

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу “Кришка НШ50А.03.005”»**

08-26.МКР.008.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-20м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Подолян А. О.

Керівник: к.т.н., професор каф. ТАМ

_____ Лозінський Д. О.

« 13 » _____ грудня _____ 2021 р.

Опонент: к.е.н., доцент каф. АТМ

_____ Буренніков Ю. Ю.

« 21 » _____ грудня _____ 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

_____ д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

« _____ » _____ 2021 р.

Вінниця ВНТУ – 2021 рік

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.

« 18 » жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Подольану Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»

керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 24 » березня 2021 року № 277.

2. Строк подання студентом роботи: 20 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка НШ50А.03.005»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 50000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»; проектування верстатного пристосування для свердлильної операції з ЧПК; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Кришка НШ50А.03.005»; кришка (заготовка); 3D-модель заготовки «Кришка»; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень (операція 010); пристосування верстатне; вибір приводу пристосування, розрахунок його параметрів; розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу; план дільниці механічного цеху; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 19 » жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	02.11.21 р.	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	12.11.21 р.	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	15.11.21 р.	
4	Розв'язання поставлених задач	26.11.21 р.	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	29.11.21 р.	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	05.12.21 р.	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	10.12.21 р.	
8	Попередній захист МКР	13.12.21 р.	
9	Перевірка роботи на плагіат	10.12.21 р.	
10	Нормоконтроль МКР	20.12.21 р.	
11	Опонування МКР	21.12.21 р.	
12	Захист МКР	22.12.21 р.	

Студент

(підпис)

Подольян А. О.

Керівник роботи

(підпис)

Лозінський Д. О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Подолян А. О. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2021. 121 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 29 назв; рис.: 27; табл. 33.

У магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Фланець», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; спроектовано верстатне пристосування для свердлильної операції; розроблено комп'ютерну програму для гідравлічного розрахунку трубопроводів пристосування; 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 технології та дільниці механічної обробки. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

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

ABSTRACT

Podolian A. O. Improvement of the technological process of machining the workpiece of a part of the «Cover NSh50A.03.005» type. Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2021. 121 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 29 titles; fig.: 27; tabl. 33.

In the master's qualification work, the technological process of machining the workpiece of a part of the «Cover NSh50A.03.005» type has been improved. In the general part of the work, a review of the technologies for manufacturing a part of the «Flange» type was carried out, the expediency of improving the existing technological process of machining a workpiece of a part of the «Cover NSh50A.03.005» type was substantiated.

In the technological part, a variant selection and a feasibility study of a method for manufacturing a blank are made; variants of the route of machining a part of the «Cover NSh50A.03.005» type with the use of CNC machines were developed and the best of them was chosen at a minimum of the reduced costs; dimensional-accurate modeling of the improved technological process of machining was carried out; the cutting modes and time norms are determined; a machine tool for drilling operation has been designed; a computer program has been developed for the hydraulic calculation of the pipelines of the device; the reduced program, the number of equipment and workers are calculated; the area of mechanical processing has been improved.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of machining the workpiece of the part, the payback period and the economic effect obtained as a result of improving the technology and the machining site are calculated. The work also developed measures for labor protection and safety in emergency situations.

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

Key words: technological process, machining, workpiece, part, device, machining area.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	11
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	11
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»	12
1.3 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка НШ50А.03.005»	14
1.4 Характеристика удосконалених технологічних процесів	15
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»	18
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	18
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	20
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	24
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	31
2.5 Вибір чорнових та чистових технологічних баз	25
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	34
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	36
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	39
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	43
2.10 Призначення режимів різання	47
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	49

	6
2.12 Визначення технічних норм часу	50
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СВЕРДЛИЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК	53
3.1 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки	53
3.2 Аналіз похибки установки в пристосуванні	55
3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування	57
3.4 Розрахунок зусилля закріплення	58
3.5 Вибір приводу, розрахунок його параметрів	63
3.6 Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу	64
3.7 Розрахунок на міцність елементів конструкції	69
3.8 Розмірне моделювання та аналіз конструкції пристосування на точність	71
3.9 Технічні характеристики конструкції розробленого пристосування	72
4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»	73
4.1 Розрахунок приведеної програми	73
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	74
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	76
4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	77
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»	79
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	79
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»	86
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	92
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	96
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	97

	7
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	97
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	101
6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт	101
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	105
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	110
ВИСНОВКИ	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	118
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	122
Додаток Б Дані для розрахунку кількісних коефіцієнтів технологічності	123
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина	126

ВСТУП

Актуальність. Однією з найважливіших галузей промисловості в світі є машинобудування. На ній базується виробництво майже будь-якої продукції, адже усюди використовуються певні машини, верстати, механізми. Тому основна задача машинобудування полягає в забезпеченні високоефективними обладнанням різні гілки виробництва.

При виготовленні будь-яких виробів дуже важливу роль відіграє якість, конкурентоспроможність, собівартість та інші показники, що виділяють товар на ринках збуту. А для збільшення та покращення цих показників в першу чергу слід вибирати найбільш сприятливі умови виробництва, необхідно удосконалити організацію виробництва, застосовувати комплексну механізацію і автоматизацію виробничих процесів.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленого технологічного процесу механічної обробки;
- проектування верстатного пристосування для операції;
- розробка алгоритму та комп'ютерної програми для гідравлічного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу в гідроприводі верстатного пристосування;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій ділянці;

- 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 «Фланець».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістали подальший розвиток алгоритм та блок-схема гідравлічного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу за заданими вхідними даними витрати, густини та кінематичної в'язкості рідини, діаметра, довжини та типу трубопроводу з врахуванням режиму руху рідини в трубопроводі та рекомендаційних норм.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005». Запропоновані рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» запропоновано два способи лиття – лиття під тиском та лиття в кокіль. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при цьому способі (0,93) більший, ніж з при виготовленні заготовки литтям в кокіль (0,71); при цьому вартість заготовки складає 32,8 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 121,12 грн.

- удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» з використанням верстатів з ЧПК;

- спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 015 операції на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі 2P135Ф2;

- розроблено комп'ютерну програму, яка призначена для швидкого та точного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу в гідроприводі розробленого верстатного пристосування для 015 операції. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідникових даних і може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Гідравліки, гідродинаміки та гідроприводу»;

- спроектовано дільницю механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

Апробація результатів роботи. Доповідь на конференції: І науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2021), Вінниця, 10-12 березня 2021 р. У співавторстві опубліковано тезу доповіді.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

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

Службове призначення деталі – задана деталь «Кришка НШ50А.03.005» призначена для захисту та закриття корпусу шестеренного насосу НШ-50В.

Деталь «Кришка НШ50А.03.005» (рис. 1.1) виготовляється з алюмінієвого сплаву АК7 ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93). Матеріал добре обробляється різанням. Матеріал відносно невеликої собівартості.

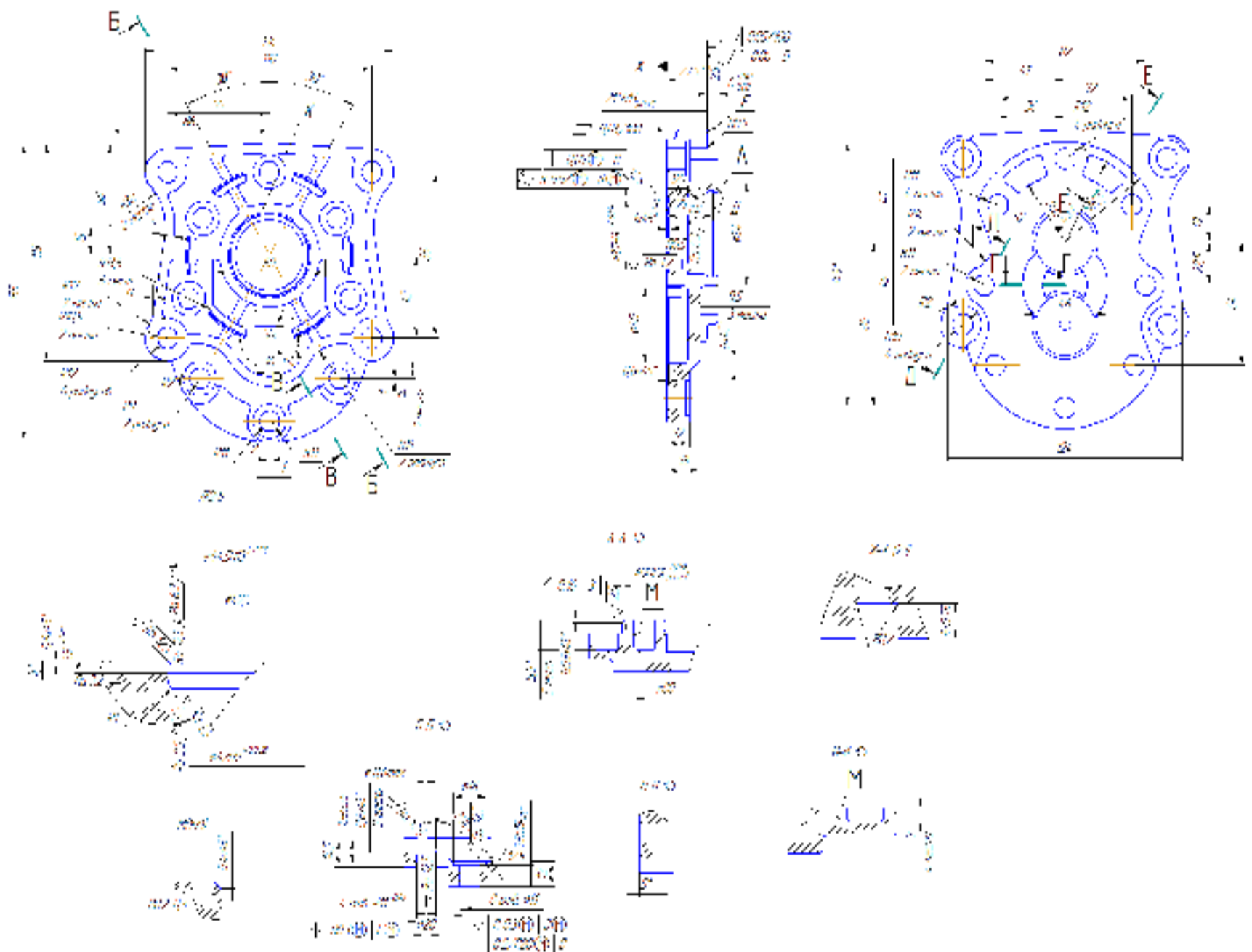


Рисунок 1.1 – Деталь «Кришка НШ50А.03.005»

Найбільш відповідальними поверхнями є: внутрішні циліндричні поверхні – $\varnothing 37H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$, $\varnothing 44,5H13^{(+0,39)}$; зовнішні поверхні – $\varnothing 90f9^{(-0,036)}$, $21,5h13^{(-0,33)}$.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- перпендикулярність поверхні $21,5h13_{(-0,33)}$ відносно бази В;
- площинність $21,5h13_{(-0,33)}$;
- радіального биття поверхні $\varnothing90f9_{(-0,123)}^{(-0,036)}$ відносно бази З;
- позиційний допуск отворів до $\varnothing8$ бази З та В;
- позиційний допуск отворів $\varnothing11$ до бази Г;
- позиційний допуск отвору $\varnothing37H8^{(+0,039)}$ до бази В та Д.

Основними конструкторськими базами є отвір $\varnothing37H8^{(+0,039)}$ та площина. Допоміжна конструкторська база – отвір $\varnothing42H9^{(+0,062)}$ та поверхня В (27,5), а також $\varnothing90f9_{(-0,123)}^{(-0,036)}$, за допомогою яких визначається положення деталей, що приєднується до даного виробу. Вільними поверхнями будуть поверхні, які не стикаються з поверхнями інших деталей виробу.

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

Задана деталь «Кришка НШ50А.03.005» відноситься до класу корпусних але за своєю конфігурацією вона близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець».

Типовий технологічний процес (ТП) обробки деталі «Стакан» (рис. 1.2) представлений у вигляді таблиці 1.1 [1].

Типовий ТП побудований на використанні верстатів напівавтоматів, багатоцільових з ЧПК, алмазно-розточувальних та круглошліфувальних (універсальних). Токарні автомати призначені для умов великосерійного і масового виробництва і деталей циліндричної форми. Задана деталь «Кришка НШ50А.03.005» має складну просторову форму по зовнішньому контурі, що ускладнює використання токарних патронних напівавтоматів, що запропоновано в типовому ТП.

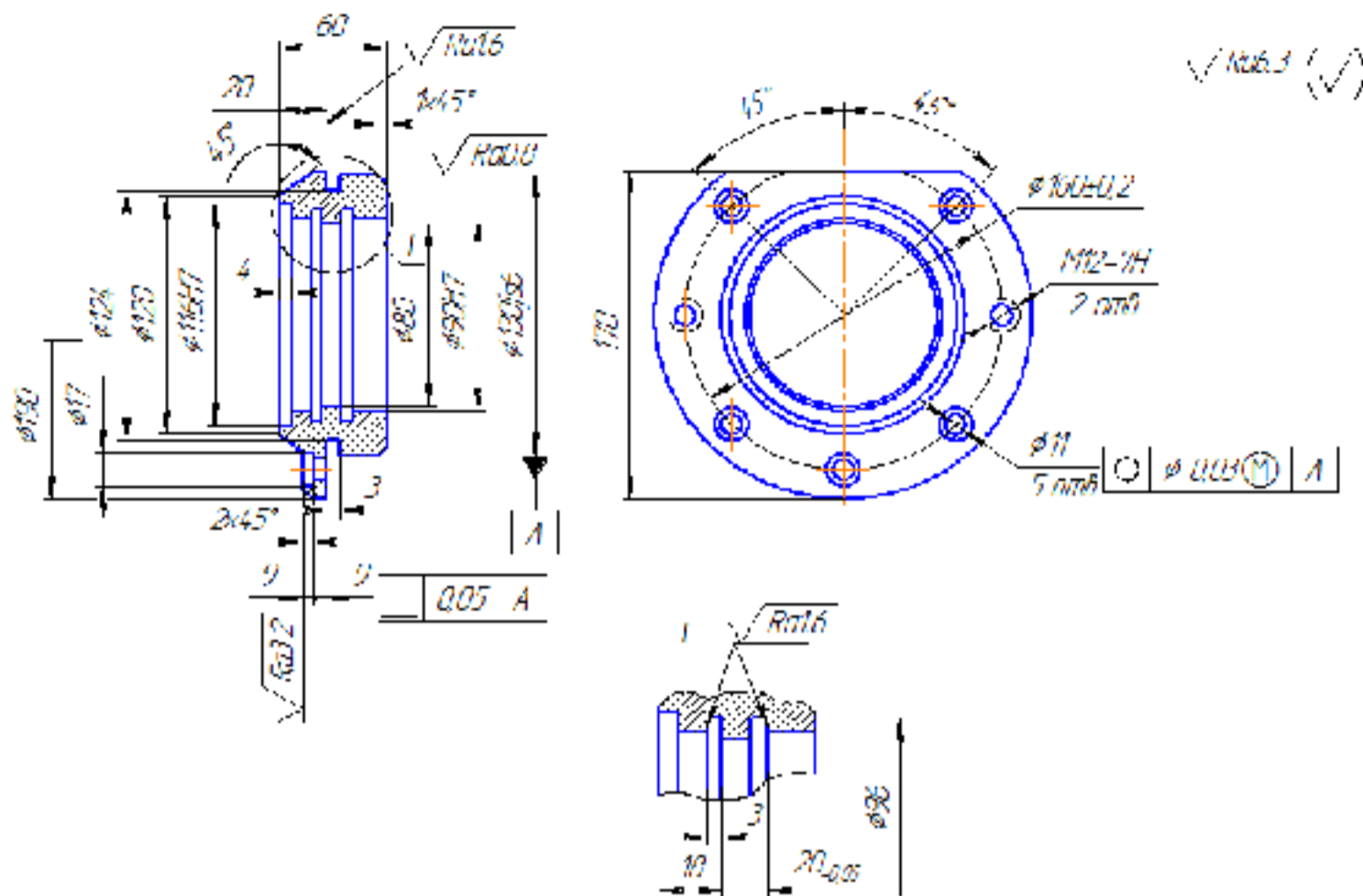


Рисунок 1.2 – Деталь типу «Стакан»

Таблиця 1.1 – ТП механічної обробки деталі «Стакан» [1]

№ операції	Короткий зміст операції	Верстат, пристосування
1	2	3
005	Підрізання торця $\varnothing 130\text{Js6}/\varnothing 90\text{H7}$ попереднє, підрізання торця $\varnothing 190$ (правий торець) одноразове, точіння поверхні $\varnothing 130\text{Js6}$ попереднє, точіння канавки попереднє, розточування попереднє отвору $\varnothing 80$ і отвору $\varnothing 90\text{H7}$ з підрізанням торця $\varnothing 90\text{H7}/\varnothing 80$.	Токарний напівавтомат КТ141, трикулачковий патрон
010	Підрізання торця $\varnothing 190$ (лівий торець) одноразове, підрізання торця $\varnothing 144$ одноразове, розточування отвору $\varnothing 116\text{H7}$ попереднє, точіння поверхні $\varnothing 190$ попереднє, точіння конічної поверхні $\varnothing 144 \times 45^\circ$ попереднє.	Токарний напівавтомат КТ141, трикулачковий патрон
015	Підрізання торця $\varnothing 130\text{Js6}/\varnothing 90\text{H7}$ остаточне, точіння поверхні $\varnothing 130\text{Js6}$ з підрізанням торця $\varnothing 190$ (правий торець) остаточне під шліфування, точіння фаски одноразове, точіння канавки остаточне. Розточування отвору $\varnothing 90\text{H7}$ попереднє з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90\text{H7}/\varnothing 80$ і отвору $\varnothing 80$ остаточне, точіння канавки $3 \times \varnothing 96$ остаточне.	Токарний напівавтомат КТ141, трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
020	Підрізання торця Ø144/Ø116H7 остаточне, точіння поверхні Ø190 остаточне, точіння конусної поверхні Ø144×45° остаточне. Розточування отвору Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/Ø80 під тонке розточування, розточування виточки Ø116H7, розточування 2 канавок 3×Ø96.	Токарний напівавтомат КТ141, трикулачковий пневматичний патрон
025	Свердління 5-ти отв. Ø11, 2-ох отв. Ø10,2 під різь М12-7Н, зенкувати 5-ть отв. Ø11/Ø17, фаски 2×60°, нарізання різі М12. Фрезерування лиски одноразове, витримуючи розмір 120.	Багатоцільовий з ЧПК ГФ2171, наладка УСПО
030	Розточування двох отворів Ø90H7 остаточне.	Алмазно-розточувальний, пристосування
035	Термічна обробка.	
040	Шліфування отвору Ø130Js6 з підшліфовуванням торця Ø190 (правий торець) одноразове.	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ, спец. оправка

1.3 Критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Існуючий ТП, що використовується на базовому підприємстві при виготовленні деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» шестеренного насоса представлений в таблиці 1.2.

Але його використання для даного серійного виробництва в сучасних ринкових умовах не є досить раціональним і є економічно затратним. Та, наприклад, на операції 005 запропоновано карусельно-фрезерний верстат, що є високопродуктивним і спеціально налагоджений для обробки деталей певного типу, тому його використовують в великосерійному і масовому виробництві, а для даного типу виробництва, тобто серійного, його використання не є доцільним. Тому на даних операціях ми використаємо верстати з ЧПК, що порівняно зменшить кількість верстатів, а відповідно і площі, які займають обладнанням.

Таблиця 1.2 – Базовий технологічний процес деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»

№ операції	Найменування. Короткий зміст операцій та переходів	Тип верстату
005	Карусельно-фрезерна Фрезерувати поверхню основи.	Карусельно-фрезерний 621МС1Н
010	Вертикально-свердлильна Зенкувати фаски в отворі зі сторони основи.	Вертикально-свердлильний 2Б118
015	Вертикально-свердлильна Розвернути отвори.	Вертикально-свердлильний 2Н125
020	Вертикально-свердлильна Свердлити отвори.	Вертикально-свердлильний 2Н125
025	Алмазно-розточувальна Розточити отвори і підрізати круглий торець.	Розточувальний ОС-6383
030	Токарно-револьверна Розточити фасочну виточку.	Токарно-револьверний 1341
035	Токарно-гвинторізна Підрізати торець, обточити бурт, обточити фаску.	Токарно-гвинторізний 1К62

Характеристики базової дільниці:

- основна виробнича площа – 240 м²;
- площа цехового складу – 8,5 м²;
- площа відділення по переробці стружки – 150 м²;
- кількість верстатів – 8 шт.;
- кількість працюючих по обслуговуванню верстатів – 16 чол.

1.4 Характеристика удосконалених технологічних процесів

Річна програма випуску деталі складає 50000 шт., крім того, дільниця буде використовуватися і для механічної обробки інших подібних деталей.

Крім деталі «Кришка НШ50А.03.005» насоса НШ-50В на верстатах планується обробляти кришку для насоса НШ-46, програма випуску якої складає

50000 шт. Приведена програма складатиме приблизно 90950 деталей на рік (див. розділ 3).

Оскільки верстати мають легко і швидко переналагоджуватися на випуск іншої продукції, то, очевидно, для удосконалення базового ТП необхідно використовувати обладнання з ЧПК. Також використання верстатів з ЧПК дозволить значно зменшити виробничу площу, скоротити час на обробку деталей, також знизить використання електроенергії за рахунок зменшення обладнання.

Зокрема, перша операція буде використовуватися на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13PФ3, що дозволить обробити чистові технологічні бази. Операція 010 буде виконуватися на токарному верстаті з ЧПК моделі 16K20Ф3, що дозволить обробити інші циліндричні поверхні швидко та одного установи. Операція 015 буде виконуватися на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2H125Ф2, що дозволить обробити 8 отворів.

Запропоновані варіанти удосконалених маршрутів механічної обробки деталі «Кришка НШ50А.03.005» представлені в таблицях 1.3 і 1.4.

Як кращий варіант, за мінімумом приведених витрат обрано варіант ТП № 1 (див. розділ 2).

Таблиця 1.3 – Удосконалений ТП (1 варіант)

№ операції	Операція, установ	Обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК Фрезерування поверхні, зенкерування кріпильних отворів, зенкерування фасок, цекування заглиблень.	6P13PФ3
010	Токарна з ЧПК Розточування центрального отвору, розточування фасочної виточки, розточування з'єднувальних поверхонь.	16K20Ф3
015	Свердлильна з ЧПК Цекування кріпильних отворів.	2P135Ф2

Таблиця 1.4 – Удосконалений ТП (2 варіант)

№ операції	Операція, установ	Обладнання
005	Багатоцільова Фрезерування поверхні, зенкерування кріпильних отворів, зенкерування фасок, цекування заглиблень.	ГФ2171
010	Токарна з ЧПК Розточування центрального отвору, розточування фасочної виточки, розточування з'єднувальних поверхонь.	1В340Ф3
015	Свердлильна Цекування кріпильних отворів.	2Н125

При використанні удосконаленого маршруту механічної обробки деталі «Кришка НШ50А.03.005» зменшиться площа ділянки, оскільки зменшиться кількість верстатів, а також зменшиться кількість проміжних складів заготовок, що створюється біля кожного робочого місця. Крім того значно зменшиться кваліфікація робітників, оскільки верстати з ЧПК можуть обслуговувати робітники другого чи третього розряду, зменшиться також і кількість робітників, оскільки, зменшиться і кількість верстатів, а робітник може обслуговувати два верстати із числовим програмним управлінням.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Якісний аналіз технологічності деталі виконано згідно рекомендацій [2-4].

Деталь «Кришка НШ50А.03.005» виготовляється з алюмінієвого сплаву АК7 ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93).

Тривимірний модель деталі «Кришка НШ50А.03.005» показана на рис. 2.1.

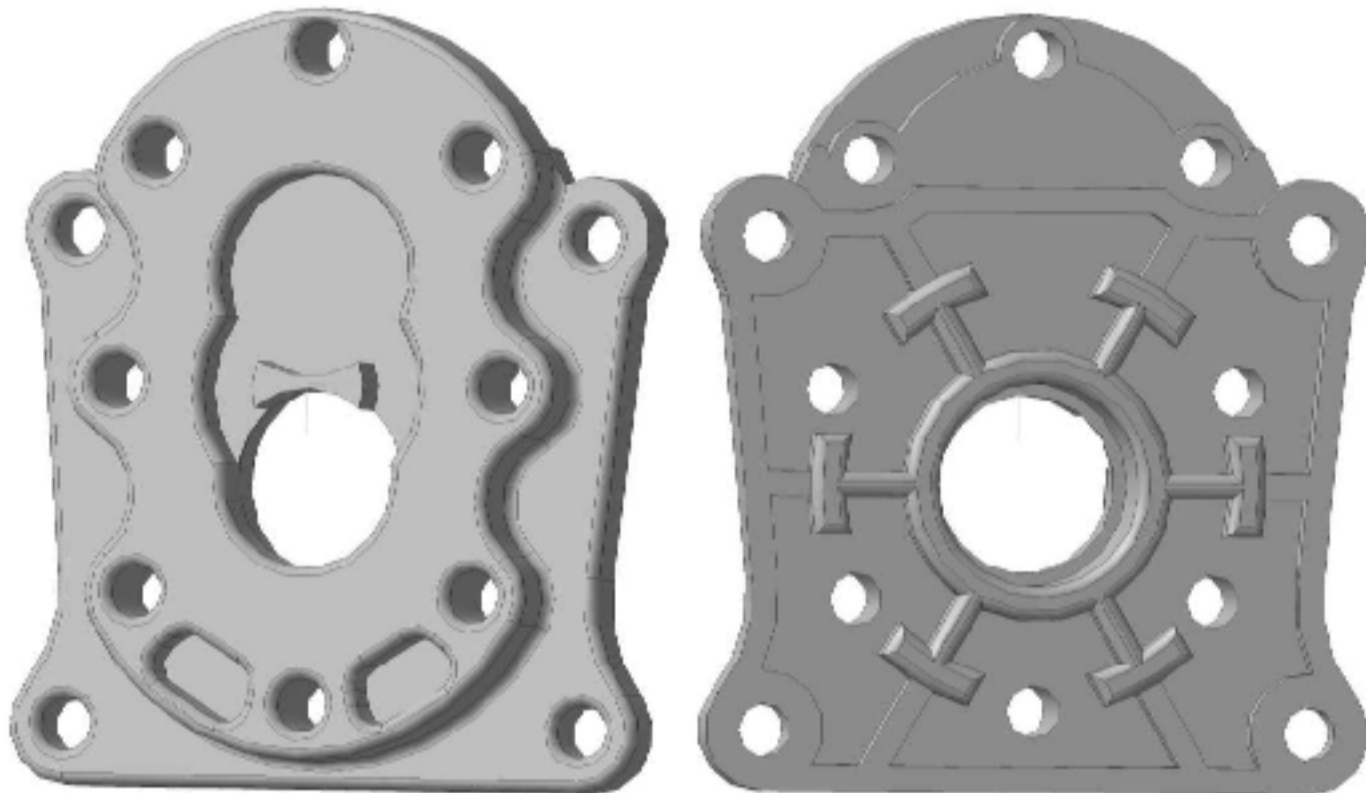


Рисунок 2.1 – Тривимірний модель деталі «Кришка НШ50А.03.005»

В цілому деталь «Кришка НШ50А.03.005» можна вважати технологічною.

Для кількісного аналізу технологічності деталі розрахуємо такі коефіцієнти [2-4].

Коефіцієнт уніфікації елементів:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Всі розміри деталі наведено в додатку А, табл. А.1.

Тоді коефіцієнт уніфікації

$$K_y = \frac{60}{78} = 0,77.$$

Загальний коефіцієнт точності обробки

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

де T_{cp} – середній квалітет точності.

Середній квалітет точності:

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

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь даної деталі, що мають точність T_i квалітету.

Квалітети точності обробки деталі наведено в додатку А, табл. А.2.

Тоді

$$T_{cp} = \frac{221}{17} = 13;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13} = 0,92.$$

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} [1/\text{мкм}], \quad (2.4)$$

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

Середня шорсткість поверхні визначається за формулою:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K} [\text{мкм}], \quad (2.5)$$

де $Ш_K$ – шорсткість оброблюваної поверхні даної деталі;

n_K – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a .

Дані для розрахунку зведено в додатку А, табл. А.3.

Тоді

$$Ш_{cp} = \frac{171}{19} = 9 \text{ (мкм)};$$

$$K_{ш} = \frac{1}{9} = 0,11 \text{ (1/мкм)}.$$

Висновок. $K_y = 0,96 > 0,77$; $K_T = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,11 < 0,32$. Отже деталь за кількісними показниками є технологічною.

На основі проведеного аналізу встановлено, що деталь технологічна за якісним та кількісними показниками.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Для визначення типу виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій скористаємося рекомендаціями [2-4]:

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

Встановлено характерні переходи механічної обробки деталі «Кришка НШ50А.03.005»:

- точіння $\varnothing 37\text{H8}$ попереднє;
- точіння $\varnothing 37\text{H8}$ попереднє;
- точіння $\varnothing 37\text{H8}$ остаточне;
- точіння $\varnothing 42\text{H9}$ попереднє;
- точіння $\varnothing 42\text{H9}$ попереднє;
- точіння $\varnothing 42\text{H9}$ остаточне;
- площину В фрезеруємо однократно.

Для кожного переходу визначено норми часу $T_{осн}$ (згідно формул наближеного нормування) [2].

Наприклад, для точіння $\varnothing 37\text{H8}$ попереднього:

$$T_{осн} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 37 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,075 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$ [2-4]:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi \text{ [хв.]}, \quad (2.7)$$

де φ_k – коефіцієнт [2-4].

При програмі випуску $N = 50000$ шт. і масі деталі – 0,489 кг за допомогою довідникових таблиць встановлюємо наближено, що виробництво великосерійне.

Для великосерійного виробництва за допомогою таблиці вибрано φ_k [2, 3].

Тоді, наприклад, для точіння $\varnothing 37\text{H8}$ попереднього:

$$T_{шт-к1} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,075 \cdot 1,36 = 0,102 \text{ (хв)}$$

Кількість верстатів для виконання переходів:

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z}, [\text{шт.}] \quad (2.8)$$

де N – річна програма, шт. ($N = 50000$ шт.);

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

F_∂ – дійсний річний фонд часу, год. ($F_\partial = 3890$ год.);

η_z – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_z = 0,65$ – великосерійне виробництво).

Наприклад, для точіння $\varnothing 37\text{H}8$ попереднього:

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{шт-к1}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{50000 \cdot 0,102}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,034.$$

Прийнята кількість верстатів:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 1.$$

Коефіцієнт завантаження фактичний:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P}, \quad (2.9)$$

де P – прийняте число робочих місць.

Наприклад, для точіння $\varnothing 37\text{H}8$ попереднього:

$$\eta_{зф1} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,034}{1} = 0,034.$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем:

$$O = \frac{\eta_{з.м.}}{\eta_{зф}}. \quad (2.10)$$

Наприклад, для точіння $\varnothing 37H8$ попереднього:

$$O_1 = \frac{\eta_2}{\eta_{зф1}} = \frac{0,65}{0,034} = 19,1 \triangleright 19.$$

Тоді:

$$K_{з.м.} = \frac{\sum O_o}{P_я} = \frac{19+16+11+14+11+8}{1+1+1+1+1+1} \approx 13.$$

Отже, $10 \leq K_{з.м.} < 20$ – виробництво серійне.

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_\delta = \frac{N}{254} = \frac{50000}{254} = 197 \text{ (шт.)}. \quad (2.11)$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_\delta = \frac{F_\delta}{T_{шт-к.сп}} \cdot \eta_3 = \frac{952}{0,276} \cdot 0,65 = 2242 \text{ (шт.)} \quad (2.12)$$

де $T_{шт-к.сп}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт-к.сп} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к.i}}{n} = \frac{0,102+0,12+0,181+0,15+0,177+0,265+0,936}{7} = 0,276 \text{ (хв.)} \quad (2.13)$$

де $T_{штi}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних операцій.

