.5) для обчислення коефіцієнтів рівняння набудуть вигляду

$$b_0 = 0,16666 \sum_{j=1}^{20} y_j - 0,05694 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j;$$

$$b_1 = 0,07322 \sum_{j=1}^{20} x_{1j} y_j; \quad b_2 = 0,125 \sum_{j=1}^{20} x_{2j} x_{2j} y_j;$$

$$b_{\theta} = 0,06254 \sum_{j=1}^{20} x_{\theta}^2 y_j + 0,00695 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j - 0,05694 \sum_{j=1}^{20} y_j.$$

За даними табл. 1.2 суми, що входять до формул для розрахунку коефіцієнтів рівняння:

$$\sum_{j=1}^{20} y_j = 24438; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{1j} y_j = -150,92; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{2j} y_j = 491,84; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{3j} y_j = -973,68;$$

$$\sum_{j=1}^{20} x_{1j} x_{2j} y_j = -20; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{1j} x_{3j} y_j = 0; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{2j} x_{3j} y_j = 0;$$

$$\sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 y_j = 17601,72; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{2j}^2 y_j = 16696,44; \quad \sum_{j=1}^{20} x_{3j}^2 y_j = 16696,44;$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{20} x_{ij}^2 y_j = 50994,6.$$

Використовуючи наведені вище формули, знайдено коефіцієнти рівняння регресії (1.1):

$$b_0 = 0,16666 \cdot 24438 - 0,05694 \cdot 50994,6 = 1169,204;$$

$$b_1 = 0,07322 \cdot (-150,92) = -11,05;$$

$$b_2 = 0,07322 \cdot 491,84 = 36,012;$$

$$b_3 = 0,07322 \cdot (-973,68) = -71,293;$$

$$b_{12} = 0,125(-20) = -2,5;$$

$$b_{13} = 0,125 \cdot 0 = 0;$$

$$b_{23} = 0,125 \cdot 0 = 0;$$

$$b_{11} = 0,06254 \cdot 17601,72 + 0,00695 \cdot 50994,6 - 0,05694 \cdot 24438 = 63,724;$$

$$b_{22} = 0,06254 \cdot 16696,44 + 0,00695 \cdot 50994,6 - 0,05694 \cdot 24438 = 7,108;$$

$$b_{33} = 0,06254 \cdot 16696,44 + 0,00695 \cdot 50994,6 - 0,05694 \cdot 24438 = 7,108.$$

Дисперсію s_y^2 відтворюваності визначено за результатами дослідів у центрі плану. Для обчислення s_y^2 складено допоміжну таблицю (табл. 2.26).

Таблиця 2.26 – Допоміжна таблиця для розрахунку s^2

Номер дослідів	y_x	\bar{y}	$y_x - \bar{y}$	$(y_x - \bar{y})^2$	s_y^2
15	1118	$\frac{\sum_{\alpha=1}^{n_0} y_x}{n_0} = \frac{7018}{6} = 1169,7$	-51,7	2672,89	$\frac{\sum_{\alpha=1}^n (y_x - \bar{y})^2}{n_0 - 1} = \frac{6603,34}{6 - 1} = 1320,668$
16	1140		-29,7	882,09	
17	1160		-9,7	94,09	
18	1210		40,3	1624,09	
19	1190		20,3	412,09	
20	1200		30,3	918,09	
	$\sum_{\alpha=1}^{n_0} y_x = 7018$			$\sum_{\alpha=1}^{n_0} (y_x - \bar{y})^2 = 6603,34$	

Дисперсії, що характеризують помилки у визначенні коефіцієнтів рівняння регресії, обчислено за формулами (2.61), (2.62), (2.63), (2.64):

$$s^2\{b_0\} = \frac{2A\lambda^2(k+2)}{N} s_y^2; \quad (2.61)$$

$$s^2\{b_i\} = \frac{c}{N} s_y^2; \quad (2.62)$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{c^2}{\lambda N} s_y^2; \quad (2.63)$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{Ac^2[(k+1)\lambda - (k-1)]}{N} s_y^2. \quad (2.64)$$

При $k = 3$ ці формули набудуть вигляду

$$s^2\{b_0\} = 0,16666 s_y^2; \quad s^2\{b_i\} = 0,07322 s_y^2;$$

$$s^2\{b_{ii}\} = 0,125 s_y^2; \quad s^2\{b_{iii}\} = 0,0695 s_y^2.$$

Дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії

$$s^2\{b_0\} = 220,1; \quad s^2\{b_i\} = 96,7; \quad s^2\{b_{ii}\} = 165,1; \quad s^2\{b_{iii}\} = 91,8.$$

Визначено довірчі інтервали для коефіцієнтів:

$$\Delta b_0 = \pm ts\{b_0\} = \pm 38,128;$$

$$\Delta b_i = \pm ts\{b_i\} = \pm 25,272;$$

$$\Delta b_{ii} = \pm ts\{b_{ii}\} = \pm 33,02;$$

$$\Delta b_{iii} = \pm ts\{b_{iii}\} = \pm 24,622,$$

де $t = 2,57$ – табличне значення критерію Стюдента при 5%-ному рівні значущості та числі ступенів свободи $f = 5$.

Коефіцієнти $b_1, b_{12}, b_{22}, b_{33}$ менше довірчих інтервалів, тому їх можна визнати статистично незначущими і виключити з рівняння регресії. Після виключення незначущих коефіцієнтів рівняння (2.56) набуде вигляду

$$y = b_0 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2. \quad (2.65)$$

Оскільки серед незначущих виявилися коефіцієнти при квадратичних членах, то коефіцієнти рівняння (2.65) перераховано з допомогою методу

найменших квадратів. Для перерахунку коефіцієнтів рівняння (2.65) складено систему нормальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} 20 b_0 + b_2 \sum_{j=1}^{20} x_{2j} + b_3 \sum_{j=1}^{20} x_{3j} + b_{11} \sum_{j=1}^{20} x_j = \sum_{j=1}^{20} y_j ; \\ b_0 \sum_{j=1}^{20} x_{2j} + b_2 \sum_{j=1}^{20} x_{2j}^2 + b_3 \sum_{j=1}^{20} x_{3j} x_{2j} + b_{11} \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 x_{2j} = \sum_{j=1}^{20} y_j x_{2j} ; \\ b_0 \sum_{j=1}^{20} x_{3j} + b_2 \sum_{j=1}^{20} x_{2j} x_{3j} + b_3 \sum_{j=1}^{20} x_{3j}^2 + b_{11} \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 x_{3j} = \sum_{j=1}^{20} y_j x_{3j} ; \\ b_0 \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 + b_2 \sum_{j=1}^{20} x_{2j} x_{1j}^2 + b_3 \sum_{j=1}^{20} x_{3j} x_{1j}^2 + b_{11} \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^4 = \sum_{j=1}^{20} y_j x_{1j}^2 . \end{array} \right.$$

Визначено суми, що входять до системи нормальних рівнянь

$$\sum_{j=1}^{20} x_{2j} = \sum_{j=1}^{20} x_{3j} = \sum_{j=1}^{20} x_{2j} x_{3j} = \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 x_{2j} = \sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 x_{3j} = 0 ;$$

$$\sum_{j=1}^{20} x_{1j}^2 = \sum_{j=1}^{20} x_{2j}^2 = \sum_{j=1}^{20} x_{3j}^2 = 13,658 ;$$

$$\sum_{j=1}^{20} x_{1j}^4 = 24,008 .$$

Суми, що знаходяться у правих частинах рівнянь, обчислені раніше. Після підстановки значень сум система нормальних рівнянь набуде вигляду

$$\left\{ \begin{array}{l} 20 b_0 + 0 \cdot b_2 + 0 \cdot b_3 + 13,658 \cdot b_{11} = 24438 ; \\ 0 \cdot b_0 + 13,658 \cdot b_2 + 0 \cdot b_3 + 0 \cdot b_{11} = 491,84 ; \\ 0 \cdot b_0 + 0 \cdot b_2 + 13,658 \cdot b_3 + 0 \cdot b_{11} = -973,68 ; \\ 13,658 \cdot b_0 + 0 \cdot b_2 + 0 \cdot b_3 + 24,008 \cdot b_{11} = 17601,72 . \end{array} \right.$$

Розв'язавши систему нормальних рівнянь, визначено значення коефіцієнтів $b_0 = 1179,43$; $b_2 = 36,011$; $b_3 = -71,29$; $b_{11} = 62,19$.

Внаслідок використання ротатабельного планування другого порядку отримано наступне рівняння регресії:

$$y = 1179,43 + 36,011 x_2 - 71,29 x_3 + 62,19 x_1^2, \quad (2.66)$$

Перевірка гіпотези адекватності моделі (2.66) показала, що модель адекватна при 5%-ному рівні значимості, так як розрахункове значення F -критерію менше табличного. Обчислені за рівнянням (2.66) значення y відрізняються від експериментальних на величини, що не перевищують помилку досліду.

Кодовані значення факторів пов'язані з натуральними наступними залежностями:

$$x_1 = \frac{\varphi - \varphi_0}{\varepsilon_1} = \frac{\varphi - 60}{15}; \quad x_2 = \frac{\lambda - \lambda_0}{\varepsilon_2} = \frac{\lambda - 5}{6}; \quad x_3 = \frac{\gamma - \gamma_0}{\varepsilon_3} = \frac{\gamma - 10}{6},$$

где $\varphi_0, \lambda_0, \gamma_0$ – основні рівні факторів у натуральних виразах; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – інтервали варіювання факторів.

Переходячи від кодованих x_1, x_2, x_3 значень факторів до натуральних φ, λ, γ , отримаємо залежність максимальної тангенціальної складової P_T сили різання від елементів геометрії зуба торцевої фрези:

$$P_T = 1179,43 + 36,011 \left(\frac{\lambda - 5}{6} \right) - 71,29 \left(\frac{\gamma - 10}{6} \right) + 62,19 \left(\frac{\varphi - 60}{15} \right)^2.$$

Після перетворення

$$P_T = 2263,29 - 33,17 \varphi + 6\lambda - 11,88 \gamma + 0,2764 \varphi^2 \text{ [Н]}. \quad (2.67)$$

Отримані за рівнянням (2.67), апроксимовані лінійні залежності максимальної тангенційної складової P_T сили різання від геометрії зуба фрези показано на рис. 2.11-2.13.

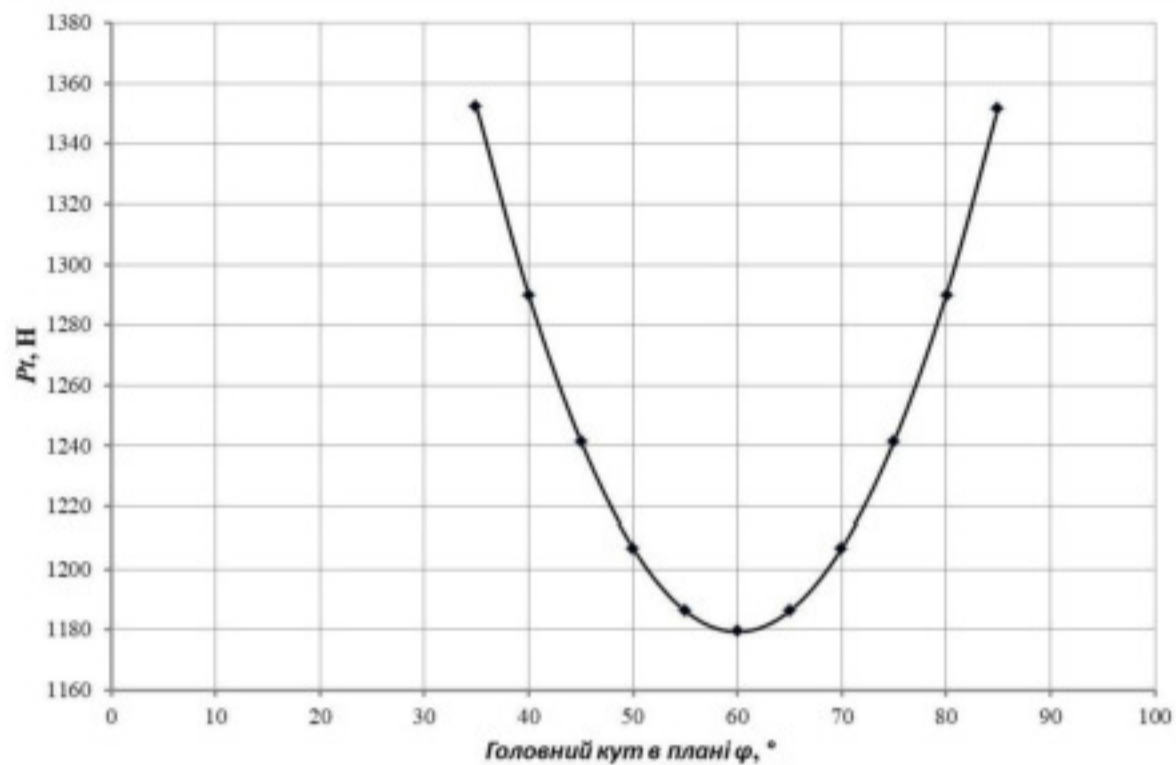


Рисунок 2.11 – Залежність максимальної тангенційної складової P_T сили різання від головного кута φ в плані

