

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»**

08-26.МКР.012.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-19м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
Молчанов Я.А. _____

Керівник: к.т.н., ст. викладач каф. ТАМ
Піонткевич О.В. _____

« ____ » _____ 202_ р.

Рецензент: к.т.н., ст. викладач каф. АТМ
Галущак О.О. _____

« ____ » _____ 202_ р.

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

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

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

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Молчанов Ярослав Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі типу «Корпус клапан Г.36.004»

керівник МКР Піонткевич Олег Володимирович к.т.н., ст. викладач каф. ТАМ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: Креслення деталі типу «Корпус клапана Г.36.004», програма випуску продукції 1200 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Огляд технології виготовлення деталі типу «корпус клапана»

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»

Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»

Автоматизація розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей

Економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «корпус клапана»

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Маршрут механічної обробки

Карта наладки

Код програми

Розмірний аналіз

Розрахунок обладнання дільниці

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Піонткевич Олег Володимирович, к.т.н., ст. викладач каф. ТАМ		
Економічна частина	Лесько Олександр Йосипович, к.т.н., професор каф. ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак Інна Вікторівна, к.т.н., доцент каф. БЖД		
	Поліщук Олександр Васильович, к.т.н., доцент каф. БЖД		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	01.09.2020	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09.2020	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	25.10.2020	
4	Розв'язання поставлених задач	11.10.2020	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	12.11.2020	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	14.11.2020	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11.2020	
8	Попередній захист МКР	26.11-27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	16.11-20.11	
10	Нормоконтроль МКР	30.11-4.12	
11	Рецензування МКР	4.12-10.12	
12	Захист МКР	14.12-16.12	

Студент

(підпис)

Молчанов Я. А.

Керівник МКР

(підпис)

Піонткевич О. В.

АНОТАЦІЯ

Молчанов Я. А. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Я. А. Молчанов. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2020.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» на основі використання обладнання з ЧПК, що забезпечує необхідну точність, якість продукції при зменшенні її собівартості.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Корпус»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи виконано розробку комп'ютерної програми, яка дозволяє автоматизувати розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки за заданими початковими даними.

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

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

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

ABSTRACT

Molchanov Ya. A. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece part type "Valve body H.36.004": master's qualification work to obtain the educational qualification level "Master" in the specialty 131 "Applied Mechanics" / Ya. A. Molchanov. - Vinnytsia National Technical University. - Vinnytsia, 2020.

The purpose of the work is to improve the technological process of machining the workpiece type type "Valve body H.36.004" based on the use of CNC equipment, which provides the necessary accuracy, quality of products while reducing its cost.

To achieve this goal, a review of technologies for the manufacture of parts such as "Housing"; the variant choice and technical and economic substantiation of a way of manufacturing of preparation are executed; variants of the route of mechanical processing of a part of the type "Valve body H.36.004" with the use of modern CNC machines and selection of the best of them at a minimum of the reduced costs are developed; dimensional and accurate modeling of the advanced technological process of machining; cutting modes and time norms are determined; the number of equipment and employees is calculated; the machining section was improved.

In the scientific part of the work, a computer program was developed, which allows to automate the calculation of the amount of equipment and load factors at the site (in the shop) of machining according to the specified initial data.

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

The work also develops measures for labor protection and safety in emergencies.

The graphic part illustrates the materials presented in the explanatory note.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»	12
1.1 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення	12
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Стакан»	13
1.3 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	15
1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	16
1.5 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	17
1.6 Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу	19
1.7 Висновки	19
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»	20
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Корпус клапана Г.36.004»	20
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	25
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»	29
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	46
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	47
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	49
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	54

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	55
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	63
2.10 Призначення режимів різання	70
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	76
2.12 Визначення технічних норм часу	77
2.13 Висновки	80
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»	81
3.1 Розрахунок приведеної програми	81
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	86
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	88
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	91
3.5 Висновки	93
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ ТА КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ НА ДІЛЬНИЦІ (В ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ	94
4.1 Вступ та постановка мети роботи	94
4.2 Алгоритм розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки	95
4.3 Комп'ютерна програма для автоматизації розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки	97
4.4 Висновки	99
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»	100
5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»	100
5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	106

5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	110
5.4 Розрахунок величини чистого прибутку	111
5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	112
5.6 Висновки	114
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	115
6.1 Аналіз умов праці	115
6.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпеки праці	116
6.3 Організаційно-технічні рішення щодо техніки безпеки	120
6.4 Пожежна безпека	122
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	124
6.6 Висновки	130
ВИСНОВКИ	131
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	133
ДОДАТКИ	136

ВСТУП

Актуальність.

В сучасних умовах виробництва ставлять за мету впровадження нових технологій, які пришвидшують та забезпечують економічну доцільність виготовлення продукції. Тому розробка конкурентоспроможного технологічного процесу, який забезпечить найдешевший та найшвидший спосіб обробки заготовки є актуальним.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» на основі використання обладнання з ЧПК, що забезпечує необхідну точність, якість продукції при зменшенні її собівартості.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені наступні **завдання:**

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус клапана Г.36.004»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити декілька варіантів маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання та виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;

- розрахувати кількість обладнання та працівників, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити комп'ютерну програму, призначену для автоматизації розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки за заданими початковими даними;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус клапана Г.36.004».

Предмет дослідження – удосконалена технологія механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004».

Методи дослідження. З метою виконання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана» використано метод теорії розмірних ланцюгів. Для визначення оптимальних режимів різання застосовано метод лінійного програмування (симплекс-метод).

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток алгоритм та блок-схема розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин за такими початковими даними, як приведена річна програма обробки деталей, кількість операцій технологічного процесу механічної обробки розрахункового представника, а також для кожної операції технологічного процесу основний і штучно-калькуляційний час виконання операції та ефективний річний фонд часу роботи верстата.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі «Корпус клапана Г.36.004» за рахунок застосування сучасних підходів для машинобудівного виробництва.

Створено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки», яка призначена для автоматизації процесу розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідникових даних і може бути корисна студентам, що навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та інженерам для розрахунків у сфері машинобудування.

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи та досліджень автор одержав особисто. З науковим керівником виконано постановку мети та завдань, а також сформульовано висновки. В опублікованих працях автору належить виконання розрахунків основних показників та складання програмного коду для комп'ютерної програми.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати роботи доповідалися й обговорювалися на 2 конференціях:

- XLVIII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 13-15 березня 2019 р.);

- IV Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування» (м. Вінниця, ВНТУ, 16-27 грудня 2019 р.). – Режим доступу : <http://ctam.vntu.edu.ua>.

Публікації. Оpubліковано 2 тези доповіді та отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму:

- Автоматизація розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7103>.

- Використання прикладної програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П.

Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот // Збірник тез доповідей IV-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», Вінниця, 16-27 грудня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-23&catid=52&Itemid=760&lang=ua.

- Комп'ютерна програма «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки» / Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90760 // С. В. Репінський, Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Зареєстр. 15.07.2019.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, технічні умови на виготовлення

Деталь «Корпус клапана Г.36.004» (рис. 1.1) виготовляється із матеріалу СЧ 18 і входить до конструкції гідравлічного клапана. Деталь має досить просту форму.

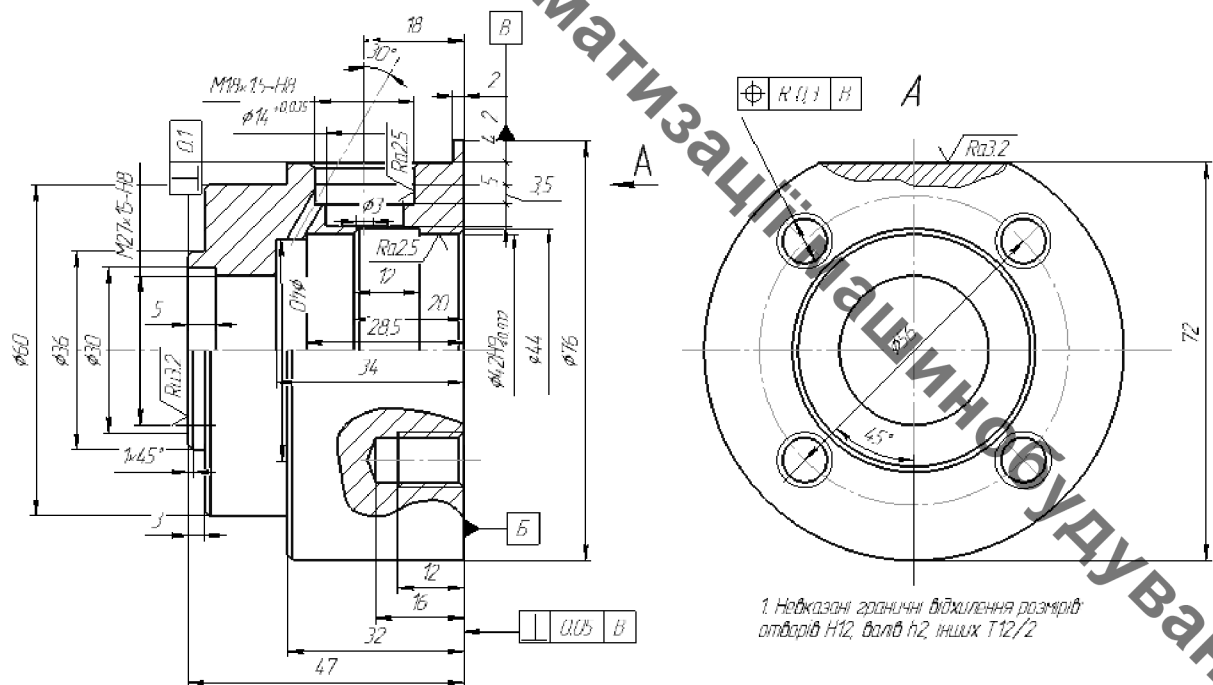


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус клапана»