Так як $N_\delta \leq Q_\delta$, то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{50000 \cdot 6}{254} = 1181 \text{ (шт.)} \quad (2.14)$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.ср.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,227 \cdot 1181}{476 \cdot 0,8} = 0,7 > 1.$$

Визначаємо кількість деталей у партії

$$n_{\text{пр.}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{пр.}}}{T_{\text{шт-к.ср.}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{0,276} = 1380 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 1380 шт.

Отже, тип виробництва – середньосерійний (групова форма організації роботи), при цьому $n_{\text{пр.}} = 1380$ шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Доцільні такі способи виготовлення заготовки [5-7]:

- лиття в піщано-глинисті форми;
- лиття під тиском;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття в кокіль.

Остаточо обрано два найоптимальніших: лиття під тиском та лиття в кокіль.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Вибрані норми точності та припуски вибрані згідно [5, 6]. Запишемо всі вибрані припуски до таблиць 2.1-2.2.

Таблиця 2.1 – Норми точності вилівка при литті під тиском

Вихідні дані	Лиття під тиском	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	3-7т	4
Ступінь жолоблення елементів вилівки	3-6	4
Ступінь точності поверхні вилівка	3-7	4
Шорсткість поверхонь вилівка, мкм	Ra=4,0	
Клас точності маси	1-7	4
Ряд припусків	1-3	2

Таблиця 2.2 – Норми точності вилівка при литті в кокіль

Вихідні дані	Лиття в кокіль	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	5-9	6
Ступінь жолоблення елементів вилівки	3-6	4
Ступінь точності поверхні вилівка	5-10	6
Шорсткість поверхонь вилівка, мкм	Ra=6,3	
Клас точності маси	4-11т	6
Ряд припусків	1-4	2

Проектування заготовки виконане згідно рекомендацій [5, 6].

Розраховані розміри заготовок записано до таблиці 2.3 і таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Вибір допусків, припусків та розрахунок розмірів заготовки

Лиття під тиском	Ø90f9	Ø42H9	Ø37H8	Ø11,6	Ø11	27,5	21,5h13	18	14,5	12	12,0	6	12*
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Допуски розмірів	0,36	0,32	0,28	0,22	0,22	0,28	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,18	0,22
Допуски форми чи розміщення	0,24												
Допуски зміщення по площині роз'єму	0,22	-	-	-	-	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Допуск на перекіс стержня	-	0,1	0,1	0,09	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуски маси	2,4												
Допуски нерівностей	0,1												
Загальний допуск	0,5	0,44	0,44	0,4	0,4	0,44	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,36	0,4
Припуск мінімальний	0,2												
Припуск загальний	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
Кількість переходів механічної обробки													
По точності розмірів	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	3	-	1	2	2	2	-	2	-	2	-
Прийнята кількість переходів	2	2	3	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1
Розміри заготовки	91,4	40,6	35,6	10,6	10	28,2	22,8	18,7	15,2	12,7	13,2	5,4	12,5

Таблиця 2.4 – Вибір допусків, припусків та розрахунок розмірів заготовки

Лиття в кокіль	Ø90f9	Ø42H9	Ø37H8	Ø11,6	Ø11	27,5	21,5h13	18	14,5	12	12,0	6	12*
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Допуски розмірів	0,7	0,64	0,56	0,44	0,44	0,56	0,5	0,5	0,44	0,44	0,44	0,36	0,44
Допуски форми чи розміщення	0.24												
Допуски зміщення по площині роз'єму	0,44	-	-	-	-	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Допуск на перекіс стержня	-	0,2	0,2	0,18	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуски маси	5.0												
Допуски нерівностей	1.6												
Загальний допуск	0,9	0,7	0,7	0,56	0,56	0,7	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,5	0,56
Припуск мінімальний	0,2												
Припуск загальний	1,2	1,1	1,1	1	1	1,1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,6
	Кількість переходів механічної обробки												
По точності розмірів	2	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	3	-	1	2	2	2	-	2	-	2	-
Прийнята кількість переходів	2	3	3	1	1	3	2	2	1	2	1	2	1
Розміри заготовки	92,4	39,8	34,8	9,6	9	28,6	23,4	19,1	15,6	13,1	13,7	5,3	12,6

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовок

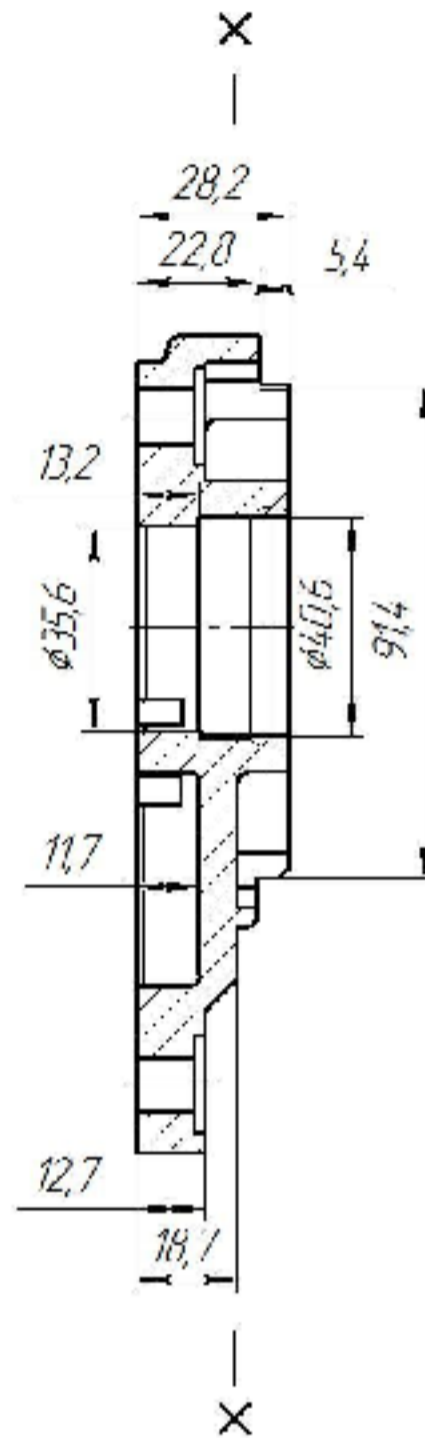


Рисунок 2.2 – Ескіз виливків заготовок під тиском

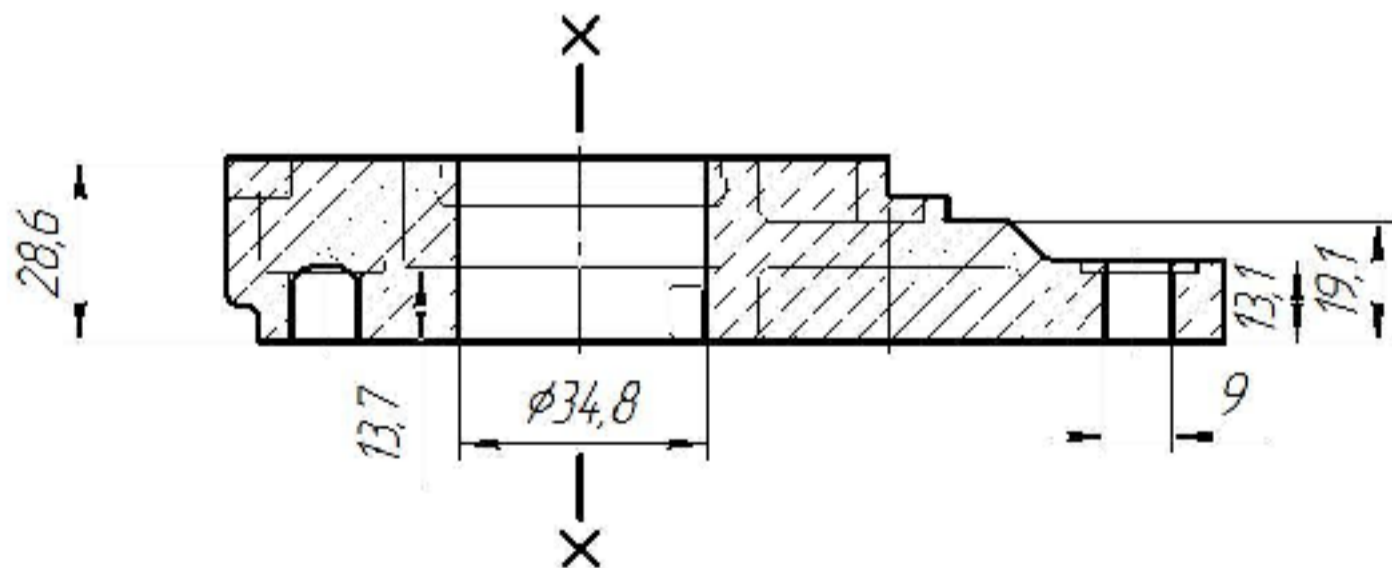


Рисунок 2.3 – Ескіз виливків заготовок в кокіль

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

За допомогою програми «Компас-3D» розрахуємо масу заготовок для лиття під тиском і в кокіль (рис. 2.4-2.5).

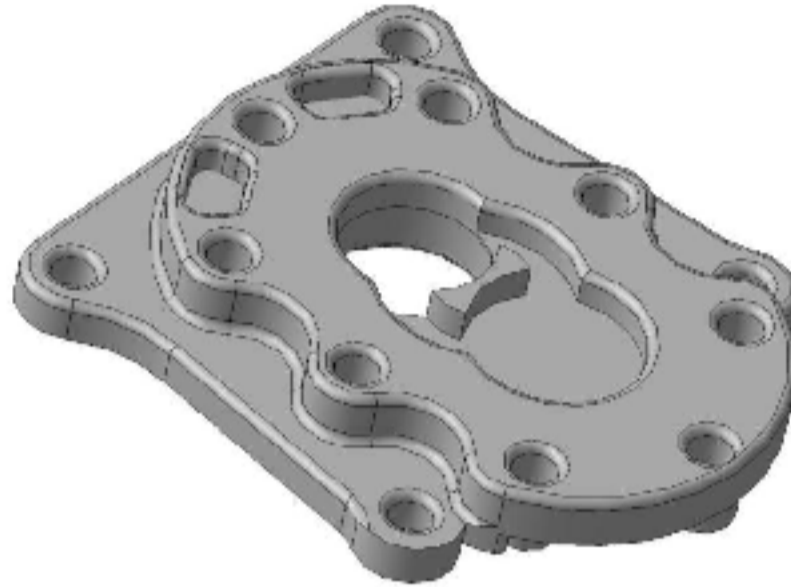


Рисунок 2.4 – 3D-модель заготовки виготовленої литтям під тиском

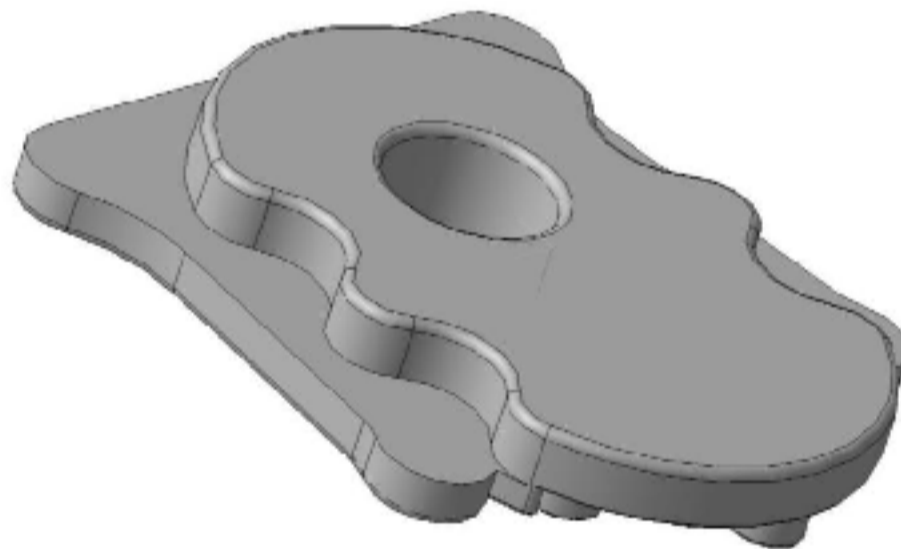


Рисунок 2.5 – 3D-модель заготовки виготовленої литтям в кокіль

Коефіцієнт точності маси заготовки визначається за залежністю

$$\gamma = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.15)$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі, кг (приймається згідно з кресленням деталі);

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг.

Коефіцієнт точності маси заготовки при литті під тиском:

$$\gamma_1 = 0,489/0,525 = 0,93.$$

Коефіцієнт точності маси заготовки при литті в кокіль:

$$\gamma_2 = 0,489/0,688 = 0,71.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті під тиском більший, ніж при в кокіль, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки [5]:

$$C_{заг.} = \frac{(Q_{заг.} \cdot C_{л.} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II})}{1000} - \frac{(Q_{заг.} - Q_{відх.})}{1000} \cdot C_{відх.} \text{ [грн.]}, \quad (2.16)$$

де $C_{л.}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок.

$C_{відх.}$ – вартість 1 т відходів, $C_{відх.} = 6000$ грн./т.

Лиття в під тиском:

$$C_{заг.} = \frac{0,525 \cdot 64560 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,09}{1000} - \frac{0,525 - 0,489}{1000} \cdot 6000 = 32,8 \text{ (грн.)}$$

Лиття в кокіль:

$$C_{заг2} = \frac{0,688 \cdot 43800 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,0 \cdot 1,02 \cdot 0,95}{1000} - \frac{0,688 - 0,489}{1000} \cdot 6000 = 121,12 \text{ (грн.)}$$

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

Економічний ефект при використанні лиття під тиском:

$$E = (121,12 - 32,8) \cdot 50000 = 4416000 \text{ (грн.)}$$

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

Розрахунки для циліндричної поверхні $\varnothing 90f9_{-0,123}^{-0,036}$ (IT 9), Ra = 2,5 мкм.

Допуск заготовки $T_{заг} = 500$ мкм, допуск деталі $T_{дет} = 87$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає [4]:

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

$$\varepsilon = \frac{500}{87} = 5,75,$$

де ε_i – окремі ступені уточнення.

Отже, можна прийняти 2 або 3 переходи механічної обробки, приймаємо 2 переходи механічної обробки. Тоді $\varepsilon_1 = 5$; $\varepsilon_2 = 1,15$.

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{500}{5} = 100 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 10);$$

$$T_2 = \frac{100}{1,15} = 87 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 9).$$

Остаточно приймаємо 2 переходи механічної обробки: точіння попереднє; точіння остаточне.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	ε	n	Допуск, мм	IT	Вид механічної обробки
Ø37H8	$\varepsilon = \frac{0.28}{0.039} = 7,2$	$\varepsilon_1 = 5$ $\varepsilon_2 = 1,44$	$T_1 = 0,07$ $T_2 = 0,04$	10 8	попереднє точіння остаточне точіння
Ø42H9	$\varepsilon = \frac{0.32}{0.062} = 5,2$	$\varepsilon_1 = 5$ $\varepsilon_2 = 1,04$	$T_1 = 0,1$ $T_2 = 0,07$	10 9	попереднє точіння остаточне точіння
Ø90f9	$\varepsilon = \frac{0.36}{0.087} = 4,16$	$\varepsilon_1 = 5$ $\varepsilon_2 = 1,15$	$T_1 = 0,1$ $T_2 = 0,087$	10 9	попереднє точіння остаточне точіння
21.5h13; 27,5;12;18 (ліва сторона)					фрезерування однократне
21,5 h13(права сторона)					точіння однократне
Ø44,5H13					точіння однократне
Ø10,5h15					цекування отвору
Ø11					зенкування однократно
Ø20					цекування однократне

2.5 Вибір чорнових та чистових технологічних баз

На операції 010 використовується такий комплект баз: поверхня площини як упорна база та внутрішні циліндричні поверхні як напрямна. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена рис. 2.6.

В якості чорнових баз на перших операції 005 використаємо торець як упорну базу, а зовнішню поверхню як напрямну – ця схема базування відповідає

трикулачковому патрону. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена рис. 2.7.

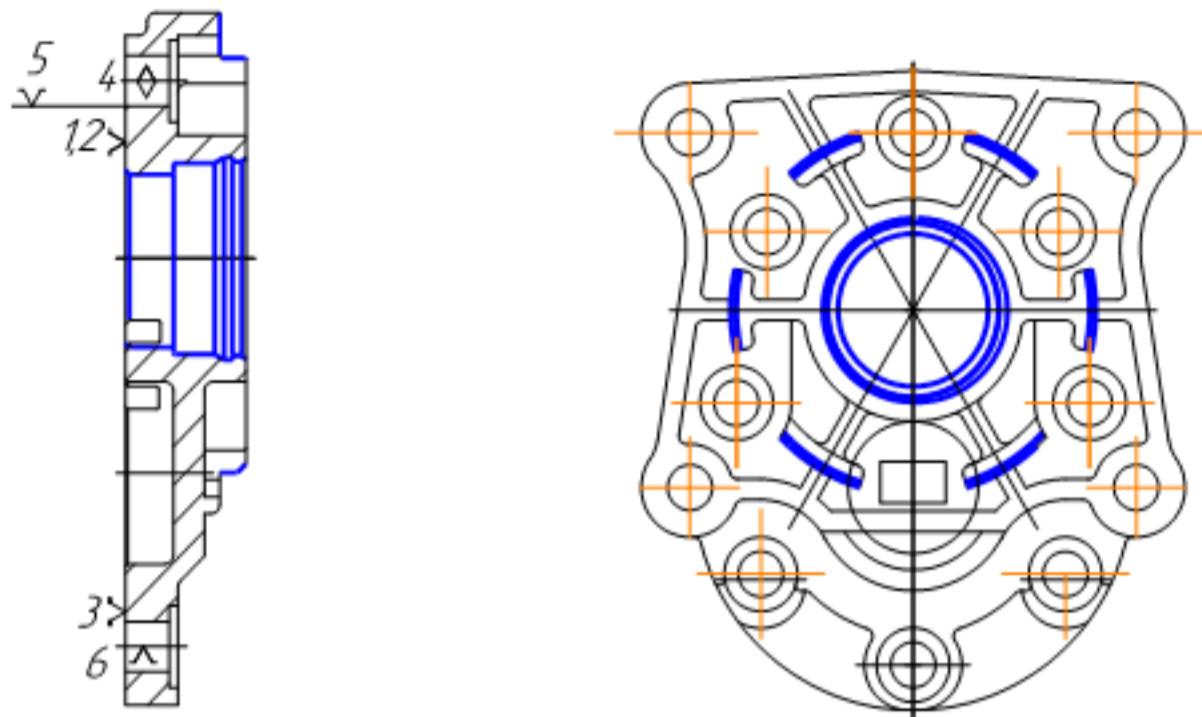


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази

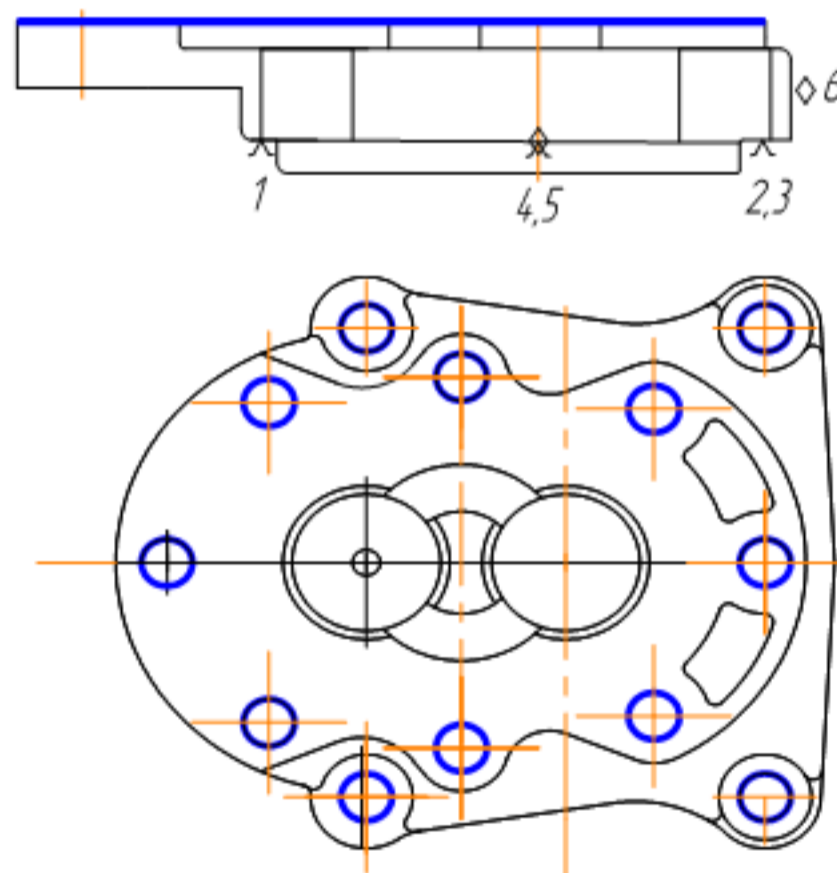
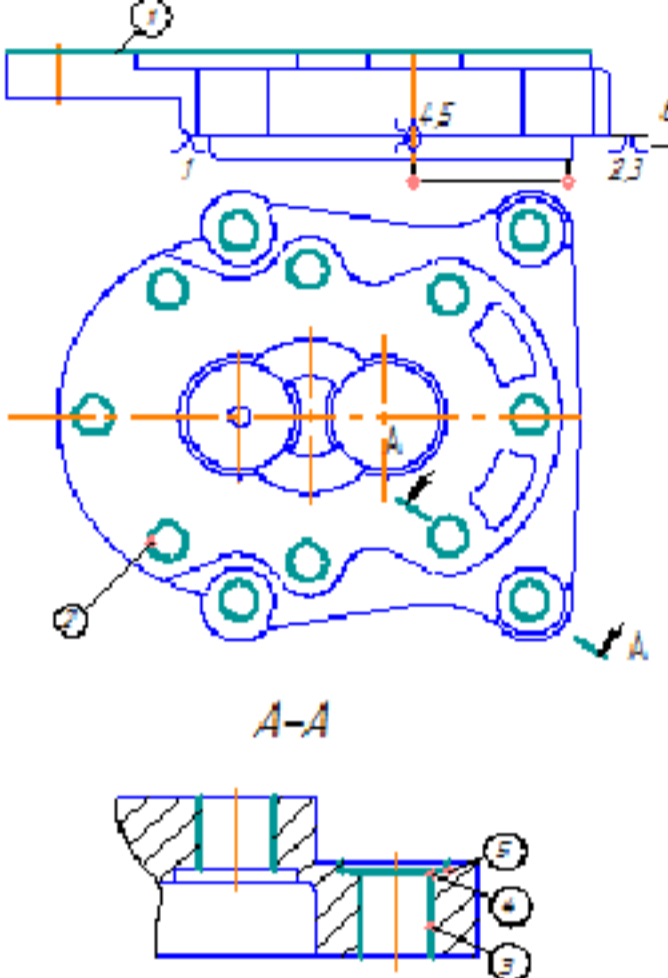
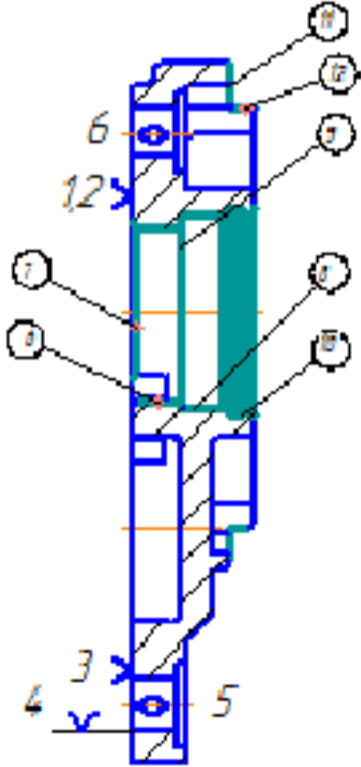


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази

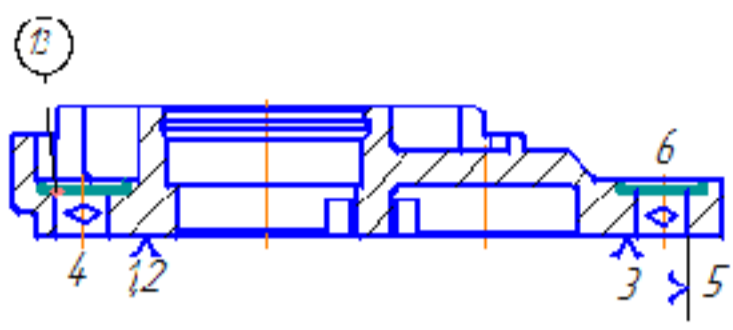
Використання даних схем базування дозволяє нам забезпечити необхідні вимоги точності.

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

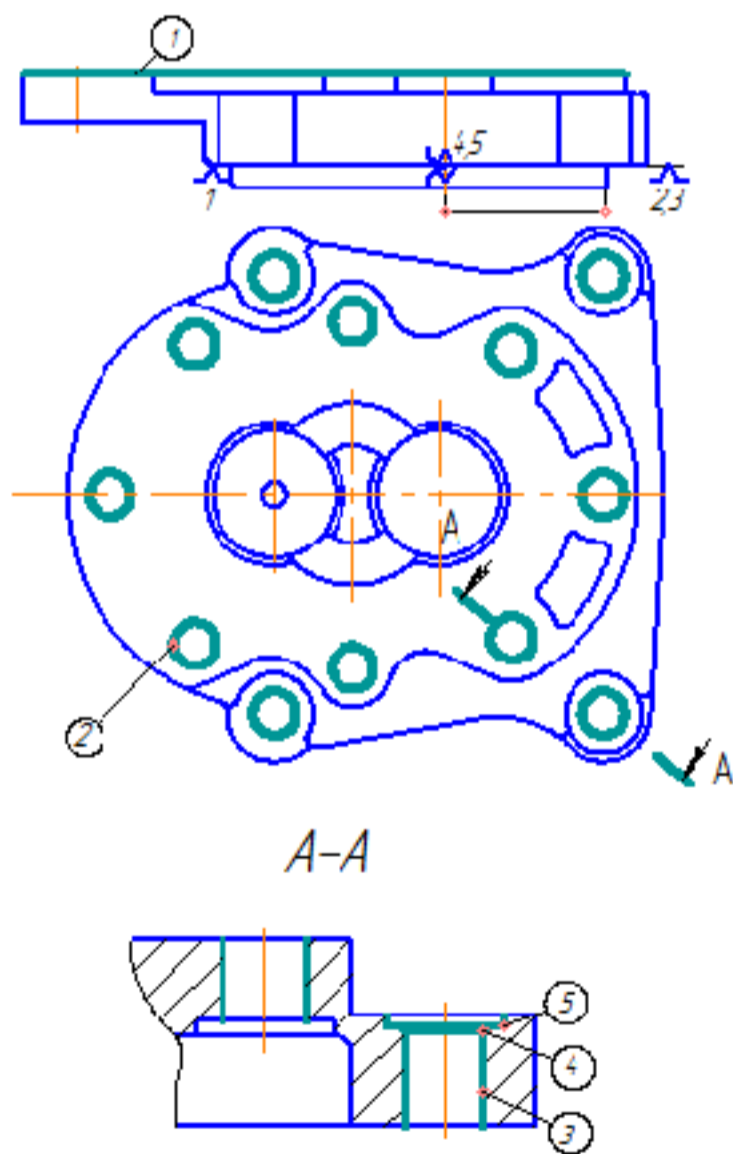
Таблиця 2.6 – 1-й варіант ТП механічної обробки

№ оп.	Найменування та зміст операцій	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	<p>Багатоцільова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 однократно. 3. Зенкерувати 8 отв. 2 однократно. 4. Зенкерувати 4 отв. 3 однократно. 5. Зенкувати 4 фаски 4 однократно. 6. Цекувати 4 заглиблення 5 однократно. 7. Зняти заготовку. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Розточити по контуру послідовно пов. 8 попередньо, 9 однократно, 6 попередньо, 7 однократно. 3. Розточити пов. 6,8 остаточно. 4. Розточити виточку 10 однократно. 5. Точити по контуру пов. пов. 12 попередньо, пов. 11 однократно. 6. Розточити пов. 12 остаточно. 7. Зняти заготовку. 		Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3

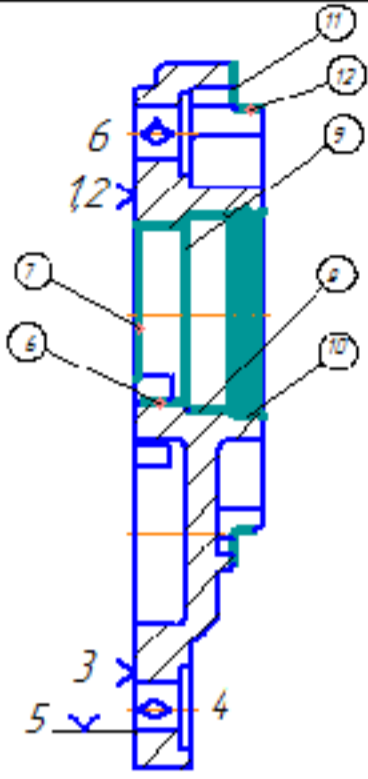
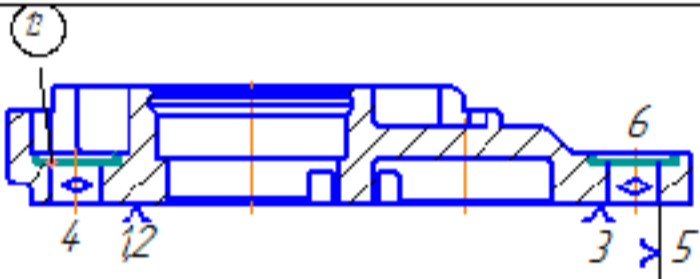
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
015	Свердлильна з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Цекувати 8 отв. 13. 3. Зняти деталь.		Вертикально-свердильний 2P135Ф2

Таблиця 2.7 – 2-й варіант ТП механічної обробки

№ операції	Назва. Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема базування	Тип верстаку
1	2	3	4
005	Багатоцільова 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пов. 1. 3. Зенкерувати 8 отв. 2. 4. Зенкерувати 4 отв. 3 однократно. 5. Зенкерувати 4 фаски 4 однократно. 6. Цекувати 4 заглиблень 5 однократно. 7. Зняти деталь.		ГФ2171

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Розточити по контуру послідовно пов 8 попередньо, 9 однократно, 6 попередньо, 7 однократно. 3. Розточити пов. 6,8 остаточно. 4. Розточити виточку 10 однократно. 5. Точити по контуру пов. пов. 12 попередньо, пов. 11 однократно. 6. Розточити пов. 12 остаточно. 7. Зняти заготовку. 		1В340Ф3
015	<p>Свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Цекувати 8 отв. 13 3. Зняти деталь. 		2Н125

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

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою [3]:

$$C_0 = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 1,3} \text{ [грн.]}, \quad (2.18)$$

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

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

Таблиця 2.8 – Годинні приведені затрати [3]

Модель верстату	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$, грн./год.
ГФ2171	127,3
1В340Ф3	65,9
2Р135Ф2	59,2
6Р13РФ3	65,6
16К20Ф3	65,9
2Н125	68,1

Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час, наприклад, на точіння поверхні по 13- му квалітету визначається за формулою:

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3}, [\text{хв.}]$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_k [\text{хв.}]$$

де φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання

Визначивши штучно-калькуляційний час занесемо всі розрахунки до таблиці 2.9.