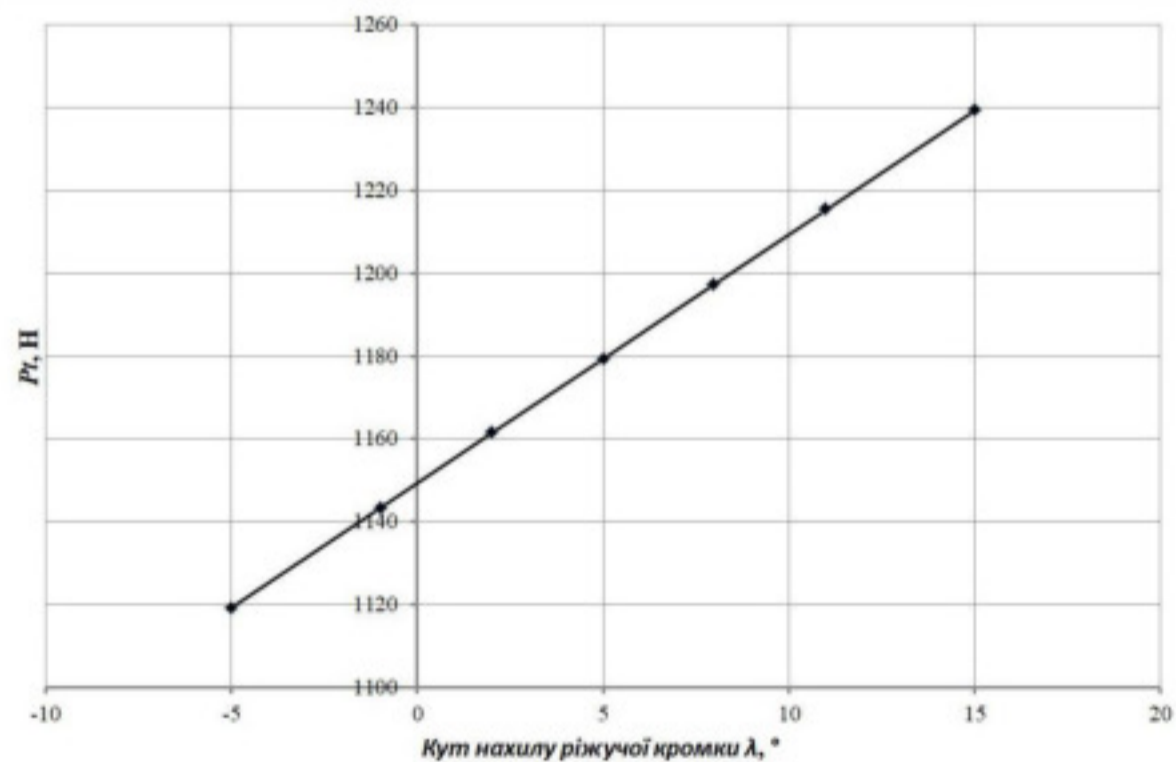


Рисунок 2.12 – Залежність максимальної тангенційної складової P_T сили різання від кута нахилу λ ріжучої кромки

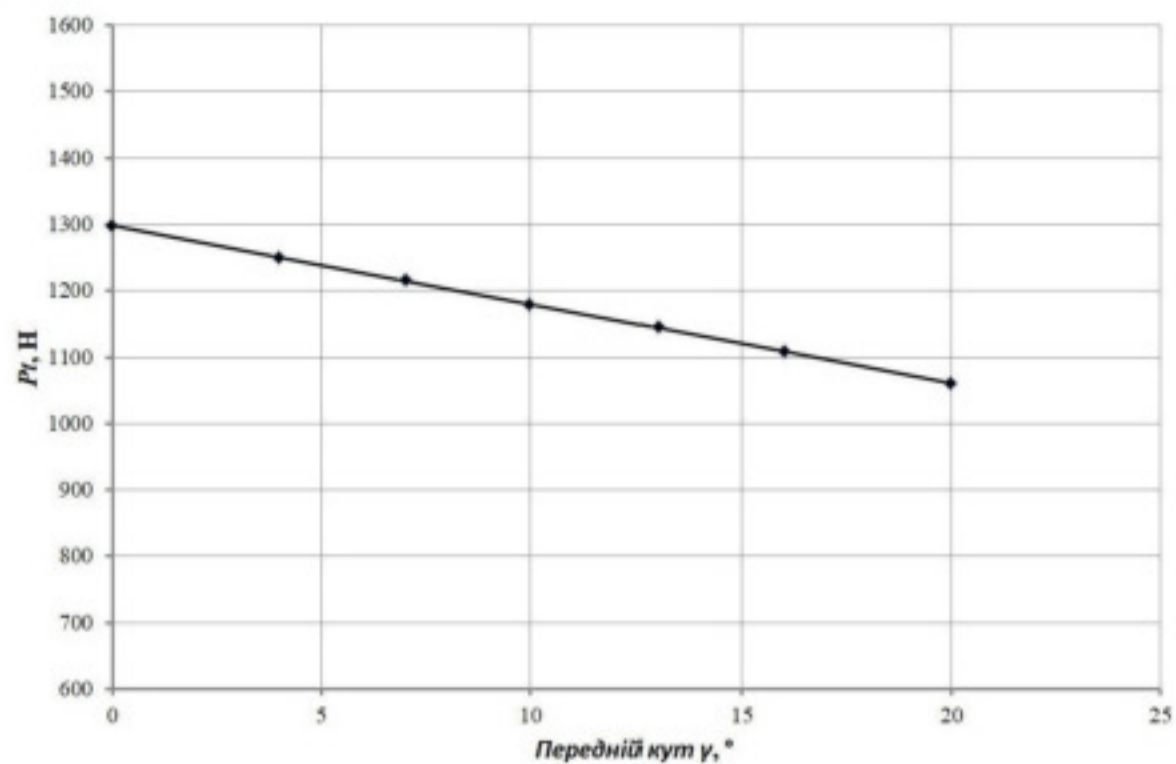


Рисунок 2.13 – Залежність максимальної тангенційної складової P_t сили різання від переднього кута γ

Рівняння (2.67) адекватне, тому можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини P_t . При конструюванні торцевих фрез для обробки алюмінієвого сплаву рівняння (2.67) може бути використане для встановлення раціональних значень елементів геометрії зуба.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [3, 19]:

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

Для визначення коефіцієнтів K_1, K_2, K_3 скористаємося даними таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Параметри									
			6	7	8	11	12	14	13	-	-	
Основа 008Н.120.071	0,37	40000	6	7	8	11	12	14	13	-	-	
			-	-	4	-	31	20	-	-	-	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5-	-	-	
			-	4	39	-	-	44	-	-	-	
Корпус	0,5	6000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	1	2	2	-	-	-	12	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	2	-	12	3	2	-	-	
Кришка	0,45	7500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			2	-	2	-	6	-	15	-	-	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			2	-	-	8	10	4	-	-	-	
Маховик	0,28	4500	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	4	2	-	-	-	-	-	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			2	-	4	-	-	2	-	-	-	
Опора	0,25	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	3	-	3	-	-	-	-	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			3	-	2	-	1	2	-	-	-	

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

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.пр.}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу;

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

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{- для корпусу: } K_{1K} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_K}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0.5}{0.37}\right)^2} = 1,22;$$

$$\text{- для кришки: } K_{1K2} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{K2}}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0.45}{0.37}\right)^2} = 1,139;$$

$$\text{- для маховика: } K_{1B} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_B}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,28}{0,37}\right)^2} = 0,83;$$

$$\text{- для опори: } K_{1B4} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{B4}}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0,25}{0,37}\right)^2} = 0,77.$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_{2i} = \left(\frac{N_{p.пр.}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (3.3)$$

де $\alpha=0,15$ – середнє машинобудування.

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

- для корпусу: $K_{2K} = \left(\frac{N_{p.лр}}{N_{ш}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{6000} \right)^{0,15} = 1,32$;
- для кришки: $K_{2K2} = \left(\frac{N_{p.лр}}{N_{B2}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{7500} \right)^{0,15} = 1,23$;
- для маховика: $K_{2B3} = \left(\frac{N_{p.лр}}{N_{B3}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{4500} \right)^{0,15} = 1,39$;
- для опори: $K_{2B4} = \left(\frac{N_{p.лр}}{N_{B4}} \right)^\alpha = \left(\frac{40000}{3000} \right)^{0,15} = 1,47$.

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (3.6-3.8).

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3,1}$ для кожної деталі:

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_T^i}}{K_{Tp.лр}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.4)$$

де $\alpha_1=1,0$.

- для розрахункового представника:

$$\overline{K_{Tp.лр}^B} = \frac{\sum K_{в} \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{8 \cdot 4 + 12 \cdot 31 + 14 \cdot 20}{4 + 39 + 44} = 7,86 \approx 8;$$

- для корпусу:

$$\overline{K_T^K} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 14 \cdot 12}{1 + 12 + 3 + 2} = 12,66 \approx 13;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^K}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{13}{8} \right)^{1,0} = 1,625;$$

- для кришки:

$$\overline{K_{Tp.np}^{B2}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{6 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 6 + 12 \cdot 15}{2 + 8 + 10 + 4} = 11,16 \approx 11;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B2}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375;$$

- для маховика:

$$\overline{K_{Tp.np}^{B3}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{2 \cdot 7 + 4 \cdot 8 + 2 \cdot 9}{8} \approx 11;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B3}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375;$$

- для опори:

$$\overline{K_{Tp.np}^{B4}} = \frac{\sum K_v \cdot n_{kv}}{\sum n_{kv}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 3}{8} = 12,4 \approx 11;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B4}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11}{8} \right)^{1,0} = 1,375 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта $K_{3.2}$ для кожної деталі:

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p.np.}}}{R_a^i} \right)^{\alpha_2}, \quad (3.5)$$

де $\alpha_2=1,0$.

- для розрахункового представника:

$$\overline{R_a^{p,np.}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.25 \cdot 4 + 1.6 \cdot 39 + 6.4 \cdot 44}{4 + 39 + 44} = 4.01 \approx 4;$$

- для корпусу:

$$\overline{R_a^{III}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1.6 \cdot 2 + 3.2 \cdot 12 + 6.3 \cdot 3 + 12.5 \cdot 2}{2 + 12 + 3 + 2} = 4.5 \approx 5;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p,np.}}}{\overline{R_a^{III}}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{5} \right)^{1.0} = 0.8 ;$$

- для кришки

$$\overline{R_a^{B2}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0.8 \cdot 2 + 2.5 \cdot 8 + 3.2 \cdot 10 + 6.3 \cdot 4}{2 + 10 + 10 + 4} = 3.03 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p,np.}}}{\overline{R_a^{B2}}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.33 ;$$

- для маховика:

$$\overline{R_a^{B3}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0.8 \cdot 2 + 1.6 \cdot 4 + 6.3 \cdot 2}{2 + 4 + 2} = 2.575 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p,np.}}}{\overline{R_a^{B3}}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.33 ;$$

- для опори:

$$\overline{R_a^{B4}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0.8 \cdot 3 + 1.6 \cdot 2 + 3.2 \cdot 1 + 6.3 \cdot 2}{8} = 2.675 \approx 3;$$

$$K_{3.2} = \left(\frac{\overline{R_a^{p,np.}}}{R_a^{B4}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{4}{3} \right)^{1.0} = 1.333 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

$$K_{3i} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2}, \quad (3.6)$$

- для корпусу: $K_{3K} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1,625 \cdot 0,8 = 1,3$;

- для кришки: $K_{3B2} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1,375 \cdot 1,33 = 1,83$;

- для маховика: $K_{3B3} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1,375 \cdot 1,33 = 1,83$;

- для опори: $K_{3B3} = K_{3.1}^{\alpha_1} \cdot K_{3.2}^{\alpha_2} = 1,375 \cdot 1,33 = 1,83$.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.7)$$

- для корпусу: $K_{npK} = 1,22 \cdot 1,320 \cdot 1,3 = 2,09$;

- для кришки: $K_{npB2K} = 1,139 \cdot 1,23 \cdot 1,83 = 2,56$;

- для маховика: $K_{npB3} = 0,83 \cdot 1,39 \cdot 1,83 = 2,37$;

- для опори: $K_{npB4} = 0,77 \cdot 1,47 \cdot 1,83 = 2,07$.