Основними конструкторськими базами деталі є плоска поверхня Б та отвір $\varnothing 42H9$. Чотири кріпильні отвори служать для закріплення кришки до корпусу. Допоміжними конструкторськими базами є поверхні $M27 \times 1,5$ та прилягаючий торець, $M8 \times 1,5$ та лиска розміром 72. Вільними поверхнями є поверхні, що не стикаються з іншими деталями виробу.

До даної деталі також встановлюються вимоги взаємного розташування поверхонь:

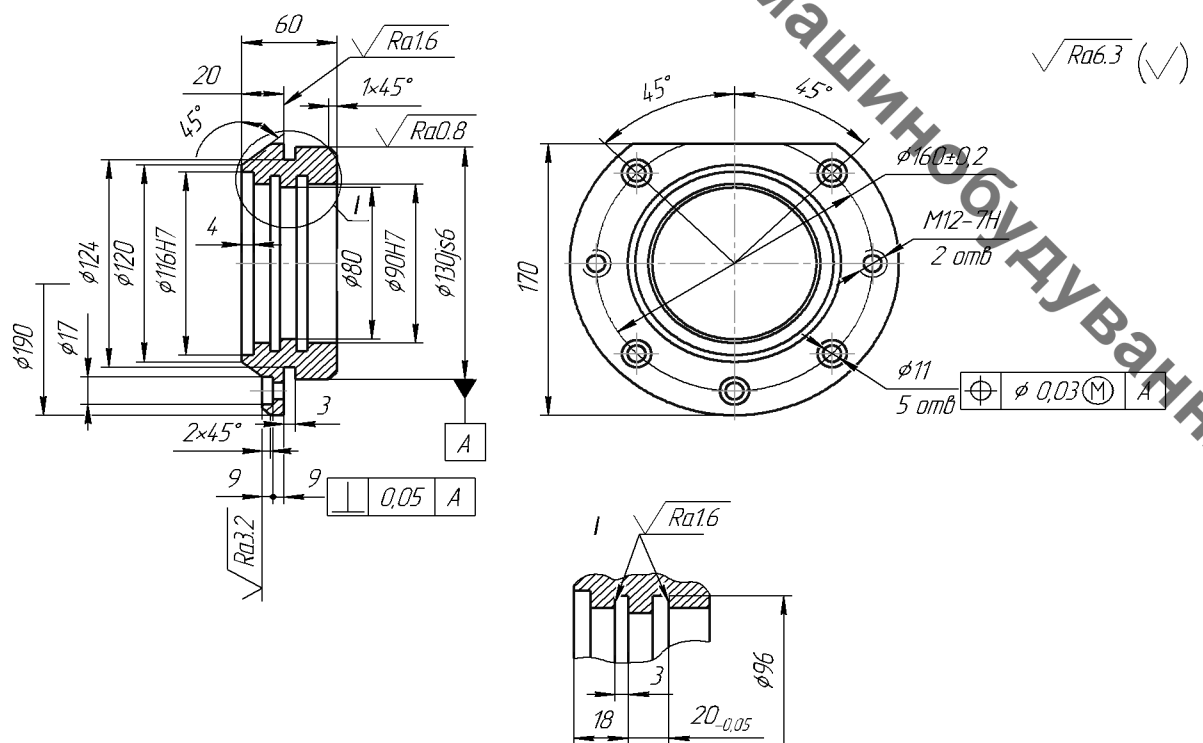
- перпендикулярність торця до зовнішньої циліндричної поверхні В;
- вимога позиційного допуску 4-ох різьбових отворів.

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

При розробці ТП механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові ТП обробки подібних деталей. При цьому можна скоротити терміни проектування і покращити якість розробки [1].

Задана деталь «Корпус клапана Г.36.004» відноситься до класу корпусних, але за своєю конфігурацією вона близька до деталей типу «Стакан» або «Фланець». Тип виробництва середньосерійний.

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



Вид заготовки – виливок.
Матеріал – чавун СЧ20.

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі типу «Стакан»

Таблиця 1.1 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Стакан»

Операція	Зміст та найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття.		
010	Обрубка і очищення виливка.		
015	Підрізати торці $\varnothing 130_{Js6/\varnothing 90H7}$, торець $\varnothing 190$ (правий торець), точити поверхню $\varnothing 130_{Js6}$, точити канавку, розточити отвори $\varnothing 80$ і $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці $\varnothing 190$ (лівий торець), торець $\varnothing 144$, розточити отвір $\varnothing 116H7$, точити поверхні $\varnothing 190$ і конічну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка.		
030	Підрізати торець $\varnothing 130_{Js6/\varnothing 90H7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 130_{Js6}$ з підрізанням торця $\varnothing 190$ (правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір $\varnothing 90H7$ з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ і отвір $\varnothing 80$, канавки $3 \times \varnothing 96$ остаточно, притупити гострі кромки.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
035	Підрізати торці $\varnothing 144/\varnothing 116H7$, точити поверхню $\varnothing 190$, конусну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$ остаточно. Розточити отвори $\varnothing 90H7$, з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$ під тонке розточування виточки $\varnothing 116H7$ і двох канавок $3 \times \varnothing 96$.	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отворів $\varnothing 11$, два отвори $\varnothing 10,2$ під різьбу $M12 - 7H$, зенкувати 5 отворів $\varnothing 11/\varnothing 17$, фаски $2 \times 60^\circ$, нарізати різьбу $M12$. Фрезерувати лиски у розмір 120.	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці.	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори $\varnothing 90H7$.	Алмазно-розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати $\varnothing 130Js6$ з підшліфовуванням торця $\varnothing 190$ (правий торець).	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь.	Машина для миття	
065	Технічний контроль.		
070	Нанесення антикорозійного покриття.		

1.3 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий ТП виготовлені деталі типу «Корпус клапана» представлений в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий технологічний процес

№ операції	Найменування операції, короткий зміст операції	Тип верстату
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК 1П420ПФ30
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3

Базовий технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана» включає 5 операцій, що виконуються на 5 верстатах, задіяно при обробці 5 робітників-верстатників. Такий підхід в умовах середньосерійного виробництва є неефективним.

Пропонується використати на двох останніх операціях багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ЛТ260МФ3, що дасть можливість скоротити кількість обладнання, робітників-верстатників, площі, підвищити точність обробки, продуктивність праці, знизити собівартість продукції. Крім того, багатоцільовий верстат з ЧПК має широкі можливості при обробці партії деталей, що передбачені приведеною програмою.

1.4 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

Таблиця 1.3 – Удосконалений ТП

№ операції	Назва операції, зміст	Обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30
015	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2
020	Комбінована з ЧПК	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3

В запропонованому варіанті при удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана» використано принцип концентрації операцій, що дозволяє виконати обробку на чотирьох операціях.

1.5 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

Зменшення собівартості одиниці продукції ΔS при удосконаленні технологічного процесу можна розрахувати за формулою [1.1]:

$$\Delta S = \frac{(B_a - B_n \cdot K_n) \cdot 100}{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (1.1)$$

де B_a – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції, що визнана аналогом (вартість матеріалу, при литті в піщано-глинисті форми), $B_a = 63,41$ грн.;

B_n – величина цієї ж статті прямих витрат на матеріал заготовки в одиниці нової продукції (вартість матеріалу, при литті в оболонкові форми), $B_n = 103,7$ грн.;

K_n – коефіцієнт, що враховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_n = 1 \dots 1,2$;

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

$$\Delta S = \frac{(103,75 - 63,41 \cdot 1,1)}{60} \cdot 100 = 56,67 \text{ (грн.)}$$

Додаткові капітальні вкладення ΔK , необхідні для здійснення налагодження нового технологічного процесу, розраховуються за формулою [1.2]:

$$\Delta K = (2...4) \cdot \Delta B_{обл} \text{ [грн.]}, \quad (1.2)$$

де (2...4) – коефіцієнт, що враховує витрати на проектування, оренду приміщення, тощо;

$\Delta B_{обл}$ – вартість додаткового обладнання, яке необхідно придбати для удосконалення технологічного процесу, грн.