Розрахуємо собівартість технологічного процесу по 1-му варіанту:

$$C_{005} = \frac{65,6 \cdot 16,89}{60 \cdot 1,3} = 14,20 \text{ (грн.)};$$

$$C_{010} = \frac{65,9 \cdot 12,13}{60 \cdot 1,3} = 10,25 \text{ (грн.)};$$

$$C_{015} = \frac{59,2 \cdot 0,6}{60 \cdot 1,3} = 0,46 \text{ (грн.)};$$

$$\Sigma C_1 = 14,20 + 10,25 + 0,46 = 24,91 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 2.9 – Визначення штучно-калькуляційного часу операцій ТП

Операції та переходи	Тосн. · 10 ⁻³ , хв.	φ	Тшт.к, хв.
1	2	3	4
005 Багатоцільова			
2. Фрезерувати пов. 1 однократно	6·l	1,35	12,07
3. Зенкувати 8 отв. 2 однократно.	0,21·d·l		2,62
4. Зенкувати 4 отв. 3 однократно.	0,21·d·l		1,62
5. Зенкувати 4 фасок 4 однократно.	0,21·d·l		0,08
6. Цекувати 4 заглиблення 5 однократно.	0,31·d·l		0,5
$\sum T_{шт.к} = 16,89$ хв.			
010 Токарна			
2. Розточити по контуру пов. 8 попередньо, 9 однократно, 6 попередньо, 7 однократно.	0,18·d·l + 0,037·(D ² -d ²)+ + 0,18·d·l + 0,17 d·l	1.36	2,96
3. Розточити пов. 8 остаточно	0,18·d·l		1,59
4. Розточити пов. 6 остаточно	0,2·d·l		1,09
5. Розточити фасочну виточку 10 однократно.	0,18·d·l		0,54
6. Точити по контуру пов. 12 попередньо, пов. 11 однократно.	0,17·d·l + 0,037· (D ² -d ²)		3,6
7. Розточити пов. 12 остаточно.	0,17·d·l		1,25
$\sum T_{шт.к} = 12,13$ хв.			
015 Свердлильна			
2. Цекувати 4 отв. 13 однократно.	0,31·d·l	1,8	0,6
$\sum T_{шт.к} = 0,6$ хв.			

Розрахуємо собівартість технологічного процесу по 2-му варіанту:

$$C_{005} = \frac{127,3 \cdot 16,89}{60 \cdot 1,3} = 27,57 \text{ (грн.)};$$

$$C_{010} = \frac{65,9 \cdot 12,13}{60 \cdot 1,3} = 10,25 \text{ (грн.)};$$

$$C_{015} = \frac{68,1 \cdot 0,6}{60 \cdot 1,3} = 0,52 \text{ (грн.)};$$

$$\sum C_2 = 27,57 + 10,25 + 0,52 = 38,34 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при цьому

$$E = (C_{02} - C_{01}) \cdot N = (38,34 - 24,91) \cdot 50000 = 671500 \text{ (грн.)}$$

Отже, вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю, виготовленою за другим варіантом маршруту механічної обробки. Тому перший варіант прийнятний для подальшої розробки.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри розміщено згідно ТП та вибраних технологічних баз.

2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

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

Відповідно:

$$T(B_1) = 0,52 \text{ мм,}$$

$$T(B_2) = 0,43 \text{ мм,}$$

$$T(B_3) = 0,52 \text{ мм,}$$

$$T(B_4) = 0,52 \text{ мм,}$$

$$T(Z_1) = 1,2 \text{ мм,}$$

$$T(Z_2) = 0,7 \text{ мм.}$$

Визначені допуски виконуються при подальших розрахунках технологічних розмірів. Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

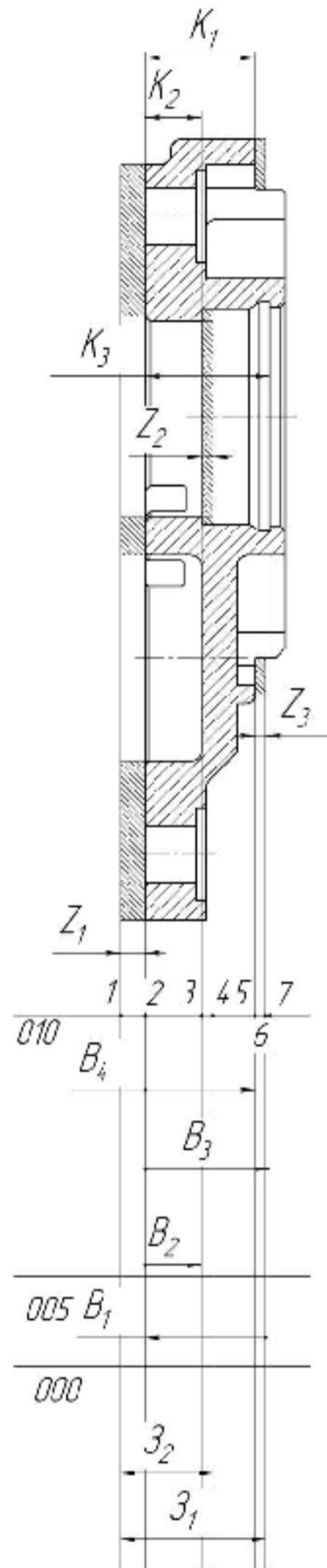


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

2.8.4 Прохідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

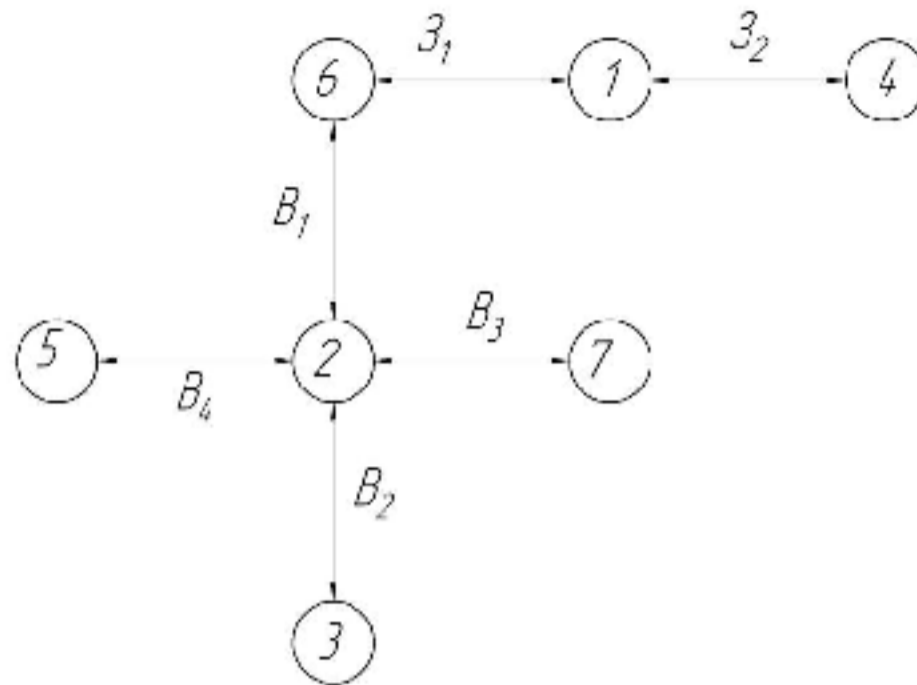


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

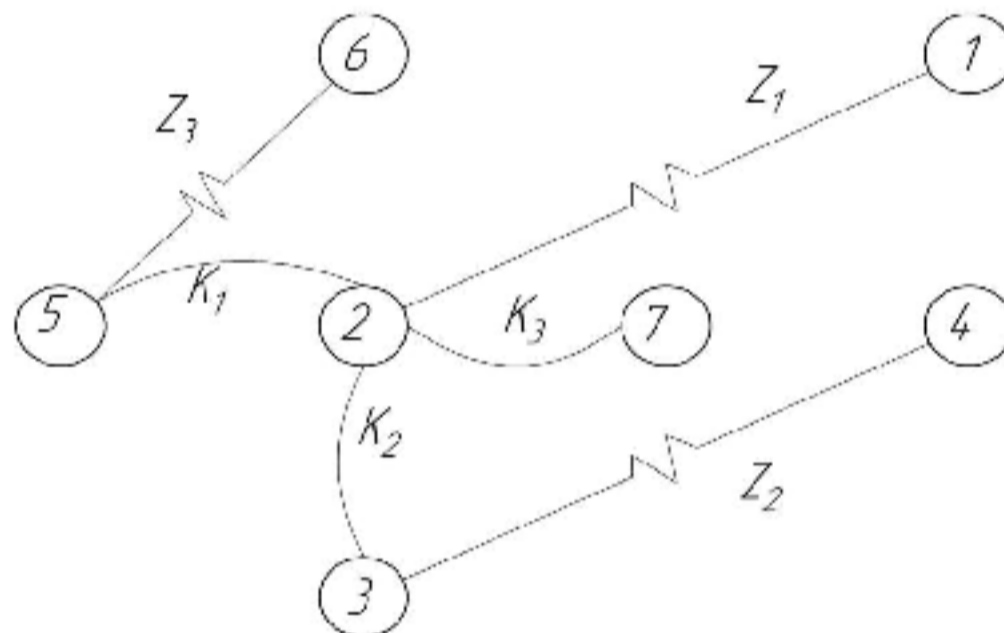


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

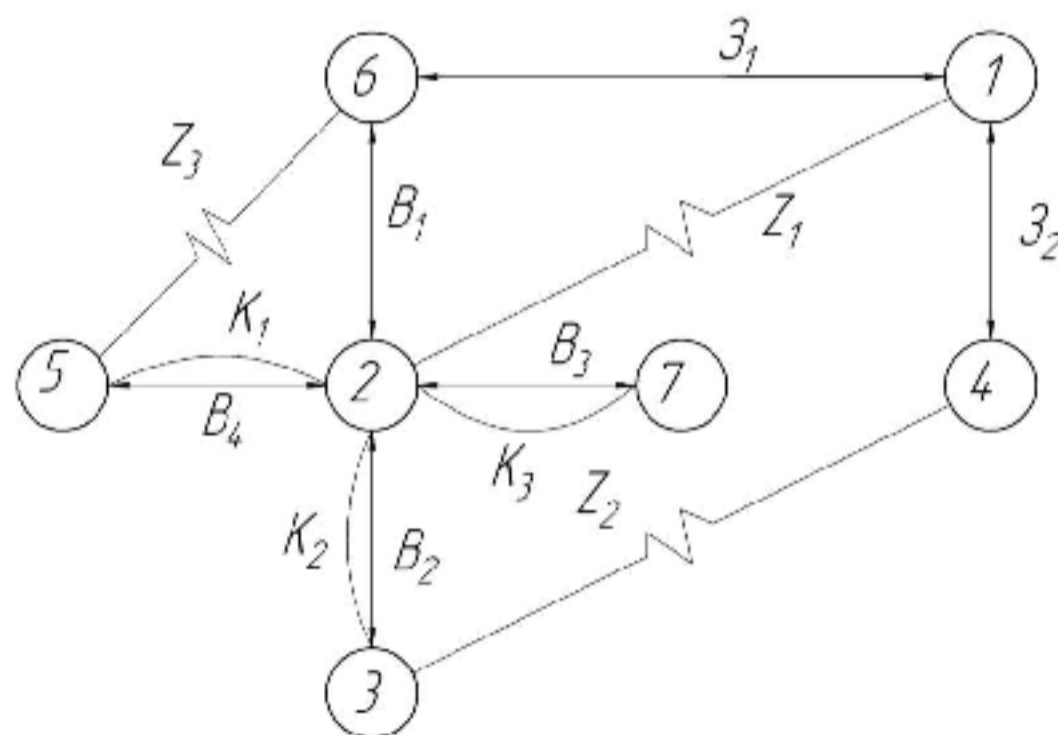


Рисунок 2.11 – Суміщений граф

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць.

$$Z_{1\min} = 0,6 \text{ мм}; Z_{2\min} = 0,6 \text{ мм}; Z_{3\min} = 0,3 \text{ мм}.$$

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф – дерева, запишемо розрахункові рівняння, що для всіх розмірів занесемо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
$B_2 - K_2 = 0$	$B_2 = K_2$	B_2
$B_3 - K_3 = 0$	$B_3 = K_3$	B_3
$B_4 - K_1 = 0$	$B_4 = K_1$	B_4
$B_1 - B_4 - Z_3 = 0$	$B_1 = B_4 + Z_3$	B_1
$3_1 - B_1 - Z_1 = 0$	$3_1 = B_1 + Z_1$	3_1
$3_2 - 3_1 + B_1 - B_2 - Z_2 = 0$	$3_2 = 3_1 - B_1 + B_2 + Z_2$	3_2

2.8.7 Визначення проміжних технологічних розмірів

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цю межі:

$$1. B_2 = K_2 = 12_{-0,43} \text{ мм}.$$

$$2. B_3 = K_3 = 25_{-0,33} \text{ мм}.$$

$$3. B_4 = K_1 = 21,5_{-0,33} \text{ мм}.$$

$$4. B_1 - B_4 - Z_3 = 0;$$

$$B_{1\min} = B_{4\max} + Z_{3\min} = 21,5 + 0,3 = 21,8 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 21,8 + 0,43 = 22,23 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 22,015^{\pm 0,215} \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = B_{1\max} - B_{4\min} = 22,23 - 21,27 = 1,06 \text{ (мм)}.$$

$$5. 3_1 - B_1 - Z_1 = 0;$$

$$3_{1\min} = B_{1\min} + Z_{1\min} = 21,8 + 0,6 = 22,4 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 22,4 + 0,52 = 22,92 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 22,66^{\pm 0,26} \text{ мм.}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 22,92 - 21,8 = 1,12 \text{ (мм)}.$$

$$6. Z_2 - Z_1 + B_1 - B_2 - Z_2 = 0;$$

$$Z_{2\min} = Z_{1\min} - B_{1\max} + B_{2\max} + Z_{2\min} = 22,4 - 22,23 + 12 + 0,6 = 12,77 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 12,77 + 0,43 = 13,2 \text{ (мм)};$$

$$Z_2 = 12,985^{\pm 0,215} \text{ мм};$$

$$Z_2 = Z_{2\max} - Z_{1\min} + B_{1\max} - B_{2\min} = 13,2 - 22,4 + 22,23 - 11,57 = 1,46 \text{ (мм)}.$$

Запишемо всі знайдені розміри у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Технологічні розміри

Розміри, мм	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
min	21.8	11,57	24,67	21,17
max	22.23	12	25	21,5
Розміри	Z ₁	Z ₂	-	-
min	22,4	12,77	-	-
max	22,92	13,2	-	-
Розміри	Z ₁	Z ₂	Z ₃	-
min	0.6	0.6	0.3	-
max	1.12	1.46	1.06	-

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та документацію пов'язану із ним.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Проведемо розрахунки для циліндричної поверхні $\varnothing 90f9_{-0,123}^{-0,036}$ [2].

Вихідні дані: заготовка кришки – лиття, маса заготовки – 0,525 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 90f9_{-0,123}^{-0,036}$ складається із двох ступенів механічної обробки: попереднього точіння, остаточного точіння. Обточування здійснюється на токарному верстаті при схемі базування в призму.

При розв'язанні поставленої задачі результат та технологічний маршрут обробки заносимо в розрахункову таблицю 2.16.

Оскільки в даному випадку обробка здійснюється на токарному верстаті в самоцентруючій призмі, похибка базування буде дорівнювати нулю (оброблюється діаметральний розмір), що має значення для даного розміру. В такому разі ця величина виключається із основної формули для розрахунку мінімального припуску.

Знайдемо похибку установки за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.19)$$

де ε_{δ} – похибка базування; ε_3 – похибка закріплення; ε_{np} – похибка положення заготовки.

$\varepsilon_{\delta} = 0$ – похибка базування на діаметральний розмір дорівнює нулю.

$$\varepsilon_3 = 50 \text{ мм [2];}$$

$$\varepsilon_{np} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{6}\right) \cdot T = \frac{1}{6} \cdot 87 = 14;$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{90^2 + 14^2} = 91.08(\text{мкм}).$$

Записуємо розрахункові формули для визначення сумарного значення просторових відхилень:

$$\rho_D = \rho_{кор} = \Delta_k \cdot D = 1.5 \cdot 90 = 135(\text{мкм}).$$

де ρ – просторове відхилення на внутрішній діаметр, Δ_k – часткова кривизна заготовок на один міліметр довжини.

Враховуючи значення коефіцієнта уточнення даного виду заготовки і методу обробки, остаточне значення просторового відхилення можна прийняти наступним:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 135 = 8,1 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 8,1 = 0,486 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунок мінімальних значень припусків здійснюється, використовуючи основну формулу [2]:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ai}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.20)$$

Якщо значення $R_{z_{i-1}}$ і T_{i-1} нам відомі із відповідних таблиць [2, 3], то величину похибки закріплення заготовок при установці в радіальному напрямку для обробки на токарних верстатах приймаємо відповідно до величини при закріпленні заготовки в самоцентруючій призмі, а отже величина становитиме $\varepsilon = 90$ мкм.

Тоді матимемо наступні значення мінімальних припусків:

- під попереднє точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (75 + 75 + \sqrt{8,1^2 + 90^2}) = 2 \cdot 240 \text{ (мкм)};$$

- під остаточне точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{0,486^2 + 90^2}) = 2 \cdot 190 \text{ (мкм)}.$$

Аналогічно попередньому прикладу здійснюємо розрахунки і всіх інших колонок таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Технологічні розміри на механічну обробку

Технологічні переходи обробки поверхні $\phi 90f9(-0,036/-0,123)$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрах. розмір, мм d_{δ}	До-пуск, мм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення, мм	
	R_z	T	ρ	ε_{δ}				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}^{zp}$	$2Z_{\max}^{zp}$
Заготовка	200		135	-	-	90,947	0,54	90,947	91,487	-	-
Точіння попереднє	75	75	8,1	37,7	2·240	90,567	0,208	90,467	90,675	0,48	0,812
Точіння остаточне	50	50	0,486		2·190	90,087	0,087	90,087	90,174	0,38	0,502

Значення розрахункового діаметра:

$$d_2 = 90,087 \text{ мм};$$

$$d_1 = 90,087 + 0,38 = 90,467 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{заг}} = 90,467 + 0,48 = 90,947 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max 2} = 90,087 + 0,087 = 90,174 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max 1} = 90,467 + 0,208 = 90,675 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 90,947 + 0,54 = 91,487 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків:

$$2Z_{\max 2}^{zp} = 90,675 - 90,174 = 0,501 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{zp} = 91,487 - 90,675 = 0,812 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 2}^{zp} = 90,467 - 90,087 = 0,38 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 1}^{zp} = 90,947 - 90,467 = 0,48 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 1}^{np} - Z_{\min 1}^{np} = 0,812 - 0,48 = 0,332 \text{ (мм)}; \quad \delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 0,54 - 0,208 = 0,332 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 2}^{np} - Z_{\min 2}^{np} = 0,502 - 0,38 = 0,121 \text{ (мм)}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 0,208 - 0,087 = 0,121 \text{ (мм)}.$$

2.10 Призначення режимів різання [8-11]

Операція 005, перехід 2 – фрезерування пов. 1 (27,5) однократне.

Вхідні дані:

- верстат: 6Р13РФ3, $N_B = 7,5$ кВт;
- інструмент: фреза торцева з конічним хвостовиком, швидкоріжуча 035–2223–0104 (Ø50) ОСТ 2462–2–75 ($z = 6$);
- глибина різання: $t = 28,2 - 27,5 = 0,7$ (мм);
- довжина обробки: $\ell = 155 + 155 + 134 + 134 = 578$ (мм).

Подача $S_Z = \frac{0,06}{0,04} \text{ мм/зуб}$, приймаємо $S_{z_{\text{пр}}} = 0,05 \text{ мм/зуб}$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.21)$$

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

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

Тоді:

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

• Частота обертання шпинделя:

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

за паспортом верстата приймаємо: $n_{np} = 1500 \text{ об/хв.}$

Корегуємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1500}{1000} = 235,5 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_x^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \text{ [Н]}, \quad (2.22)$$

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

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

Тоді:

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 0,7^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 50^{1,0} \cdot 6 \cdot 1,08}{50^{0,86} \cdot 1500^0} = 215,57 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{215,57 \cdot 235,5}{1020 \cdot 60} = 0,83 \text{ (кВт)}.$$

$N_b > N$ ($7,5 \text{ кВт} > 0,83 \text{ кВт}$) – обробка заданої поверхні можлива.

Аналогічно визначимо режими різання для інших операцій.

Дані розрахунків зводимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Режими різання

№	Переходи		t, мм	S, мм/об	V _p , м/хв.	np, об/хв.	V, м/хв.	n, об/хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Фрезерувати пов. 1		0,7	0,05	256,89	1636	235.5	1500
	Зенкувати 8 отв. 2		0,5	0,8	37,28	1079.37	34.54	1000
	Зенкувати 4 отв. 3		0,5	0,8	37,28	1079.37	34.54	1000
	Зенкувати 4 фаски 4		0,6	0,8	37,37	975.7	34.54	1000
	Цекувати 4 заглиблення 5		4,5	0,8	49,2	783.5	50.24	800
010	Розточити по контуру попередньо, 9 однократно, 6 попередньо, 7 однократно.	8	1.0	0.6	130,788	991,7197	105,504	800
		9	2.5	0.4	143,505	1088,148	131,88	1000
		6	1.0	0.6	130,788	1125,736	130,7025	1125
		7	0.5	0.6	142,128	1191,15	134,235	1125
	Розточити пов. 6 попередньо	6	0.5	0.4	142,11	1223,188	145,225	1250
	Розточити пов. 6, 8 остаточно	8	0.5	0.3	179,1	1358,053	164,85	1250
		6	0.2	0.3	200,286	1518,699	197,82	1500
	Розточити виточку 10 однократно	10	1.25	0.5	161,541	1156,094	157,1963	1125
	Точити по контуру пов. 12 попередньо, пов. 11 однократно.	11	1	0,6	205	604,5058	203,472	600
		12	2	0,6	145,3	525,8396	138,16	500
12		1	0,3	183,46	663,9404	174,0816	630	
Розточити пов. 12 остаточно.								
015	Цекувати 8 отв. 13		3,5	0,1	57,35	1014,685	56,52	1000

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Знайдемо оптимальні режими різання за допомогою спеціальної комп'ютерної програми оптимізації режимів різання для поздовжнього розточування $\varnothing 42H9$ [3].

Результат оптимізації показаний на рисунку 2.12.

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

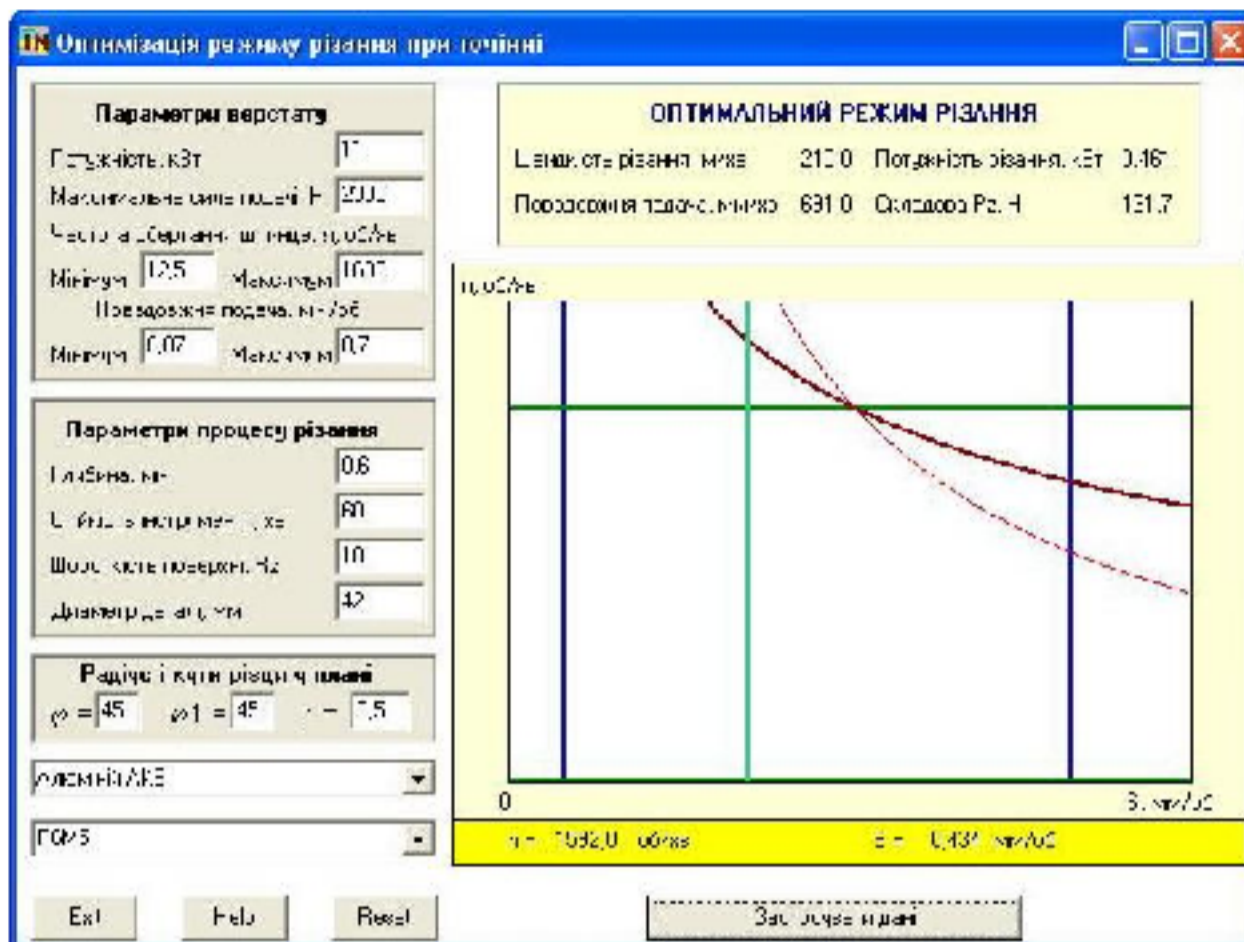


Рисунок 2.12 – Оптимізація режимів різання при точінні

2.12 Визначення технічних норм часу

В середньосерійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ [10]:

$$T_{шт-к} = T_{п.з}/n + T_0 + T_d \cdot k + T_{об.від} \quad [хв.], \quad (2.23)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – кількість деталей в партії настройки, $n = 20$ шт.;

T_0 – основний час, хв. визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad [хв.], \quad (2.24)$$

де L – довжина робочого ходу супорта; i – число проходів інструменту; s – подача; n – частота обертання;

T_d – допоміжний час, який складається із затрат часу на окремі прийоми;

$k = 1,65$ – поправочний коефіцієнт на допоміжний час при серійному виробництві;

$T_{об.від}$ – час на обслуговування робочого місця і відпочинок.

Приведемо приклад розрахунку норм часу для операцій 010.

Для операції 010.

Визначаємо підготовчо-заключний час

$$T_{п.з} = 8+6 = 14 \text{ (хв.)},$$

що складається з: налагодження верстата, інструмента і пристосувань – 8 хв.; отримання інструменту і пристосувань до початку роботи і їх здача по завершенні обробки – 6 хв.;

Допоміжний час

$$T_d = T_{уз} + T_{зв} + T_{вм.вим} + T_{підв.відв} + T_{зам.інст.} + T_{конт} \text{ [хв.]}, \quad (2.26)$$

де $T_{уз} = 0,07$ хв – час на установку деталей у самоцентруючому патроні з пневматичним зажимом;

$T_{вм.вим} = 2 \cdot 0,01 = 0,02$ хв. – час на вмикання і вимикання верстата кнопкою;

$T_{зам.інст.} = 0,15 \cdot 4 = 0,06$ хв. – час на зміну інструменту (на даній операції інструмент змінюється 4 разів);

$T_{конт} = 0,7 \cdot 2/5 = 0,068$ хв. – час на контрольні проміри штангенциркулем з установкою його на розмір в процесі вимірювання (вимірюємо 4 розміри на даній операції).

Приймаємо, що контролюємо кожну 5 деталь, тобто

$$T_{конт} = 0,13/5 = 0,026 \text{ (хв.)}$$

Тоді

$$T_d = 0,07 + 0,02 + 0,06 + 0,068 + 0,026 = 0,244 \text{ (хв.)}$$

Основний час:

$$T_{o1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{15.5}{800 \cdot 0,6} + \frac{37}{1000 \cdot 0,4} + \frac{12}{1125 \cdot 0,6} + \frac{38}{1125 \cdot 0,6} = 0,22(\text{хв.});$$

Аналогічно

$$T_{o2} = \frac{12}{1250 \cdot 0,4} = 0,024(\text{хв.});$$

$$T_{o3} = \frac{15.5}{1250 \cdot 0,3} + \frac{12}{1500 \cdot 0,3} = 0,07(\text{хв.});$$

$$T_{o4} = \frac{1.9}{1125 \cdot 0,5} = 0,008(\text{хв.});$$

$$T_{o5} = \frac{(6+3+1)}{600 \cdot 0,6} + \frac{(17+3+1)}{500 \cdot 0,6} = 0,1(\text{хв.});$$

$$T_{o6} = \frac{(6+3+1)}{630 \cdot 0,3} = 0,06(\text{хв.});$$

$$\Sigma T_o = 0,482 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок складає 6,5% від оперативного часу:

$$T_{\text{об.від}} = 6,5\%(T_{\text{оп}}) = 6,5\%(T_o + T_d) [\text{хв.}];$$

$$T_{\text{об.від}} = 6,5\%(0,482 + 0,244) / 100\% = 0,047 (\text{хв.})$$

Отже,

$$T_{\text{шт-к}} = 14/1380 + 0,482 + 0,244 + 0,047 = 0,78 (\text{хв.})$$

Таблиця 2.14 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв.	Штучно-калькуляційний час, хв.
005	4,32	6,15
010	0,482	0,78
015	0,16	0,38

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ СВЕРДЛИЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК

Метою даного розділу є розробка конструкції універсального пристосування для виконання переходів 015 операції з одного установу на верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2. Задачею даного розділу є розробка складального креслення пристосування для операції 015.

3.1 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки

Заготовка встановлюється на 2 пальці – циліндричний та зрізаний по двом отворах $\phi 11H14$ та площині «лапи», на якій виконані ці отвори.