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = 40000 \cdot 1,0 + 6000 \cdot 2,09 + 7500 \cdot 2,56 + 4500 \cdot 2,37 + 3000 \cdot 2,07 = 88615 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Основа 008Н.120.071	40000	0,37	1,0	1,0	1,0	1,0	40000
Корпус	6000	0,5	1,22	1,32	1,3	2,09	12540
Кришка	7500	0,45	1,139	1,23	1,83	2,56	19200
Маховик	4500	0,28	0,83	1,39	1,83	2,37	10665
Опора	3000	0,25	0,77	1,47	1,83	2,07	6210
Всього		-	-	-	-	-	88615

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Кількість верстатів розраховується по формулі [3, 19]:

$$C_p = \frac{N_{пр} \cdot T_{иск}}{60 \cdot F_d \cdot m} \text{ [шт.]} \quad (3.8)$$

Таблиці 3.3 – Розрахунок кількості верстатів

№	Переходи	$T_{шк}$, хв.	Кількість верстатів	Прийн. кількість
1	2	3	4	5
	Операція 005 – токарна з ЧПК			
1	Підрізати торець 1 однократно	17,687	$C_p = \frac{88615 \cdot 4,2}{60 \cdot 3890} = 1,25$	2
2	Розточити фаску 2			
3	Розточити пов. 3 попередньо			
4	Розточити пов. 3 попередньо			
5	Розточити пов. 3 остаточно			
6	Розточити канавку 4 однократно			
7	Розточити фаску 5			
8	Розточити фаску 6			
9	Точити пов. 7			

Продовження таблиці 3.3

№	Переходи	$T_{шк},$ хв.	Кількість верстатів	Прийн. кількість
1	2	3	4	5
	Операція 010 – свердлильно-фрезерно-розточна з ЧПК			
1	Розточити 3отв. 1	1,36	$C_p = \frac{88615 \cdot 2,79}{60 \cdot 3890} = 0,85$	1
2	Цекувати 3пов. 2			
3	Розточити 3 отв. 3 попередньо			
4	Розточити 3 отв. 4.			
5	Розточити 3отв. 3 ост.			
6	Розточити канавку 5			
7	Нарізати різьбу 3отв. 3			
9	Фрезерувати пов. 7			
10	Свердлити 3 отв. 6			
11	Свердлити отв. 8			
	Операція 015 – свердлильна з ЧПК			
1	Свердлити отв. 1	0,63	$C_p = \frac{88615 \cdot 2,68}{60 \cdot 3890} = 0,82$	1
2	Свердлити отв. 2			
3	Свердлити отв. 3			
4	Цекувати отв. 1			
5	Цекувати отв. 2			
6	Нарізати різьбу в отв. 2			
7	Свердлити отв. 4			
8	Свердлити отв. 5			
9	Свердлити отв. 6			
10	Нарізати різь в отв. 6			

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (3.9)$$

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

Операція 005:

$$\eta_z = \frac{1,25}{2} = 0,625 .$$

Операція 010:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,85}{1} = 0,85 .$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{с}} = \frac{0,82}{1} = 0,82 .$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{t_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}}, \quad (3.10)$$

де $t_{\text{осн}}$ – основний час;

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

Операції 005:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{8,2651}{17,687} = 0,46 .$$

Операції 010:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{0,73154}{1,36} = 0,54 .$$

Операція 015:

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{0,367}{0,632} = 0,58 .$$

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1. Графік використання обладнання за основним часом показаний на рис. 3.2.

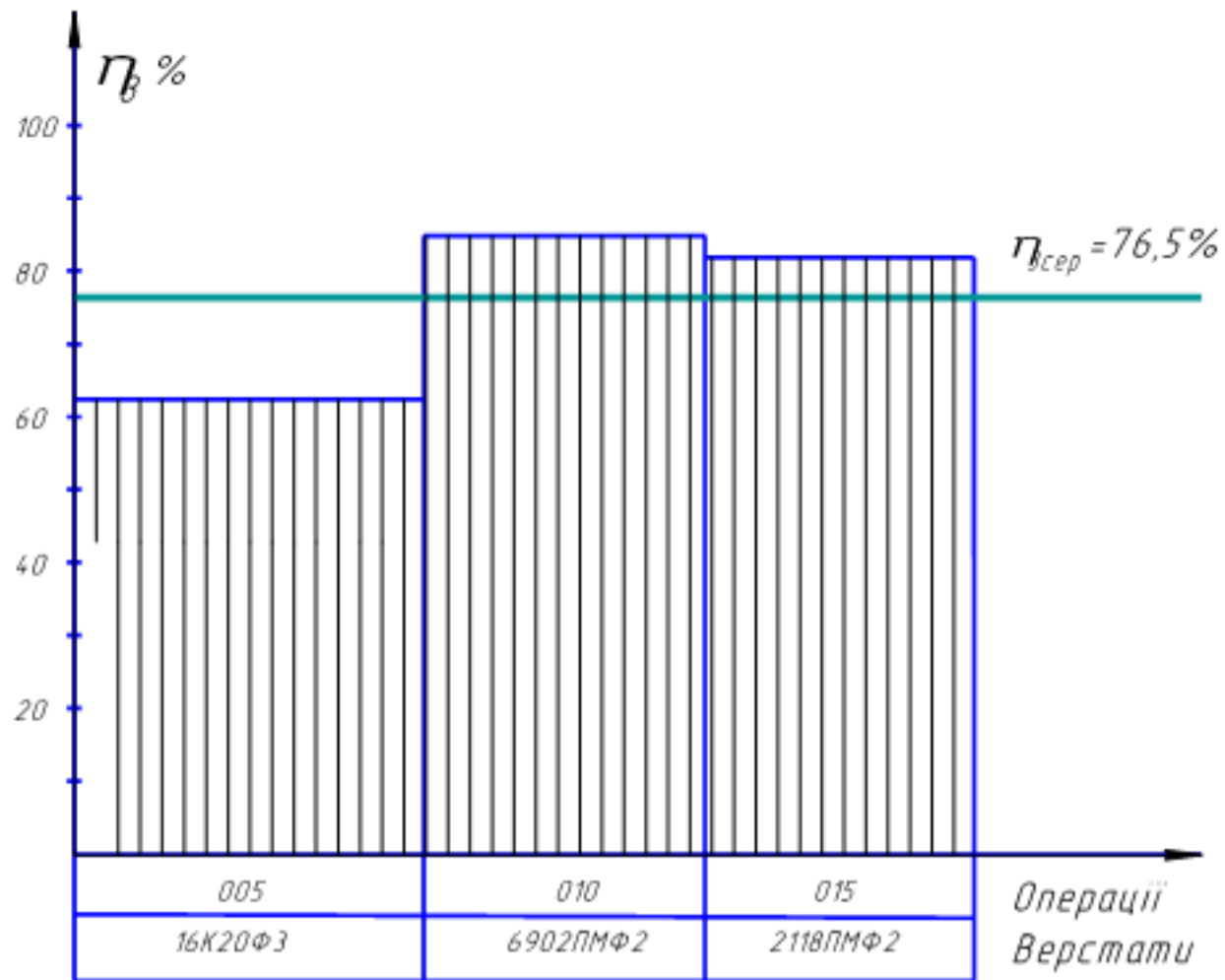


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

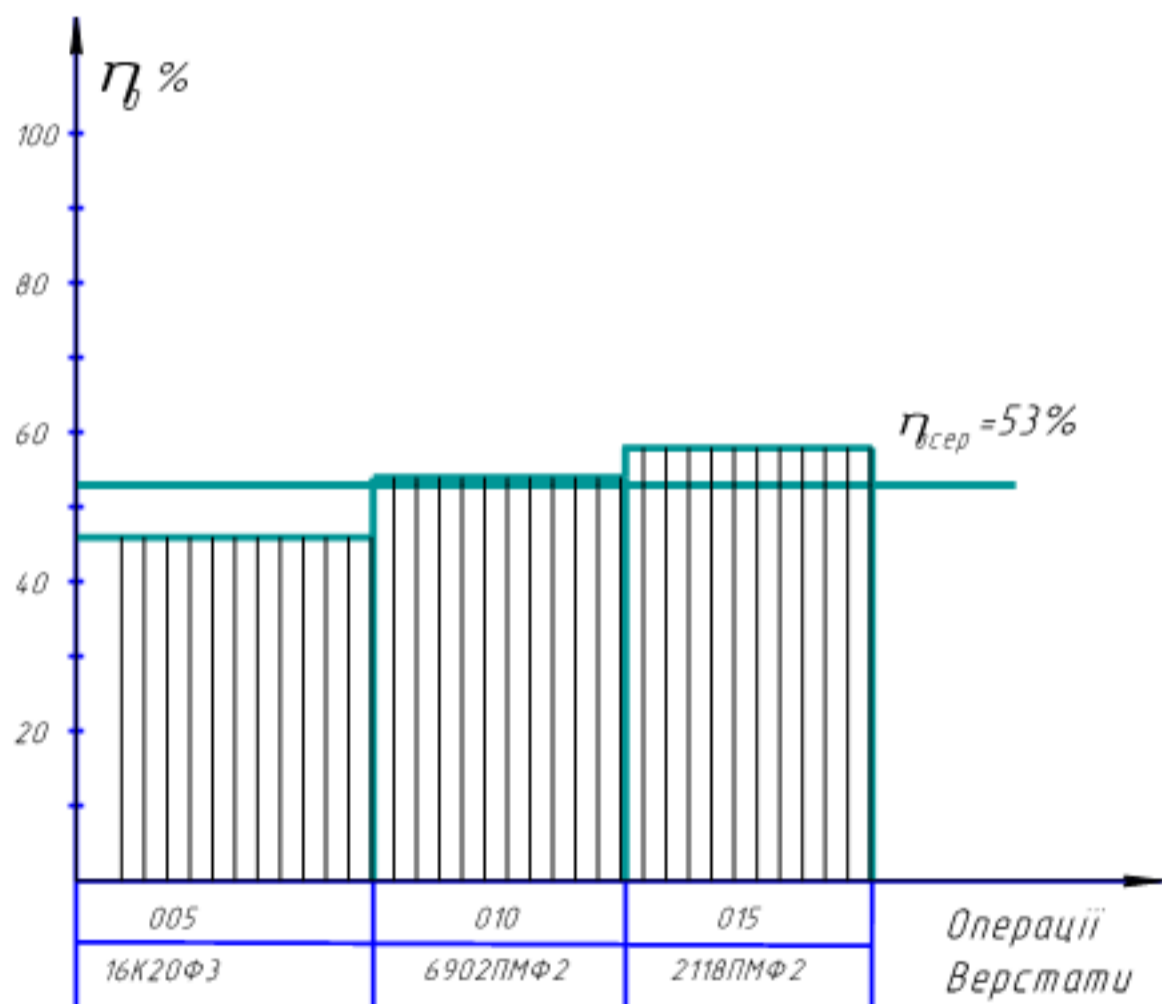


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Середній коефіцієнт завантаження $\eta_3 = 76,5\%$ відповідає умовам серійного виробництва (75...85%).

Коефіцієнт використання за основним часом є досить високим, що свідчить про правильність побудови технологічного процесу.

3.4 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

Визначимо необхідну кількість працюючих на кожній операції окремо [3, 19]:

$$P_i = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{прив.}}{F_{др.} \cdot 60 \cdot K_{б.обсл.}} \text{ [чол.],} \quad (3.11)$$

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

$F_{др.}$ – фонд часу робітника, хв.;

$K_{б.обсл.}$ – коефіцієнт, який враховує кількість верстатів, які обслуговує 1 робітник;

$N_{прив.}$ – приведена програма.

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

операція 005:

$$P_1 = \frac{17,687 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 3} = 1;$$

операція 010:

$$P_2 = \frac{1,37 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 1} = 1;$$

операція 015:

$$P_3 = \frac{0,632 \cdot 74545}{3890 \cdot 60 \cdot 1} = 1.$$

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{ос.} = P_1 + P_2 + P_3 = 1 + 1 + 1 = 3.$$

Визначимо необхідну кількість допоміжних робітників. Їх кількість може бути визначена у відсотках (20-25%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{oc.}$):

$$P_{д.} = P_{oc.} \cdot 0,2 = 3 \cdot 0,2 = 1 \text{ робітник}$$

Визначимо необхідну кількість інженерно-технічних робітників. Для механічних цехів їх кількість може бути визначена у відсотках (15-24%) від сумарної кількості прийнятих верстатів ($C_{пр.}$):

$$P_{i.т.} = C_{пр.} \cdot 0,15 = 5 \cdot 0,15 = 1.$$

Визначимо необхідну кількість службовців. Їх кількість може бути визначена у відсотках (0,1-2%) від сумарної кількості основних робітників ($P_{oc.}$):

$$P_{с.} = P_{oc.} \cdot 0,01 = 3 \cdot 0,01 = 1.$$

Загальна кість працюючих зведемо у відомість працюючих (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Відомість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	3	1 – токар; 1 – свердлильника; 1 – фрезерувальник	3 (1-ша зміна) 3 (2-га зміна)
Допоміжні робітники	1	1 – контролера	1 (1-ша зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	1 – технолог	1 (1-ша зміна)
Службовці	1	1 – бухгалтер	1 (1-ша зміна)
Молодший обслуг. персонал	1		

4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 4.1 [20].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	1	1
2	1	2	2
3	4	3	2
4	3	2	1
5	4	3	2
6	4	2	3
7	2	3	3
8	2	2	2
9	2	3	3
10	2	2	2
11	3	2	3
12	1	4	2
Сума балів	СБ ₁ = 31	СБ ₂ = 29	СБ ₃ = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 29 + 26}{3} = 28,67$		

Згідно таблиці 4.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

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

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	9			40%
Кількість основних робітників	10			20%
Середній розряд робітників	8			10%
Середній коефіцієнт завантаження обладнання		7		15%
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом		7		15%