Згідно удосконаленого технологічного процесу, вартість додаткового обладнання (табл. 1.7).

Таблиця 1.4 – Витрати на придбання основного обладнання

Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	Вартість, грн.
Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	800000	1	800000
Всього			800000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 6P13PФ3 – $2 \cdot 100000 = 200000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 200000 грн.

Отже, витрати на обладнання $800000 - 200000 = 600000$ (грн.)

Звідси отримуємо, що величина додаткових капітальних вкладень буде складати

$$\Delta K = 2 \cdot 600000 = 1200000 \text{ (грн.)}$$

Термін окупності визначаємо за формулою [1.3]:

$$T_o = \frac{\Delta K}{\Delta S \cdot N_2} \text{ [років]}, \quad (1.3)$$

де N_2 – обсяг виробництва продукції за рік при застосуванні удосконаленого технологічного процесу, шт.

$$T_o = \frac{1200000}{56,67 \cdot 1200} = 17,64 \text{ (року).}$$

З урахуванням приведеної програми

$$T_o = \frac{1200000}{56,67 \cdot 26672} = 0,79 \text{ (року).}$$

Так як термін окупності менше рекомендованих значень 3...5 років, то удосконалення технологічного процесу є доцільним.

1.6 Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

Розроблене технічне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу представлено в додатку.

1.7 Висновки

Проаналізовано шляхи удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004».

Розглянуто характеристики виробу, його службове призначення, технічні вимоги на виготовлення. Детально проаналізовано типовий та базовий технологічні процеси щоб сформулювати пропозиції по удосконаленню існуючого процесу.

Попередні розрахунки показали, що термін окупності удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» з урахуванням приведеної програми складає 0,79 року, що суттєво менше за нормативні значення – 3...5 років. Отже, впровадження розробленого маршруту є економічно доцільним.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Корпус клапана Г.36.004»

2.1.1 Якісний аналіз деталі «Корпус клапана Г.36.004»

Деталь «Корпус клапана» представлена в даній роботі не має складної конфігурації. Заготовка деталі «Корпус клапана» виробляється із СЧ 18. Із даної сировини виготовляють як правило корпусні деталі. Цей матеріал достатньо міцний, щоб використовуватись у виготовленні подібних деталей.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ 18 в %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
3,1 – 3,4	1,7 – 2,1	0,8 – 1,2	0,3	0,15	0,3	0,5

Таблиця 2.2 – Механічні властивості СЧ 18

Границя міцності, σ_B , МПа	Відносне видовження δ , %	Твердість за Брінелем НВ, МПа	Модуль пружності, МПа
176	0,2 – 1,0	170 - 241	80000

Деталь містить нетехнологічні частини такі як: глухі різьбові отвори, внутрішня канавка та отвір $\varnothing 3$ під кутом 30° , для яких не допускаються заміни. Також на деталі присутня точна поверхня $\varnothing 42H9$, всі інші площини деталі мають точність не перевищуючу 9 квалітет.

На рисунку 2.1 на кресленні показано, що деталь містить ряд вимог щодо взаємозв'язку між поверхнями. Деталь містить зручно розташовані

технологічні бази, якими можуть бути зовнішня площина і торець. Також отвір $\varnothing 42H9$ служить базою для обробки всіх зовнішніх поверхонь.

Більшість поверхонь не містить високих вимог по шорсткості і складає $Ra12.5$. Найбільше значення шорсткості $Ra3.2$ вказана на поверхні зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 36$ мм, торців 28.5 мм, 12.5 мм і 45 мм, шорсткість $Ra6.3$ має місце на зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 76$ мм.

Найзручнішим та найбільш економічно доцільним способом виготовлення заготовки є лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням, так як СЧ 18 добре леться. Взагалі даний спосіб лиття був вибраний на основі техніко-економічного порівняння з визначенням найбільш доцільного. Деталь отримують за допомогою: лиття в оболонкові форми, лиття в піщано-глинисті форми (з ручним формуванням, з машинним формуванням), лиття в облицьований кокіль, відцентрове лиття.

Після виготовлення заготовки дана деталь легко обробляється механічним шляхом, оскільки вона не містить проблемних місць, окрім бокового отвору з нахилом в 30° .

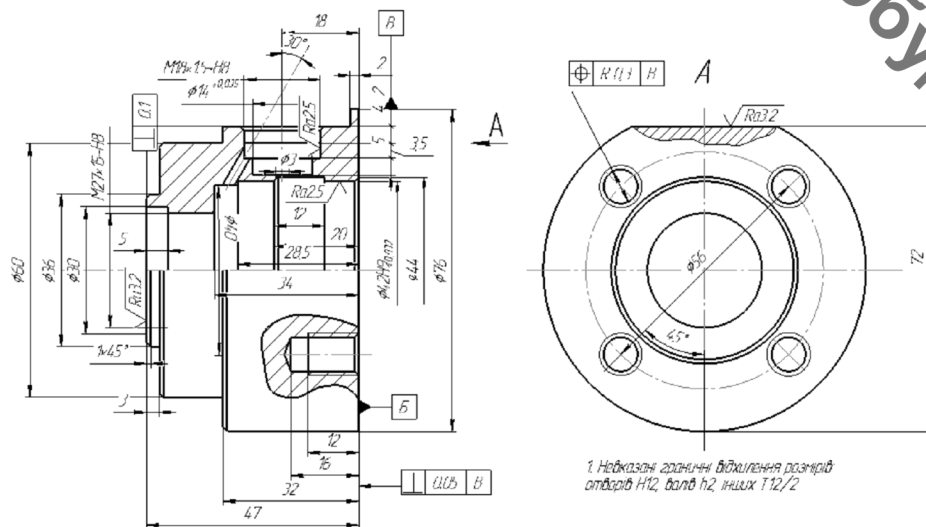


Рисунок 2.1. – Ескіз деталі «Корпус клапана Г.36.004»

2.1.2 Кількісний аналіз деталі «Корпус клапана Г.36.004»

Лінійні, діаметральні та уніфіковані розміри наведені в таблиці 2.3:

Таблиця 2.3 – Лінійні та діаметральні розміри

Лінійні розміри	47	34	32	28,5	20	16	15	12	12	5	5
Уніфіковані розміри	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Лінійні (продов.)	4	3	2	2							
Уніфіковані розміри	+	+	+	+							
Діаметральні розміри	Ø76	Ø72	Ø60	Ø44	Ø42	Ø40	Ø36	Ø30	Ø14	Ø3	Ø3
Уніфіковані розміри	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Кількість лінійних розмірів					15	Кількість уніфікованих розмірів				13	
Кількість діаметральних розмірів					11	Кількість уніфікованих розмірів				8	

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт уніфікації

Розміри						Шорсткість	
Лінійні та діаметральні		Кутові		Різьби		Заг.	Уніфік.
Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	Заг.	Уніфік.	41	41
26	21	9	9	6	6		
$Q_{ye} = 83$							
$Q_e = 78$							

Уніфікація конструкторських частин

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

Q_{ye} – уніфіковані елементи відносно конструктивності виробу,

Q_e – всі інші частини.

$$K_e = 79/84 = 0.94 > 0.6.$$

Деталь «Корпус клапана» являється технологічною по критерієм коефіцієнту уніфікації, що позитивно впливає на процес її виготовлення.

Коефіцієнт шорсткості наведено в таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 – шорсткість поверхонь деталі «Корпус клапана»

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
3,2	4	$3,2 \cdot 4 = 12,8$
6,3	1	$6,3 \cdot 1 = 6,3$
12,5	36	$12,5 \cdot 36 = 450$
Всього:	41	469,1

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} \quad (2.2)$$

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_s}{\sum n_s}, [\text{мкм}] \quad (2.3)$$

де $Ш_{ср}$ – середня шорсткість деталі,

$Ш_i$ – шорсткість i -ї поверхні деталі,

N_s – кількість поверхонь.

$$Ш_{ср} = \frac{469,1}{41} = 11,4, [\text{мкм}]$$

$$K_{ш} = \frac{1}{11,4} = 0,087 < 0,32$$

Деталь «Корпус клапана» являється технологічною за критерієм точності, що забезпечує дозволяє обробити заготовку без використання додаткового пристосування.

Коефіцієнт точності наведено в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6 – параметри точності поверхонь

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
9	41	369
Всього:	41	369

$$T_{cp} = T_i \cdot n_i / n, \quad (2.4)$$

$$K_r = 1 - (1/T_{cp}), \quad (2.5)$$

T_{cp} – середня точність деталі,

T_i – точність i -ї поверхні деталі,

n_i – кількість i -х поверхонь,

n – загальна кількість поверхонь.

$$T_{cp} = 369/41 = 9;$$

$$K_r = 1 - (1/9) = 0,88 > 0,8$$

За результатами розрахунків встановлено, що деталь являється технологічною за критерієм коефіцієнта шорсткості, що не викликатиме ускладнень при обробці заготовки.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва для деталі «Корпус клапана Г.36.004» визначається коефіцієнтом закріплення кожної з операцій за ГОСТ 3.1121-84:

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

де $\sum O_i$ – число операцій, що здійснюються на дільниці;

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

Згідно рекомендацій прийняті коефіцієнти закріплення кожної операції:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

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

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

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

Вихідними показниками для встановлення коефіцієнту $K_{з.о.}$, а значить і виду виробництва – це креслення деталі «Корпус клапана» та програма випуску даної продукції запланованої на певний період часу (1 рік).