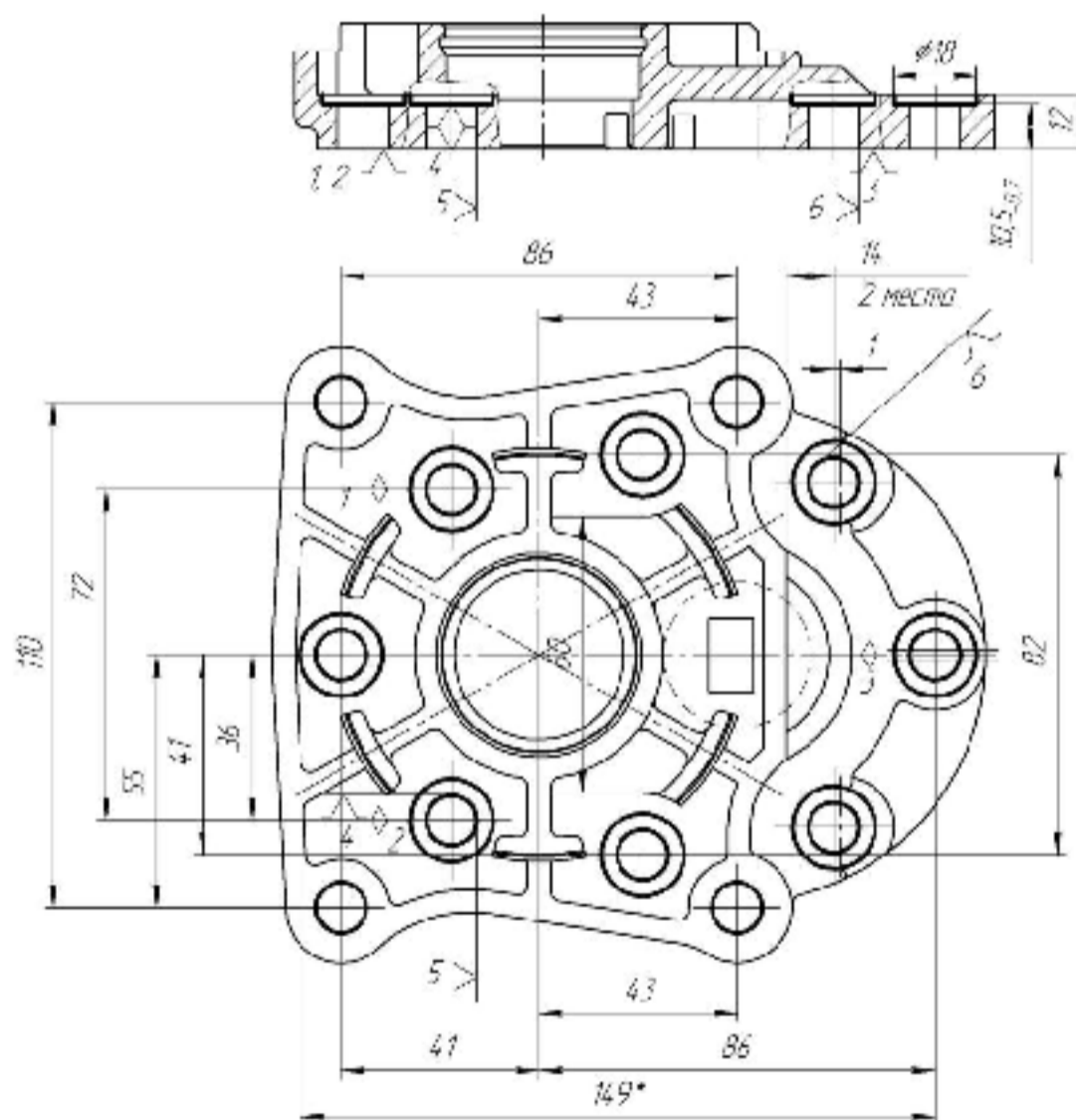


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки

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

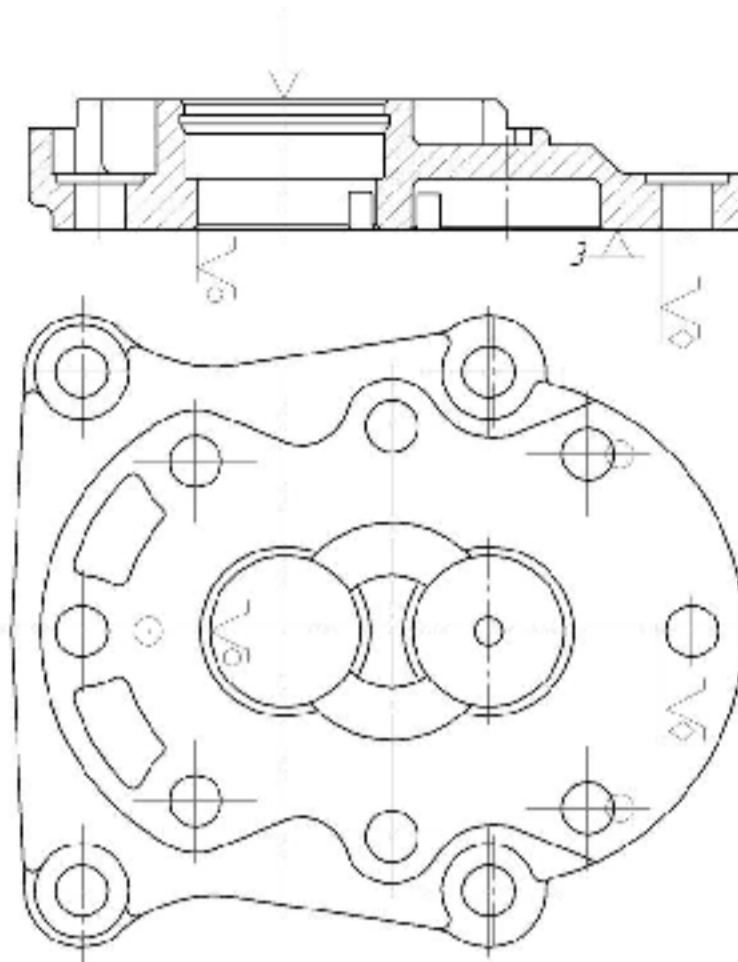


Рисунок 3.2 – Схема установки деталі

Похибка базування для лінійних розмірів рівна нулю, тому що усі розміри на даній операції виконуються з одного установа. Похибка базування на розмір $10,5_{-0,7}$, дорівнює нулю (спів падання конструкторської та технологічної бази).

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

Визначення найбільш можливого кута переносу здійснюється за формулою:

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

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

Розміри отворів: $\varnothing 11^{+0,27}$.

Задаємо розміри пальців: $\varnothing 11g6^{(-0,006)}_{(-0,017)}$

Визначаємо S_{\max} :

$$\varepsilon_{\delta 11} = S_{\max} = T_D + T_d + S_{\min} = 0,27 + 0,011 + 0,005 = 0,286 \text{ (мм)};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,286}{41,53} = 0,39.$$

Тобто виникаючий перекис не впливає на досягнення заданих міжцентрових відстаней.

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

3.2 Аналіз похибки установки в пристосуванні

Розрахункова похибка установки в пристосуванні [12, 13]:

$$E_{np} \leq T - k_T \sqrt{(k_{T_1} \cdot E_i)^2 + E_{\delta}^2 + E_y^2 + E_u^2 + E_{nu}^2 + (K_{T_2} \cdot w)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.2)$$

де T – допуск на найбільш точний розмір, який досягається при обробці деталі, встановленій в даному пристосуванні; розглядаються розміри 18; $K_T = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує закон нормального розподілення складових величин, $K_T = 1-1,2$; $K_{T_1} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування при роботі на неналагоджених верстатах, $K_{T_1} = 0,8-0,85$; K_{T_2} – коефіцієнт, що враховує в сумарній похибці частку похибки обробки. Ця похибка викликається факторами, які не залежать від пристосування; приймаємо $K_T = 0,6$ ($K_{T_2} = 0,6 \dots 0,8$);

w – економічна точність при цекуванні; приймаємо $w = 0,012$ мм при цекуванні по 8-му квалітету;

E_{δ} – похибка базування; $E_{\delta} = 0$ (суміщення технологічної та вимірювальної баз);

E_3 похибка закріплення; оскільки сила зажиму, що направлена перпендикулярно розрахунковому розміру, не впливає на нього, то $E_3 = 0$ [2];

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

$$E_{yx} = 0.015 \text{ мм} \quad (E_{yx} = 0,01...0,03\text{мм});$$

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

де S – максимальний зазор спряжених базових поверхонь ($14h7/h6$):

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

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

Таким чином:

$$E_y = E_{yx} = E_{y\beta} = 0.015 + 0.022 = 0.037 \text{ (мм)}.$$

де E_v – похибка деталі внаслідок значення установчих елементів пристосування.

Похибка визначається за формулою:

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

де U_0 – значення установчих елементів для заготовки із чавуна при зусиллі затискання $P_0 = 537H$ та базової кількості встановлень $N_0 = 100000$ разів;
 $U_0 = 0.07\text{мм}$,

K_1, K_2, K_3, K_4 – коефіцієнти, що враховують, відповідно, вплив матеріалу заготовки, обладнання, умов обробки та кількість встановлення заготовки:

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

N – кількість встановлення заготовки, $N = 50000$ разів;

Тоді:

$$E_n = 0.07 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.12 \cdot 1.8 \cdot \frac{50000}{100000} = 0.07(\text{мм}),$$

E_{nn} – похибка внаслідок зміщення інструменту; $E_{nn} = 0$ тому що відсутні напрямки елементів для інструменту.

Визначення точності пристосування

Підставляємо отримані значення складових у вихідну формулу:

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

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

Точність пристосування забезпечує точність отримання заданого розміру.

3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування

3.3.1 Вибір типу затискного пристрою

Враховуючи серійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 50000$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з гідроприводом.

3.3.2 Розробка конструктивної схеми

Прийнята схема базування заготовки (див. рис. 3.1) та схема устанавлення (див. рис. 3.2) реалізується шляхом встановлення заготовки на циліндричний та зрізаний пальці по двом точним отворах та на зовнішню площину.

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

Основою пристосування слугують прямокутна плита, яка встановлюється на стіл верстата 2P135Ф2 по центральному Т-подібному пазу за допомогою двох шпонок. Закріплення плити здійснюється за допомогою 4 болтів, які затягнуті гайками.

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

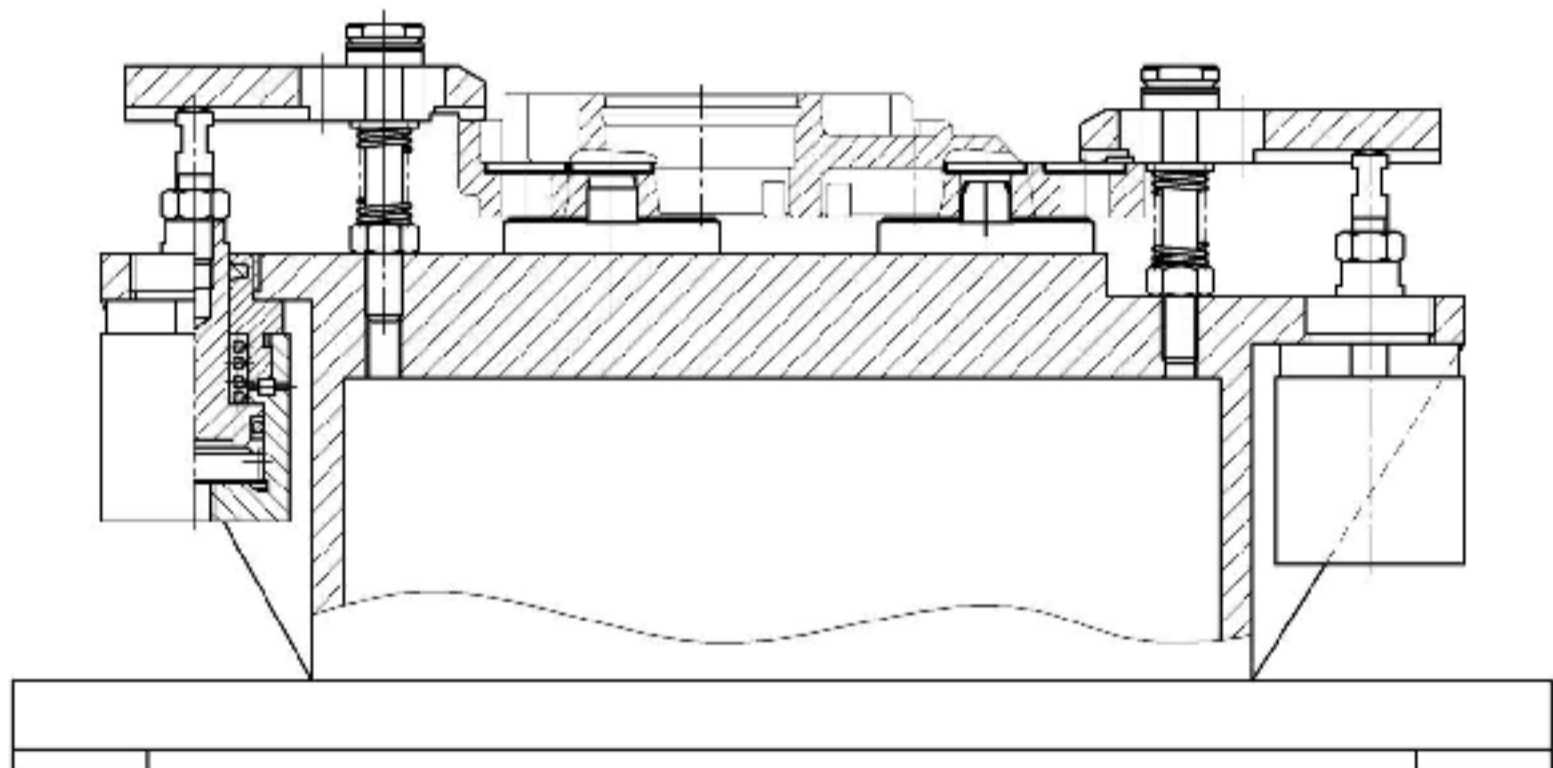


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема пристосування

3.4 Розрахунок зусилля закріплення

На операції 015 найбільш значні величини сил різання, яким повинні протидіяти сили закріплення, можуть виникати при обробці цековочної поверхні Ø18.

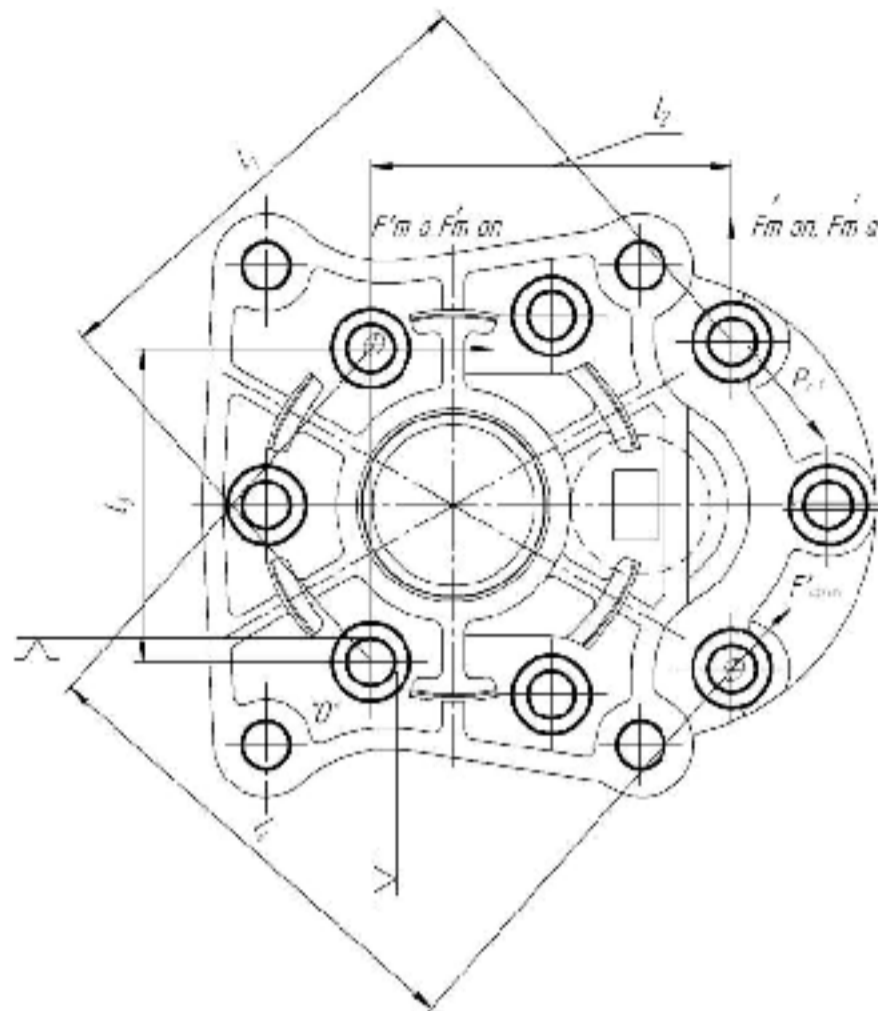


Рисунок 3.4 – Схема сил, що діють на деталь при цекуванні

– Цекування отв. Ø18H14:

а) осьова сила

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

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

$$P_y = 10 \cdot 17.2 \cdot 3.5^1 \cdot 0.1^{0.4} \cdot 56.52^{0.2} \cdot 1.0 = 537 \text{ (H)};$$

б) крутний момент

$$M_z = \frac{C_M \cdot t^x \cdot S^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \text{ [H}\cdot\text{M]}; \quad (3.5)$$

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

$$M_z = \frac{0.031 \cdot 3.5^{0.8} \cdot 0.1^{0.8} \cdot 18^2 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 1.8 \text{ (H}\cdot\text{M)};$$

в) окружна сила: $P_z = M_z/d = 1,8/0,018/2 = 200$ (Н).

Розробимо розрахункову схему визначення сили закріплення.

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

$$P_0 + 2Q - 4R = 0,$$

або

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

Рівняння сил, які діють в площині сили різання P_z .

Дії сили P_z будуть протидіяти сили тертя ΣF_T :

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

$$R_{(z)} = \left(\frac{P_0 + 2Q}{4} / \text{tg } 45^\circ \right) \cdot f_T = \frac{P_0 + 2Q}{4} f_T = F'_{T_{0a}}$$

Умова надійності закріплення:

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

Визначимо необхідну силу затискання заготовки: $P_z = f_T \left(4 \cdot \frac{P_0 + 2Q}{4} + 2Q \right)$; або з

врахуванням коефіцієнта $K_{\text{зап}}$

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

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

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

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

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

R – реакція опор (заготовка встановлюється на 4-х опорах);

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

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

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

де $K_1 = 1.2$ – враховує збільшення сил різання внаслідок нерівностей на заготовці;

$K_2 = 1.2$ – враховує збільшення сили різання через затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1.0$ – враховує збільшення сил різання при перервчастому різанні (в даному випадку різання не є перервчастим);

$K_4 = 1.3$ – враховує постійність сили, яка досягається затискним механізмом;

$K_5 = 1.0$ – враховує ергономіку немеханізованого затискного механізму (зручне розташування рукоятки та малий кут її повороту);

$K_6 = 1.0$ – враховується тільки при існуванні моментів, які намагаються повернути заготовку [2].

Тоді

$$K_{зап} = 1.5 \cdot 1.2 \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.3 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 2.81.$$

Отже з врахуванням чисельних значень параметрів:

$$Q = \frac{2.81 \cdot (200 - 0.16 \cdot 537)}{4 \cdot 0.16} = 500,88 \approx 501 \text{ (H)}.$$

1. Складаємо рівняння моментів сил відносно О:

$$K_{зап} \cdot P_z \cdot l_1 - F'_{on} \cdot l_3 - F'_{on} \cdot l_2 - F'_{on} \cdot l_1 - F'_{T_{on}} \cdot l_3 - F'_{T_Q} \cdot l_3 - F'_{T_Q} \cdot l_2 = 0;$$

$$K_{зап} \cdot P_z \cdot l_1 - (l_2 + l_3 + l_4) \cdot F'_{on} - (l_2 + l_3) F'_{T_Q} = 0;$$

з врахуванням виразів (3.9) та (3.10):

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

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

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

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

де l_1, l_2, l_3, l_4 – плечі дії відповідних сил відносно О:

$$l_1 = 110.88 \text{ мм}, l_2 = 83 \text{ мм}, l_3 = 72 \text{ мм}, l_4 = 110,88 \text{ мм}.$$

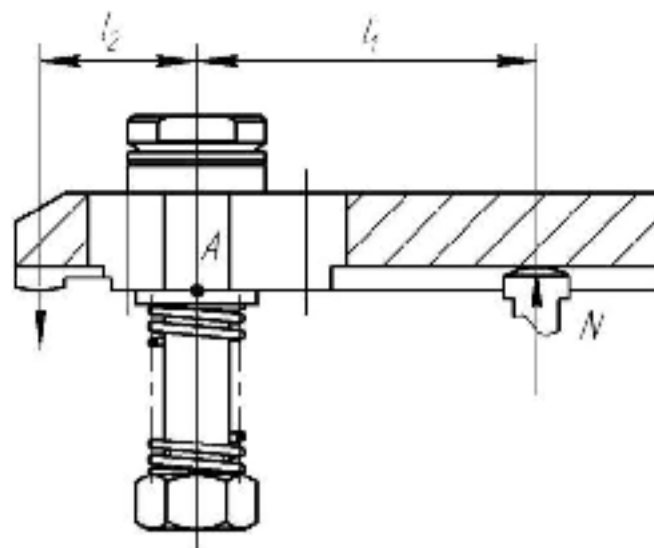
Таким чином:

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

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

Розрахункова схема сил, що діють на прихват з урахуванням сили зі сторони штока циліндра показана на рис. 3.5. Сила затискання, яку потрібно розвинути відома. Плечі прихвата відповідно дорівнюють:

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

Рисунок 3.5 – Схема для визначення сили N

Рівняння моментів відносно т. А:

$$P_{зам} \cdot l_2 = N \cdot l_1. \quad (3.12)$$

Звідки:

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

3.5 Вибір приводу, розрахунок його параметрів

Для серійного типу виробництва ($N_p = 50000$ шт.) приймаємо механізований затискний механізм з гідروприводом.

Розрахунок параметрів приводу затискного пристрою:

- діаметр циліндра:

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

- площа поршня:

$$F_1 = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} = 1,963 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{);}$$

- площа штокової порожнини:

$$F_2 = \frac{\pi}{4}(D_y^2 - d_w^2) = \frac{3,14}{4}(0,05^2 - 0,018^2) = 1,708 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$$

- для забезпечення безударної та плавної роботи гідроциліндра слід призначити робочу швидкість переміщення поршня ν в межах 0,2...1 м/с. прийнято $\nu = 0,6$ м/с;

- час переміщення поршня:

$$t = \frac{L}{1000 \cdot \nu} = 60 / (1000 \cdot 0,6) = 0,1 \text{ (с)};$$

- витрата робочої рідини за хід (робочий чи холостий):

$$Q = F \cdot \nu = 1,963 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 = 1,178 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)} = 70,67 \text{ (л/хв.)}$$

- внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d_r = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \nu}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,178 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,6}} = 0,05 \text{ (м)} = 50 \text{ (мм)}.$$

3.6 Розробка алгоритму та комп'ютерної програми для розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу

Гідравлічний розрахунок гідроліній полягає у визначенні крім діаметра (внутрішнього) труб також і втрати напорі та падіння тиску по довжині труб [15-19].

Втрати напору h_n в трубопроводах об'ємного гідроприводу визначаються з урахуванням втрат напору як по довжині, так і у всіх місцевих опорах, розміщених на даному трубопроводі.

Втрати напору по довжині h_{mp} визначаються для кожної окремої труби даного діаметра і довжини. Так само визначаються місцеві втрати h_m для кожного

окремого місцевого опору. Загальні втрати напору h_n отримуються сумуванням всіх втрат напору по довжині і місцевих на даній ділянці трубопроводу, тобто

$$h_n = h_{mp} + \sum h_{\text{м}} \text{ [м]}. \quad (3.13)$$

До місцевих опорів відносять гідроапарати, що розміщені на даній ділянці трубопроводу. Величина падіння тиску в кожному окремому гідроапараті вказана зазвичай в його технічних характеристиках або визначається згідно довідників.

Втрати напору по довжині h_{mp} (формула Дарсі-Вейсбаха):

$$h_{mp} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ [м]}, \quad (3.14)$$

де λ – коефіцієнт Дарсі (коефіцієнт гідравлічного тертя); v – середня швидкість руху рідини в трубі діаметром d і довжиною ℓ .

Для ламінарного режиму руху в круглій трубі коефіцієнт λ визначається за теоретичною формулою

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \quad (3.15)$$

де Re – число Рейнольдса.

При турбулентному режимі руху коефіцієнт λ залежить в загальному випадку від числа Рейнольдса Re і відносної шорсткості Δ_e/d (де Δ_e – еквівалентна абсолютна шорсткість) і визначається за напівемпіричними і емпіричними формулами, а також за графіками та таблицями. При цьому розрізняють три області гідравлічних опорів – гідравлічно гладких труб, перехідну та квадратичну.

Останнім часом для турбулентного режиму руху рідини в трубах здобула визнання універсальна (використовується для всіх областей) формула А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta_\epsilon}{d} \right)^{0,25} \quad (3.16)$$

Падіння тиску по довжині трубопроводу

$$\Delta p_{mp} = \rho g h_{mp} \text{ [Па]}. \quad (3.17)$$

Згідно рівнянь (3.14)-(3.17) розроблено блок-схему виконання гідравлічного розрахунку падіння тиску по довжині трубопроводу, що показана на рис. 3.6.

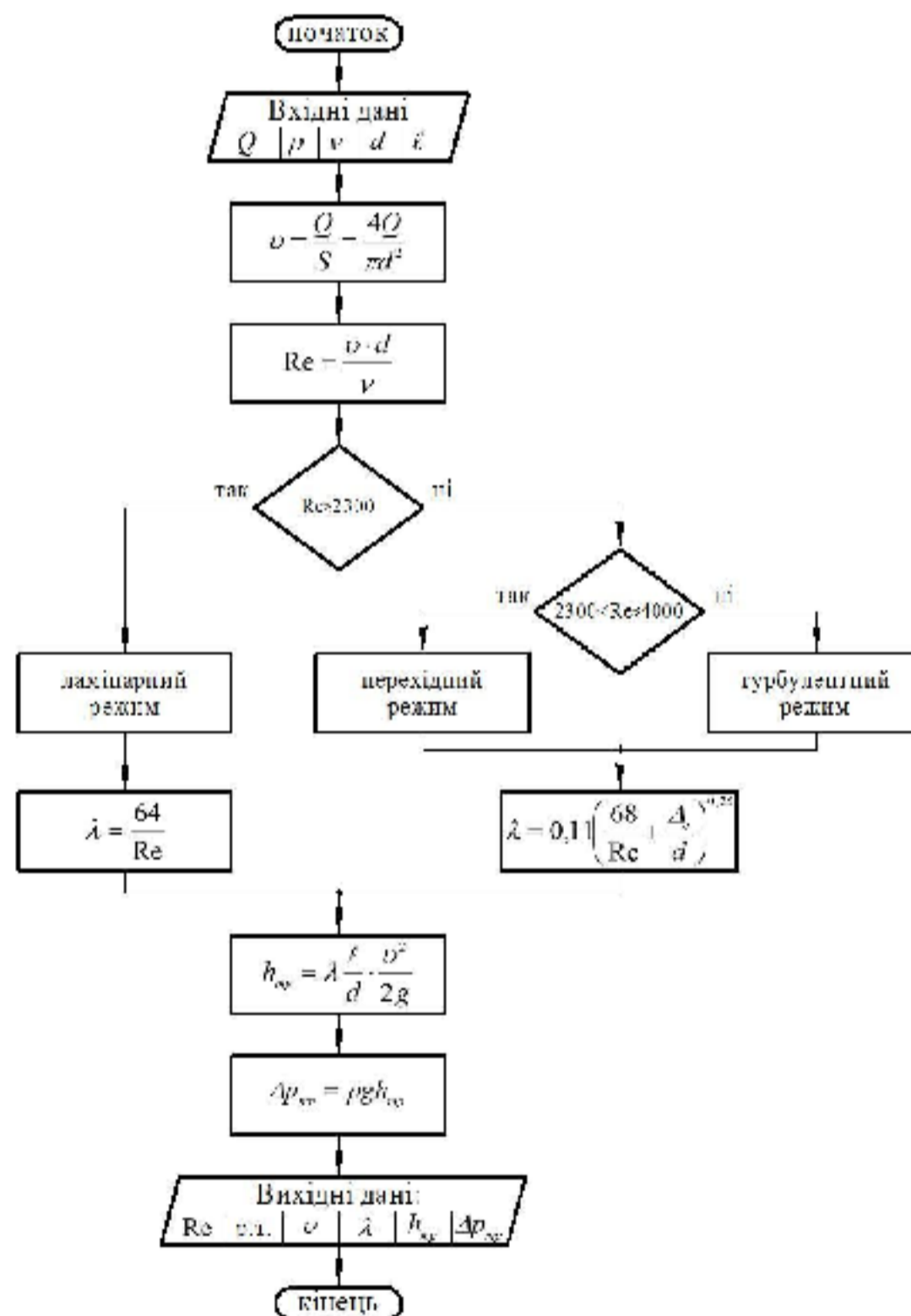


Рисунок 3.6 – Блок-схема гідравлічного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу

Для виконання розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу розроблено комп'ютерну програму, головне вікно якої показано на рис. 3.7.

Гідрравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі

Вхідні дані

Введіть витрату рідини (Q)	70	л/хв
Введіть густину рідини (ρ)	390	кг/м ³
Введіть кінематичну в'язкість рідини (ν)	20	$\times 10^{-6}$ м ² /с
Введіть діаметр трубопроводу (d)	0,032	м
Введіть довжину трубопроводу (L)	2	м
Еквівалентна шорсткість стінок трубопроводу (Δz)		
Виберіть тип трубопроводу	Рукави та шланги гумові	0,02 мм

Вихідні дані

Число Рейнольдса (Re)	2322,187	
Режим течії	Терехідний	
Швидкість руху рідини в трубопроводі (v)	1,451	м/с
Коефіцієнт гідравлічного тертя (λ)	0,045744	
Втрати напору по довжині ($h_{тр}$)	0,305954	м
Втрати тиску по довжині ($\Delta p_{тр}$)	2682,720673	Па

Рисунок 3.7 – Основне вікно розробленої комп'ютерної програми для розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу

Після запуску програми необхідно ввести вхідні дані: витрату; густину; кінематичну в'язкість рідини; діаметр; довжину трубопроводу і середнє значення еквівалентної шорсткості стінок трубопроводу за типом трубопроводу.

В результаті розрахунку, отримуються такі дані на виході: число Рейнольдса; режим течії рідини; середня швидкість руху рідини в трубопроводі; величина втрати напору та падіння тиску по довжині.

В результаті виконаних за програмою розрахунків, побудовано залежності втрат напору $h_{тр}$ (рис. 3.8) та падіння тиску по довжині $\Delta p_{тр}$ (рис. 3.10) від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу, а також залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу (рис. 3.9).