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{к.к.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{м}} \cdot \alpha_i, \quad (4.1)$$

де P_m – числове значення i -го параметра інноваційного рішення; n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання; α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{x.a.} = 9 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,1 + 7 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,15 = 8,5.$$

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	8	4	2,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	16	6	2,7	0,2
Середній розряд робітників	4,5	3	1,5	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,414	0,765	1,85	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,48	0,533	1,11	0,15
Собівартість заготовки, грн.	61,0	15,81	-	-

Відносні (одиничні) показники якості з будь-якого параметра q_i , що занесено у відповідні колонки таблиці 4.3, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_m}{P_{\text{в}}}, \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{bi}}{P_{ni}}, \quad (4.3)$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{n.n.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.4)$$

$$K_{n.n.} = 2,0 \cdot 0,4 + 2,7 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,1 + 1,85 \cdot 0,15 + 1,11 \cdot 0,15 = 1,93.$$

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

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

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

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.5)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення); $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Het}}{\sum_{i=1}^n P_{Bet}}, \quad (4.6)$$

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

Якщо $K > 1$, то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент, обраний за базу для порівняння; якщо $K < 1$, то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо $K = 1$, то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,93. За формулою (4.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{15,81}{61,0} = 0,26 .$$

Тоді, користуючись формулою (4.5), розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,93}{0,26} = 7,42 .$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Основа 008Н.120.071» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»

4.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [20]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тp} + B_{осн} + B_{інс} + B_{уп} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.; $Z_{доd}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.; Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.; $B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає діляниця, грн.; $B_{обл}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.; $B_{тp}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.; $B_{осн}$ – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.; $B_{інс}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.; $B_{уп}$ – вартість програм управління, грн.; $B_{м}$ – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

4.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{mi} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (4.8)$$

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	9500	431,82	10	4318,2
Інженер-технолог	8500	386,36	8	3090,1
Інженер-конструктор	8500	386,36	3	3090,1
Економіст	8500	386,36	2	772,72
Всього Z_o				11271,12

4.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot Z_o \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

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

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 11271,12 = 1127,112 \text{ (грн.)}$$

4.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_{\text{св}} = (Z_o + Z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{св}} \text{ [грн.]}, \quad (4.10)$$

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

$$Z_{\text{св}} = (11271,12 + 1127,112) \cdot 0,22 = 2727,61 \text{ (грн.)}$$

4.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пр.}} \cdot S_{\text{пр.}} \text{ [грн.],} \quad (4.11)$$

де $C_{\text{пр.}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{\text{пр.}} \approx 200 \dots 1000$ грн./м²);

$S_{\text{пр.}}$ – загальна площа виробничої ділянки, м².

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 100 = 60000 \text{ (грн.)}$$

4.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл.}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (4.12)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 4.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2	500000	1	1,1	550000
2	Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2	300000	1	1,1	330000
Всього					880000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці: універсальний фрезерний, розточний верстати – 2 штуки, вертикально-свердлильні верстати – 2 штуки.

Всього реалізовано верстатів на 250000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 880000 - 250000 = 630000 \text{ (грн.)}$$

4.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

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

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

$$B_{ин} = B_{обз} \cdot \frac{K_{ин}}{100 \%} \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

де $B_{обг}$ – балансова вартість обладнання, грн.;

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{мо} = 630000 \cdot 0,10 = 63000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осв} = (0,2 \dots 0,3) \cdot B_{мо} \text{ [грн.]}; \quad (4.14)$$

$$B_{осв} = 6300 \cdot 0,25 = 15750 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{ксп} = (0,06 \dots 0,12) \cdot B_{мо} \text{ [грн.]}; \quad (4.15)$$

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 63000 = 6300 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{мо} + B_{осв} + B_{ксп} \text{ [грн.]}; \quad (4.16)$$

$$B_{осн} = 63000 + 15750 + 6300 = 85050 \text{ (грн.)}$$

4.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

4.2.10 Вартість програм керування

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

$$B_{\text{пр}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{\text{обл}} \text{ [грн.];} \quad (4.17)$$

$$B_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 630000 = 63000 \text{ (грн.)}$$

4.2.11 Величина передвиробничих витрат

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

4.2.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$\begin{aligned} K &= 11271,12 + 1127,11 + 2727,61 + 60000 + 630000 + 85050 + 63000 = \\ &= 853175,84 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

4.3.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» складає 15,81 грн. (див. розділ 2).

4.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{ji} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{амі}}}{\eta_i} \text{ [грн.],} \quad (4.18)$$

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

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

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

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

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

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3	11	0,059	3,31
010 Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2	3	0,031	0,47
015 Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2	3,7	0,028	0,53
Всього			Σ 4,31

4.3.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$З_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (4.19)$$

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

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

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

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_m} \text{ [грн.],} \quad (4.20)$$

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

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

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати

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

t_m – тривалість зміни, год.

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

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3	0,059	3	1,35	77,09	4,55
010 Фрезерно-свердлильно-розточувальний верстат 6902ПМФ2	0,031	3	1,35	77,09	2,39
015 Вертикально-свердлильний верстат 2118ПМФ2	0,028	3	1,35	77,09	2,16
Всього					Σ 9,1

4.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_p \text{ [грн.]}, \quad (4.21)$$

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

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 9,1 = 0,91 \text{ (грн.)}$$

4.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників $z_{\text{єсв}}$ розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$z_{\text{єсв}} = (z_p + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{єсв}} \text{ [грн.]}, \quad (4.22)$$

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

$$z_{\text{єсв}} = (9,1 + 0,91) \cdot 0,22 = 2,2 \text{ (грн.)}$$

4.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{в}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (4.23)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 9,1 = 22,75 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 4.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	15,81
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	4,31
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	9,1
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{доб}}$	0,91
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{н}}$	2,2
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	22,75
Всього	S_v	55,08

4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

4.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нир}} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (4.24)$$

де $C_{\text{нир}}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати $P = 5...20\%$;

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2022 року, $w = 20\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{вир}} = 55,08 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 79,32 \text{ (грн.)}$$

4.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{вир}}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється $C_{\text{вир}} = 79,32$ грн.

4.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При модернізації технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[C_{\text{дov}} - \frac{(C_{\text{дov}} - M) \cdot f}{100} - S_{\text{в}} - \frac{q \cdot S_{\text{в}}}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (4.25)$$

де $C_{\text{дov}}$ – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_{\text{в}}$ – виробнича собівартість виробу, грн.;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f = 16,67\%$;

h – ставка податку на прибуток, $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, $q = 5 \dots 10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[79,32 - \frac{(79,32 - 15,81) \cdot 16,67}{100} - 55,08 - \frac{10 \cdot 55,08}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 40000 = \\ &= 267152,16 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як:

- чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект);
- внутрішня норма дохідності (прибутковості);
- індекс прибутковості;
- термін окупності.

4.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Дана модернізація передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (4.26)$$

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 (проект), грн.;

d – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{267152,16}{(1 + 0,2)^1} + \frac{267152,16}{(1 + 0,2)^2} + \frac{267152,16}{(1 + 0,2)^3} + \frac{267152,16}{(1 + 0,2)^4} - 853175,84 = 16158,98 \text{ (грн.)}$$

Враховуючи, що $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

4.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту IRR_{MIN} розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (4.27)$$

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 використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$IRR_{min} = \sqrt[4]{\frac{267152,16 + 267152,16 + 267152,16 + 267152,16}{853175,84}} - 1 = 0,1.$$

4.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K (K)}{П} \text{ [років]}, \quad (4.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

$П$ – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{853175,84}{267152,16} = 3,19 \text{ (року)}.$$

4.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071», які включають витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали тощо.

За результатами всіх розрахунків виявлено, що для впровадження удосконаленого технологічного процесу потрібно 853175,84 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 267152,16 грн., термін окупності 3,19 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» доцільне для впровадження.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджуються удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071». Всі дослідження і експериментальні процеси відбуваються з участю ПК.

На працівників, що проводять дослідження на ПК можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори, у відповідності з прийнятою класифікацією [21].

Фізичні: підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищена та понижена рухливість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочої зони; недостатність природного освітлення; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищена та понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного опромінення.

Психофізіологічні: нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт

5.1.1 Технічні рішення з організації робочого місця під час проектування

Площа, виділена для одного робочого місця з персональним комп'ютером, повинна складати не менше 6 кв. м, а обсяг – не менше 20 куб. м. При розміщенні робочих місць з ПК необхідно дотримуватись таких вимог:

- робочі місця з ПК розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами;

- відстань між бічними поверхнями ПК має бути не меншою за 1,2 м; – відстань між тильною поверхнею одного ПК та екраном іншого не повинна бути меншою 2,5 м;

- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м. Вимоги цього пункту щодо відстані між бічними поверхнями ПК та відстані між тильною поверхнею одного ПК та екраном іншого враховуються також при розміщенні

робочих місць з ПК в суміжних приміщеннях, з урахуванням конструктивних особливостей стін та перегородок. Усі працівники, які виконують роботи, пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням, налагодженням та ремонтом ПК, підлягають обов'язковому медичному огляду – попередньому під час оформлення на роботу та періодичному протягом трудової діяльності. Посадові особи та спеціалісти, інші працівники підприємств, які організовують та виконують роботи, пов'язані з експлуатацією, профілактичним обслуговуванням, налагодженням та ремонтом ПК, проходять підготовку (підвищення кваліфікації), перевірку знань з охорони праці, а також інструктажі.

5.1.2 Електробезпека виробничого приміщення

Класифікація приміщень за категоріями електробезпеки залежно від мікроклімату виробничих будівель. Допустимими визнаються умови праці у будівлях, де відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35 °С, а пил та хімічно агресивне середовище – відсутні. За таких умов праці мікроклімат вважається сухим. Вологими називаються умови роботи, де відносна вологість повітря становить від 60% до 75%. Сирі – це такі умови, які характеризуються відносною вологістю повітря в будівлі більшою за 75%. Особливо сирі умови – це умови, із майже стовідсотковою відносною вологістю повітря. Гарячими умовами праці є становище, при якому температура повітря перевищує 35 °С. Запиленими визнаються умови, при яких виділяється велика кількість виробничого пилу, внаслідок чого він може залишатись на зовнішніх поверхнях або навіть проникати у середину обладнання чи апаратів. До умов праці з хімічно активним середовищем відносять умови, при яких у повітрі протягом тривалого часу залишаються гази або краплі рідин, які негативно впливають на ізолюючі властивості і струмопровідні елементи електричних інструментів.

Класифікація приміщень за рівнем електробезпеки Відповідно до ПУЕ, усі промислові приміщення (цехи, майстерні, склади) за ступенем ймовірності ураження електричним струмом можна розділити на три категорії: Будівлі з

підвищеною небезпекою До цього типу будівель належать споруди, в яких наявний принаймні один із таких факторів: сирі приміщення, відносна вологість в яких протягом тривалого часу перевищує 75%; приміщення, в яких пил покриває провідники, забивається всередину машин та обладнання; приміщення зі струмопровідними підлогами (металевими, земляними, цегляними, залізобетонними); приміщення, в яких середня температура повітря зазвичай перевищує +30 °С; приміщення, в яких існує ймовірність одночасного торкання співробітника до зовнішніх елементів електричного устаткування і заземлених металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання тощо.

Будівлі з особливо небезпечними умовами Ці будівлі характеризуються як дуже сирі приміщення зі стовідсотковою відносною вологістю. Стеля, стіни, підлога, устаткування у таких приміщеннях постійно вкриті тонким шаром крапель чи пліснявою. Слід бути вкрай обережними, оскільки при виконанні робіт з використанням електричної напруги на відкритому повітрі, всередині посудин, всередині непросохлих приміщень ймовірність ураження співробітників чи сторонніх осіб електричним струмом дуже висока. До будівель з особливо небезпечними умовами належать також споруди з хімічно активним середовищем, яке завдяки своїм властивостям завдає шкоду ізоляції та електричним матеріалам. Окрім того, будівлі, які мають одночасно дві або більше ознаки приміщень з підвищеною небезпекою так само належать до будівель із особливо небезпечними умовами.

Будівлі без факторів збільшеної небезпеки До цієї категорії належать будівлі, в яких немає жодної з ознак, властивих приміщенням з підвищеною або особливою небезпекою[22].

Для забезпечення безпеки від ураження електричним струмом працівника необхідно дотримуватись оптимальних параметрів мікроклімату приміщення.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності [23].

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму [23]. Легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105–140 Вт (90–120 ккал/год.) – категорія Ia та 141–175 Вт (121–150 ккал/год.) – категорія Ib. До категорії Ia належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Ib належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Визначаємо наявну категорію робіт, як Ia.

В кабінах, на пультах та місцях керування технологічними процесами, в залах ЕОМ при виконанні робіт операторського типу повинні забезпечуватися такі оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, що зазначені в нормативному акті НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями [24].

Оптимальні параметри мікроклімату наведені в табл. 5.1.