Відносно креслення деталі «Корпус клапана» поставлені більш характерні операції та переходи механічної обробки деталі. Усі дані зведені в таблиці 2.7.

Для внесених в таблицю 2.7 переході наближено визначаємо основний час обробки поверхонь $T_{осн.}$

Відповідно до рекомендованих значень, ми можемо визнати тип виробництва – серійне.

Визначено штучно-калькуляційний час - $T_{шт-к}$

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

де φ_k – коефіцієнт вказаний із рекомендацій

Таблиця 2.7 – Зміст технологічних переходів

Переходи Мех. Обр.	Параметри обробки							
	$T_{осн},$ хв	$T_{шт.к.},$ хв	φ_k	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
Точити поверхню $\varnothing 36$	1,71	3,653	2,14	0.513	1	0.513	9	31,57
Точити торець $\varnothing 60$	0,641	1.371	2,14				22	
Сверлити отвір 14Н8	0,33	0,706	2,14				43	
Точити поверхню 12	2,08	3,827	1,84				18	
Точити торець 76	2,08	3,827	1,84				54	
Точити поверхню 76	0,8	1,472	1,84				8	
Точити поверхню 36	1,71	3,653	2,14				9	
Точити поверхню 36	0,641	1,371	2,14				22	

Кожен перехід потребує визначену кількість верстатів

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

де $N = 1200$ шт. – програма випуску продукції на визначений термін;

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

F_{δ} – дійсний фонд роботи обладнання ($F_{\delta} = 3890$ год) [2];

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$) [2].

Число обладнання зведемо до найближчої більшої.

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаженості верстатів:

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

де C_{pi} – потрібне число обладнання для виконання певної операції;

P_i – число робочих місць для виконання певної операції.

Число операцій, що здійснюються на i -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.i}} \quad [\text{шт}]. \quad (2.10)$$

де $\eta_{з.н}$ – стандартизований коефіцієнт завантаженості верстату;

$\eta_{з.ф.i}$ – дійсне значення завантаженості верстату, на i -ій операції.

Отже, розраховуємо загальне число операцій, які можуть виконуватися на усіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 9 + 22 + 43 + 18 + 54 + 8 = 154 \quad (\text{шт}).$$

Загальна сума прийнятого обладнання $\sum P = 7$

Коефіцієнт закріплення на операції $K_{з.о}$ визначаємо по формулі 2.6:

$$K_{з.о} = 154 / 7 = 31,57$$

В результаті розрахунку значення закріплення операції одержуємо тип виробництва, як середньосерійний.

Встановлюємо раціональність вибору потокової чи групової форми організованості роботи. Для цього виконаємо порівняння виготовлених виробів за одну добу N_d та продуктивності самої лінії за одну добу Q_d . Якщо значення N_d менше за значення Q_d , тоді використання потокової лінії недоречно.

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

де 254 - число робочих днів за рік;

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

де $T_{шт-ксер}$ – середній штучно-калькуляційний час виконання усіх переходів, хв.;

η_z – коефіцієнт завантаженості для лінії за одну добу.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i} \quad [\text{хв}], \quad (2.13)$$

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

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконання всіх переходів на операціях.

Розрахуємо середній штучно-калькуляційний час виконання усіх переходів:

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{n} = \frac{3.653 + 1,371 + 0,706 + 1.733 + 0,577 + 0.478 + 3.827}{7} = 1,763 \text{ (хв)}$$

Розрахуємо продуктивність для лінії за одну добу:

$$Q_d = \frac{952}{1,763} \cdot 0,8 = 540 \text{ (шт)},$$

Знайдемо кількість виробів потрібних для виконання за одну добу:

$$N_d = \frac{6339}{254} = 25 \text{ (шт)},$$

Із розрахунків випливає, що добова норма виготовлення виробу є меншою за добову продуктивність для лінії, тому потрібно обрати групову форму організації робіт.

Для групової форми організації робіт розраховуємо число виробів в партії для запуску одночасно.

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

де a – період запуску заготовок для виготовлення деталей протягом 6 робочих днів. Така кількість робочих днів використано, як правило для умови одиничного та дрібносерійного виробництва.

$$n = \frac{6339 \cdot 6}{249} = 150 \text{ (шт)}.$$

В результаті всіх розрахунків отримано тип виробництва – серійний; форма організованості робіт – групова. Крім цього, число завантаження деталей в партію становитиме одночасно 150 штук.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»

Проводимо вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки. Завдяки кресленню деталі типу «Корпус клапана», маємо такі дані: серійність виробництва та масу самої деталі. Виходячи із цих даних, ми визначаємо за яким метод виготовляється заготовка – лиття (з урахуванням матеріалу виготовлення).

Для даної заготовки можливі такі способи лиття як:

а) лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші та з машинним;

б) лиття в облицьований кокіль;

в) лиття в оболонкові форми.

Кількісний аналіз способів лиття:

а) за литтям в піщано-глинисті форми ми маємо такий тип виробництва, як одиничне та серійне, виходячи з програми випуску нашої продукції. Також ми враховуємо і матеріал самого виливка, сірий чавун за даним способом лиття добре ллється. Будуючи форму із піску та глини, у нас є такі параметри, як вага нашої заготовки. В межах форми ми можемо зробити якісний виливок від 1 до 1000 кілограм. Дана модель дозволяє виливати тонкостінні елементи з товщиною стінок від 3 мм. В якомусь роді, недоліком можна винести таку частину, як квалітет точності виливка, яка досягається в межах від 17 – 14, але при механічній обробці дані припуски знімаються, хоч і з більшим зусиллям ніж при наступних методах лиття. Також за точність вилитої поверхні багато говорить і шорсткість виливка, яка досягається в межах від 320 до 80 Rz. Згідно методичним вказівкам до лиття в піщано-глинисті форми обирається коефіцієнт маси вилитої деталі в межах від 0,55 і до 0,70, що надає поверхні виливка форму. Даний спосіб лиття дозволяє виготовити заготовку будь-якої форми, враховуючи її особливості. Як правило при литті в піщано-глинисті форми ми можемо виготовити різного типу деталі, включаючи і корпусні;

б) більш точний виливок відносно лиття в піщано-глинисті форми являється лиття за виплавними моделями. За даним способом лиття ми також можемо облаштувати виробництво серійних моделей, що за даними нашого завдання нам підходить. В даному випадку це серійне виробництво. Я і з попереднім методом, цей спосіб дозволяє виливати заготовки із сірого чавуну. Дана форма для лиття є більш точною та різних розмірів, що дозволяє нам робити заготовки в межах від 0,01 до 135 кілограм. В нашому випадку деталь має становити масу 1,84 кг. Також і товщина стінок досягається від 0,7 мм, що дозволяє використовувати в заготовці більше різних конструкторських

елементів. В залежності від вище описаного стає зрозумілим, що і квалітет точності вилівка буде вищим, а ніж в попередньому способі лиття, а саме, в межах від 11 до 14. Шорсткість поверхні при такому литті становитиме в районі від 40 до 10 Rz, що значно полегшує механічну обробку в подальшому. Також присутній зріст точності вилівка від 0,85 до 0,95. При даному способі лиття ми можемо виготовляти вилівки більш складної форми, які важко виконати при обробці в подальшому;

в) варто зазначити про такий спосіб лиття, як лиття в облицьований кокіль. Також як і попередні способи, даний дозволяє виготовляти заготовки серійно. При литті в кокіль дозволяється використовувати сірий чавун. Даний спосіб лиття дозволяє виготовляти заготовки масою від 0,1 до 50 кг, що свідчить про те, що кокіль може також як і лиття за виплавними моделями виготовляти деталі складної конфігурації, але в гірших умовах. Але все ж по відношенню від попереднього способу цей являється більш точнішим, так як товщина стінок в ньому може становити від 0,3 мм. А от досягнута точність поверхні трішки менша, що становить від 12 до 15 квалітету. Також і шорсткість трішки нижча, від 80 до 20 Rz. В залежності від вищеописаного стає зрозумілим, що коефіцієнт точності теж буде нижчим за попередній спосіб, в межах від 0,71 до 0,75. При даному способі виготовлення заготовки ми можемо виготовляти вилівки різної складності. Всі описані способи дозволяють виготовити корпусні деталі.