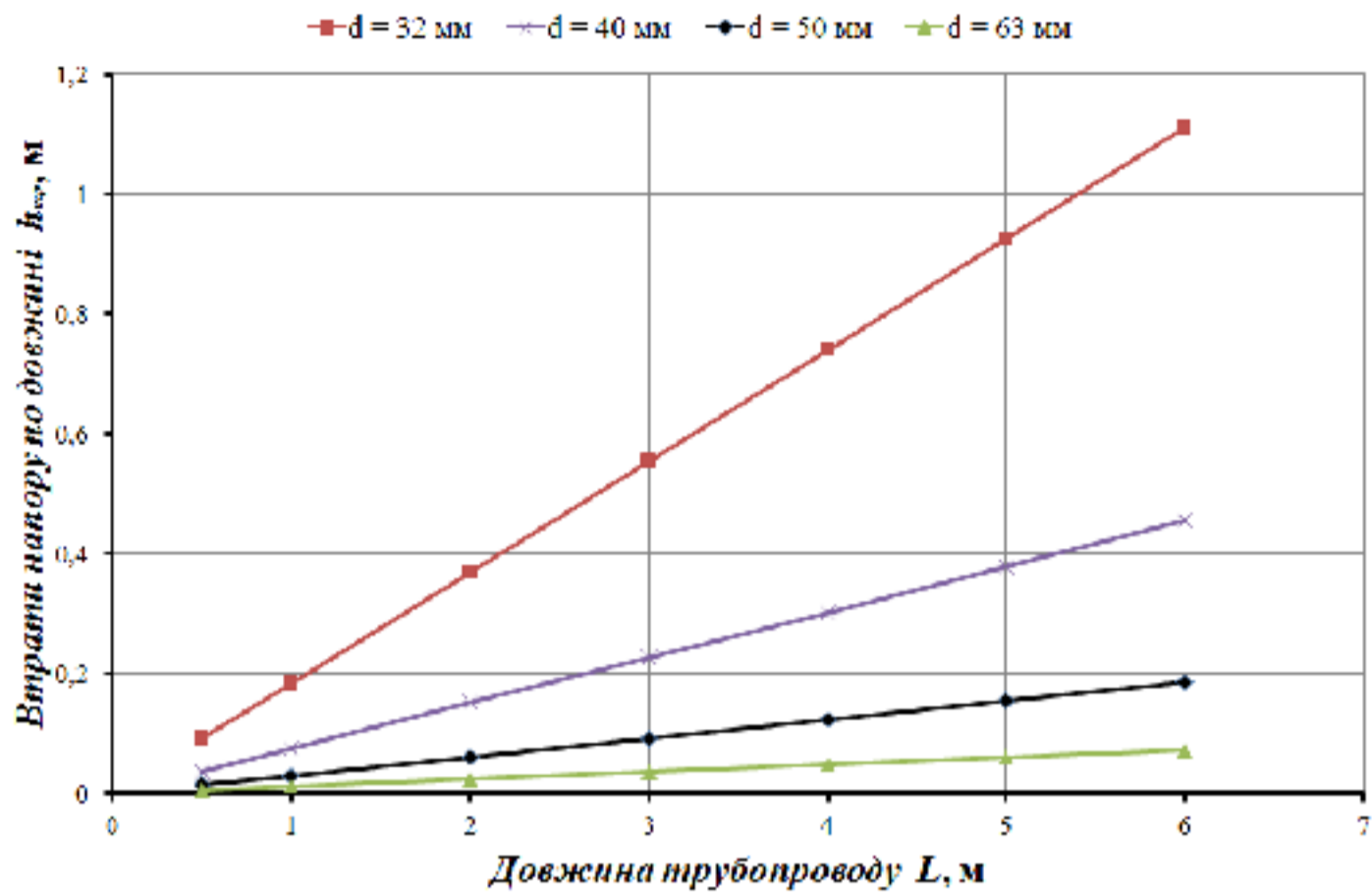


Рисунок 3.8 – Залежності втрат напору по довжині h_{tr} від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

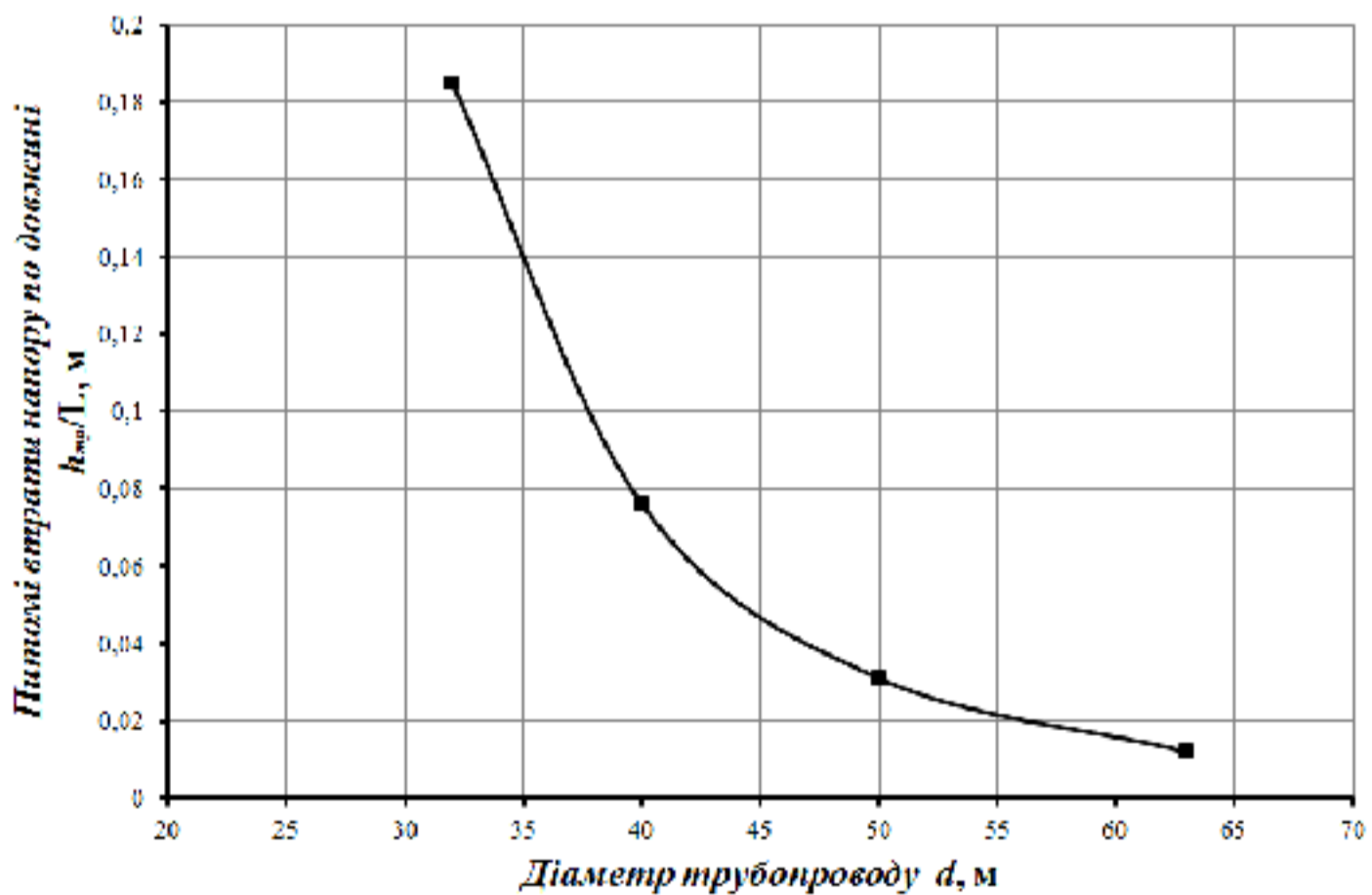


Рисунок 3.9 – Залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу

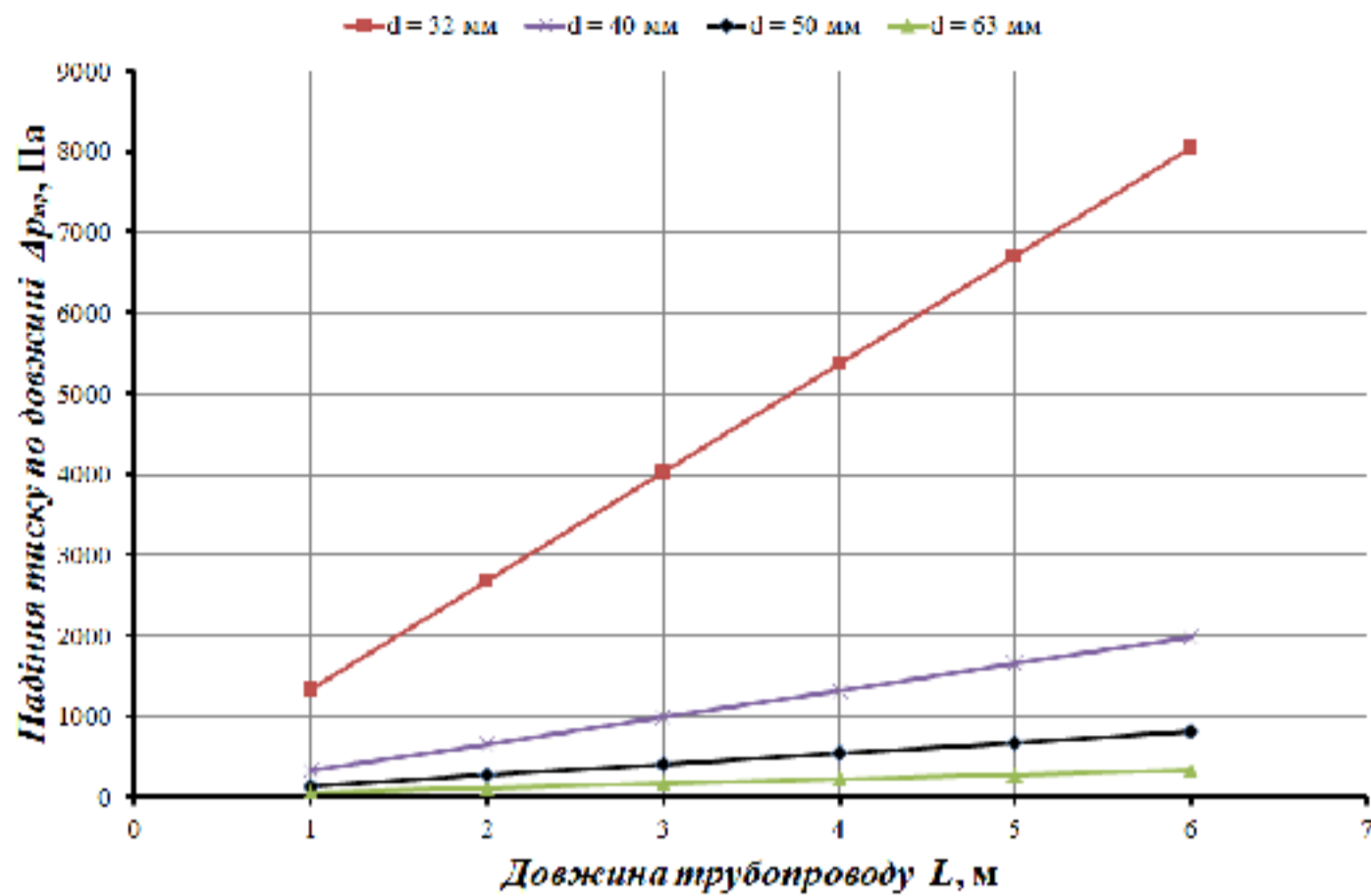


Рисунок 3.10 – Залежності падіння тиску по довжині Δp_{tr}

від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

Вхідні дані для розрахунку мали таке значення: $Q = 70$ л/хв.; $\rho = 890$ кг/м³; $\nu = 40 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\Delta_\epsilon = 0,02$ мм (рукава високого тиску).

Висновок. Отримані залежності свідчать, що зі збільшенням довжини L трубопроводу втрати напору h_{tr} на падіння тиску по довжині (на тертя) Δp_{tr} також збільшуються. Особливо це помітно для діаметру $d = 32$ мм. Це пояснюється тим, що при зменшенні діаметру трубопроводу d збільшується середня швидкість руху рідини v і при досягненні певного критичного значення $v_{кр}$ ламінарний режим руху рідини переходить у турбулентний, відповідно, втрати напору h_{tr} та тиску Δp_{tr} по довжині суттєво збільшуються.

3.7 Розрахунок на міцність елементів конструкції

Розрахуємо гвинт затискного гідромеханізму

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа}, \quad (3.13)$$

де $N = 1985 \text{ Н}$ – штовхаюче зусилля; $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 14^2}{4} = 153.86 \text{ мм}^2$

- площа поперечного перерізу гвинта:

$$\sigma = \frac{1985}{153.86} = 12.9 \leq [\sigma] = 118 \text{ МПа},$$

Умова міцності виконується.

Найбільш навантаженою деталлю пристосування є затискний важіль:

$$P_{\text{заж}} = 1985 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент складає:

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

Найбільше напруження згину в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{\text{max}} = M_{\text{зг.}} / W_x \leq [\sigma_{\text{зг.}}]. \quad (3.14)$$

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

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{b \cdot (3b)^2}{6} = \frac{9b^3}{6}; \quad (3.15)$$

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

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

Приймаємо переріз в небезпечному перерізі $h \times b = 10 \times 30$ мм.

3.8 Розмірне моделювання та аналіз конструкції пристосування на точність

Точність пристосування залежить від параметрів, які впливають на точність розміру поверхонь, що підлягають обробці [12-14].

Розмірний ланцюг, який знаходить точність паралельного розміщення оброблюваної поверхні відносно установчої бази деталі, складається з ланок (рис. 3.6).

– Замикаюча ланка A_{Σ} – непаралельність установчої бази опор пристосування до поверхні установу корпусу пристосування на стіл верстата (пов. „А”);

– Ланка A_1 – непаралельність пов. „А” та пов. „Б” (верхня площина основи);

– Ланка A_2 – непаралельність установчої бази опор пристосування до пов. „Б”.

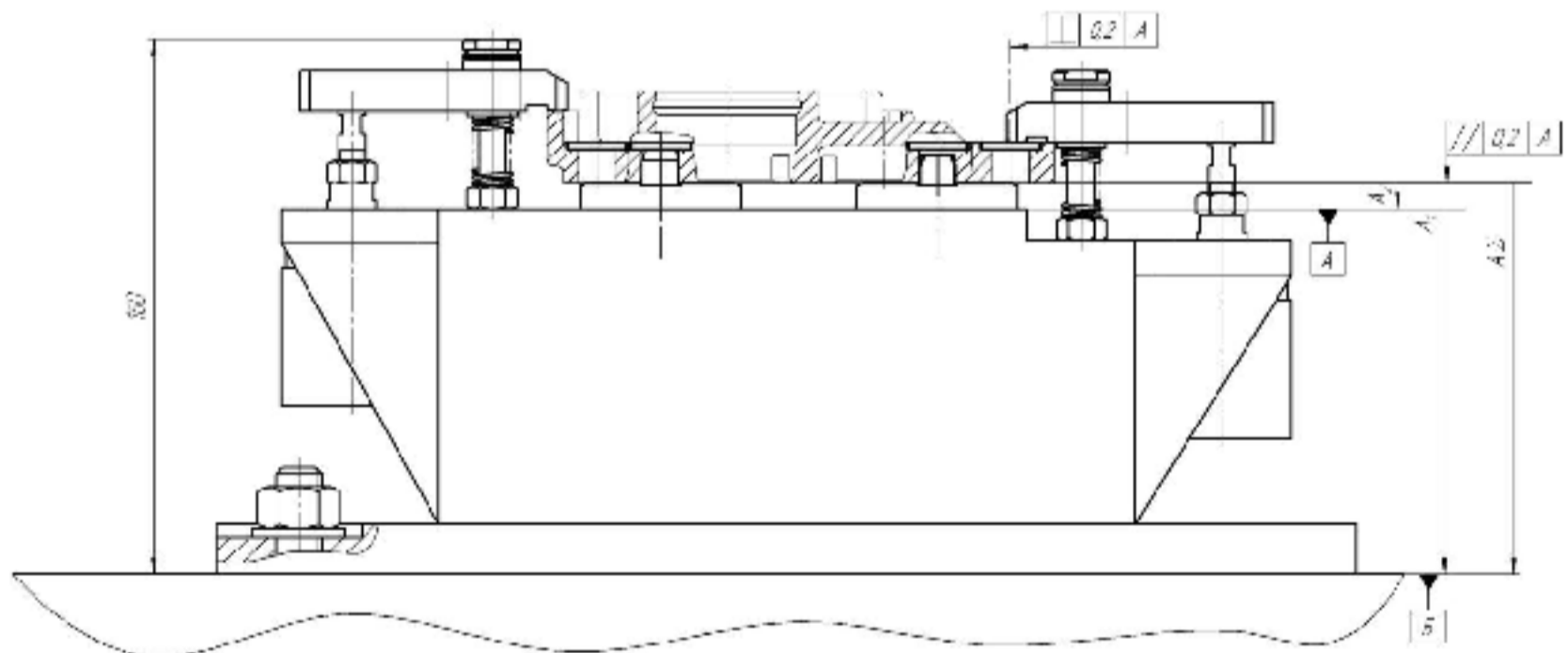


Рисунок 3.11 – Розмірна схема точності пристосування

Необхідно щоб виконувалася вимога непаралельності вісі призми до установчої бази призми, тобто:

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

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

Отже, непаралельність вісі відносно установчої бази пристосування (поверхня «А») повинна бути в межах до 0,2 мм.

3.9 Технічні характеристики конструкції розробленого пристосування

Призначення пристосування – орієнтація та закріплення заготовки деталі «Кришка НШ50А.03.005» згідно прийнятої схеми базування при обробці на свердлильному верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2 на операції 015.

Принцип роботи пристосування. Заготовка встановлюється на установчі пальці (вручну), при цьому гідроциліндр знаходиться в плаваючому положенні, а притискні важелі підняті.

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

Коли до камери робочої порожнини подається рідина, шток з важелем починає рухатися догори, тим самим опускаючи іншу частину важеля і затискаючи деталь. Далі іде процес обробки закріпленої на пристосуванні заготовки. Потім робоча рідина подається до штокової порожнини, шток і зовнішній кінець важеля починають рухатися вниз, тим самим розтискаючи деталь. Деталь знімається. Поступає наступна заготовка для закріплення на обробку.

Основні показники пристосування:

- зусилля закріплення – 945 Н;
- точність пристосування – 0,08 мм.

4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»

4.1 Розрахунок приведеної програми

Крім даної деталі Кришка НШ50А.03.005» на дільниці планується обробка інших деталей (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Точність IT / Шорсткість Ra, мкм								
			7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кришка НШ50А.03.005 (розрахунковий представник)	0,489	50000	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			-	1	2	-	-	-	2	11	1
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	2	3	3	11	-	-
Кришка НШ46	0,420	45000	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			-	1	2	-	-	-	2	11	1
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	2	3	3	11	-	-

Приведена програма може бути розрахована згідно [4, 20] за залежністю:

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

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 4.1 і рекомендаціями [4, 20]. Результати розрахунку показано в табл. 4.2.

На основі приведених розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 50000 \cdot 1 + 45000 \cdot 0,91 = 90950 \text{ шт.}$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Кришка НШ50А.03.005	50000	0,489	1	1	1	1	50000
Кришка НШ46	45000	0,420	0,91	1	1	0,91	40950

4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Визначимо кількість необхідного обладнання [4, 20]:

$$C_{P_{005}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_{005}}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{50000 \cdot 6.15}{60 \cdot 3890} = 1.317, \quad C_{nP_{005}} = 2 \text{ верстати};$$

$$C_{P_{010}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_{010}}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{50000 \cdot 0.78}{60 \cdot 3890} = 0.17, \quad C_{nP_{010}} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{P_{015}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_{015}}{60 \cdot F_g \cdot m} = \frac{50000 \cdot 0.38}{60 \cdot 3890} = 0.08, \quad C_{nP_{015}} = 1 \text{ верстат}.$$

Визначаємо коефіцієнти завантаження обладнання по операціям:

$$\eta_{\%005} = \frac{C_{P_{005}}}{C_{nP_{005}}} = \frac{1.317}{2} \cdot 100\% = 65.8\%; \quad \eta_{\%010} = \frac{C_{P_{010}}}{C_{nP_{010}}} = \frac{0.17}{1} \cdot 100\% = 17\%;$$

$$\eta_{\%015} = \frac{C_{P_{015}}}{C_{nP_{015}}} = \frac{0.08}{1} \cdot 100\% = 8.0\%.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{\%ср} = \frac{\sum_{i=1}^n C_P}{\sum_{i=1}^n C_{nP}} = \frac{0.6585 + 0.17 + 0.08}{2 + 1 + 1} = \frac{0.9085}{4} = 0.2271 = 22.71\%.$$

Проведені розрахунки показали, що потрібно завантажити обладнання додатковими деталями. Для цього скористуємося приведеною програмою.

$$C_{P_{005}} = \frac{T_{\text{шт-}\kappa_{005}} \cdot N_{\text{прис}}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н}} = \frac{6,15 \cdot 90950}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 2,99; C_{\text{пр}P_{005}} = 3 \text{ верстати};$$

$$C_{P_{010}} = \frac{T_{\text{шт-}\kappa_{010}} \cdot N_{\text{прис}}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н}} = \frac{0,78 \cdot 90950}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} \cong 0,38; C_{\text{пр}P_{010}} = 1 \text{ верстат};$$

$$C_{P_{015}} = \frac{T_{\text{шт-}\kappa_{015}} \cdot N_{\text{прис}}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{з.н}} = \frac{0,38 \cdot 90950}{60 \cdot 3890 \cdot 0,8} = 0,19; C_{\text{пр}P_{015}} = 1 \text{ верстат}.$$

Коефіцієнти завантаження обладнання по операціям:

$$\eta_{з005} = \frac{C_{P_{005}}}{C_{\text{пр}P_{005}}} = \frac{2,99}{3} \cdot 100\% = 99,67\%; \quad \eta_{з010} = \frac{C_{P_{010}}}{C_{\text{пр}P_{010}}} = \frac{0,38}{1} \cdot 100\% = 38\%;$$

$$\eta_{з015} = \frac{C_{P_{015}}}{C_{\text{пр}P_{015}}} = \frac{0,19}{1} \cdot 100\% = 19\%.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ср} = \frac{0,9967 + 0,38 + 0,19}{5} = \frac{1,57}{5} = 0,32 = 32\%.$$

Верстати на дільниці, не завантажені повністю, тому необхідно їх довантажувати іншими деталями з дільниць.

Коефіцієнти використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{005} = \frac{T_{O_{005}}}{T_{\text{шт-}\kappa_{005}}} = \frac{4,32}{6,15} \cdot 100\% = 70,2\%; \quad \eta_{010} = \frac{T_{O_{010}}}{T_{\text{шт-}\kappa_{010}}} = \frac{0,482}{0,78} \cdot 100\% = 61,8\%;$$

$$\eta_{015} = \frac{T_{O_{015}}}{T_{\text{шт-}\kappa_{015}}} = \frac{0,16}{0,38} \cdot 100\% = 42,2\%.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{70,2 + 25,0 + 42,2}{3} = \frac{137,4}{3} = 45,8\%.$$

4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

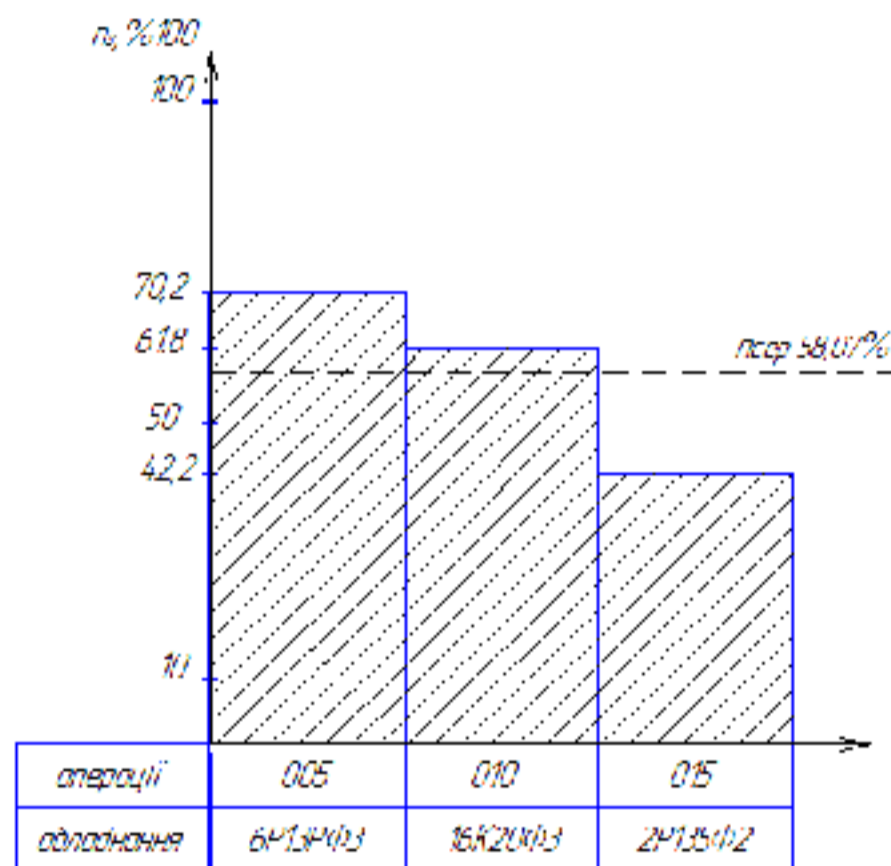


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

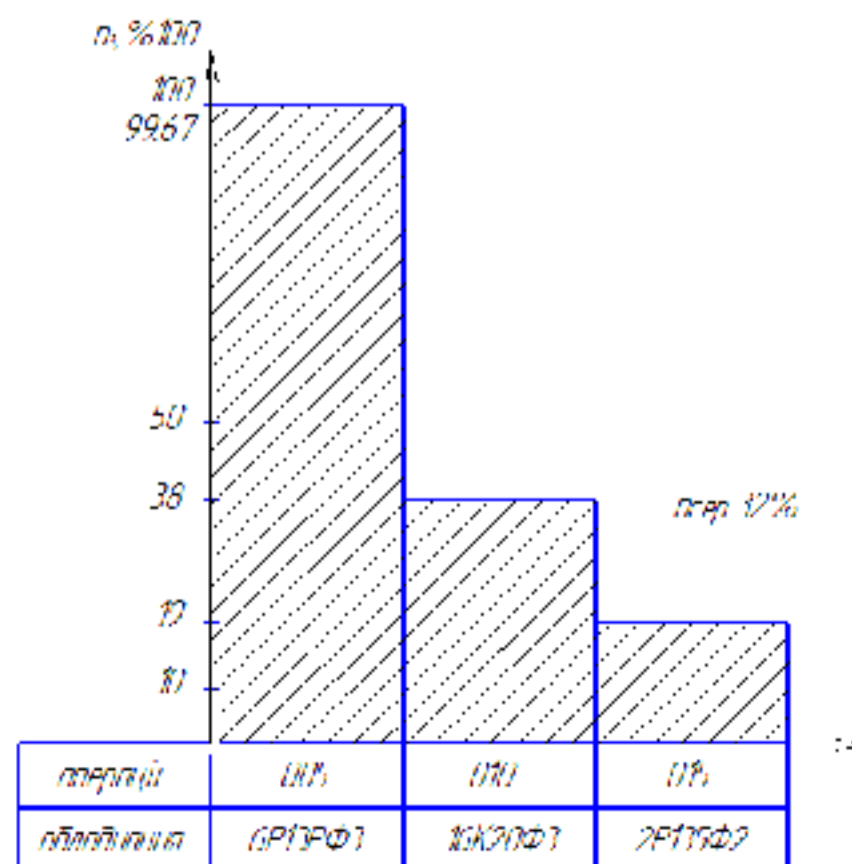


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом
4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Визначимо необхідну кількість працюючих на кожній операції окремо [4, 20]:

$$P_i = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{прив.}}{F_{др.} \cdot 60 \cdot K_{б.обсл.}}, \quad (4.2)$$

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

$F_{др.}$ – фонд часу робітника, хв.; при 41 годинному робочій неділі і 24 днях відпустки; $F_{др.} = 1820$ год.;

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

$N_{прив.}$ – приведена програма, шт.

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

$$\text{операція 005: } P_1 = \frac{6.15 \cdot 90950}{1520 \cdot 60 \cdot 3} = 2;$$

$$\text{операція 010: } P_2 = \frac{1.98 \cdot 90950}{1520 \cdot 60 \cdot 1} = 1.97;$$

$$\text{операція 015: } P_3 = \frac{0.38 \cdot 90950}{1520 \cdot 60 \cdot 1} = 0.38.$$

Обираємо 3 фрезерувальники на операції 005, враховуючи кількість верстатів та їх завантаженість; 2 токаря на операцію 010; приймаємо 1 робітника на операцію 015 і приймаємо рішення, що він буде обслуговувати інші робочі місця.

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{ос.} = 2+3 = 5 \text{ (чол.)}$$

Необхідна кількість допоміжних робітників:

$$P_{д.} = P_{ос.} \cdot 0,2 = 5 \cdot 0,2 = 1.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Необхідна кількість інженерно-технічних робітників:

$$P_{i.т.} = C_{пр.} \cdot 0,15 = 4 \cdot 0,24 = 0,96.$$

Приймаємо 1 технічного робітника.

Необхідна кількість службовців:

$$P_{с.} = P_{ос.} \cdot 0,01 = 5 \cdot 0,02 = 0,1.$$

Приймаємо 1 бухгалтера на 0,1 ставки, він працюватиме на декількох ділянках.

Загальна кість працюючих зведемо у відомість працюючих (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Відомість працюючих

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	5	2 – фрезерувальник 2 – токар 1 – сверловщик	3 (1-ша зміна) 2 (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)
МОП	1	1 – прибиральник	1 (1-ша зміна)

**5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»**

5.1 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 5.1 [21, 22].

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

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

Продовження таблиці 5.1

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

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	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 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

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

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість верстатів	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:

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

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

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

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

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	8	5	1,6	0,4
Кількість основних робітників, чол.	16	5	3,2	0,2
Середній розряд робітників	4	3	1,33	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,43	0,58	1,35	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,29	0,32	1,1	0,15
Собівартість заготовки, грн.	121,12	32,8	-	-

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

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

або

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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{я.в.} = 1,6 \cdot 0,4 + 3,2 \cdot 0,2 + 1,33 \cdot 0,1 + 1,35 \cdot 0,15 + 1,1 \cdot 0,15 = 1,78.$$

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:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (5.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

де P_{Hei} , P_{Bei} – 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 1,78. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{е.п.} = \frac{32,8}{121,12} = 0,27.$$

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

$$K = \frac{1,78}{0,27} = 6,59.$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Кришка НШ50А.03.005» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [21, 22]:

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

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.; $Z_{дод}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.; Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.; $B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає ділянка, грн.; $B_{обз}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.; $B_{тр}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.; $B_{осн}$ – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.; $B_{инв}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.; $B_{пу}$ – вартість програм управління, грн.; $B_{не}$ – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
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

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

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

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_n \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату розробників.

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

5.2.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

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

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

де $C_{пл}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м² власних приміщень ($C_{пл} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

$S_{заг}$ – загальна площа виробничої дільниці, м².

$$B_{буд.} = 600 \cdot 120 = 72000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3	400000	3	1,1	1320000
2	Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3	300000	1	1,1	330000
3	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	250000	1	1,1	275000
Всього					1925000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 621MC1H – $2 \cdot 150000 = 300000$ (грн.);
- 1 верстат 2B118 – 75000 грн.;
- 2 верстати 2H125 – $2 \cdot 75000 = 150000$ (грн.);
- 1 верстат OC-6383 – 100000 грн.;
- 1 верстат 1341 – 65000 грн.;
- 1 верстат 1K62 – 75000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 765000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 1925000 - 765000 = 1160000 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

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

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

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

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 1160000 \cdot 0,10 = 116000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{осв} = 116000 \cdot 0,25 = 29000 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{кнт}$), 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:

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

$$B_{кнт} = 0,1 \cdot 116000 = 11600 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{ове} + B_{ксп} \text{ [грн.];} \quad (5.16)$$

$$B_{осн} = 116000 + 29000 + 11600 = 156600 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

5.2.10 Вартість програм керування

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

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

$$B_{пу} = 0,1 \cdot 1160000 = 116000 \text{ (грн.)}$$

5.2.11 Величина передвиробничих витрат

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

5.2.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 11271,12 + 1127,11 + 2727,61 + 72000 + 1160000 + 156600 + 116000 = \\ = 1519725,84 \text{ (грн.)}$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.3.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» складає 32,8 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

де W_{yl} – 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_{ani} – коефіцієнт, що враховує використання потужності на визначеній i -й технологічній операції, $K_{ani} < 1$;

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

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3	7,5	0,072	2,75
010 Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3	11	0,008	0,45
015 Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	3,7	0,003	0,06
Всього			Σ 3,26

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

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

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

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

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

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

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

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_M = 6000$ грн. (з 01.01.2021 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_{zm} – тривалість зміни, год.

$$C = (6000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 69,03 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3	0,072	3	1,35	69,03	4,97
010 Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3	0,008	3	1,35	69,03	0,55
015 Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	0,003	3	1,35	69,03	0,21
Всього					Σ 5,73

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 5,73 = 0,57 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

$$Z_n = (Z_o + Z_{доd}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату робітників.

$$Z_n = (5,73 + 0,57) \cdot 0,22 = 1,39 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{заг} = H_{за} \cdot Z_p \text{ [грн.]}; \quad (5.23)$$

$$B_{заг} = 2,5 \cdot 5,73 = 14,33 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	32,8
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	3,26
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	5,73
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{доd}$	0,57
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	Z_n	1,39
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{заг}$	14,33
Всього	S_e	58,08

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нф}} = S_s \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) [\text{грн.}], \quad (5.24)$$

де $C_{\text{нф}}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

S_s – виробнича собівартість виробу, грн.;

P – нормативний рівень рентабельності, рекомендується приймати $P = 5 \dots 20\%$;

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2021 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.

$$C_{\text{нф}} = 58,08 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 83,64 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{вф}}$) 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 $C_{\text{вф}} = 83,64$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

При модернізації технологічного процесу розрахунок величини чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховується за формулою:

$$\Pi = \left\{ \left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

де $C_{\text{дог}}$ – договірна ціна реалізації виробу, грн.;

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

S_B – 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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[83,64 - \frac{(83,64 - 32,8) \cdot 16,67}{100} - 58,08 - \frac{10 \cdot 58,08}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 90950 = \\ &= 841025,3 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 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.