Для створення сприятливих умов праці необхідно дотримуватись наведених параметрів мікроклімату робочого приміщення. Здійснювати провітрювання та вологе прибирання робочого приміщення, провести роботи з утеплення зовнішніх стін, провести заміну вікон.

Таблиця 5.1 – Оптимальні параметри мікроклімату при виконанні робіт операторського типу на ПК для робіт категорії Ia

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	22-24	60-40	0,1
Теплий	23-25	60-40	0,1

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Оточуюче нас повітря (атмосфера) є найважливішим фактором забезпечення нашого життя. Без повітря, що потрапляє через дихальні шляхи в легені, вже через декілька хвилин настає смерть. В природних умовах повітря, як правило, не забруднене отруйними речовинами і життю людини не загрожує. Тільки з того часу, коли людина почала використовувати в своїй діяльності шкідливі для її організму речовини, з'явилася загроза її життю. При цьому з'ясувалось, що наші органи чутливості не дозволяють з достатньою точністю визначати якість повітря і запобігати загрози отруєння.

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти повітря виробничих приміщень у відповідності до вимог санітарних норм. Всі вони зводяться до конкретних заходів:

1. Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.

2. Видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.

3. Застосування засобів захисту людини

5.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [26] Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0	IV	б	середній	середній	200	500	4	1,5	2,4	0,9

При експлуатації штучного освітлення здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Аналіз дії світла на організм людини й основних якостей зорового сприймання дозволяє сформулювати основні вимоги до виробничих приміщень, які полягають в забезпеченні достатньої освітленості робочих поверхонь, рівномірності розподілення яскравості, відсутності глибоких і різких тіней, постійної освітленості в часі.

5.2.4 Виробничий шум

Основними характеристиками звукових коливань є інтенсивність (сила), частота і форма звукової хвилі. Інтенсивність визначається енергією, що переноситься за 1 с звуковою хвилею через поверхню площею 1 м², яка перпендикулярна напрямку розповсюдження звукової хвилі. Одиниця вимірювання – Вт/м². Інтенсивність звуку можна визначити через звуковий тиск,

який являє собою різницю між миттєвим значенням тиску в даній точці середовища при проходженні через неї звукових хвиль і середнім значенням тиску, яке існує в тій же точці при відсутності звуку (Па). Діапазон тисків, що сприймає вухо людини, дуже широкий (10-12Вт/м² – поріг больового відчуття, верхня межа), тому інтенсивність звуку виражають у логарифмічних характеристиках, використовуючи параметр, який називають рівнем звукового тиску. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [27].

Гранично-допустимі рівні шумів санітарними нормами встановлені для кожного класу:

- для високочастотних шумів (вище 800 Гц) – 75-85 дБ;
- для середньо частотних шумів (300-800 Гц) – 85-90 дБ
- для низькочастотних шумів (до 300 Гц) – 90-100 дБ.

Одним з основних технічних заходів є зменшення при експлуатації та на стадії проектування, конструювання обладнання причин шуму і вібрації в самому джерелі утворення. Досягають цього завдяки використанню раціональної конструкції обладнання, заміни ударної дії деталей і машин коливальною, з'єднання елементів гнучкими зв'язками, врівноважування обертових частин механізмів, заміни металевих деталей пластмасовими, забезпечення різних власних частот коливань механізму з частотою збуджуючої сили.

Для захисту від шуму на сьогодні можливі такі рішення:

- Максимальна шумоізоляція приміщення: застосування метало пластикових вікон, шумоізолювані двері та спеціальний шар шумоізолюючого матеріалу на стінах.
- Засоби захисту для органів слуху у вигляді навушників.
- Використання максимально безшумних технічних засобів в роботі.

5.2.5 Електромагнітні випромінювання

Під час проведення роботи із використанням ПК на розробника діє підвищений рівень електромагнітного поля.

Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, що генеруються ВДТ пов'язані перш за все з частотою формування елемента зображення, а також з інтенсивністю електронного променя, що зумовлює яскравість точок на екрані.

Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК (за вимогами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень та нормами TCO 9295) наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК

Вид поля	TCO	MPR II
Змінне електричне поле		
5 Гц – 2 кГц	10 В/м	2,5 В/м
2 кГц – 400 кГц	1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле		
5 Гц – 2 кГц	250 нТл 200 мА/м	250 нТл 200 мА/м
2 кГц – 400 кГц	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора

За кордоном застосовують наступний поділ на діапазони НВЧ: L(0,39-1,55 ГГц); S(1,55-5,20 ГГц); R,LS(1,7-2,6 ГГц); H(3,95-5,85 ГГц); C(5,85-8,20 ГГц); X(5,2-11 ГГц); XN(5,40-8,20 ГГц); W, XB(7,02-10,1 ГГц); Ku,Y(12,4-18 ГГц);

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на працівника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин.

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [28].

Психофізіологічні фактори при роботі з ПК:

- перенапруження зорових аналізаторів;
- монотонність трудового процесу;
- розумове перенапруження;
- нервово-емоційні перевантаження.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) – до 50%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25%.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – більше 8 год; змінність роботи – однозмінна.

5.3 Інформування та оповіщення

Одним із основних заходів захисту населення від надзвичайних ситуацій є його своєчасне оповіщення про небезпеку, обстановку, яка склалася внаслідок її реалізації, а також інформування про порядок і правила поведінки в умовах надзвичайних ситуацій. Інформування у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру включає відомості про надзвичайні ситуації, які прогножуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення та наслідків, а також способи та методи реагування на них.

Центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну та достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, вжиття заходів щодо забезпечення безпеки.

Процес оповіщення включає доведення в стислий термін сигналів і повідомлень органів ЦЗ про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Система оповіщення та інформування у сфері цивільного захисту містить: оперативне доведення до відома населення інформації про виникнення або можливу загрозу виникнення надзвичайних ситуацій, у тому числі через загальнодержавну, регіональні, локальні та об'єктові автоматизовані системи централізованого оповіщення; завчасне створення та організаційно-технічне поєднання постійнодіючих локальних та об'єктових систем оповіщення та інформування населення із спеціальними системами спостереженнями та контролю в зонах можливого ураження; централізоване використання мереж зв'язку, радіомовлення, телебачення та інших технічних засобів передачі інформації незалежно від форм власності та їх підпорядкування в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Системи оповіщення мають державний, регіональний, місцевий і об'єктовий рівні. Управління системою оповіщення кожного рівня організовується безпосередньо відповідними органами повсякденного

управління системи цивільного захисту. Рішення щодо застосування системи оповіщення приймає відповідний голова державної адміністрації (начальник цивільного захисту). Відповідальність за організацію та практичне здійснення оповіщення покладено на керівників органів виконавчої влади, місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій. Тому керівники всіх рівнів і кожний громадянин повинен знати сигнали цивільної оборони і вміти правильно на них реагувати.

Залежно від масштабів надзвичайної ситуації та даних прогнозу щодо її розвитку черговий диспетчер повинен здійснювати оповіщення за двома варіантами: 1. При ситуаціях, наслідки яких не виходять за межі об'єкта, оповіщаються чергові служби (газорятувальна, протипожежна, медична, тощо), цехи і ділянки, що потрапляють у зону ураження. Оповіщення здійснюється за допомогою об'єктової системи оповіщення, яка складається з приладів, які подають спеціальні звукові сигнали, мовних оповіщувачів та світлових покажчиків, базової апаратури автоматичного оповіщення та мереж зв'язку. 2. При ситуаціях, наслідки яких виходять за межі об'єкта, додатково оповіщається населення, сусідні та інші об'єкти, які потрапляють у зону ураження (у першу чергу, дитячі установи та школи), територіальне управління (відділи) надзвичайних ситуацій, місцеві органи влади. При цьому залучається система раннього виявлення НС та локальна система оповіщення в повному обсязі.

Система раннього виявлення виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення персоналу у разі їх виникнення складається з різних технологічних датчиків, сигналізаторів, тощо, які контролюють небезпечні параметри обладнання і навколишнього середовища та приймально-контрольних приладів. Технологічні датчики та сигналізатори вказаних систем встановлюються і використовуються окремо від аналогічних датчиків промислової автоматики. Для здійснення оповіщення в окремих випадках можуть залучатися посильні. При визначенні порядку і черговості оповіщення в ситуаціях, які не перераховано в інструкції з оповіщення, черговий диспетчер повинен діяти виходячи з умов, що час, який витрачається на доведення інформації про загрозу життю виробничого персоналу та населення, завжди повинен бути менше від часу, необхідного на вживання заходів захисту.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071». При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Диски» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» запропоновано два способи лиття – лиття в кокіль та лиття під тиском. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки вартість заготовки складає 15,81 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 61,0 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071» з використанням верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

4. За допомогою математичного планування експерименту встановлено вплив геометрії зуба торцевої фрези (головного кута φ в плані, кута нахилу λ ріжучої кромки і переднього кута γ) на максимальну тангенційну складову P_T сили різання при фрезеруванні заготовки деталі «Основа 008Н.120.071». Отриману інтерполяційну формулу для обчислення величини P_T можна використовувати для встановлення раціональних значень елементів геометрії зуба при конструюванні торцевих фрез під час обробки алюмінієвих сплавів.

5. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи

дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає $N_{\text{дильниці}} = 88615$ шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 3 чол., допоміжних працівників на дільниці – 3 чол.

6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Основа 008Н.120.071», визначені капітальні вкладення – 853175,84 грн., одержаний прибуток – 267152,16 грн., термін окупності вкладень – 3,19 року.

7. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
3. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
4. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
6. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01] М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
7. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. — К. : Вища школа, 1991. — 247 с.
8. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
9. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. Практикум : навчальний посібник / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / В. Б. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / Ю. А. Абрамов, В. Н. Андреев, Б. И. Горбунов [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

12. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов: Справочник. Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский [и др.] ; / под ред. Ю. В. Барановського. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

13. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.

14. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.

15. Грановский Г. И. Обработка результатов экспериментальных исследований резания металлов / Г. И. Грановский. – М. : Машиностроение, 1982. – 112 с.

16. Застосування математичного планування експерименту для мінімізації шорсткості при розточуванні центрального отвору заготовки деталі «Корпус підшипника» / Ю. А. Буренніков, С. В. Репінський, В. Н. Лукаш // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)», м. Вінниця, 11-13 травня 2022 р. – 2022. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14194>.

17. Аналіз впливу факторів процесу різання на точність обробки за допомогою математичного планування експерименту [Електронний ресурс] / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, О. В. Паславська, А. В. Курилець, М. І. Устич // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2017), Вінниця, 15-24 березня 2017 р. – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2884>.

18. Репінський С. В. Автоматизація гідравлічного розрахунку сумарних втрат тиску в трубопроводі [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, Ю. С. Кобилянська, А. В. Малюшко // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2022), Вінниця, 30-31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15673>.

19. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / Г. Н. Мельников,

В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

20. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

21. МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ Н А К А З N 528 від 27.12.2001 м. Київ Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

22. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

23. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042–99 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dnaop.com>.

24. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npraop_0_00-7_15-18_01_ua.php

25. СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование[Електронний ресурс] - Режим доступу: https://dnaop.com/html/1671/doc-%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F_2.04.05-91_%D0%A3

26. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

28. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Основа 008Н.120.071»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Репінський С. В., к.т.н., доцент каф. ТАМ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	93,8%
КП2			
Тривога/Білі знаки	?	Схожість	6,2%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____ Малюшко А. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О. В.
(прізвище, ініціали)