Але так як наша деталь має просту конфігурацію, то нам буде більш доцільно використовувати перший спосіб виготовлення, в подальшому при механічній обробці ми зможемо забезпечити всі необхідні розміри. У нас немає необхідності використовувати більш складний спосіб. При кількісному аналізі лиття ми можемо вибрати лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, що дозволить забезпечити всі необхідні вимоги згідно креслення самої деталі.

Якісний аналіз способу лиття:

а) суть способу при литті в піщано-глинисті форми полягає в тому, що розплавлений метал заливається в просту ливарну форму. При такому способі виготовлення заготовки ми не затрачуємо багато часу та коштів для приготування ливарних форм, а також саме обладнання, яке дозволяє нам виконати дані форми, відносно дешево. Також даний спосіб дозволяє виготовлювати досить масивні та складні деталі. Але точність таких деталей досить низька, що на підприємстві ще може забезпечити клопіт при знятті великих припусків і допусків на механообробку. При такому виготовленні, для заготовки присутня досить низький коефіцієнт точності. На виробництві де деталі виготовляються даним способом таким устаткуванням зайняті досить великі площі, що заважає встановити інше обладнання. Також після таких форм залишається багато бруду, що забруднює довкілля. Даний спосіб лиття заготовок деталі типу «Корпуси клапана» по більшості параметрів нам підходить;

б) при литті в оболонкові форми використовуються піщано-смолясті суміші для забезпечення зміцнених тонкостінних елементів вилівка. Для скріплення піску застосовується фенол формальдегідна смола з уротропіном, який забезпечує прискорене тверднення вилівка. Перевагами такого способу лиття є забезпечення складних форм деталі, що важкооброблювані на устаткуванні. За допомогою оболонкових форм виливаються деталі більш з якісною поверхнею, що забезпечує якісну структуру вже застиглому металу. Також даний спосіб лиття досить легко автоматизується. Але, як і в усьому, даний спосіб виготовлення має і свої недоліки, що можуть досить вплинути на економічну частину підприємства. Даний спосіб лиття являється дорогим, що і збільшує собівартість виготовленої продукції. При даному литті витрачається багато інших ресурсів, таких як енергія для нагрівання. Досить складно виготовити правильну оснастку. Для лиття корпусних деталей даний спосіб лиття також застосовують, але його потрібно використовувати тільки при певних умовах.

в) останній обраний спосіб лиття – це лиття в облицьований кокіль. При такому способі лиття ми можемо отримати фасонні виливки методом заливання металу струменем в певні виготовленні металеві форми. Такі форми ми можемо використовувати не одноразово, що дозволяє нам затрачувати менше часу для приготування форм. Одноразово виготовивши форму для виливки ми можемо забезпечити її довговічність та всі необхідні припуски, що підвищує точність виготовлення виливків і зменшує кількість операцій при механічній обробці. Такий спосіб є досить продуктивним на виробництві, що забезпечує скорочення часу при виготовленні серій деталей. Для того щоб виконати заготовку в даній формі, не потрібно додавати великі зусилля, що дає змогу наймати працівників з невисокою кваліфікацією. Як і попереднє, даний процес досить легко автоматизується. Недоліками такого способу лиття є – дороговизна оснастки; при охолодженні можуть з'явитися тріщини, які можуть призвести до браку; при обробці чавунних виливків потрібні додаткові операції, що потребує більше часу на обробку; неможливо виготовити тонкостінні елементи, також потрібне додаткове устаткування. Даним способом лиття можливо виготовити потрібну для нас заготовку корпусної деталі, але використання цього способу лиття буде занадто дорогим в порівнянні з попередніми.

Аналізуючи всі вищеописані способи лиття зупинимося на виборі лиття в піщано-глинисті форми, так як нам не потрібні отримати досить точні поверхні, деталь «Корпус клапана» немає важкодоступних місць для лиття та подальшої механічної обробки.

За кількісним та якісним аналізом виробу ми обираємо остаточним варіантом виготовлення лиття в піщано-глинисті форми із за того, що зі всіх проаналізованих способів, даний найкращий.

Також пропоную ще для більш детального аналізу обрати ще один спосіб лиття та проаналізувати його іншим методом.

Щоб виробити заготовку до розгляду пропоную два варіанта – лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші і лиття в оболонкові форми.

Проводимо розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення (призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів. Вибір конструктивних елементів заготовки)

Припуски на механічну обробку обираються згідно таблиці для розрахунку граничних розмірів. Вибираються вихідні параметри, які охарактеризовують складність та точність виливка.

1. Розмірна точність обирається згідно таблиці, де ми згідно ТП лиття та, розмірів та матеріалу обираємо необхідні дані.

2. Ступінь жолобленості обирається відносно від меншого габаритного розміру заготовки та до більшого.

3. Точність поверхонь вилитої заготовки обирається за ТП лиття, більшого габаритного розміру заготовки, матеріалу виплавки і за наявністю термообробки.

4. Шорсткість поверхонь обирається за ступенем точності.

5. Клас точності за масою береться від ТП лиття, маси заготовки, сплаву, термообробки(за присутністю), температури плавлення.

6. Припуски на механічну обробку обираються за точністю поверхонь.

Таблиця 2.8 - Вихідні параметри, що визначають точність заготовки.

№	Характеристика	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	Лиття в оболонкові форми
1	2	3	4
1	Клас розмірної точності вилитої заготовки	9т	9
2	Ступінь жолоблення	7	8

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
3	Ступінь точності поверхні випивка	12	10
4	Шорсткість поверхонь випивка	25,0 Ra	16,0 Ra
5	Клас точності маси випивка	9T	9
6	Ряд припусків на обробку	5	4

Таблиця 2.9 – Допуски розмірів маси та припусків литтям в піщано-глинисті форми (машинне формування)

Вихідні дані	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
1	2	3
Клас розмірної точності випивків	7T-11	9T
Ступінь жолоблення елементів випивків	6-9	7
Вихідні дані	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Ступінь точності поверхонь випивків	9-16	12
Шорсткість поверхонь випивків	Ra = 25,0	
Клас точності маси випивків	6-13	9T

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
За відхиленнями форми взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Прийнята кількість переходів	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Загальний припуск	2,0	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	2,6	1,5
Розміри заготовки:	Ø80	Ø63.4	Ø50.4	Ø36.8	Ø39.4	35.6	35.4	M21.8	3,2

Таблиця 2.10 - Допуски розмірів, маси та припусків литтям в оболонковій формі

Вихідні дані	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
1	2	3
Клас розмірної точності виливків	7-12	9
Ступінь жолоблення елементів виливків	6-9	8

Продовження таблиці 2.10

1	2			3					
Ступінь точності поверхонь виливків	7-13			10					
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=16,0								
Клас точності маси виливків	5-13г			9					
Ряд припусків на обробку виливків	3-6			4					
Розрахункові розміри	Ø76	Ø60	47	Ø40	Ø36	34	32	M27	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Допуски									
розмірів	2,2	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,0
Форми чи розміщення	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Зміщення по площині роз'єму	1,1	1,1	1,1	-	1,1	-	1,1	-	1,1
Зміщення через перекіс стержня	-	-	-	1,0	-	-	-	0,7	-
нерівностей	0,40								
маси	16,0%								
Загальний допуск	2,8	2,4	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2	1,8

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Припуски:									
мінімальний	0,4								
	Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	1	1	1	1	1	1	1	1
За відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Прийнята кількість переходів	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Загальний припуск	2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	2,8	1,5
Розміри заготовки:	80,2	63,8	51,8	36,2	39,8	35,8	35,8	21,4	3,4

Проводимо вибір припусків для механічної обробки деталі «Корпус клапана Г.36.004». Мінімальний припуск визначається відносно ряду всіх припусків: для виливку в піщано-глинисті приймаємо 0,5; для виливку в оболонкові форми приймаємо 0,4.

Ряд переходів механообробки до точності виконаного розміру береться за допуском розміру заготовки і різницею між розміром обробленої деталі та вилитої заготовки.

$$\frac{T_{\text{РОЗМ.ДЕТ.}}}{T_{\text{РОЗМ.ВИЛ.}}} \quad (2.15)$$

$\frac{0,1}{0,64} = 0,156$ – при литті в піщано-глинисті форми з машинним для розміру M27

$\frac{0,1}{0,5} = 0,2$ – при литті в оболонкові форми для розміру M27

Обрано остаточна кількість переходів механообробки обирається за найбільшим числом із двох визначених.

Таблиця 2.13 – Остаточна кількість переходів при механообробці

При литті в піщано-глинисті							
Ø76	Ø60	Ø47	Ø40	Ø36	34	32	M27
1	1	1	1	1	1	1	3
При литті в оболонкові форми							
Ø76	Ø60	Ø47	Ø40	Ø36	34	32	M27
1	1	1	1	1	1	1	3

Основний припуск обирається відповідно від основного допуску, методу остаточної механообробки та всіх припусків.