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

Дана модернізація передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (5.26)$$

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.

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{841025,3}{(1+0,2)^1} + \frac{841025,3}{(1+0,2)^2} + \frac{841025,3}{(1+0,2)^3} + \frac{841025,3}{(1+0,2)^4} - 1519725,84 = \\ &= 657465,43 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Враховуючи, що $NPV > 0$, то проект можна рекомендувати до реалізації.

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

Мінімальне можливе значення внутрішньої норми доходності проекту IRR_{MIN} розраховується такою формулою:

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

де 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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{841025,3 + 841025,3 + 841025,3 + 841025,3}{1519725,84}} - 1 = 0,22.$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капітальних вкладень (або додаткових капітальних вкладень) розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{\Pi} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

Π – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{1519725,84}{841025,3} = 1,81 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005», 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 1519725,84 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 841025,3 грн., термін окупності 1,81 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи з удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005», під час дослідження можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори, у відповідності з прийнятою класифікацією за ГОСТ 12.0003-74 [23]:

- рухомі частини виробничого обладнання,
- ріжучі інструменти,
- пристосування для закріплення оброблюваної деталі,
- оброблювана деталь,
- висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту,
- стружка, пил і шкідливі аерозолі оброблюваних матеріалів,
- підвищена напруга або статична електрика,
- шум та вібрація верстатів,
- недостатнє освітлення робочої зони,
- мастильно-охолоджуючі рідини,
- фізичні перевантаження,
- перенапруження зору,
- монотонність праці.

6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт

6.1.1 Вимоги безпеки до робочого місця

Передачі (ремінні, зубчасті, канатні, шарнірні, ланцюгові та ін.), які розташовані поза корпусів верстатів і становлять небезпеку травмування, повинні мати огорожі (суцільні, з жалюзі, з отворами), оснащені пристроями (рукоятками, скобами і т. д.) для зручного та безпечного їх відкривання, зняття, переміщення та установлення. Захисні пристрої (щити, ширми, екрани), що огорожують зону обробки, повинні захищати працюючого на верстаті і людей, що знаходяться поблизу верстата, від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної і робочої

рідин. Застосування захисних огорожувальних пристроїв обов'язково для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, стругальних, зуборізних, шліфувальних верстатів. Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкриванні до забруднення підлоги. При необхідності вони повинні мати рукоятки, скоби для зручності відкривання, закривання, знімання, переміщення та установа. Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним, що виключає випадки самовідкривання. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому стані, повинні надійно утримувати їх в цьому положенні. Поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів управління, верстатних приладь і пристосувань не повинні мати гострих кромek і задирок, які можуть травмувати працюючого. Велике значення для запобігання нещасних випадків на виробництві має надійне закріплення на верстатах оброблюваних заготовок, патронів, планшайб, оправок, насадних головок, інструменту та інших знімних елементів. Для зручності роботи і безпеки праці ряд вимог пред'являється до органів управління верстатами; обладнання органів управління надійними фіксаторами, що виключають мимовільне їх переміщення і випадкове включення; оснащення їх відповідними блокуваннями, пояснюючими написами, символами та ін. Необхідно суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Для попередження небезпеки захоплення одягу і волосся працюючого обертовими механізмами верстата робочий одяг не повинен мати вільно розвіваючихся частин, рукава повинні щільно облягати руку і бути застебнутими на гудзики, волосся слід прибирати під берет, або косинку. Кінці косинки повинні бути ретельно заправлені.

6.1.2 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або у поєднанні один з іншим наступні технічні способи та засоби: захисне заземлення, занулення.

Захисним заземленням називається навмисний електричний контакт із землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть

опинитися під напругою при замиканні на корпус та через інші причини. Завдання захисного заземлення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку доторкання до корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою. Захисне заземлення застосовують у трифазних мережах з ізольованою нейтраллю.

Принцип дії захисного заземлення – зменшення напруги між корпусом, що опинився під напругою, та землею до безпечного значення. У якості провідників заземлення дозволяється використовувати різні металеві конструкції: ферми, шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих та вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

Зануленням називається навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус та через інші причини. Завдання занулення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку контакту з корпусом та іншими неструмоведучими металевими частинами електроустановки, що опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується це завдання швидким вимкненням пошкодженої електроустановки із мережі. Принцип дії занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазними та нульовими проводами) з метою викликати більший струм, здатний забезпечити спрацьовування захисту і цим самим автоматично вимкнути пошкоджену установку із мережі живлення. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, контактори у поєднанні з тепловими реле, автомати, що здійснюють захист одночасно від струмів короткого замикання та від перевантаження.

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.

Для створення оптимальних умов електробезпеки в робочому приміщенні потрібно підтримувати режим вологості повітря на рівні 60%, для того щоб приміщення було сухим, та температуру повітря не вище 35°C. Виконати необхідні заходи у вигляді захисного занулення і заземлення.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Метеорологічні умови виробничих приміщень (санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042–99) можна оцінювати за сукупністю таких факторів, як температура (t , °C), відносна вологість (φ , %), швидкість руху повітря (V , м/с) та величина інтенсивності теплового опромінення (E , Вт/м²).

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі. Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності [25]. 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 [25].

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму [25]. 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 категорію робіт, як Ib. Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [25].

Допустимі параметри мікроклімату наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Допустима	Верхня межа		
Холодний	Ib	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

Для створення необхідних мікрокліматичних умов необхідно обладнати виробниче приміщення необхідним кліматичним приладдям. Вжити заходів з енергоефективності будівлі.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

При виконанні даного виду робіт існує небезпека виділення шкідливих речовин у повітря та надлишку пилу, тому потрібен контроль за складом повітря

робочої зони та при збільшенні допустимих норм проводити заходи, щодо усунення надлишку шкідливих речовин.

Необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану; не нехтувати регулярним прибиранням робочого приміщення. Обов'язково проводити роботи в засобах індивідуального захисту.

6.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [28] 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 6.2.

Таблиця 6.2 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	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 використанні штучного освітлення вчасно замінювати лампи та світильники, що вийшли з ладу, при використанні природного слідкувати за чистотою скла вікна.

6.2.4 Виробничий шум

Звук або шум виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. Звуки, що передаються будівельними конструкціями,

називаються структурними, а ті що поширюються у повітряному середовищі, прийнято називати повітряним шумом. Будь-який небажаний звук називають шумом. Шум шкідливий для здоров'я, зменшує працездатність, підвищує рівень небезпеки. Тому необхідно передбачати заходи захисту від шуму. А для цього потрібно володіти відповідними знаннями. Як правило, шум нас дратує: заважає працювати, відпочивати, думати. Але шум може впливати і позитивно. Такий вплив на людину чинить, наприклад, шелест листя дерев, помірний стукіт дощових крапель, рокіт морського прибою. Позитивний вплив спокійної приємної музики відомий з давніх часів. Тому різноманітні оздоровчі процедури супроводжуються спокійною симфонічною або блюзовою музикою.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [27]. За цими нормами рівень шуму не може перевищувати 65 Дб.

Оскільки при виконанні робіт шум може перевищувати нормовані значення в 2 рази, пропонуються такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією: зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (пластмаса, гума, деревина та ін), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум та ін.; зменшення шуму та вібрації на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання; зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

6.2.5 Електромагнітні випромінювання

Електромагнітні поля мають потужний вплив на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими з таких методів є такі:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання;
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП);
- захист відстанню;
- екранування робочого місця чи джерела;
- раціональне планування робочого місця;
- застосування засобів попереджувальної сигналізації;
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

Слід сказати, що ще на етапі проектування взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Також треба заздалегідь попідкуватися про зменшення часу перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання повинна бути найменшою з можливих.

6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин.

Небезпечні та шкідливі психофізіологічні виробничі чинники залежно від характеру дії поділяють на такі групи:

- фізичні перевантаження (статичні, динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (розумові перевантаження, перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [28, 29].

Оптимальні умови 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 (без нічної зміни).

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

6.3.1 Дія електромагнітних та іонізуючих випромінювань електронні пристрої

Відомо, що фундаментальні параметри електропровідних матеріалів з кристалічною структурою (електро- і теплопровідність, механічні, оптичні і магнітні властивості, коефіцієнти дифузії та ін.) пов'язані з точковими дефектами в їх структурі. Отже, ці дефекти (і їх вторинні утворення) будуть визначати комплекс електричних параметрів тих елементів електронної техніки, основою яких є кристалічна структура.

В результаті впливу іонізуючих випромінювань у всіх твердих тілах незалежно від типу структури можуть відбуватися зміщення атомів з утворенням вакантних вузлів і впроваджених атомів. У міру накопичення цих дефектів електрофізичні властивості матеріалів починають істотно змінюватись, що може призвести до несправної роботи електронного обладнання та його подальшого виходу з ладу.

Дія електромагнітного імпульсу характеризується генерацією дуже короткого (сотні наносекунд), але інтенсивного електромагнітного випромінювання, яке розповсюджується від джерела з високою інтенсивністю, що зменшується, у відповідності з теорією електромагнетизму. Створюване імпульсом поле може бути достатньо потужним, щоб спричинити виникнення короткочасних перенапружень в електричних провідниках, таких як дроти або провідні доріжки друкованих схем.

Це може спричинити необоротні пошкодження широкого спектру електричного і електронного обладнання, особливо комп'ютерів і радіо або радарних приймачів. Залежно від електромагнітної стійкості електроніки, вона може бути необоротно пошкоджена або, іншими словами, електрично знищена. Комп'ютери, використовувані в системах обробки даних, комунікаційних системах, системах відображення інформації, системах промислового контролю, включаючи системи сигналізації автомобільних і залізних доріг, і комп'ютери, вбудовані у військове устаткування, таке, як сигнальні процесори, системи

контролю польотів, цифрові системи контролю двигунів є потенційно уразливими до дії ЕМІ.

6.3.2 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії електромагнітних випромінювань

Оцінити безпеку роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних можна за допомогою коефіцієнта безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}},$$

де U_D – допустиме коливання напруги живлення системи, В;

$U_{B(\Gamma)}$ – напруга створена електромагнітним випромінюванням, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК верстатного обладнання, В.

Безпечною робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань буде у випадку, коли $K_{B\min} \geq 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення для системи ЧПК складає

$$U_D = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N = 24 + \frac{24}{100} \cdot 2 = 28,8(\text{В}),$$

де $U_{ж} = 24$ В – максимальна напруга живлення елементів системи;

$N = 2\%$ – допустимі відхилення напруги.

Основна частина струмопровідних елементів системи ЧПК верстатного обладнання розміщена в горизонтальній площині, їх максимальна довжина між елементами становить близько 0,5 м.

Допустима величина наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК верстатного обладнання

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}} .$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}} ,$$

$$\frac{U_{\text{Д}}}{U_{\text{Г}}} = 10^{\frac{40}{20}} ,$$

$$U_{\text{Г}} = \frac{U_{\text{Д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{28,8}{100} = 0,288(\text{В})$$

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\text{Г}}}{l_{\text{Г}}} = \frac{0,288}{0,5} = 0,576 \text{ В/м} .$$

Система ЧПК верстатного обладнання, що використовується в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому $t = 0,1$ см і вище.

Використання сталевого екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{15000} = 63,7 \text{ Дб} .$$

де $f = 15000$ – власна частота екрана.

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{\text{Вох}}}{E_{\text{В}}} \text{ Дб} ,$$

де $E_{\text{Ввх}}$ – вертикальна складова напруження електричного поля на вході в екран, то

$$E_{\text{Ввх}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,576 \cdot 10^{\frac{63,7}{20}} = 881,9 \text{ В.}$$

Отже, безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 881,9 В/м.

6.3.3 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що дозволяє оцінити безпеку роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань, є максимальне значення потужності дози, яка може зумовити виникнення змін в елементній базі системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз схеми системи ЧПК верстатного обладнання показав, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, транзистори, конденсатори, резистори, діоди, діелектричні матеріали, кварцові елементи, магнітні матеріали, мікросхеми індуктивності та напівпровідники.

Граничне значення потужності дози гамма-випромінювання для системи за довідниковими даними складає $p_{\text{зр}} = 10^4 \text{ Р/с}$.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

$$p_{\text{зр}} = p_{\text{зв}} \cdot K_{\text{нос}} \cdot K_{\text{над}} = 10^4 \cdot 10 \cdot 0,95 = 9,5 \cdot 10^4 \text{ (Р/с)},$$

де $p_{зв}$ – мінімальне значення рівня радіації, що може спричинити початок зворотних змін в елементах системи ЧПК верстатного обладнання;

$K_{пос} = 10$ – коефіцієнт послаблення радіації;

$K_{над} = 0,9..0,95$ – коефіцієнт надійності роботи.

Таблиця 6.3 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для системи ЧПК верстатного обладнання

Елементи і матеріали системи ЧПК	Границя стійкості елементів системи ЧПК, $p_{гр.і}$, Р/с	Границя стійкості для системи ЧПК в цілому, $p_{гр}$, Р/с
Транзистори, діоди	10^5	10^4
Інтегральні схеми, напівпровідники	10^4	
Конденсатори, індуктивності	10^5	
Резистори	10^6	
Діелектричні матеріали	10^4	
Мікросхеми	10^4	
Магнітні матеріали	10^7	
Кварцові елементи	10^{10}	

Проведений розрахунок показує, що безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечена, якщо в умовах експлуатації потужність дози іонізуючих випромінювань не перевищуватиме $9,5 \cdot 10^4$ Р/с.

Висновки. Проведені розрахунки з оцінки безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань дають змогу зробити висновок, що система ЧПК працюватиме безпечно в умовах дії цих чинників, якщо інтенсивності впливу іонізуючого та електромагнітного випромінювань не перевищуватимуть, відповідно, $9,5 \cdot 10^4$ Р/с і 881,9 В/м.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005». При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Фланець» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» запропоновано два способи лиття – лиття під тиском та лиття в кокіль. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям під тиском, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при цьому способі (0,93) більший, ніж з при виготовленні заготовки литтям в кокіль (0,71); при цьому вартість заготовки складає 32,8 грн., що менше у порівнянні з литтям в кокіль – 121,12 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005» 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. Спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 015 операції на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі 2P135Ф2.

5. Розроблено комп'ютерну програму, яка призначена для швидкого та точного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу в гідроприводі розробленого верстатного пристосування для 015 операції. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідникових даних і може бути корисна

інженерам, студентам для розрахунків у сфері «Гідравліки, гідродинаміки та гідроприводу».

6. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано ділянку механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи ділянки в середньосерійному виробництві, яка складає $N_{прив} = 90950$ шт.; ділянка механічної обробки повинна містити 5 верстатів, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на ділянці – 9 чол.

7. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу та ділянки механічної обробки заготовки деталі «Кришка НШ50А.03.005», визначені капітальні вкладення – 1519725,84 грн., одержаний прибуток – 830589,08 грн., термін окупності вкладень – 1,83 року.

8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
3. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
4. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
6. 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. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. – К. : ІСДО, 1993. – 304 с.
8. 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.
9. 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.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

11. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов: Справочник. Ю. В. Барановський, Л. А. Брахан, Ц. З. Бродский [и др.] ; / под ред. Ю. В. Барановського. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

12. Станочные приспособления. Справочник. / Под ред. В. Н. Вардашкина. – М. : Машиностроение, 1984. – Т.1 – 625 с., Т.2 – 573 с.

13. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений. Учебн. пособие для вузов. – Минск : Высшая школа, 1986. – 238 с.

14. Розмірний розрахунок верстатних пристроїв на точність. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсового та дипломного проектування для студентів спеціальностей 1201, 1202 всіх форм навчання / А. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. І. Савуляк. – Вінниця : ВПІ, 1990. – 20 с.

15. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : Учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]. – 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.

16. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика : підручник / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський [та ін.] ; за редакцією В. О. Федорця. – К. : Вища шк. 1995. – 463 с.

17. Вакина В. В. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов. / В. В. Вакина, И. Д. Денисенко, А. Л. Столяров. – К. : Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 208 с.

18. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Курсове проектування для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», 6.050503 – «Машинобудування» : навчальний посібник / Ю. А. Бурєнніков, Л. Г. Козлов, В. П. Пурдик, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 238 с.

19. Аналіз систем керування приводом барабана автобетонозмішувача [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, В. Ю. Губницький, А. О. Подолян, О. Ю. Ткачук // Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів

Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2021), Вінниця, 10-12 березня 2021 р. – Електрон. текст. дані. – 2021. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2021/paper/view/12720>.

20. 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.

21. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

22. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

23. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

24. Правила улаштування електроустановок – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>.

25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

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.

29. НАКАЗ від 16.10.2013 № 749 Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1871-13#Text>.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка НШ50А.03.005»

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 Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	97,9
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	2,1

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 _____ Подольн А.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота може бути допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(прізвище, ініціали)

Експерт _____ д.т.н., проф. зав.кафедри Козлов Л.Г.
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

**ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКІСНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ
ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ**

Таблиця А.1 – Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Розміри								Шорсткість	
Лінійні, мм		Діаметральні, мм		Радіуси, мм		Кути, °		Ra, мкм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_L	$R_{L.Y.}$	R_D	$R_{D.Y.}$	R_P	$R_{P.Y.}$	R_K	$R_{K.Y.}$	Ш	Ш _у
6	+	Ø38H8	+	0.2	+	30	+	6.3	+
21,5h13	-	Ø44.5H13	-			45	+	3.2	+
27.5	-	Ø42.5	-			45	+	6.3	+
12	+	Ø42H9	+			45	+	6.3	+
18	+	Ø11.6	-			45	+	12.5	+
25	+	Ø11(4 отв)	+					12.5(4 отв)	+
12	+	Ø18	+					3.2	+
1.9	+	Ø11(8 отв)	+					2.5	+
0.6	+	Ø90f9	+					2.5	+
0.6(2)	+							12.5(2 шт)	+
10.5h15	+							12.5	+
12	+							12.5	+
36	+							3.2	+
41	-							12.5	+
72	-							12.5	+
82	-								
19	+								
22.5	-								
64	-								
46	-								
45	+								
41	-								
86	-								
149	-								
110	+								
55	+								
86	-								
43	-								
14(2)	+								
58	-								
86	-								
0.6	+								
Σ34	Σ19	Σ19	Σ16	Σ1	Σ1	Σ5	Σ5	Σ19	Σ19

Таблиця А.2 – Дані для розрахунку коефіцієнта точності обробки

Квалітет ІТ	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
8 ($\varnothing 37H8^{(+0,039)}$)	1	$8 \times 1 = 8$
9 ($\varnothing 42H9^{(+0,062)}$, $\varnothing 90f9^{(-0,036)}$, $\varnothing 90f9^{(-0,123)}$)	2	$9 \times 2 = 18$
13 ($21,5h13^{(-0,33)}$, $\varnothing 44,5H13^{(+0,39)}$)	2	$13 \times 2 = 26$
14 (27,5; $\varnothing 18$, $\varnothing 11$, 6, 12)	11	$14 \times 11 = 154$
15 (10,5h15)	1	$15 \times 1 = 15$
Всього:	$\Sigma 17$	$\Sigma 221$

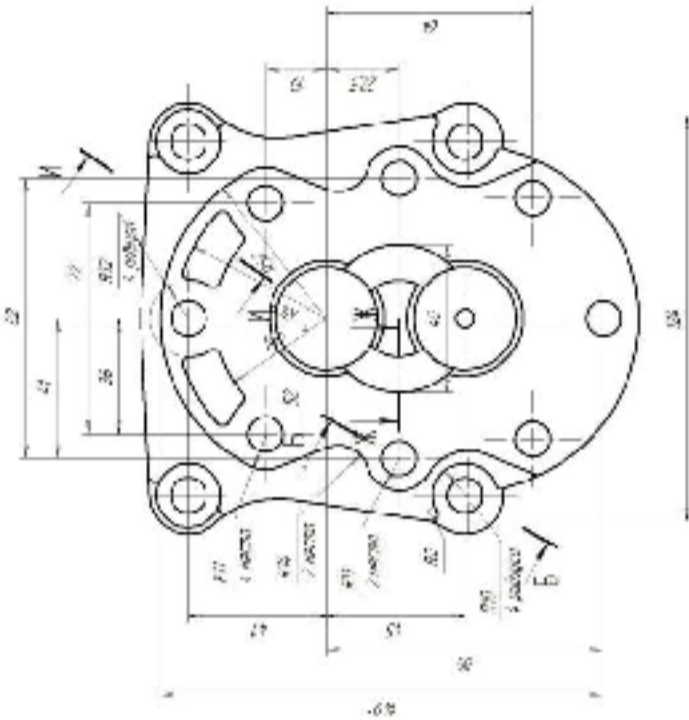
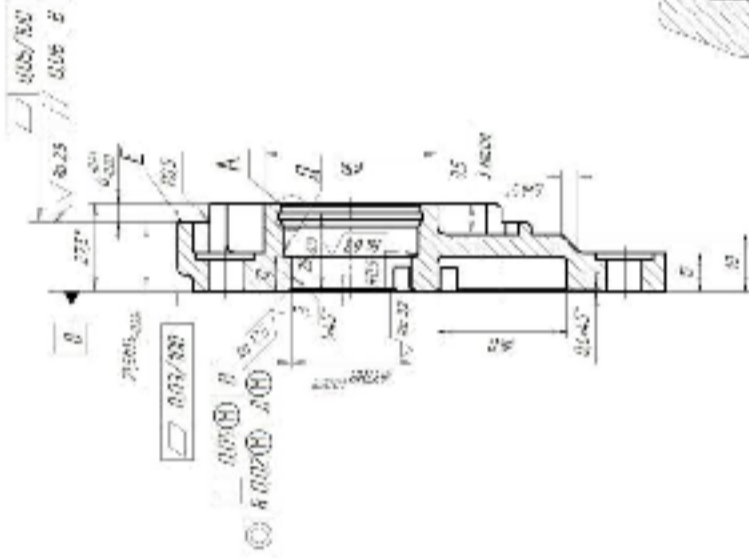
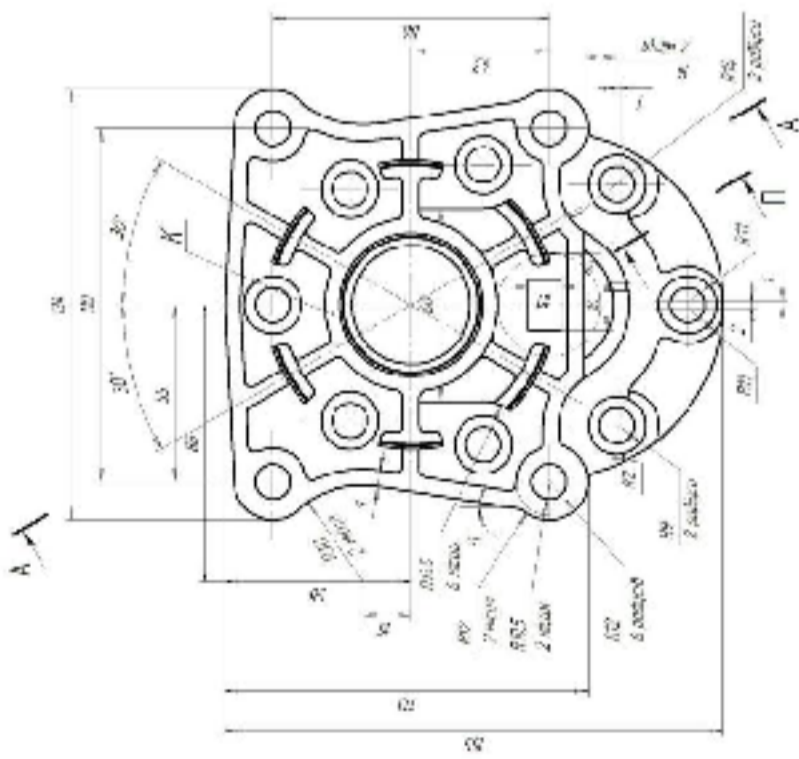
Таблиця А.3 – Дані для визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь, шт.	Розрахунок
2,5 ($\varnothing 42H9^{(+0,062)}$, 30°)	2	$2,5 \times 2 = 5$
3,2 ($\varnothing 37H8^{(+0,039)}$, $\varnothing 90f9^{(-0,036)}$, $1,9^{+0,025}$)	3	$3,2 \times 3 = 9,6$
6,3 ($21,5h13^{(-0,33)}$, 12, $\varnothing 44,5H13^{(+0,39)}$)	3	$6,3 \times 3 = 18,9$
12,5 ($\varnothing 42,5$, $0,6 \times 45^\circ$, $0,6 \times 45^\circ$ (2 шт.), $\varnothing 11^{+0,43}$ (4 отв.), 12, $\varnothing 18$, 14, 5)	11	$12,5 \times 11 = 137,5$
Всього:	$\Sigma 19$	$\Sigma 171$

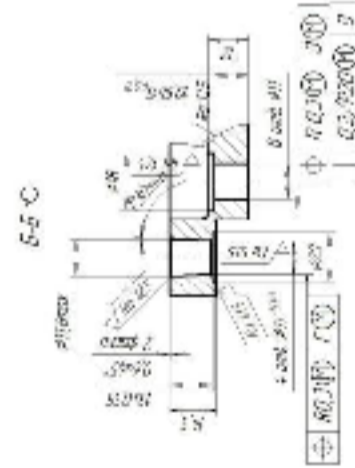
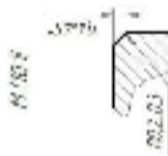
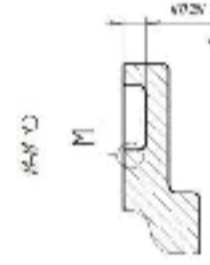
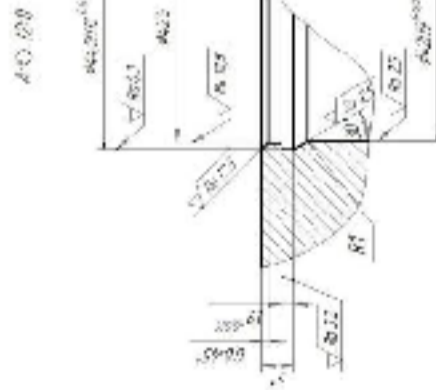
Додаток В
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

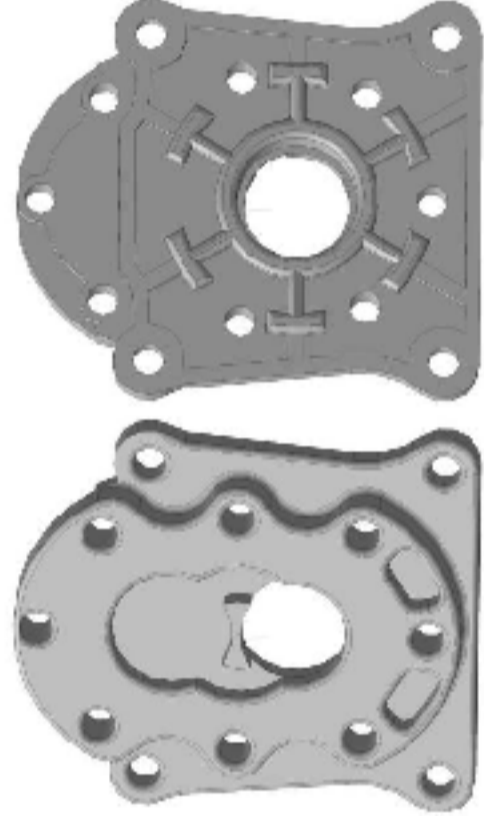
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА НШ50А.03.005»



A-A C



3D-модель детали



1 Деталь в разрезе по линии В-В по ГОСТ 21450-73 показана
в масштабе 1:1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1 Деталь в разрезе по линии В-В по ГОСТ 21450-73 показана
в масштабе 1:1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

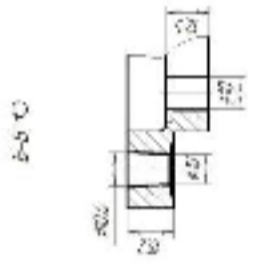
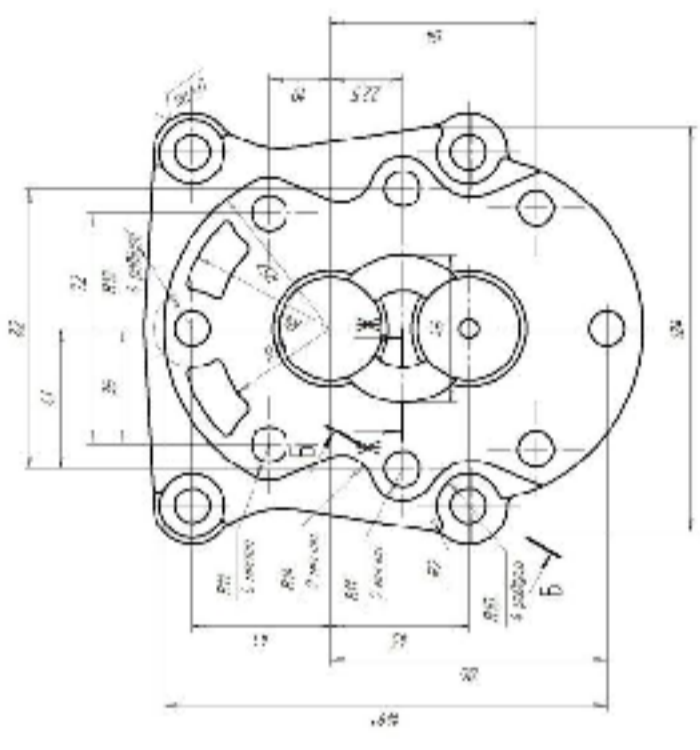
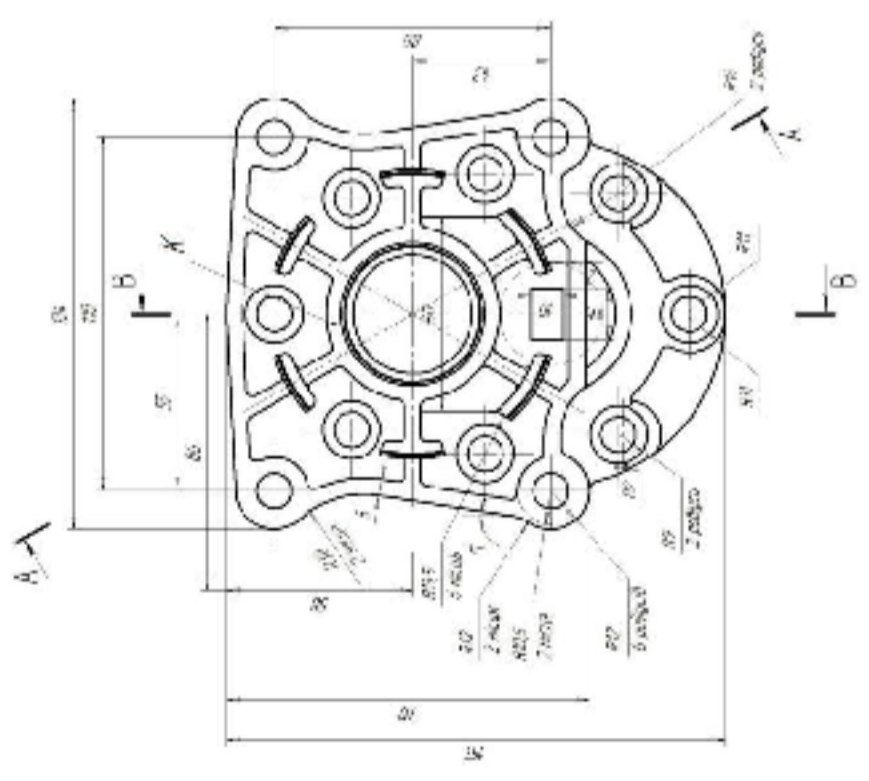
1 Деталь в разрезе по линии В-В по ГОСТ 21450-73 показана
в масштабе 1:1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1 Деталь в разрезе по линии В-В по ГОСТ 21450-73 показана
в масштабе 1:1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