Експерт _____ Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

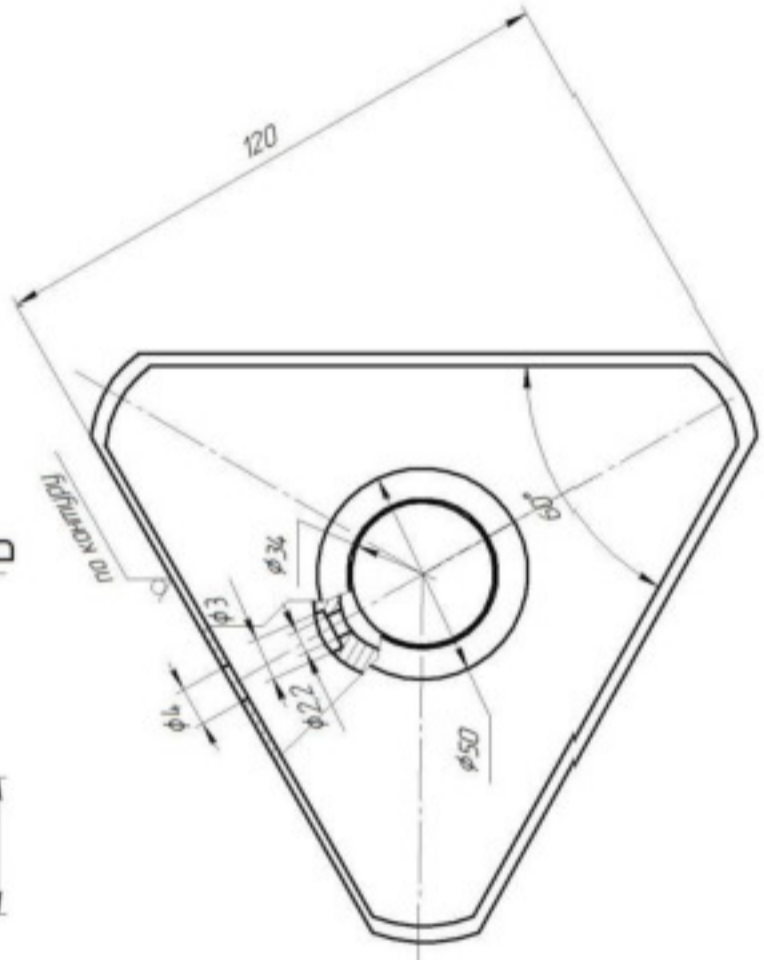
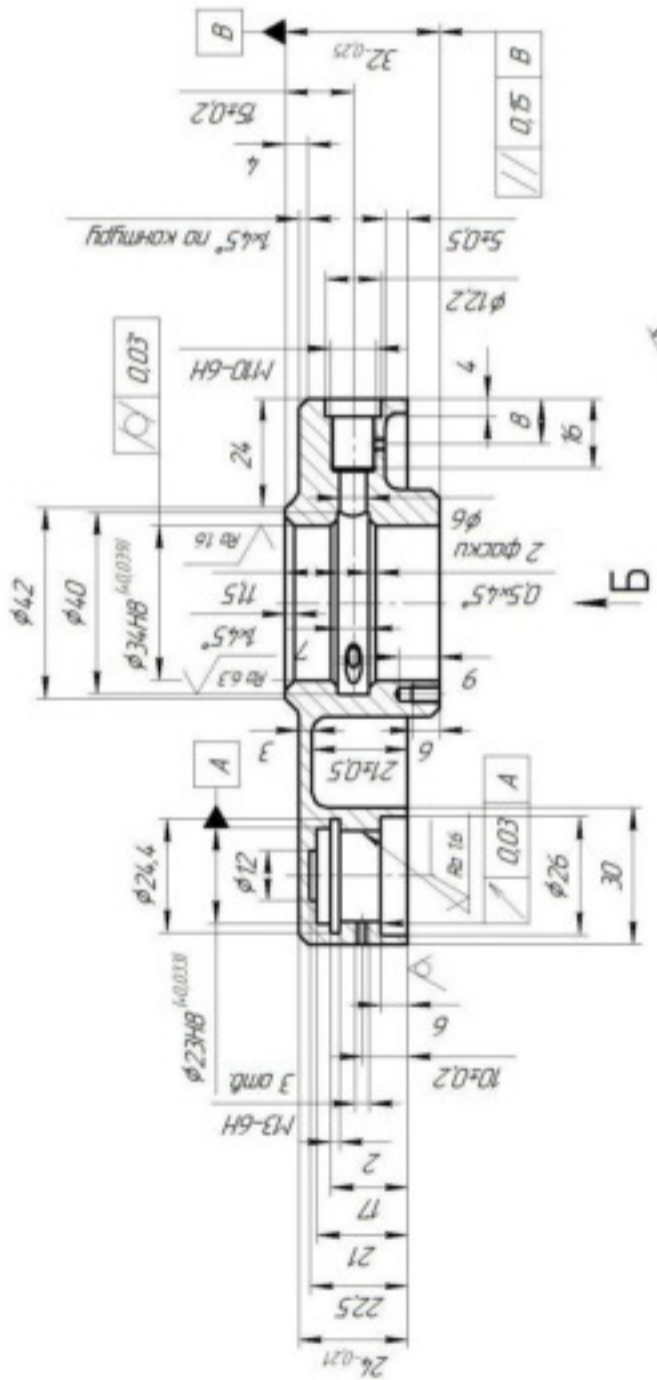
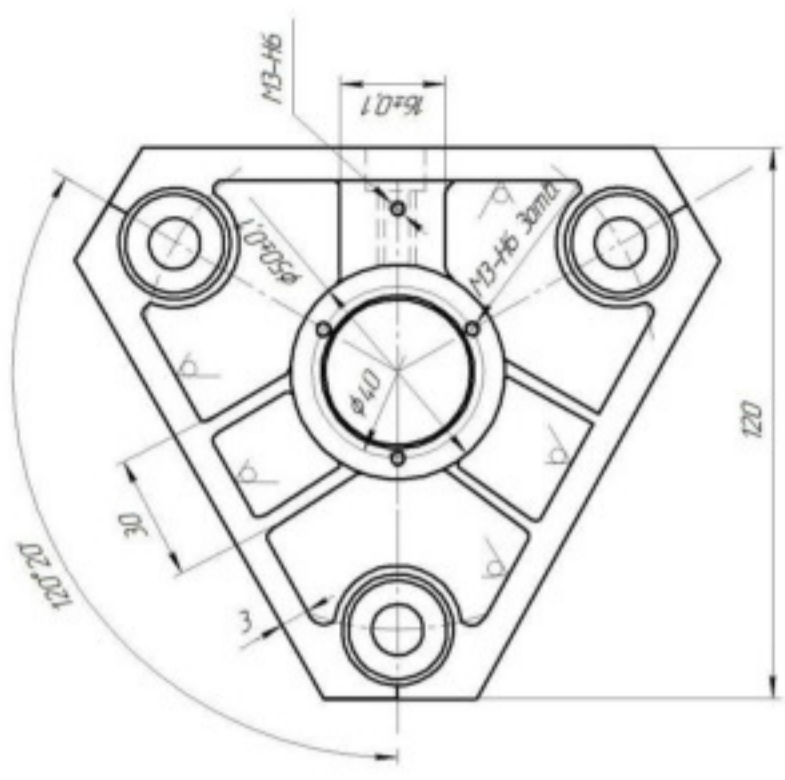
Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «ОСНОВА 008Н.120.071»

08-26.МКР.007.00.001

$\sqrt{Ra\ 3.2}$



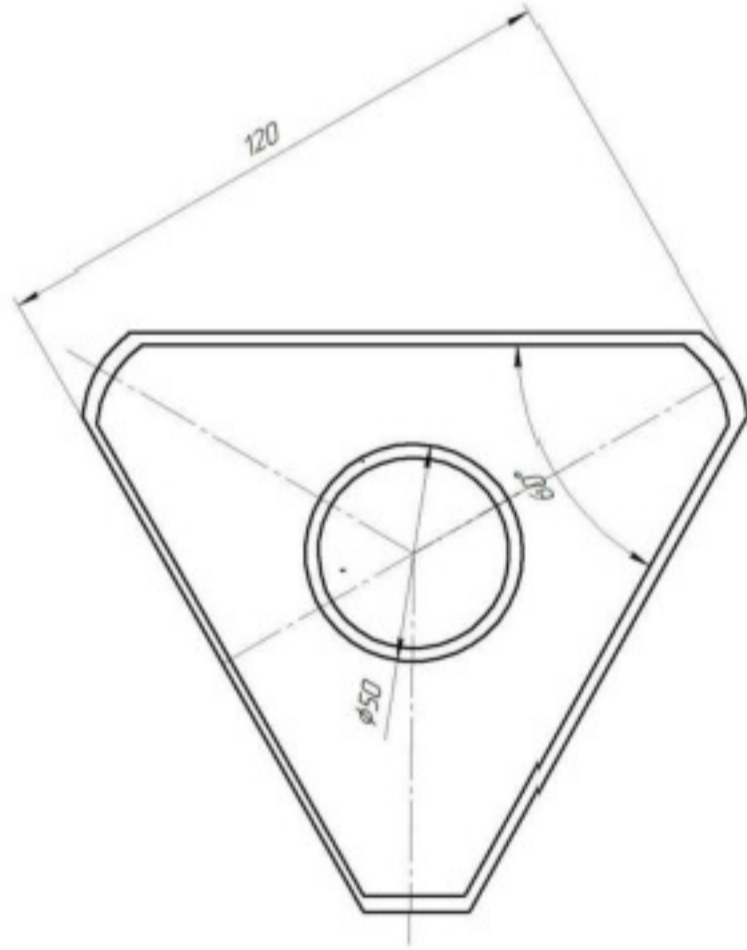
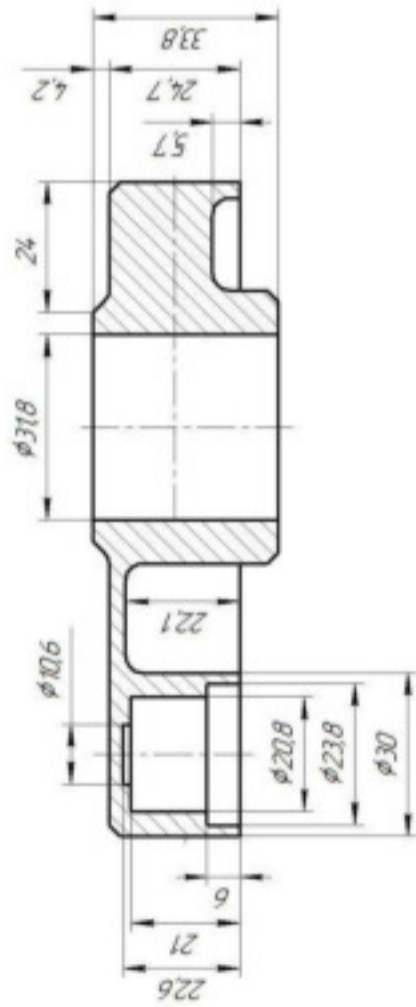
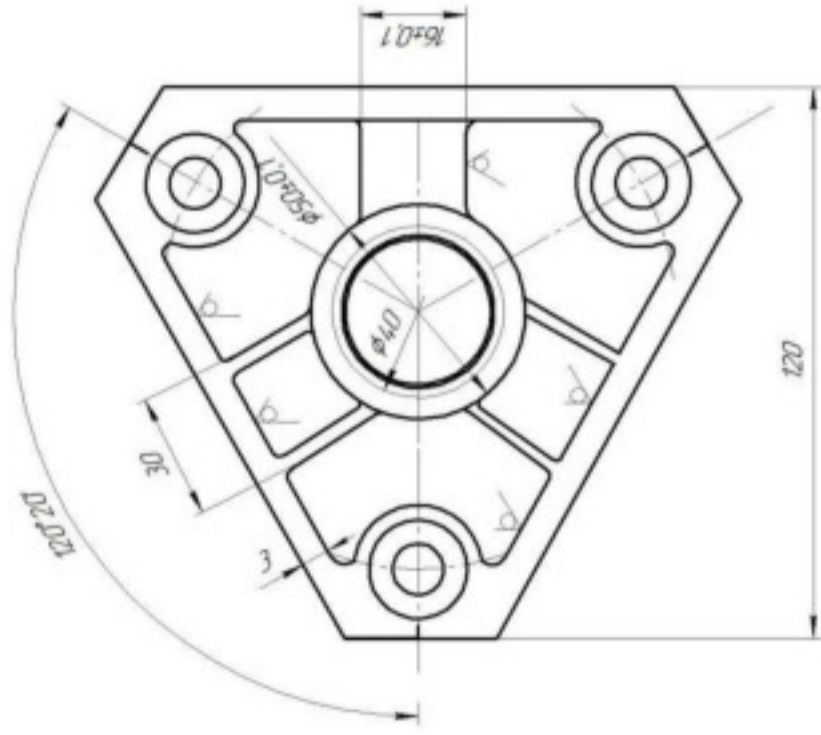
1. Неказані граничні відхилення розмірів Н12, н12, ±IT12/2.
2. Лінійні радіуси не вказані на кресленні не більше 2 мм.
3. Допускаються сліди від видавлювання.