Таблиця 2.14 – Основні припуски на механообробку

При литті в піщано-глинисті							
Ø76	Ø60	Ø47	Ø40	Ø36	34	32	M27
2,0	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7	2,6
При литті в оболонкові форми							
Ø76	Ø60	Ø47	Ø40	Ø36	34	32	M27
2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	2,8

Розраховані дані при литті в піщано-глинисті форми:

$$\varnothing 76 + 2 * 2 = \varnothing 80 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 60 + 1,7 * 2 = \varnothing 63,4 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 47 + 1,7 * 2 = \varnothing 50,4 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 40 - 1,6 * 2 = \varnothing 36,8 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 36 + 1,6 * 2 = \varnothing 39,4 \text{ (мм)}$$

$$34 + 1,6 = \varnothing 35,6 \text{ (мм)}$$

$$32 + 1,7 * 2 = \varnothing 35,4 \text{ (мм)}$$

$$M27 - 2,6 * 2 = M21,8 \text{ (мм)}$$

$$3-15+1,7=3,2 \text{ (мм)}$$

Розраховані дані при литті в оболонкові форми:

$$\varnothing 76 + 2.1 * 2 = \varnothing 80.2 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 60 + 1,9 * 2 = \varnothing 63,8 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 47 + 1,9 * 2 = \varnothing 51,8 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 40 - 1,9 * 2 = \varnothing 36,2 \text{ (мм)}$$

$$\varnothing 36 + 1,9 * 2 = \varnothing 39,8 \text{ (мм)}$$

$$34 + 1,8 = \varnothing 35,8 \text{ (мм)}$$

$$32 + 1,9 * 2 = \varnothing 35,8 \text{ (мм)}$$

$$M27 - 2,68 * 2 = M21,4 \text{ (мм)}$$

$$3-1,5+1,9=3,4 \text{ (мм)}$$

Оформлення ескізів двох варіантів заготовки виконано в прикладній програмі Компас 3D (Рис.2.2).

При литті заготовки деталі «Корпус клапана Г.36.004» в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

1.Точність вилівка 9т-7-12-9т ГОСТ 26645-85

2.Маса 0,84 - 0,15960 – 0,3094 – 1,309

3.Невказані радіуси R, нахили.

4.Допускаються раковини, пустоти.

При литті заготовки деталі «Корпус клапана Г.36.004» в оболонковій формі.

- 1.Точність вилівка 9-8-10-9 ГОСТ 26645-85
- 2.Маса 0,84 – 0,15960 – 0,18867 – 1,363
- 3.Невказані радіуси R, нахили.
- 4.Допускаються раковини, пустоти.

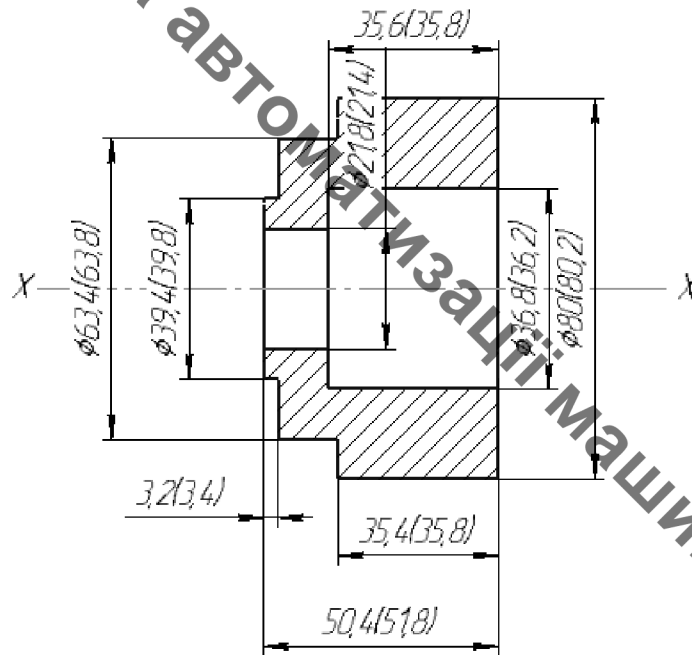


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки виготовлений литтям в піщано-глинисті форми та оболонковій

Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовок

Маса заготовки:

- При литті в піщано-глинисті форми маса заготовки має 1,309 кг
- При литті в оболонковій форми маса заготовки має 1,363 кг

Коефіцієнт точності за масою виводиться за формулою:

$$K_{T.M} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} \quad (2.17)$$

За литтям в піщано-глинисті форми:

$$K_{Т.М} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{0,84}{1,309} 0,64$$

Коефіцієнт точності за масою за литтям в піщано-глинисті форми складає 0,55...0,70.

За литтям в оболонкові форми:

$$K_{Т.М} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} = \frac{0,84}{1,363} 0,61$$

Коефіцієнт точності за масою при литті в оболонкові форми складає 0,85...0,90

Значення використання розплаву за литтям в оболонкові форми більше, ніж за литтям в оболонкові форми.

Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого. Собівартість заготовки – це показник, що визначає затрати на виготовлення заготовки. Щоб визначити собівартість виготовлення заготовки, потрібно проаналізувати та підрахувати кожний із способів виготовлення.

Собівартість заготовок виводиться із формули:

$$C_{заг.лит} = \frac{(G_{заг} \cdot C_{Л} \cdot K_{Т} \cdot K_{М} \cdot K_{С} \cdot K_{В} \cdot K_{П})}{1000} - \frac{(G_{заг} - G_{дет}) \cdot C_{відх}}{1000}, [\text{грн}] \quad (2.18)$$

де $C_{Л}$ – стартова вартість 1 тони заготовок, грн.;

$K_{Т}$, $K_{М}$, $K_{С}$, $K_{В}$, $K_{П}$ – значення, які залежать відносно класу точності заготовки, матеріалу виготовлення, типу складності, маси і кількості виготовлених виробів.

За литтям в піщано-глинисті форми:

Стартова собівартість 1 тони виливок становить 46 800 гривень.

Для 9т класу розмірної точності значення, яке враховує клас точності заготовок $K_T = 1,05$;

При виливці матеріалу «СЧ18» значення, яке враховує матеріал виробу $K_M = 1$.

Для виливання «СЧ18» значення, яке враховує тип складності заготовки $K_C = 1$.

Для маси виливка в 1,422кг значення, яке враховує масу заготовки $K_g = 1$.

Для розрахунку значення K_D , яке лежить в основі за кількістю виробів, тобто кількість заготовок, які потрібно виготовити за 1 рік, треба виявити для початку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 становить 3.

Для матеріалу «Сталь 45» значення, яке враховує кількість виготовленої продукції $K_{II} = 1$

Вартість відходів 1900 грн/тон

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{(1,309 \cdot 46800 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)}{1000} - \frac{(1,309 - 0,84) \cdot 1900}{1000} = 63,41 \text{ [грн]}$$

За литтям в оболонкові форми:

Стартова вартість 1 тони виробів складає 73 200 грн.

За 9-м класом розмірної точності значення, яке враховує клас точності виробів $K_T = 1,05$;

Для матеріалу «СЧ18» значення, яке враховує матеріал виливків $K_M = 1$

Для матеріалу «СЧ18» значення, яке враховує тип складності виробів $K_C = 1,3$

Для маси виробу в 1,422 кілограм значення, яке враховує масу виливка $K_g = 1$

Для вирахування значення K_{II} , яке залежить від кількості виготовленої продукції, виготовленої кількості заготовок за 1 рік, треба встановити для початку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 становить 5.

Для матеріалу «СЧ18» значення, яке враховує кількість виготовленої продукції $K_{II} = 1$

Вартість відходів 1900 грн/тон

$$C_{заг.лит} = \frac{(1,363 \cdot 73200 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1)}{1000} - \frac{(1,363 - 0,84) \cdot 1900}{1000} = 103,7 \text{ [грн]}$$

Проаналізувавши два способи лиття заготовок. По всім параметрам більш економічно доцільним є лиття в піщано-глинисті форми.

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

Отвір 42Н9_(+0,032), Ra = 3,2 мкм. Допуск виробу – Tз = 2000 мкм. Допуск деталі – Tд = 32 мкм.

Загальні уточнення:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{2000}{62} = 32. \quad (2.19)$$

Розраховуємо допуски розміру виробу:

- після першого переходу:

$$T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ (мкм);}$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{400}{4} = 100 \text{ (мкм)};$$

- після третього переходу:

$$T_3 = T_{\text{дет}} = \frac{T_2}{\varepsilon_1} = \frac{100}{1,65} = 62 \text{ (мкм)}.$$

Таблиця 2.15 - Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Шорсткість, мкм	Вид обробки	Квалітет
Ø76	3,2	Точіння попереднє	10
		Точіння остаточнє	8
Ø36	3,2	Точіння попереднє	10
		Точіння остаточнє	8
28,5	3,2	Точіння попереднє	10
		Точіння остаточнє	8
Ø14	3,2	Свердління	12
		Розвірчування	9

Всі інші поверхні, які не мають підвищених вимог обробляються однократно.