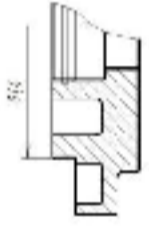
ИЗМ.	№	Датум	Исполнитель	Проверенный	Согласованный	Утвержденный
	1	01.09.17	Кузнецова			
Объект: 08-26.MKP.008.00.001			Инв.№: 03.005			
Наименование: Кузнецова			Инв.№: 03.005			
Исполнитель: АИТ Д.Т. 2023			Инв.№: 03.005			
Проверенный: Р.С.Т. 020-020			Инв.№: 03.005			
Утвержденный: А.С.Т. 020-020			Инв.№: 03.005			

ZINUS-203.0001.002

√ R0 4.0



A-A

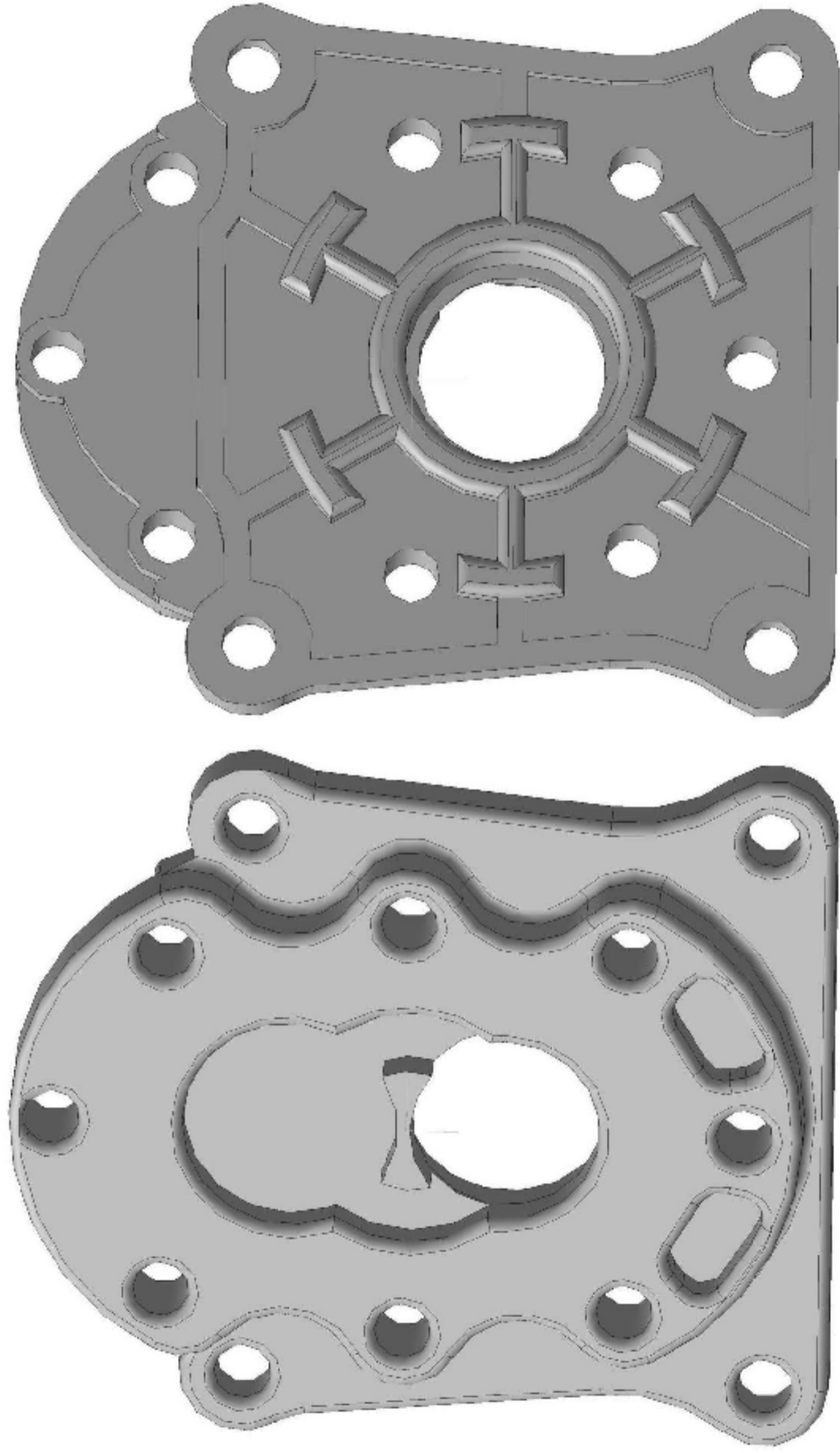


1. 1-1-1-1. За 0,2% Точнее, размеры ГОСТ 20617-02
2. АКСИ 0.689-140.3-0325 ГОСТ 20615-88
3. Изготовлен по чертежу проекта 2.1. от представителя завода ПУП.
4. 05.07.08
5. Адрес: ул.Копеев Гродненская область, г.Гродно, ул.Ильинский пр.

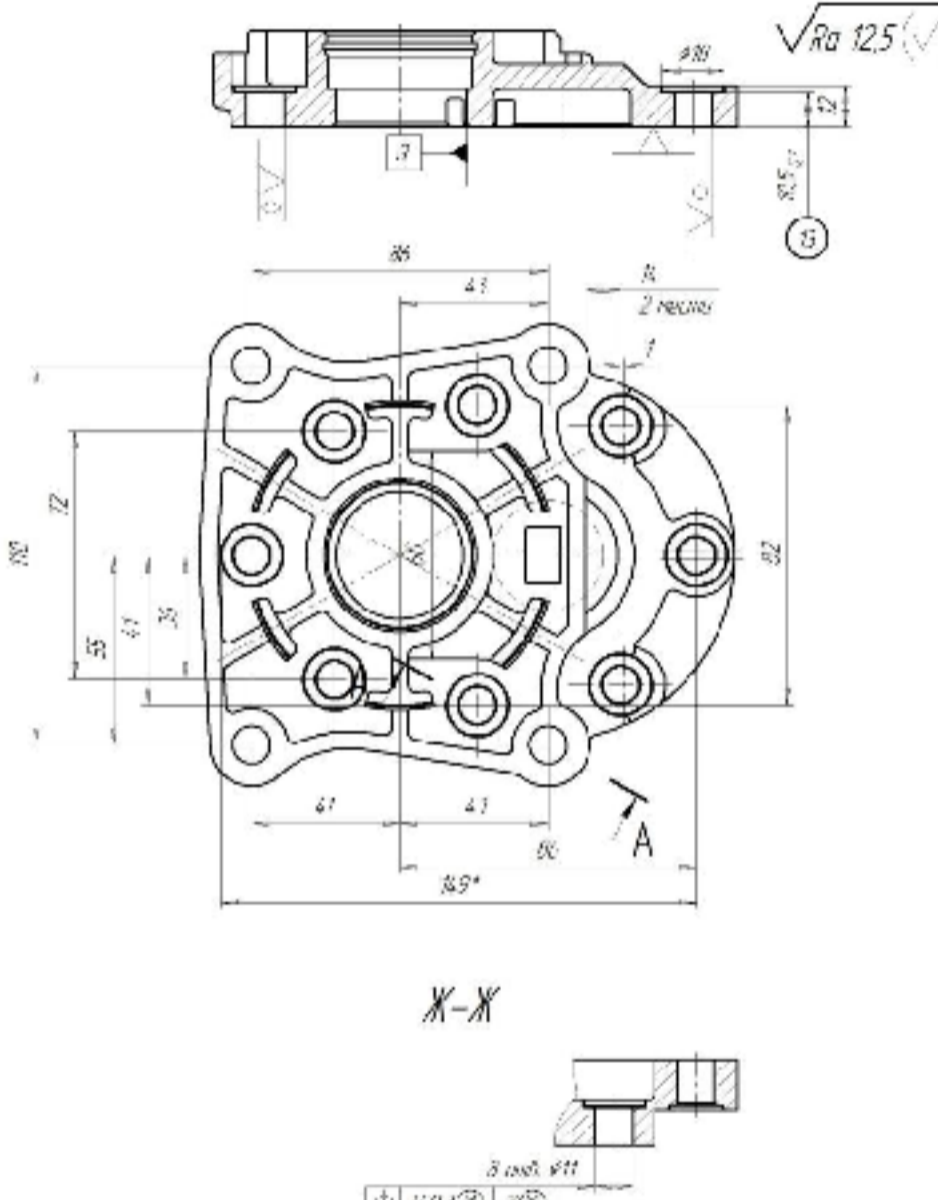
08-26.МФ.000.0002		ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
Климова		ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
(инженер)		ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
Исполн.	АНТ 01.19.2039	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
Провер.	ИЗМ 020-03	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
ИЗМ.	ИЗМ 03	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
08-26.МФ.000.0002		ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.

ИЗМ.	ИЗМ 03	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
ИЗМ.	ИЗМ 02	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.
ИЗМ.	ИЗМ 01	ИЗМ.	ИЗМ.	ИЗМ.

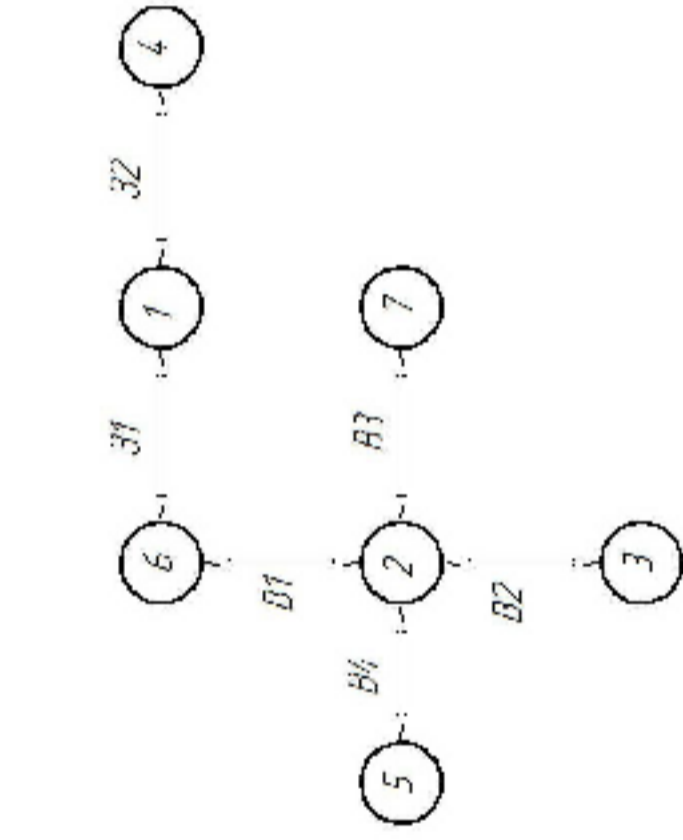
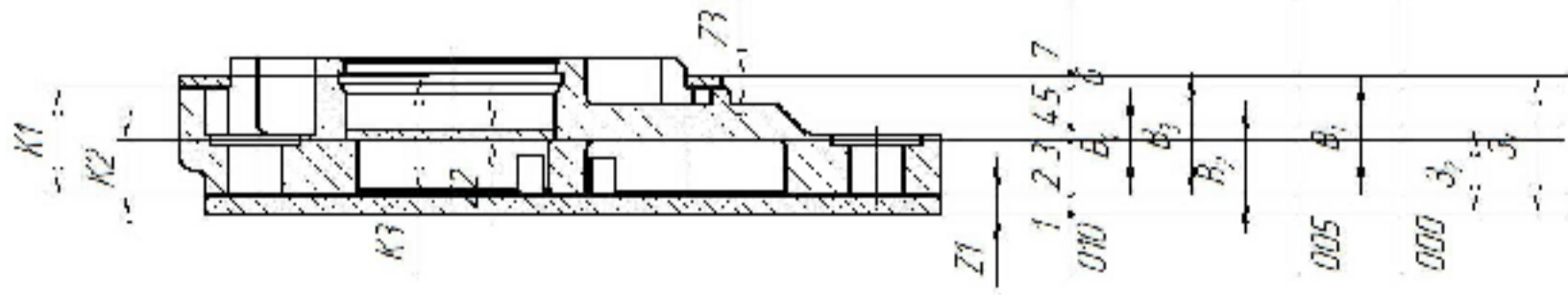
3D-модель заготовки "Кришка"



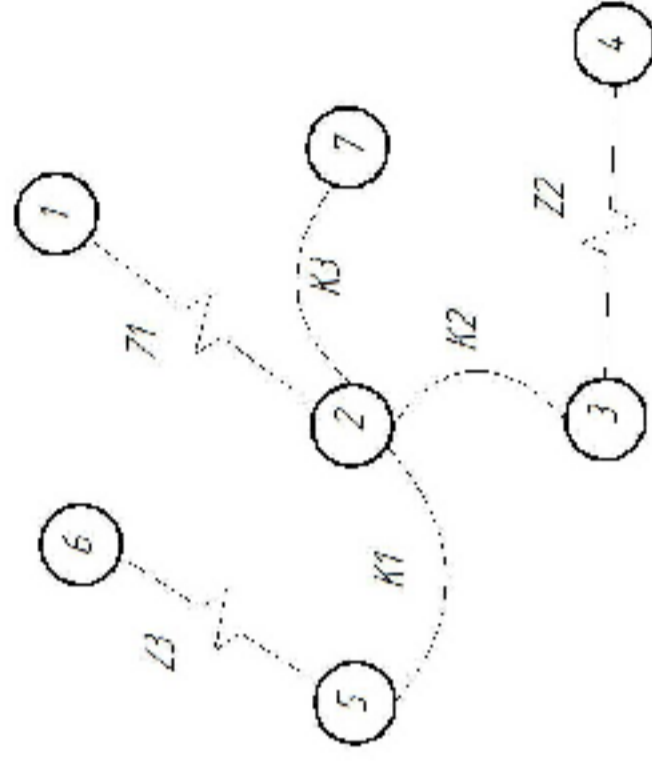
Технологічний процес механічної обробки (продовження)

№	Операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Моделі верстатів
015	<p style="text-align: center;"><i>Свердильно з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Цекувати пів. Ra в р-р вказаний на кресені (в отді). 3. Зняти деталь. 	 <p style="text-align: center;">Ж-Ж</p> <p style="text-align: center;"> ϕ 12 H7/k6 Ra 12.5 </p> <p style="text-align: center;"><i>Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H7/k6, валів h7/k6, інших IT14/2.</i></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Вертикально-свердильний верстат з ЧПК 2P135Ф2</p>

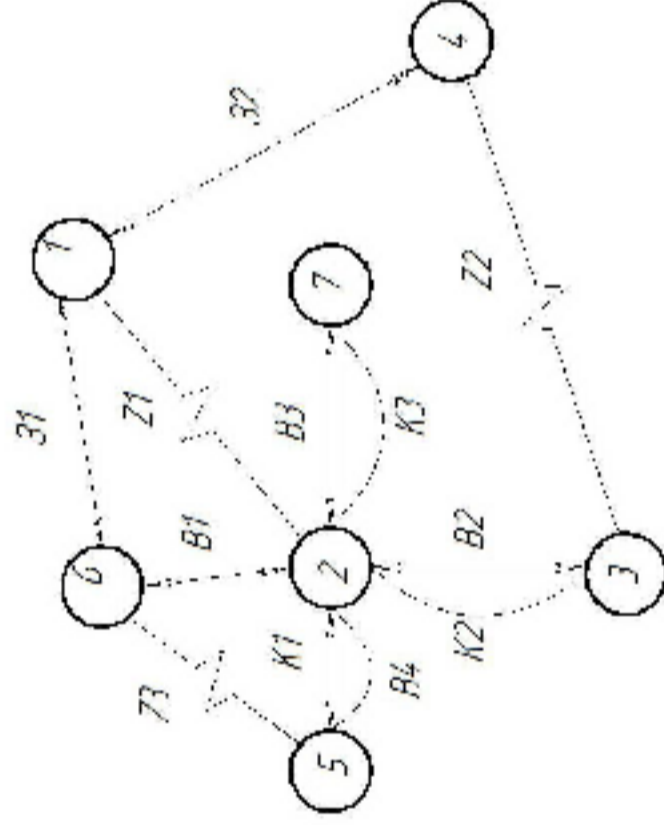
Розмірний аналіз технологічного процесу



Початковий граф-дерево



Вихідний граф дерева



Суміщений граф

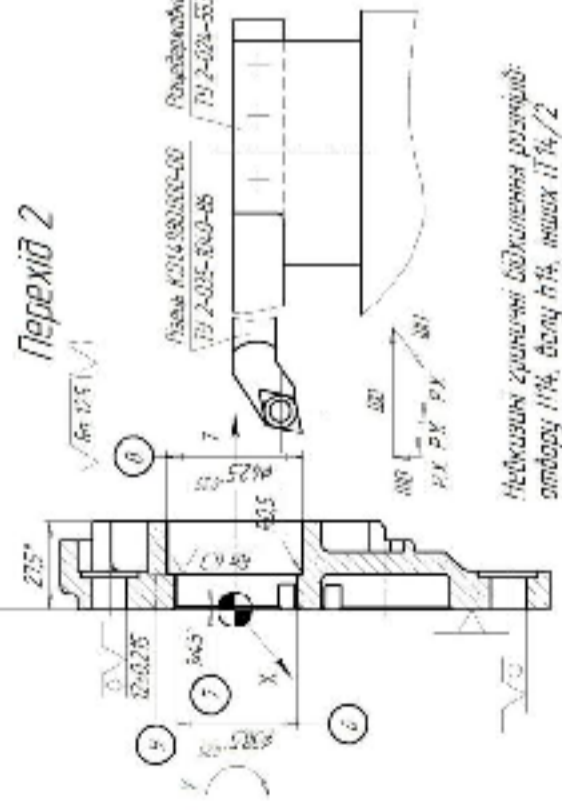
Значення граничних технологічних розмірів, припусків

Розмір, мм	U1	U2	U3	U4
міні	218	1157	24,67	21,17
макс	22,23	12	25	215
Розміри	Z1	Z2	Z3	Z4
міні	22,4	12,77		
макс	22,92	13,2		
Розміри	Z1	Z2	Z3	Z4
міні	0,6	0,6	0,3	
макс	1,12	1,6	1,06	

Розмірна схема технологічного процесу

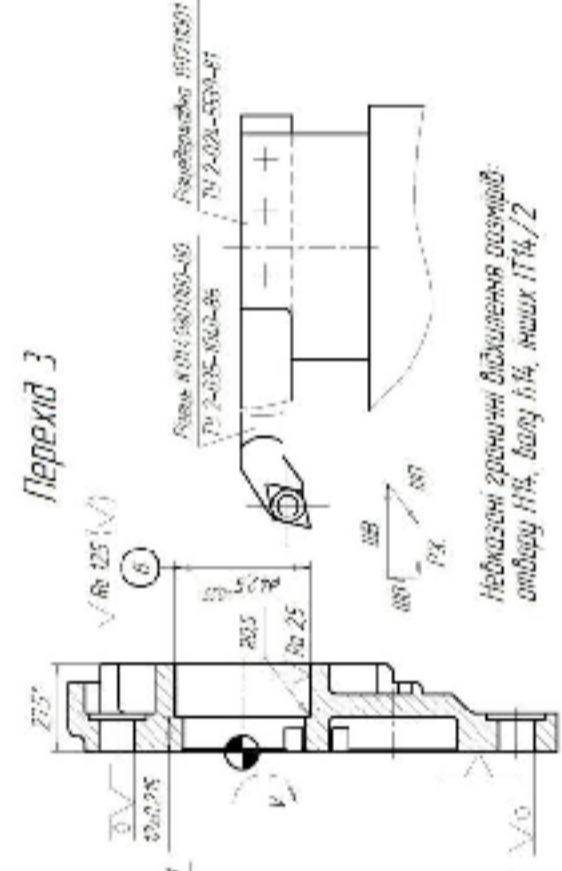
00-105-800-000-02 01

Перехід 2



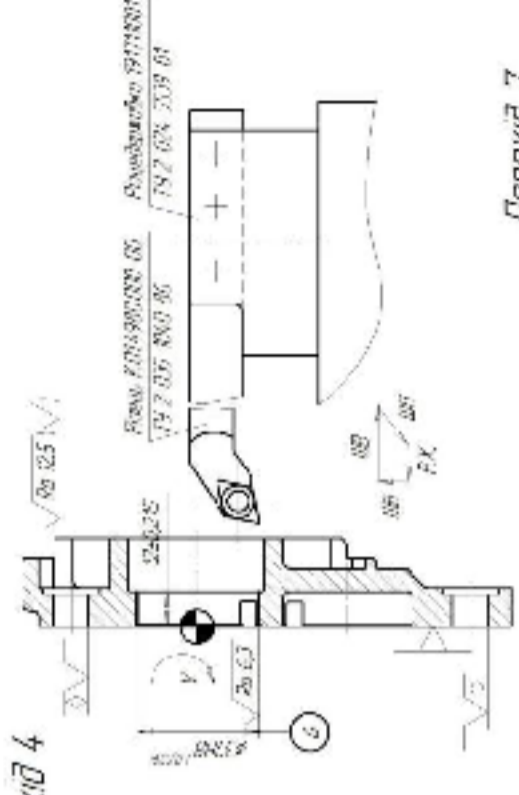
Небезпечні граничні відхилення розмірів:
отвори H14, валу h14, штих IT14/2

Перехід 3

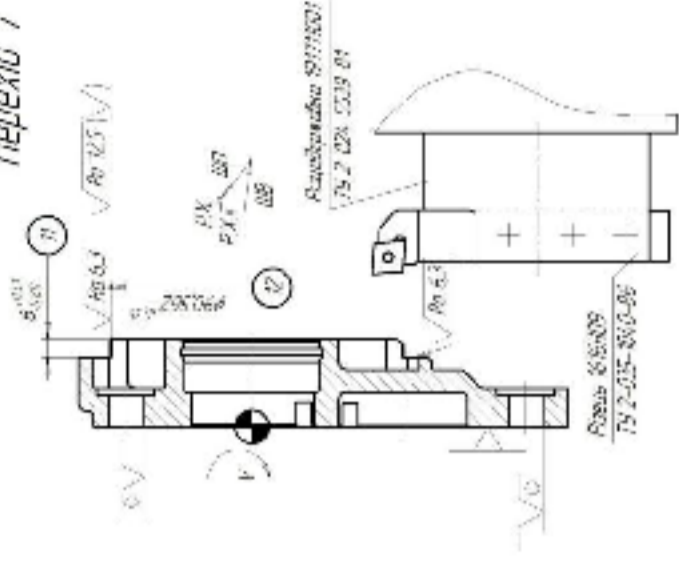


Небезпечні граничні відхилення розмірів:
отвори H14, валу h14, штих IT14/2

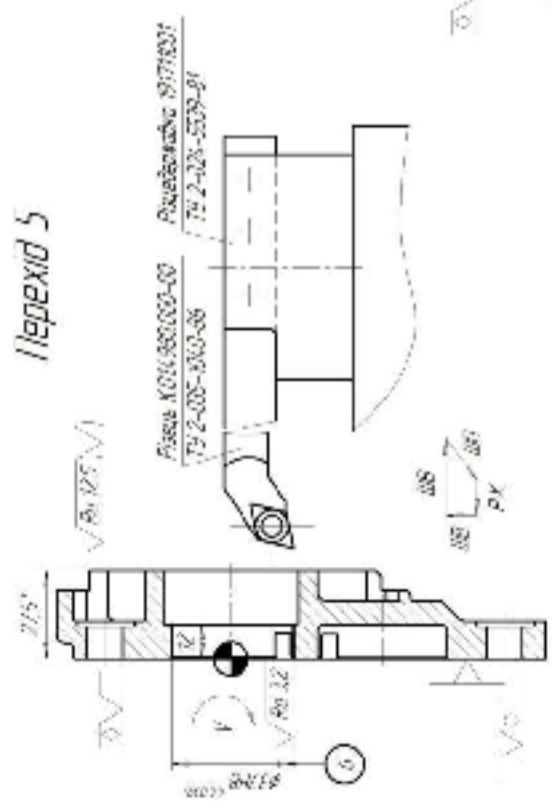
Перехід 4



Перехід 7

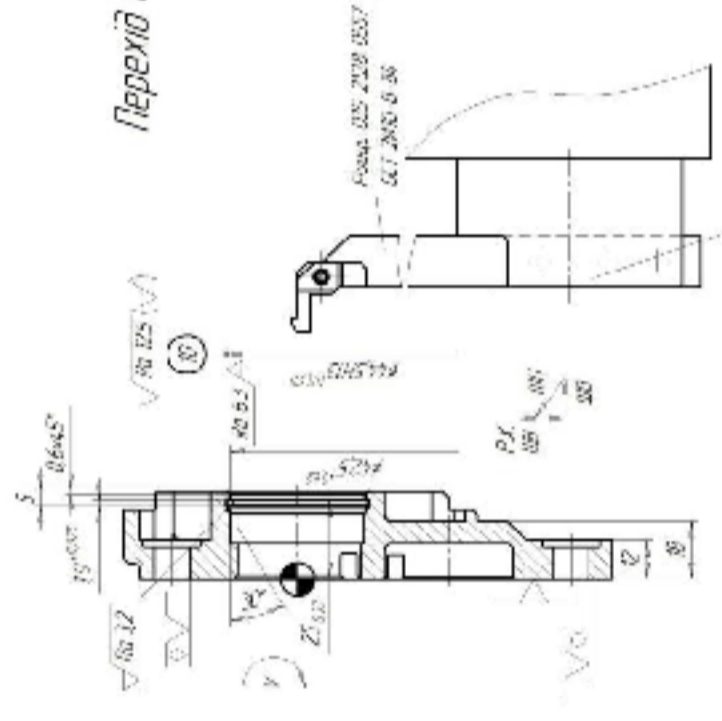


Перехід 5



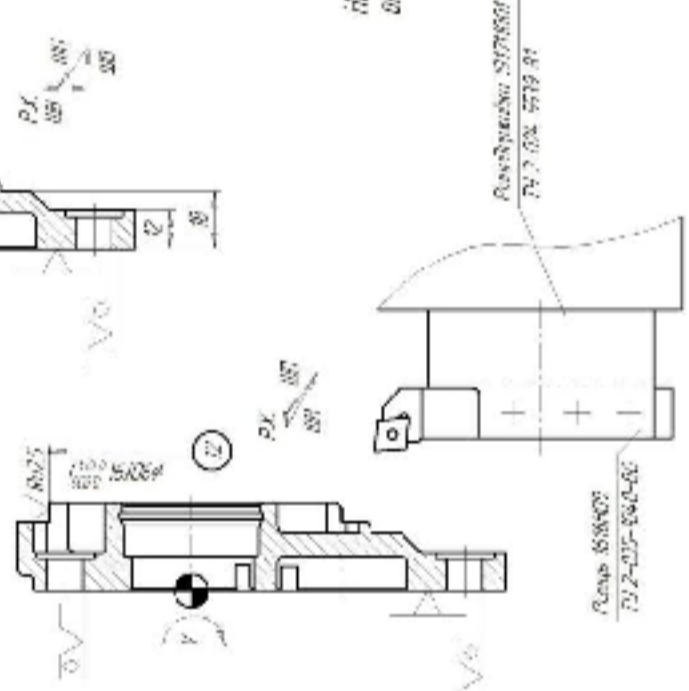
Небезпечні граничні відхилення розмірів:
отвори H14, валу h14, штих IT14/2

Перехід 6



Небезпечні граничні відхилення розмірів:
отвори H14, валу h14, штих IT14/2

Перехід 8



Форма 6-00-009
79.2-035-800-00

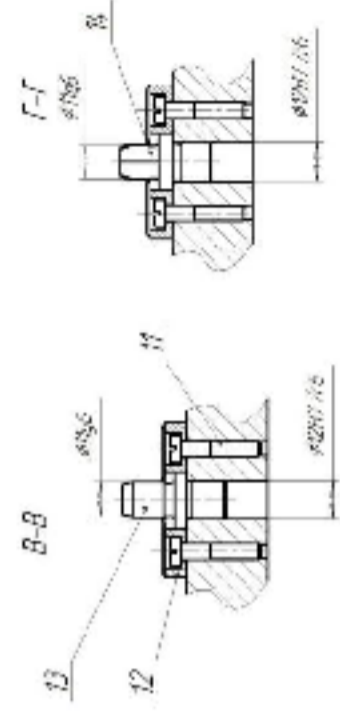
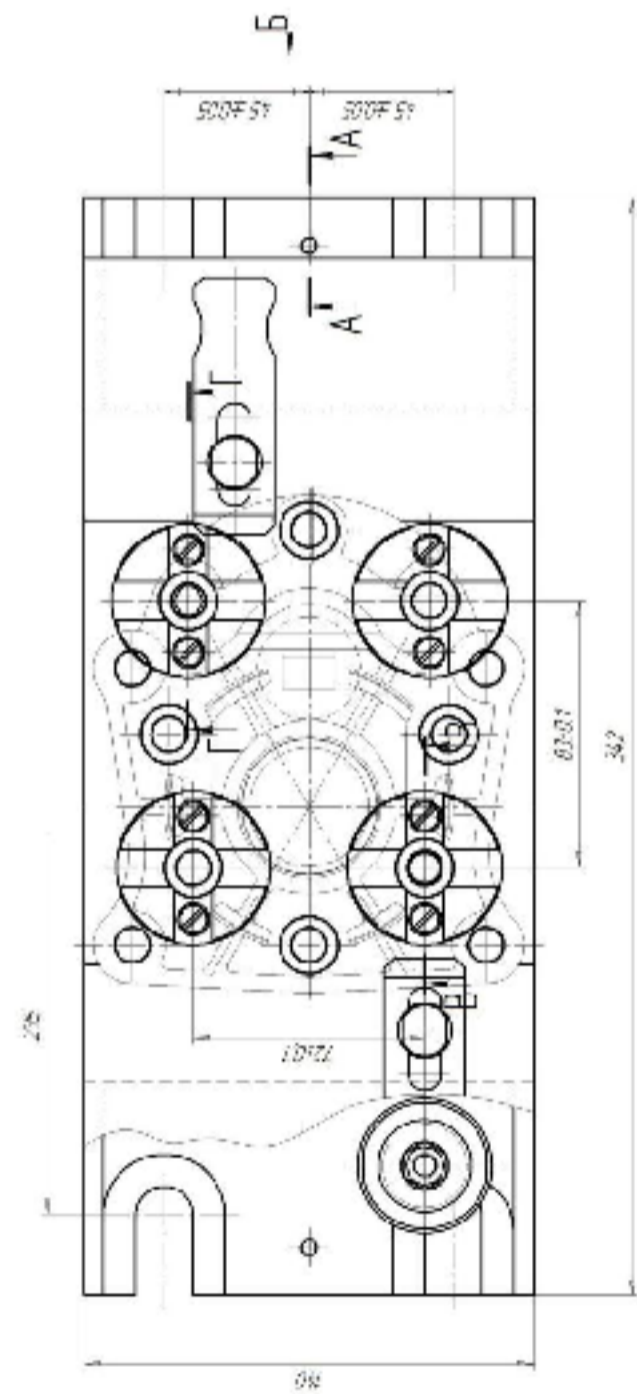
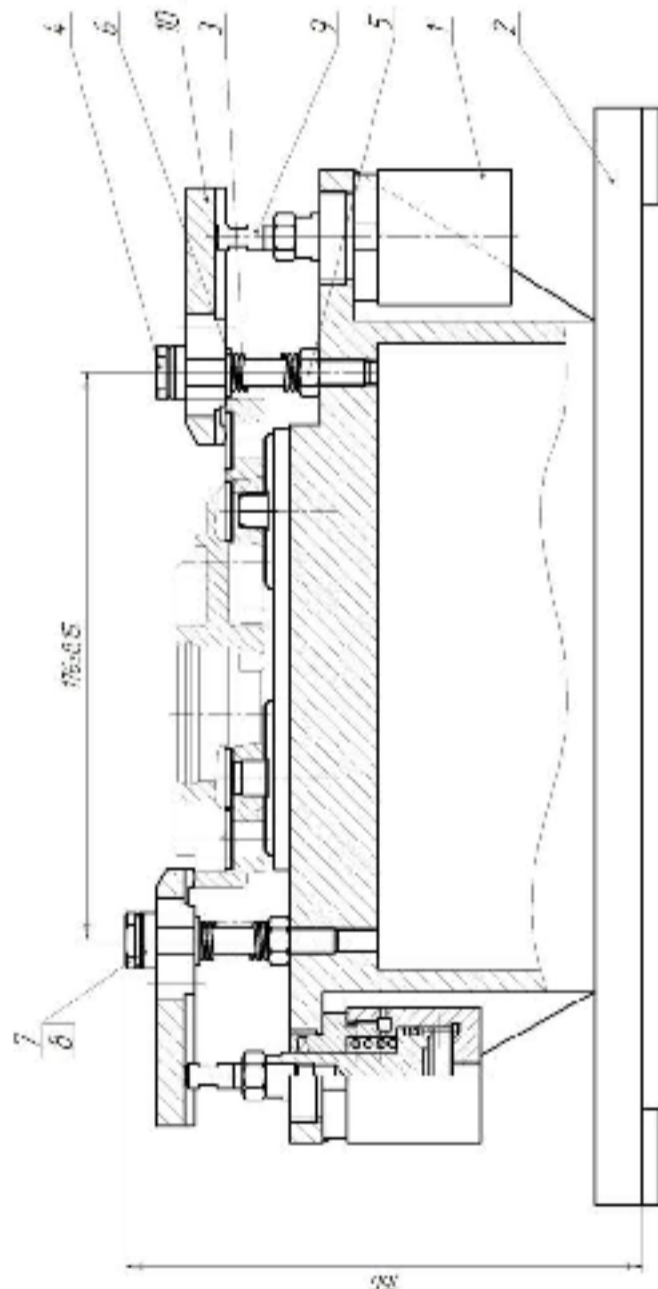
8	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
7	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
6	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
5	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
4	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
3	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
2	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
1	Відхилення від 0 до 0,005	0,005	0,01	0,02	0,03

Розмірність 01770001
79.2-028-5539-01

Форма 6-00-009
79.2-035-800-00

08-261-000-000-000

09-76-MKP-0008.01.000 CK



- 1. Пластина для клапана
- 2. Вал. Ш. 117
- 3. Шайба диаметром 18,5 H
- 4. Болт для регулировки 0,25 мм

09-76-MKP-0008.01.000 CK		Исполнение	№
№	Исполнение	№	Исполнение
1	Исполнение	№	Исполнение
2	Исполнение	№	Исполнение
3	Исполнение	№	Исполнение
4	Исполнение	№	Исполнение
5	Исполнение	№	Исполнение
6	Исполнение	№	Исполнение
7	Исполнение	№	Исполнение
8	Исполнение	№	Исполнение
9	Исполнение	№	Исполнение
10	Исполнение	№	Исполнение
11	Исполнение	№	Исполнение
12	Исполнение	№	Исполнение

ВИБІР ПРИВОДУ ПРИСТОСУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

Враховуючи серійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 50000$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з гідروприводом.