08-26.МКР.007.00.001		Лист		Кількість	
Оснаба		0,37		11	
008Н120.071		Лист		1	
АЛ 2Д ГОСТ 2685-75		ВНТУ		ст. гр. 177-274	
Лист №	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Всього
Розроб.	Перевірив	Лист	Всього	Лист	Всього
Технік	Лист	Всього	Лист	Всього	Лист
№ докум.	Серія	№ докум.	ВНТУ	ст. гр.	177-274
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

Лист №	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Всього
Розроб.	Перевірив	Лист	Всього	Лист	Всього
Технік	Лист	Всього	Лист	Всього	Лист

08-26.МКР.007.00.002

$\sqrt{Ra\ 50}$

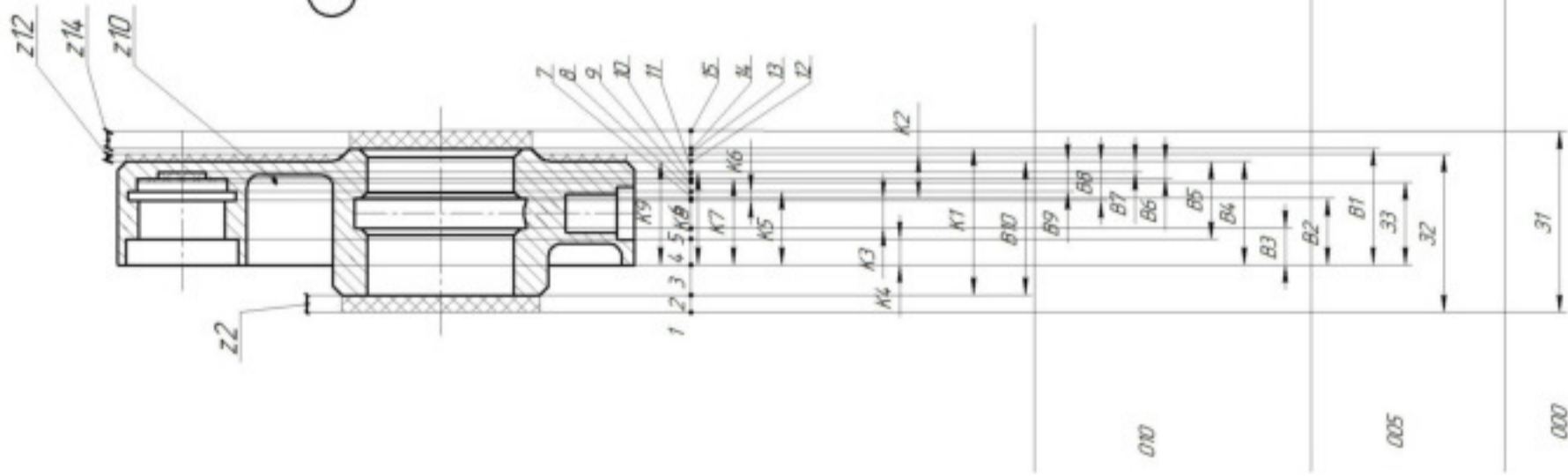


1. Точність вимірка 6-6-5-5 згідно ГОСТ 26645-85
2. Маса 0,37-0,02-0,03-0,42 ГОСТ 26645-85
3. Невказані радіуси заокруглень 6 мм, фартушкові нахили 1-2°.
4. Допускається раковини пустоти $\phi 0.3$ мм на глибині 0,7 мм.

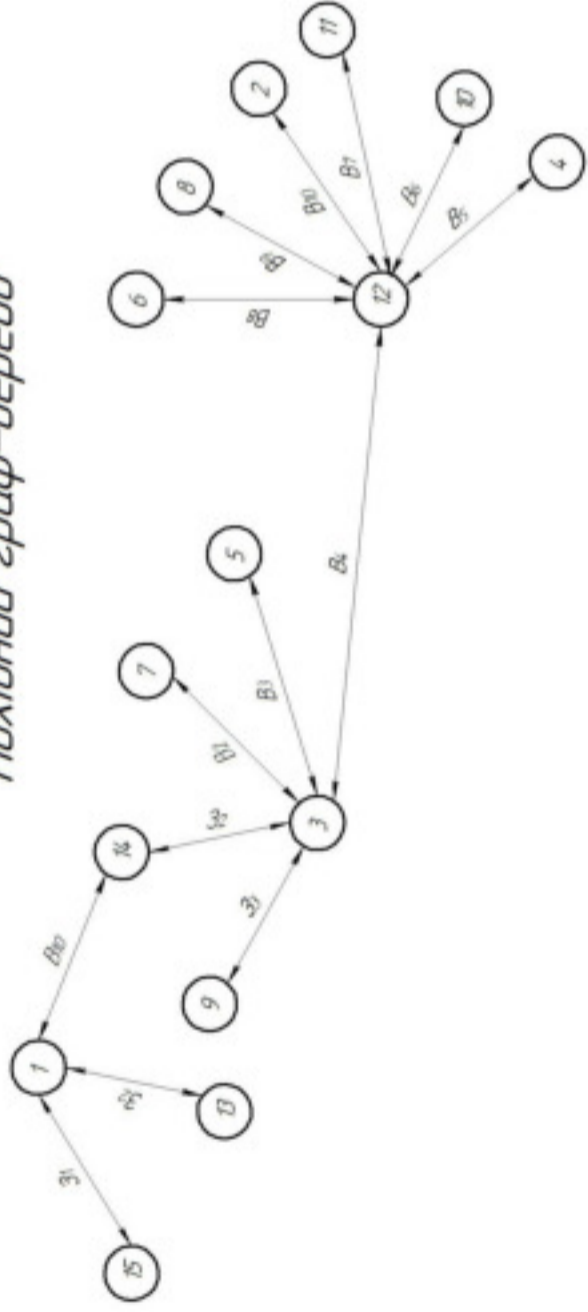
08-26.МКР.007.00.002		Лист		Маса		Кількість	
Основа		0,42		11		1	
(заготовка)		Лист		Лист		Лист	
АЛ 2Д ГОСТ 2685-75		ВНТУ		ст. зр. ІІІ-2М		Формат А2	

Лист № 001	Лист № 002	Лист № 003	Лист № 004	Лист № 005	Лист № 006	Лист № 007	Лист № 008	Лист № 009	Лист № 010
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

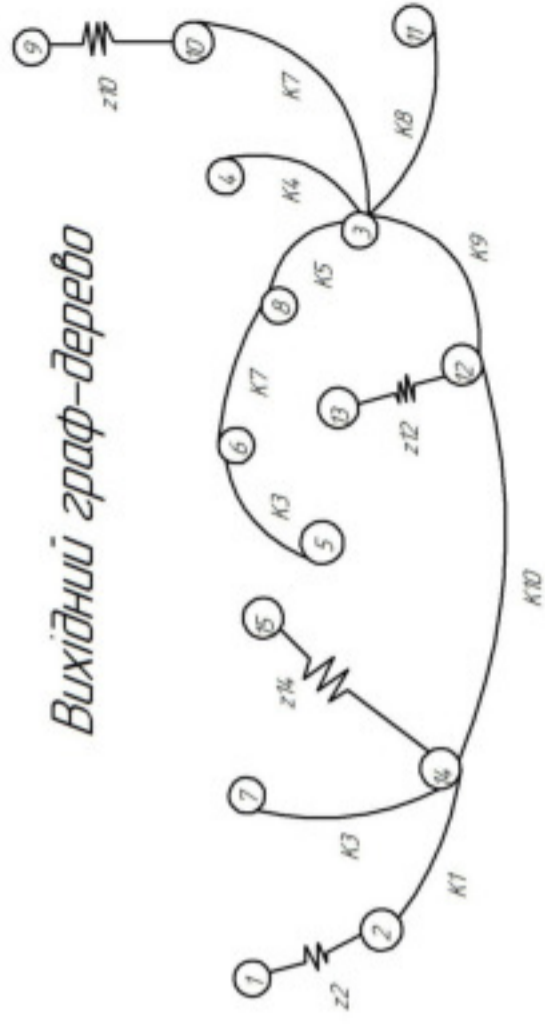
Розмірний аналіз технологічного процесу



Похідний граф-дерево



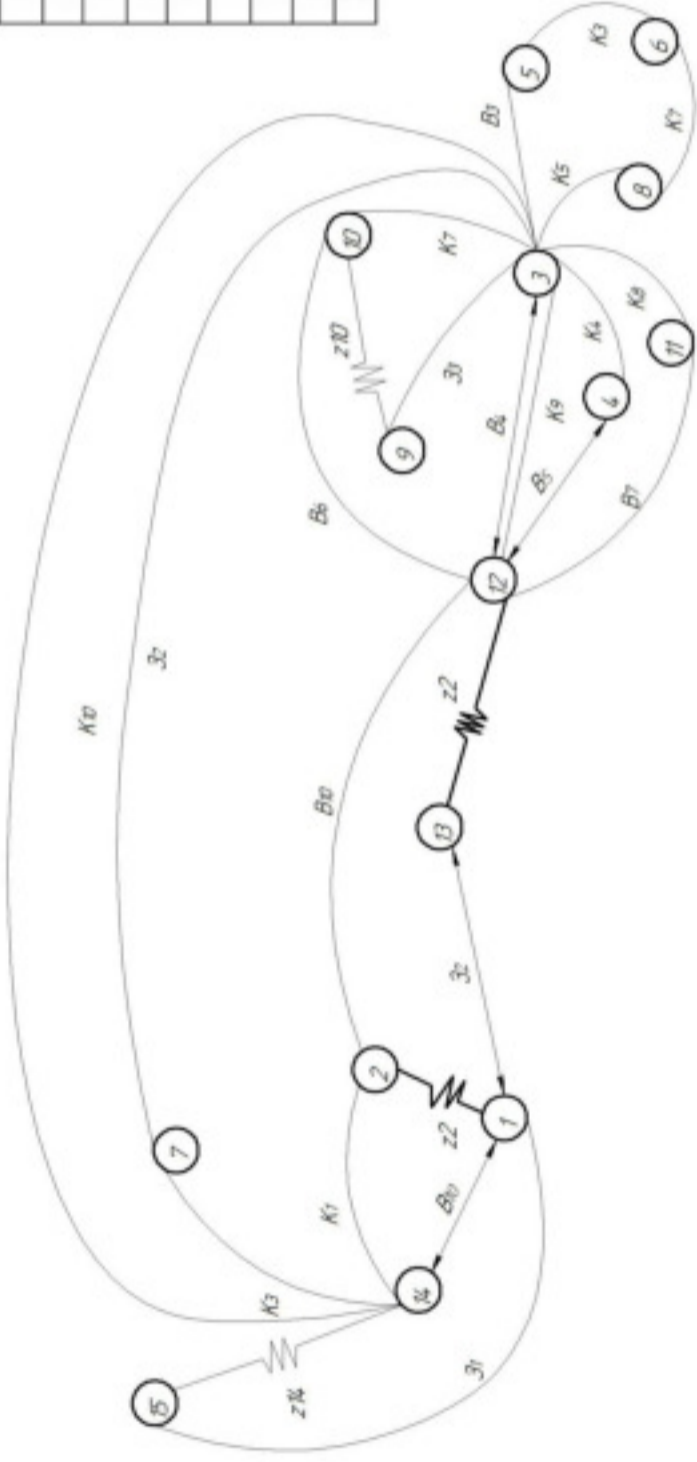
Вихідний граф-дерево



Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$K_1 - B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-B_2 - K_2 + B_4 = 0$	$B_4 = B_2 + K_2$	B_4
3	$K_2 + 3_3 - Z_4 = 0$	$3_3 = -K_2 + Z_4$	3_3
4	$K_6 - K_4 + B_5 = 0$	$B_5 = -K_6 + K_4$	B_5
5	$B_5 - K_5 + B_6 = 0$	$B_6 = -B_5 + K_5$	B_6
6	$K_1 - B_3 + K_3 = 0$	$B_3 = -K_3 + K_1$	B_3
7	$K_3 + B_3 - B_5 - Z_3 + 3_4 = 0$	$3_4 = -K_3 - B_3 + B_5 + Z_3$	3_4
8	$3_2 - Z_2 - B_4 - K_2 = 0$	$3_2 = Z_2 + B_4 + K_2$	3_2
9	$3_2 - Z_2 + K_6 - B_1 = 0$	$B_1 = 3_2 - Z_2 + K_6$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - 3_1 + 3_4 = 0$	$3_1 = B_1 + Z_2 + 3_4$	3_1

Суміщений граф



ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ОСНОВА 008Н.120.071»

(продовження)

Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу математична модель має вигляд

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2. \quad (1)$$

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і нехтування статистично незначних коефіцієнтів отримано

$$y = b_0 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2, \quad (2)$$

або

$$y = 1179,43 + 36,011 x_2 - 71,29 x_3 + 62,19 x_1^2, \quad (3)$$

або у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$P_r = 1179,43 + 36,011 \left(\frac{\lambda - 5}{6} \right) - 71,29 \left(\frac{\gamma - 10}{6} \right) + 62,19 \left(\frac{\varphi - 60}{15} \right)^2. \quad (4)$$

Отримані за рівнянням (4), апроксимовані лінійні залежності максимальної тангенційної складової P_r сили різання від геометрії зуба фрези показано на рис. 1-3.

Рівняння (4) адекватне, тому його можна використовувати як інтерполяційну формулу для обчислення величини P_r . При конструюванні торцевих фрез для обробки алюмінієвого сплаву рівняння (4) може бути використане для встановлення раціональних значень елементів геометрії зуба.

**ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ
ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ОСНОВА 008Н.120.071»
(продовження)**

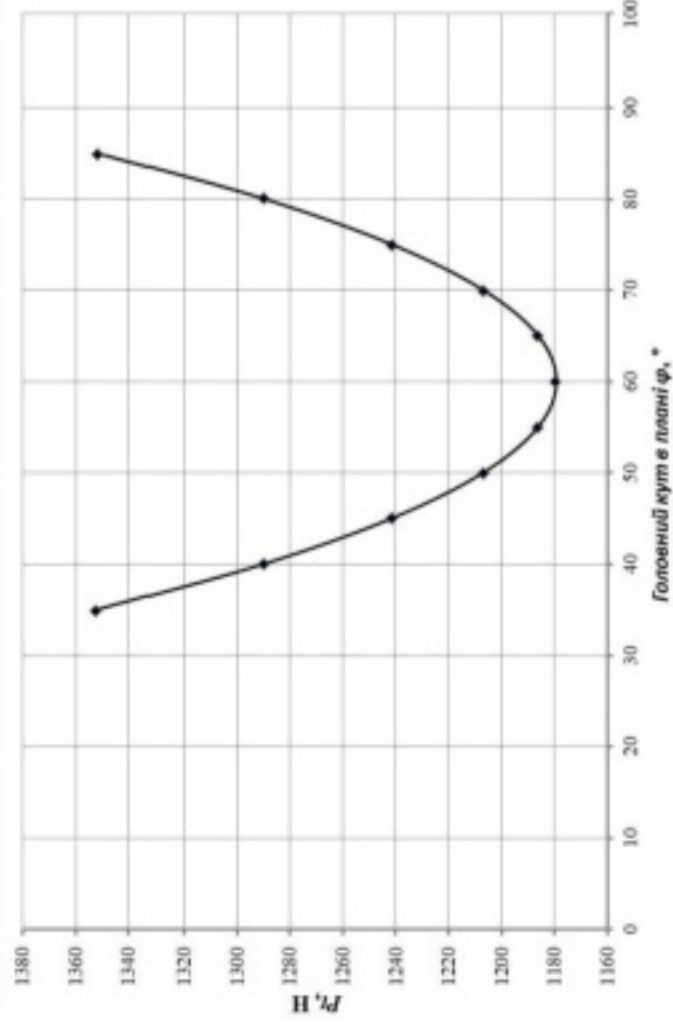


Рисунок 1 – Залежність максимальної тангенційної складової P_t сили різання від головного кута φ в плані

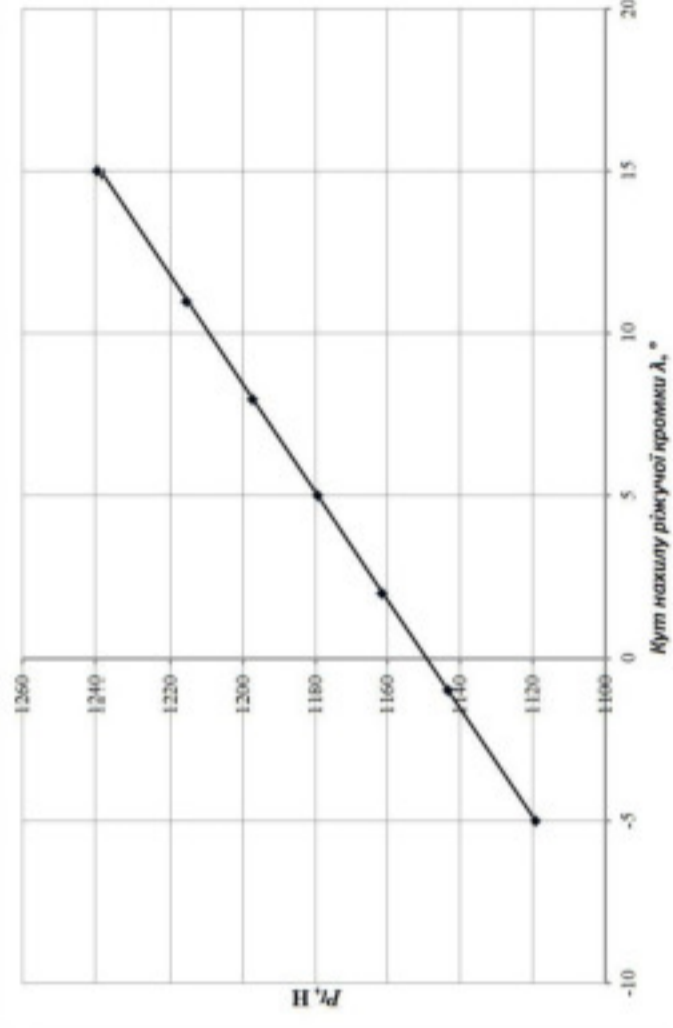


Рисунок 2 – Залежність максимальної тангенційної складової P_t сили різання від кута нахилу λ ріжучої кромки

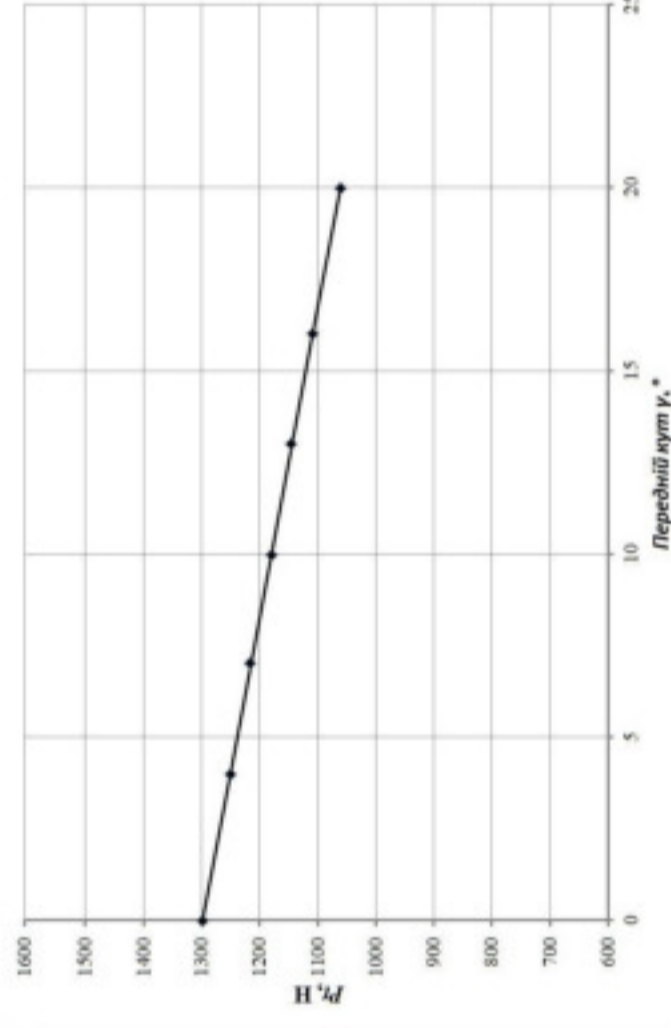
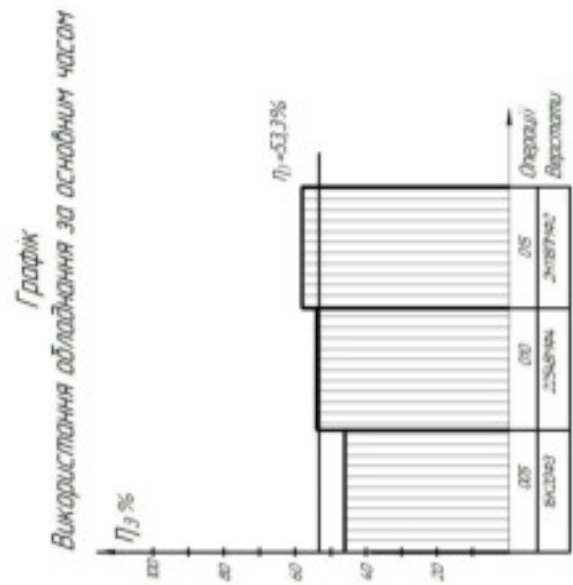
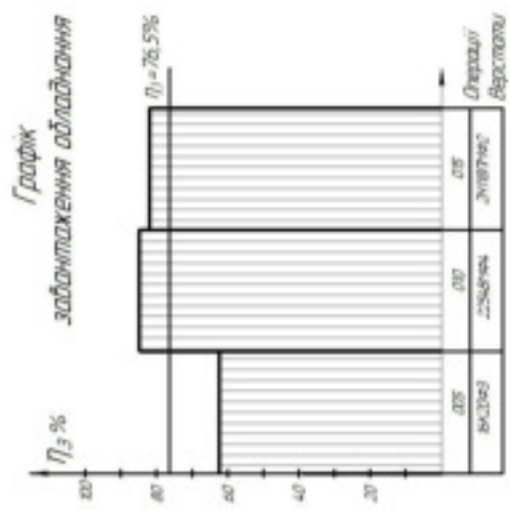
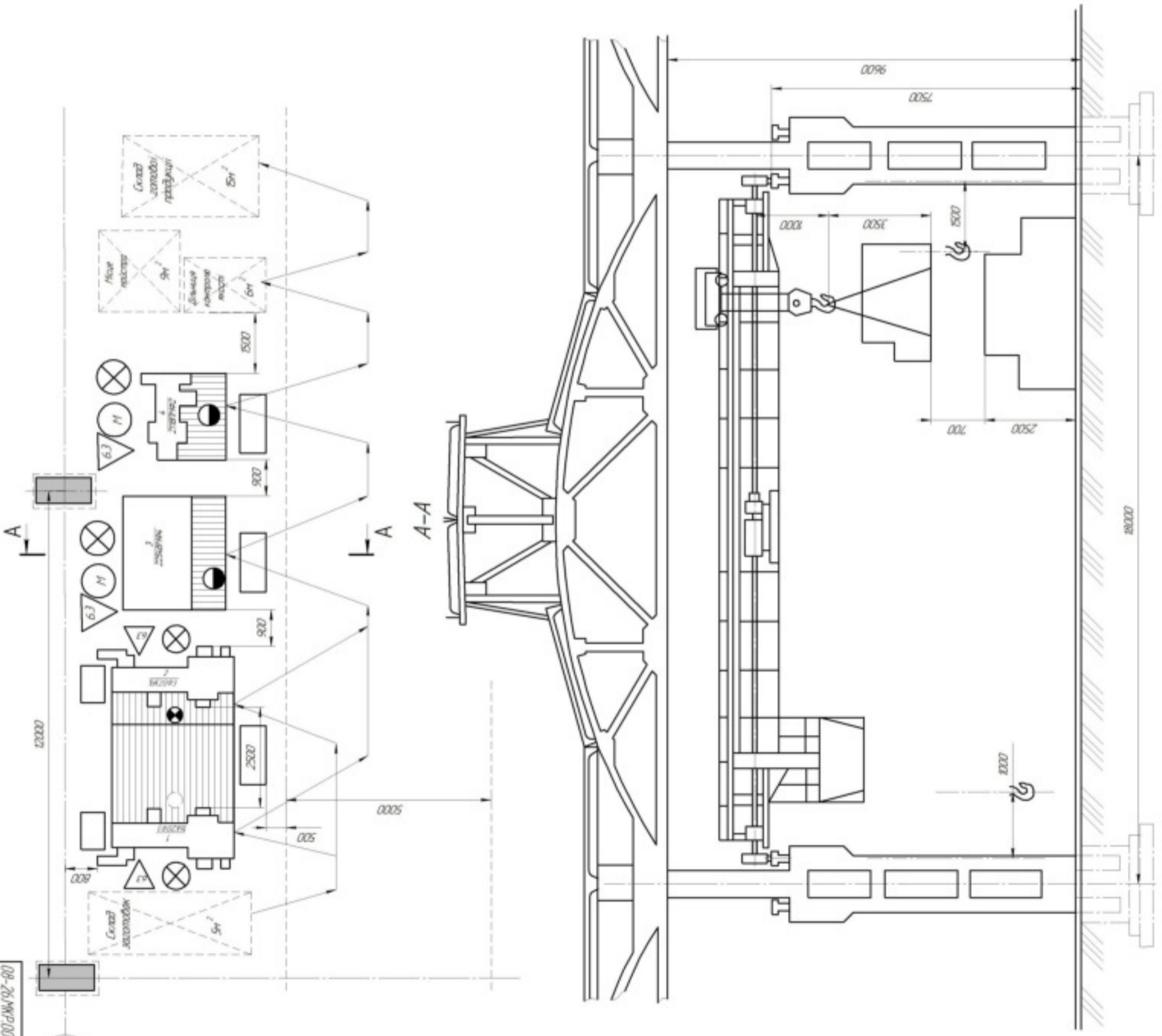


Рисунок 3 – Залежність максимальної тангенційної складової P_t сили різання від переднього кута γ



- Технічна характеристика дільниці
- 1 Площа дільниці (м²)
загальна - 115м²
виробнича - 100м²
допоміжна - 15м²
 - 2 Кількість працюючих (чол)
робітників основних - 3
допоміжних - 1
і т р - 1
 - 3 Верстатів, шт. - 4

08-26.МКР.007.00.500 ВЗ		План дільниці	
№ кресла	№ ар.	Дата	Виконав
1	1	1950	ВНЗ
1	1	1950	ст. ар. ВП-2М

Техніко-економічні показники

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Удосконалений маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>0,37</i>	<i>0,37</i>
<i>Програма випуску, шт.</i>	<i>40000</i>	<i>40000</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>0,5</i>	<i>0,42</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,74</i>	<i>0,88</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>61,0</i>	<i>15,81</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>8</i>	<i>4</i>
<i>Середня потужність верстатів, кВт</i>	<i>8,1</i>	<i>6,6</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{зсер}$</i>	<i>41,4%</i>	<i>76,5%</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження за основним часом, $\eta_{зосер}$</i>	<i>48%</i>	<i>53,3%</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>16</i>	<i>6</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>4,5</i>	<i>3</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>200</i>	<i>100</i>
<i>Собівартість одиниці продукції, грн</i>	<i>79,32</i>	<i>55,08</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>853175,84</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>267152,16</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>3,19</i>