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

Однією із найбільш важливих частин при проектування ділянки для виготовлення деталі є визначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильності вибору даних баз залежить: точність виконуваних розмірів,

відповідність виконання взаємного розташування всіх поверхонь, тип складності пристосувань, різальні та вимірювальні інструменти, це все відноситься до основної продуктивності оброблення заготовок. Основні дані, щодо встановлення відповідного технологічного процесу викладені в ГОСТ 21495-76.

Вихідними даними при виборі баз є: креслення деталі, всі технічні умови та позначення для її виготовлення, тип виробу та стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизованості дільниці.

При виборі чистових технологічних баз ми повинні мінімізувати похибку базування на отримані розмір. Відповідно в якості чистових баз є схема базування в трьохкулачковому самоцентрувальному патроні, вона показана на рис. 2.3.

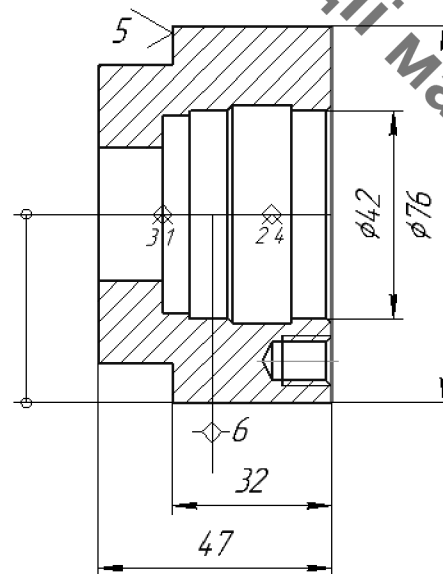


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

Похибка базування складатиме:

$\epsilon_{6(47)}$ – принцип співпадання технологічної і вимірювальної бази.

$\epsilon_{6(\phi 42H9)}$ – діаметральний розмір;

$\epsilon_{6(28,5)}$ – обробка з одного установа;

Вибір чорнових технологічних баз. При виборі чорнових технологічних баз має вирішуватися одна із двох основних задач: зняття рівномірного

мінімального припуску з поверхонь при подальшій механообробці чи зв'язок оброблюваних поверхонь (рис. 2.4).

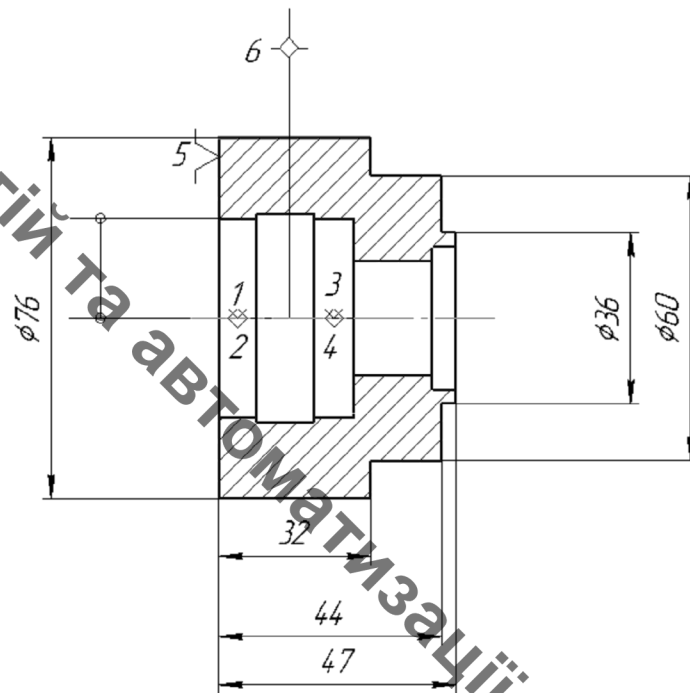


Рисунок 2.4 – Чистові технологічні бази

Під час вибору чорнових технологічних баз буде розв'язуватись задача забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими задачами.

Отже при виконанні механічної обробки деталі «Корпус клапана» з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на кресленні вимогам.

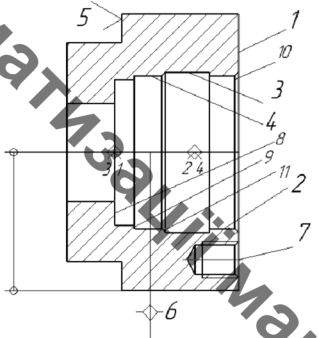
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути різні: з точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуючи ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів. При цьому виходять із того, що в

кожному із методів остаточної обробки передують один або кілька можливих попередніх (менш точних) методів.

Варіанти технологічних маршрутів механічної обробки деталі «Корпус клапана П.36.004» зводимо до таблиць 2.16 та 2.17.

Таблиця 2.16 – Перший варіант маршруту механічної обробки

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
<p>005 Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити заготовку; 2. Точити поверхню 1 попередньо; 3. Точити поверхню 2 попередньо; 4. Точити канавку 3; 5. Центрувати 4 отвори 7; 6. Свердлити 4 отвори 7; 7. Нарізати різь в отворах 7; 8. Точити поверхню 1 остаточно; 9. Точити фаску 10, точити поверхню 2 попередньо; 10. Точити поверхню 2 остаточно. 11. Зняти заготовку 		<p>Токарний Багатоцільовий 1П420ПФ40</p>

Продовження таблиці 2.16

1	2	3
<p>010 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити заготовку; 2. Точити поверхню 7 попередньо; 3. Точити торець 6 одноразово; 4. Точити поверхню 9 одноразово; 5. Точити торець 10 одноразово; 6. Точити поверхню 1 7. Точити поверхню 7 попередньо; 8. Точити поверхню 7 остаточно; 9. Зняти заготовку. 		<p>Токарно з ЧПК 1В340Ф30</p>
<p>015 Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати отвір 1; 3. Свердлити отвір 1; 4. Свердлити отвір 2; 5. Розвернути стіл; 6. Центрувати отвір 4; 7. Фрезерувати площину 3; 8. Свердлити отвір 4, 5; 9. Розвернути отвір 4, 5; 10. Розвернути отвір 4, 5 остаточно. 11. Зняти деталь 		<p>Багатоцільовий ЛТ260МФ3 з поворотним столом</p>

Таблиця 2.17 – Другий варіант маршруту механічної обробки

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
<p>005 Токарно-револьверна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити заготовку; 2. Точити поверхню 1 попередньо; 3. Точити поверхню 2 попередньо; 4. Точити канавку 3; 5. Точити поверхню 1 остаточно; 6. Точити фаску 4, точити поверхню 2 попередньо; 7. Точити поверхню 2 остаточно. 8. Зняти заготовку 		<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30</p>
<p>010 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити заготовку; 2. Точити поверхню 7 попередньо; 3. Точити торець 6 одноразово; 4. Точити поверхню 9 одноразово; 5. Точити торець 10 одноразово; 6. Точити поверхню 1 одноразово; 7. Точити поверхню 7 попередньо; 8. Точити поверхню 7 остаточно; 9. Зняти заготовку. 		<p>Токарно з ЧПК П420ПФ30</p>

Продовження таблиці 2.17

1	2	3
<p>015 Вертикально-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку; 2. Центрувати 4 отвори 1; 3. Свердлити 4 отвори 1; 4. Нарізати різь в отворах 1; 5. Зняти заготовку. 		<p>Вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2</p>
<p>020 Комбінована</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку 2. Центрувати отвір 1; 3. Свердлити отвір 1; 4. Свердлити отвір 2; 5. Розвернути стіл; 6. Центрувати отвір 4; 7. Фрезерувати площину 3; 3; 8. Свердлити отвір 4, 5; 9. Розвернути отвір 4, 5; 10. Розвернути отвір 4, 5 остаточно. 11. Зняти деталь 		<p>Багатоцільовий ЛТ260МФ3 з поворотним столом</p>

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

Аналіз маршрутів технічної обробки заготовок та відбір найпродуктивнішого із них за мінімізацією затрат

Одним із найголовніших критеріїв при виборі технічної обробки є мінімізація приведених затрат. Вибираючи один із варіантів механообробки зведені витрати можливо визначити як величини за годину праці за обладнанням.

У даних маршрутах механообробки один із варіантів різниться тим, що в операції 015 комбіновані операція 005 та операція 015, звідси ми можемо більш доцільно розглядати такі операції, як 010 та 020. Вирахуємо штучно-калькуляційний час.

Технологічна собівартість операцій механічної обробки:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шк}}{60 \cdot K_B}, (\text{коп})$$

Отже:

$$C_{01(005)} = \frac{48,1 \cdot 19,88}{60 \cdot 1,3} = 12,25 (\text{коп.})$$

$$C_{02(005)} = \frac{39 \cdot 10,75}{60 \cdot 1,3} = 5,37 (\text{коп.}), C_{02(015)} = \frac{48,1 \cdot 9,12}{60 \cdot 1,3} = 5,62 (\text{грн.}),$$

$$\sum C_{01} = 12,25 (\text{коп.}). \sum C_{02} = 5,37 + 5,62 = 10,99 (\text{грн.}).$$

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

2.8.1 Розташування технологічних розмірів

Більш доцільним розташуванням для технологічних розмірів являється їх розстановка таким чином, де б вони знаходились супутно до конструкторських. В даному випадку не є необхідним додатково розраховувати технологічні розміри. Це потрібно тільки в тому випадку, коли основні технологічні бази не співпадають з вимірювальними, для яких заданий конструкторський розмір для однієї операції.