Розрахунок параметрів приводу затискного пристрою:

- діаметр циліндра: $D_v = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{945}{0,8 \cdot 0,85}} = 42,13$ (мм) (прийнятий $D_v = 50$ мм);

- площа поршня: $F_1 = \frac{\pi D_v^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} = 1,963 \cdot 10^{-3}$ (м²);

- площа штокової порожнини: $F_2 = \frac{\pi}{4} (D_v^2 - d_{ш}^2) = \frac{3,14}{4} (0,05^2 - 0,018^2) = 1,708 \cdot 10^{-3}$ (м²);

- для забезпечення безударної та плавної роботи гідроциліндра слід призначити робочу швидкість переміщення поршня ν в межах 0,2...1 м/с; прийнято $\nu = 0,6$ м/с;

- час переміщення поршня (робочий чи холостий хід): $t = L / (100 \cdot \nu) = 60 / (1000 \cdot 0,6) = 0,1$ (с);

- витрата робочої рідини за хід (робочий чи холостий): $Q = F \cdot \nu = 1,963 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 = 1,178 \cdot 10^{-3}$ (м³/с) = 70,67 (л/хв.)

- внутрішній діаметр трубопроводу: $d_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \nu}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,178 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,6}} = 0,05$ (м) = 50 (мм).

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ

Гідравлічний розрахунок гідроліній полягає у визначенні крім діаметра (внутрішнього) труб також і втрати напорів та падіння тиску по довжині труб [15-19].

Втрати напорів h_n в трубопроводах об'ємного гідроприводу визначаються з урахуванням втрат напорів як по довжині, так і у всіх місцевих опорах, розміщених на даному трубопроводі.

Загальні втрати напорів h_n отримуються сумуванням всіх втрат напорів по довжині і місцевих на даній ділянці трубопроводу, тобто

$$h_n = h_{np} + \sum h_{\lambda} \quad [M]. \quad (1)$$

До місцевих опорів відносять гідроапарати, що розміщені на даній ділянці трубопроводу. Величина падіння тиску в кожному окремому гідроапараті вказана зазвичай в його технічних характеристиках або визначається згідно довідників.

Втрати напорів по довжині h_{np} (формула Дарсі-Вейсбаха):

$$h_{np} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad [M], \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт Дарсі (коефіцієнт гідравлічного тертя); v – середня швидкість руху рідини в трубі діаметром d і довжиною ℓ .

Для ламінарного режиму руху в круглій трубі коефіцієнт λ визначається за теоретичною формулою

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (3)$$

де Re – число Рейнольдса.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ

(продовження)

При турбулентному режимі руху коефіцієнт λ залежить в загальному випадку від числа Рейнольдса Re і відносної шорсткості Δ_e/d (де Δ_e – еквівалентна абсолютна шорсткість) і визначається за напівемпіричними і емпіричними формулами, а також за графіками та таблицями. При цьому розрізняють три області гідравлічних опорів – гідравлічно гладких труб, перехідну та квадратичну.

Останнім часом для турбулентного режиму руху рідини в трубах здобула визнання універсальна (використовується для всіх областей) формула А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_e}{d} \right)^{0,25} \quad (4)$$

Падіння тиску по довжині трубопроводу

$$\Delta p_{тр} = \rho g h_{тр} \quad [Па]. \quad (5)$$

Згідно рівнянь (1)-(5) розроблено блок-схему виконання гідравлічного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу, що показана на рис. 1.

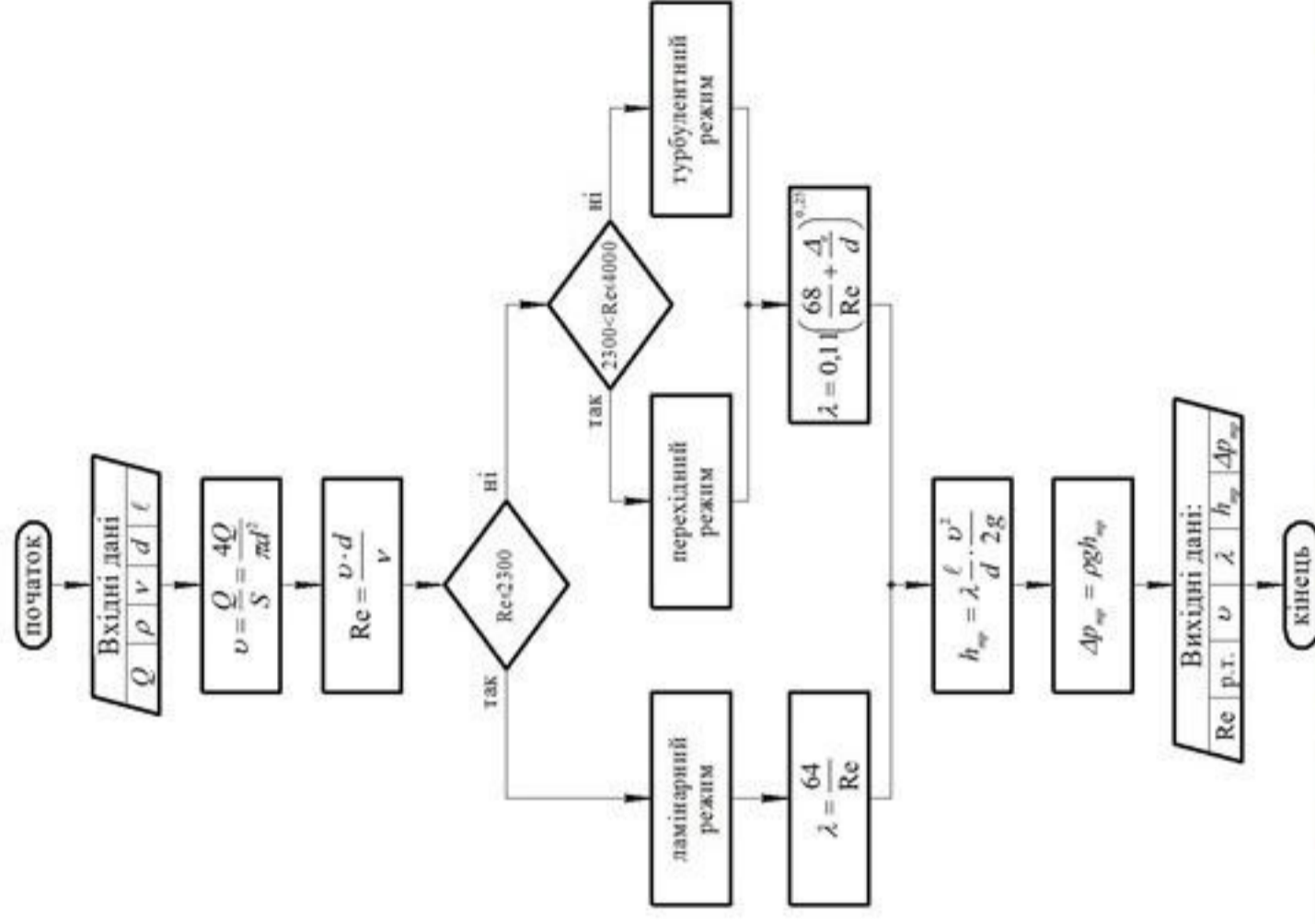


Рисунок 1 – Блок-схема гідравлічного розрахунку падіння тиску по довжині трубопроводу

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНИ ТРУБОПРОВОДУ

(продовження)

Для виконання розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу розроблено комп'ютерну програму, інтерфейс якої показано на рис. 2.

Гідрравлічний розрахунок втрат тиску в трубопроводі

Вхідні дані

Введіть витрату рідини (Q)	л/хв	70
Введіть густину рідини (ρ)	кг/м ³	890
Введіть кінематичну в'язкість рідини (ν)	×10 ⁻⁶ м ² /с	20
Введіть діаметр трубопроводу (d)	м	0,032
Введіть довжину трубопроводу (L)	м	2

Виберіть тип трубопроводу

Еквівалентна шорсткість стінок трубопроводу (Δε)

Рукави та шланги гумові

0,02 мм

Вихідні дані

Число Рейнольдса (Re)	2322,187
Режим течії	Перехідний
Швидкість руху рідини в трубопроводі (v)	1,451 м/с
Коефіцієнт гідравлічного тертя (λ)	0,045744
Втрати напору по довжині (h _{тр})	0,306954 м
Втрати тиску по довжині (Δр _{тр})	2682,720673 Па

Рисунок 2 – Основне вікно розробленої комп'ютерної програми для розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ (продовження)

В результаті виконаних за програмою розрахунків, побудовано залежності втрат напору $h_{\text{тр}}$ (рис. 3) та падіння тиску по довжині $\Delta p_{\text{тр}}$ (рис. 4) від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу, а також залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу (рис. 5).

Вхідні дані для розрахунку мали таке значення: $Q = 70$ л/хв.; $\rho = 890$ кг/м³; $\nu = 40 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\Delta_e = 0,02$ мм (рукава високого тиску).

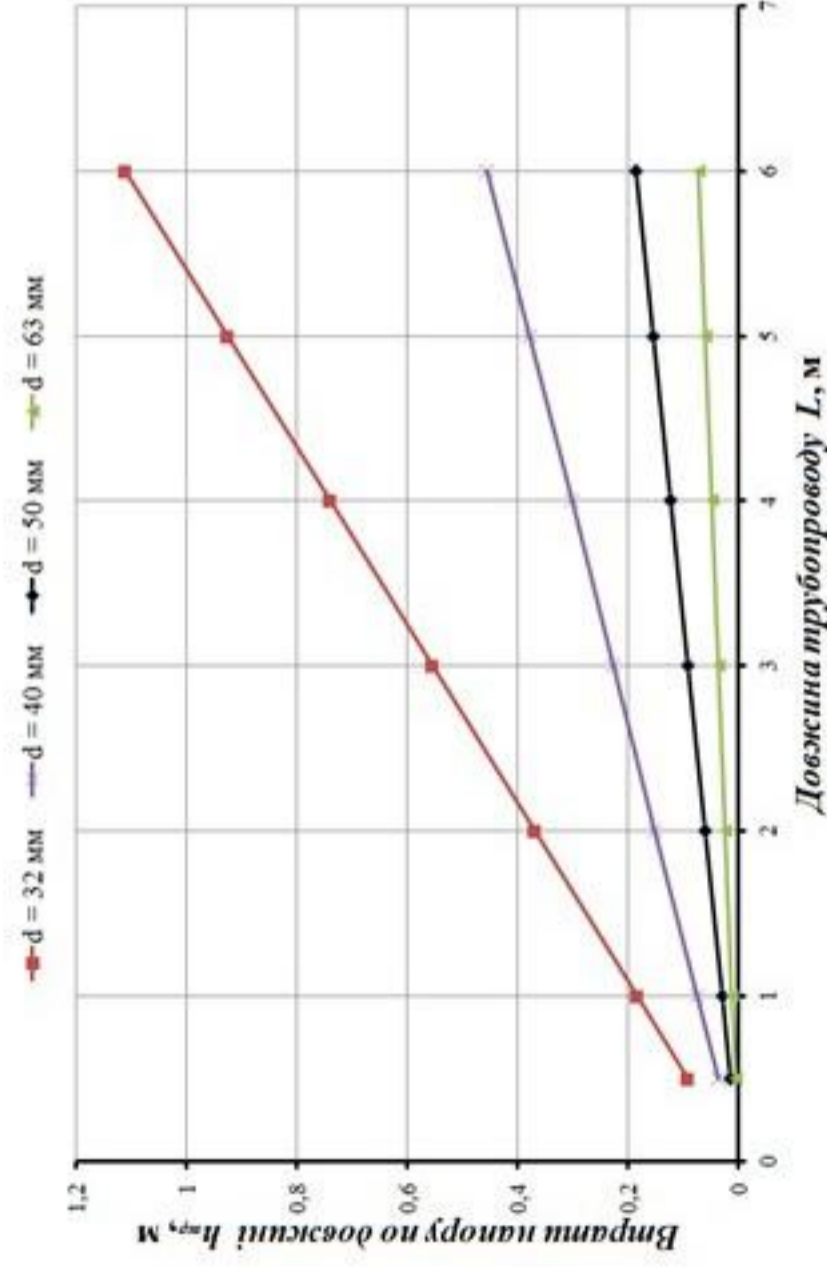


Рисунок 3 – Залежності втрат напору по довжині $h_{\text{тр}}$ від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

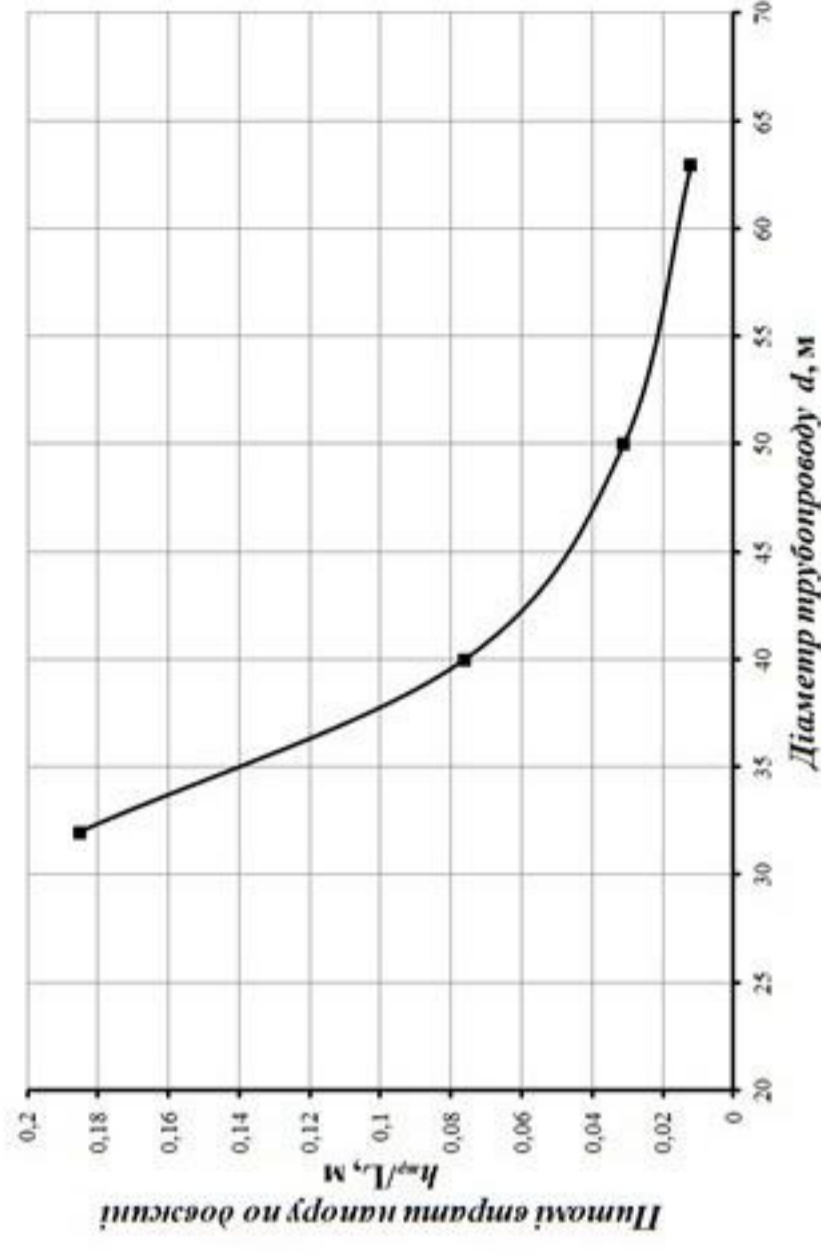


Рисунок 4 – Залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ (продовження)

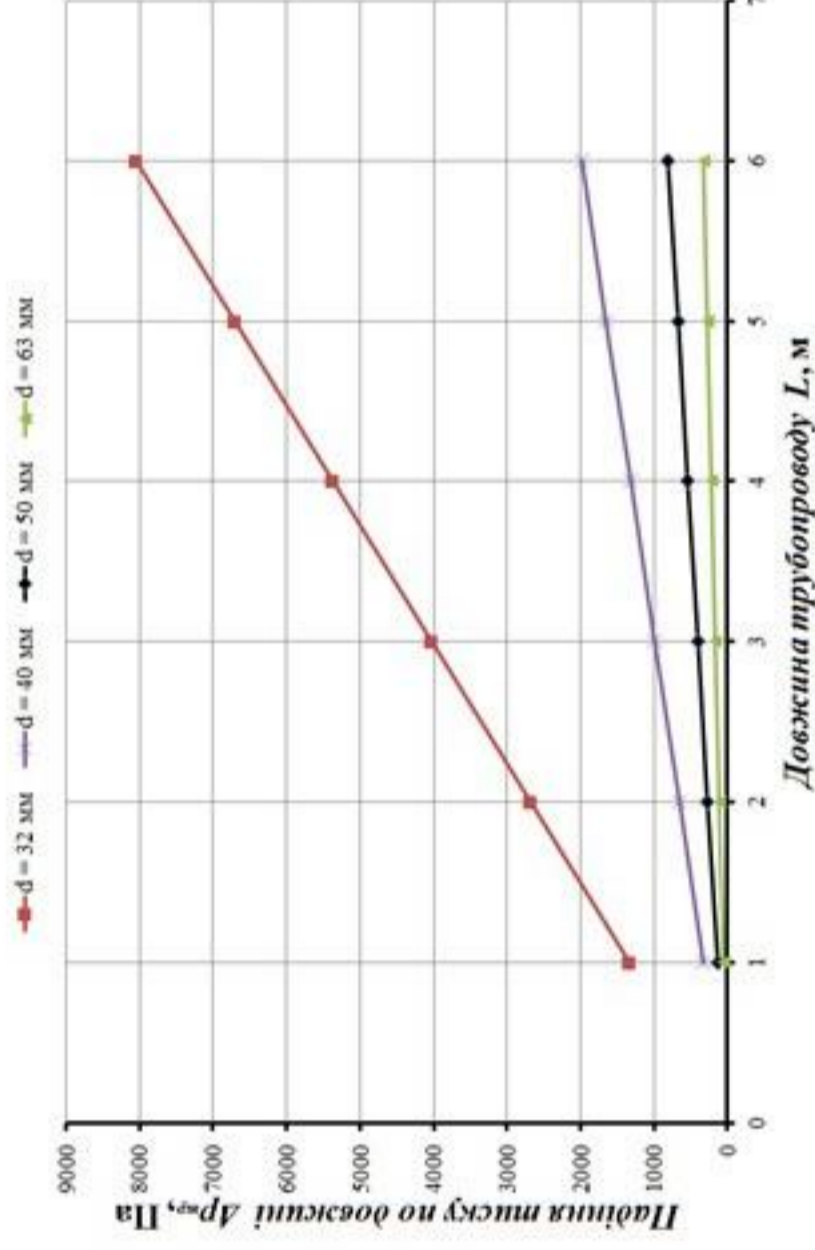
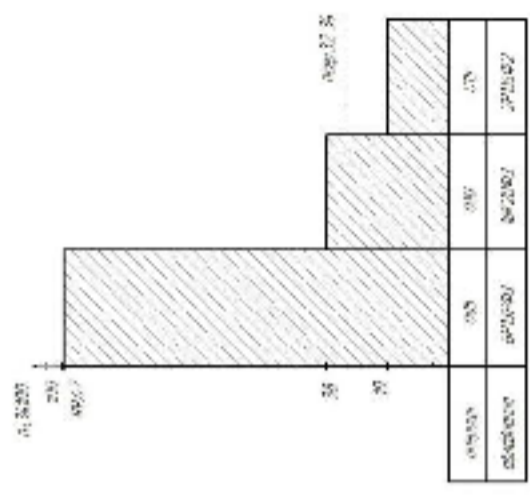
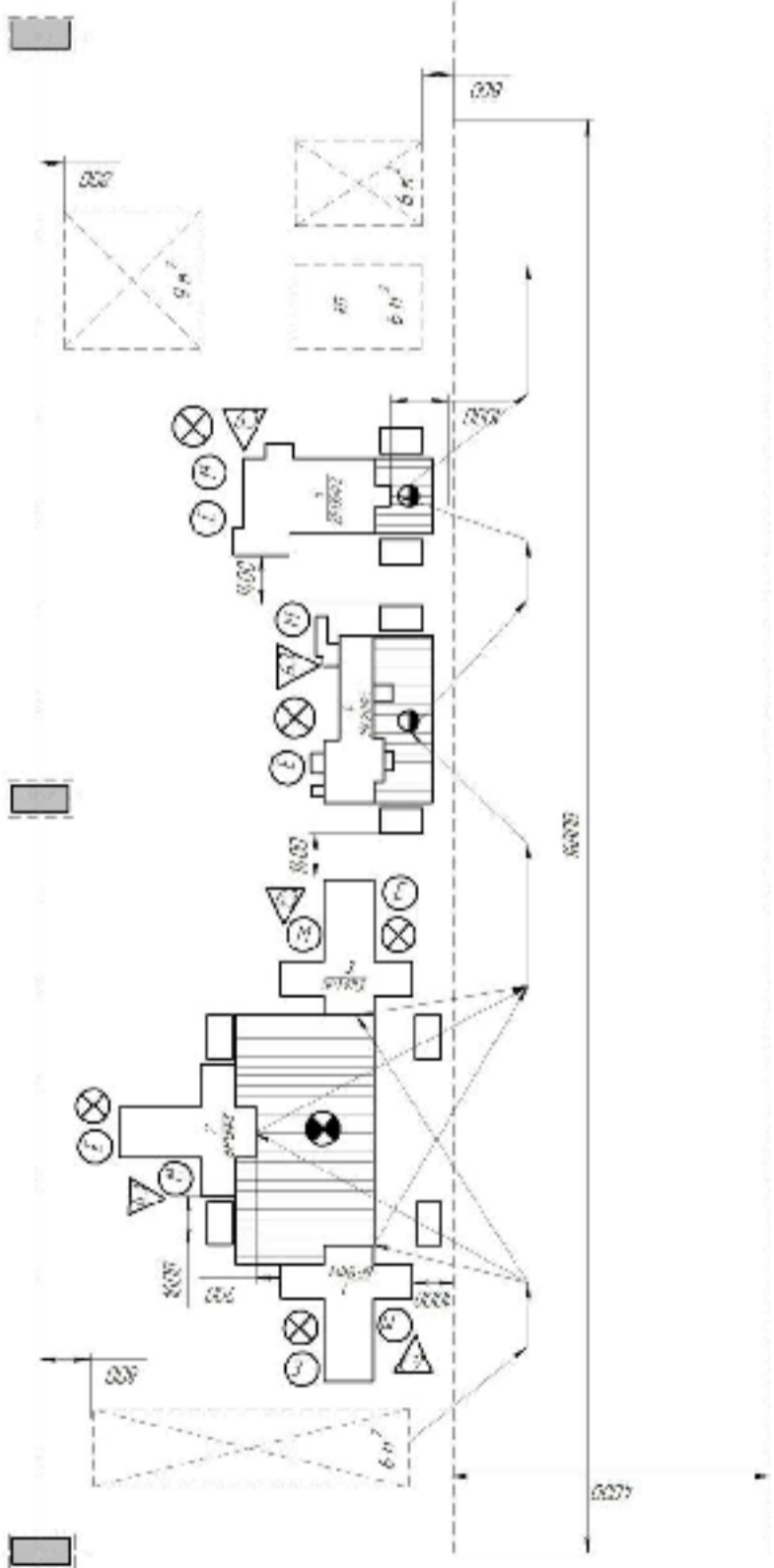


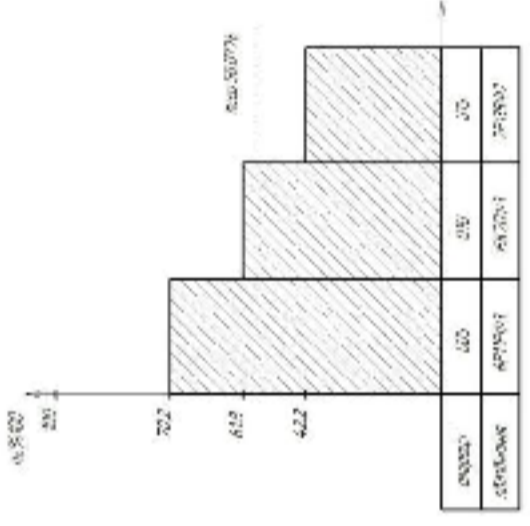
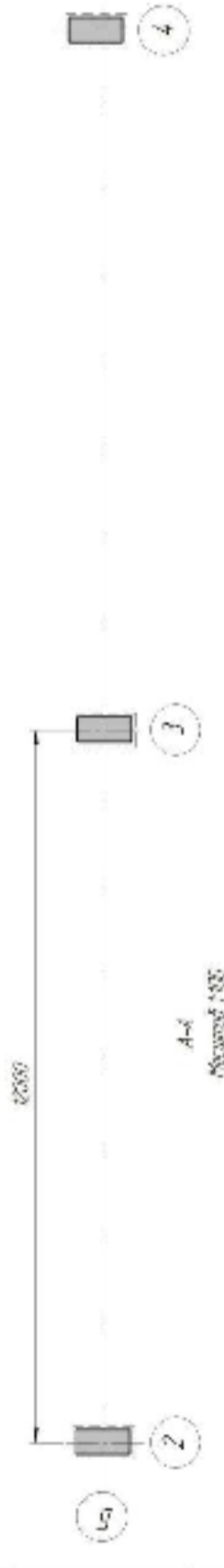
Рисунок 5 – Залежності падіння тиску по довжині $\Delta p_{тр}$ від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

Висновок. Отримані залежності свідчать, що зі збільшенням довжини L трубопроводу втрати напору $h_{тр}$ та падіння тиску по довжині (на тертя) $\Delta p_{тр}$ також збільшуються. Особливо це помітно для діаметру $d = 32$ мм. Це пояснюється тим, що при зменшенні діаметру трубопроводу d збільшується середня швидкість руху рідини v і при досягненні певного критичного значення $v_{кр}$ ламінарний режим руху рідини переходить у турбулентний, відповідно, втрати напору $h_{тр}$ та тиску $\Delta p_{тр}$ по довжині суттєво збільшуються.

09-26.МКР.008.00.700.03



Горизонтальный разрез здания на уровне 0.00



Горизонтальный разрез здания

Техническая характеристика здания

- 1. Площадь здания - 120 м²
- 2. Количество помещений - 5
- 3. Количество этажей - 1
- 4. Инженерно-техническое обслуживание - 1
- 5. Верстатный шт. - 5

№ документа	09-26.МКР.008.00.700.03
Наименование	План здания
Масштаб	1:50
Дата	2012
Исполнитель	Мельников Александр
Проверенный	
Инженер	
Архитектор	

Техніко-економічні показники технологічного процесу

Показники	По базовому технологічному процесу	По удосконаленому технологічному процесу
1. Маса деталі, кг	0,489	0,489
2. Маса заготовки, кг	0,688	0,525
3. Коефіцієнт точності маси заготовки	0,71	0,93
4. Собівартість заготовки, грн.	121,12	32,8
5. Кількість операцій, шт.	7	3
6. Кількість верстатів, шт.	8	5
7. Кількість основних робітників, чол.	16	5
8. Площа виробнич. м ²	240	120
9. Капітальні вкладення, грн.	-	1519725,84
10. Собівартість деталі, грн.	83,64	58,08
11. Економічний ефект, грн.	-	841025,3
12. Термін окупності, років	-	1,81