В основному всі технологічні розміри потрібно проставляти за технологічними базами та при проектуванні розмірного ланцюга, дані розміри будуть основою. Розмір, який буде визначений при виконанні технологічної операції буде визначати замикаючу ланку. Замикаючими ланками для такого виробу будуть конструкторські розміри і величини всіх припусків.

2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуском технологічного розміру називається розмір, який виходить з точності механічної обробки. Для визначення даних розмірів необхідно скористатися певними економічними таблицями. Виходячи із даних цих таблиць ми знаємо що точність однократної обробки становитиме 9-му квалітету. Згідно описаному приймаємо допуски розмірів після однократної обробки і заносимо їх в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – попередні значення допусків

Розміри заготовки	З ₁	З ₂	З ₃	З ₄	З ₅	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈
Попередні значення припусків	1,6	1,4	0,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	0,8	1,4

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу будується у такій послідовності, що найлегшим чином можна було виконати механічну обробку на технологічному процесі. Зверху до низу ескіз деталі показують таким чином, що вісь, за якою проводять розмірний аналіз технології, розміщують горизонтально площині. На основі побудованого ескізу деталі, біля нього проставляють розташовані конструкторські розміри, що вказують відстань між всіма площинами і осями всіх наступних конструкторських частин по відношенню уздовж аналізуючої в даному випадку осі зображеної на самому ескізі. На типових ескізах всі конструкторські розміри позначають відповідним індексом, що її саме характеризує, тобто в даному випадку це – $K_1 \dots K_n$, де K_1 це найперший порядковий номер конструкторського розміру, а K_n – визначаючий кількість конструкторських розмірів на побудованій моделі. В якому порядку будуть розташовані конструкторські розміри, не важливо, їхнє розташування ніяк не впливає на правильність побудови аналізу, то на його основі в подальшому вихідного та похідного граф-дерева. На даному ескізі деталі також показують і її припуски на механічну обробку, які позначаються літерою Z – з відповідним до нього індексом j – що позначає нумерацію поверхні, яка буде оброблювана в подальшому, тобто з'являється після заданої йому операції, наприклад після знімання відповідного припуску (проведення чорнової обробки або однократної чистової обробки на заготовці). Як правило, для зручності і простого читання даного аналізу, нумерацію, як і конструкторських технологічних елементів і відповідно до нього всіх його припусків прийнято нумерувати зліва направо.

На основі нашої деталі проведемо аналіз та побудуємо розмірну схему технологічної операції для опрацювання нашої заготовки на технологічному обладнанні. Дана схема нам дасть розуміння того, яким методом нашу заготовку краще всього обробляти і в якій послідовності краще всього знімати мінімальний рівномірний припуск на механічну обробку деталі «Корпус клапана».

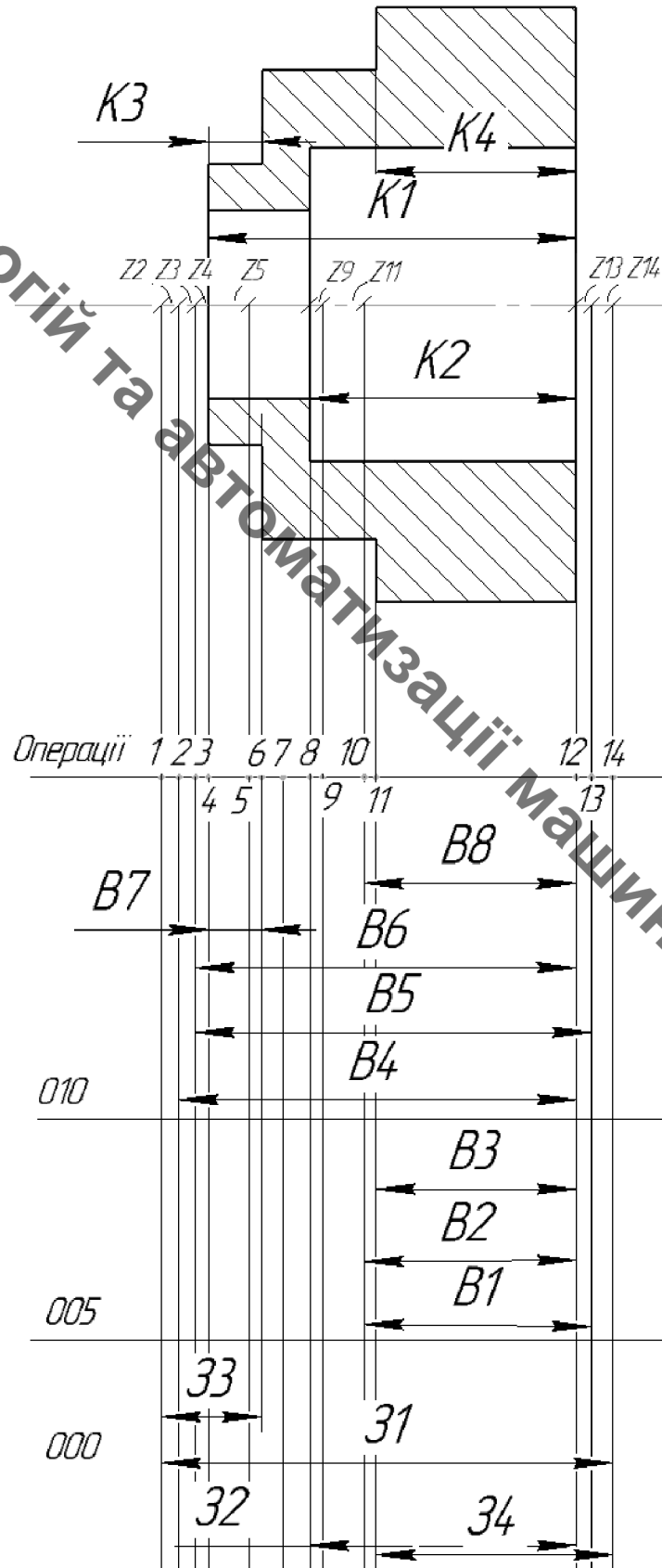


Рисунок 2.5 – Розмірна схема деталі «Корпус клапана Г.36.004»

2.8.4 Похідний, вихідний графи-дерева, суміщений граф

Похідний граф - дерево, вихідний граф – дерево (рис.2.6, і рис.2.7), суміщений граф. Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

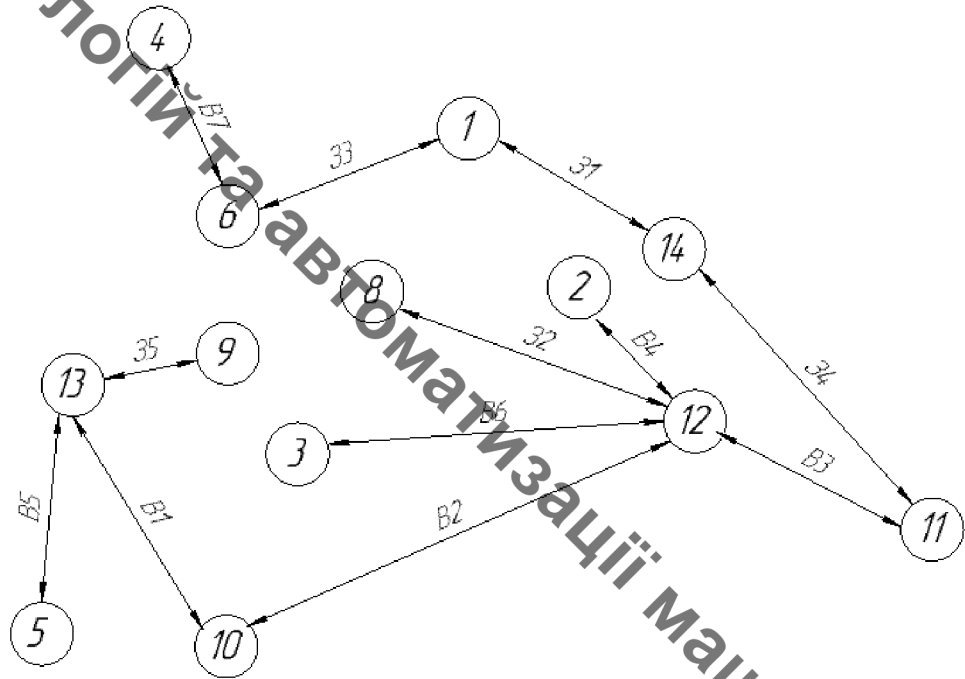


Рисунок 2.6 – Похідний граф дерева

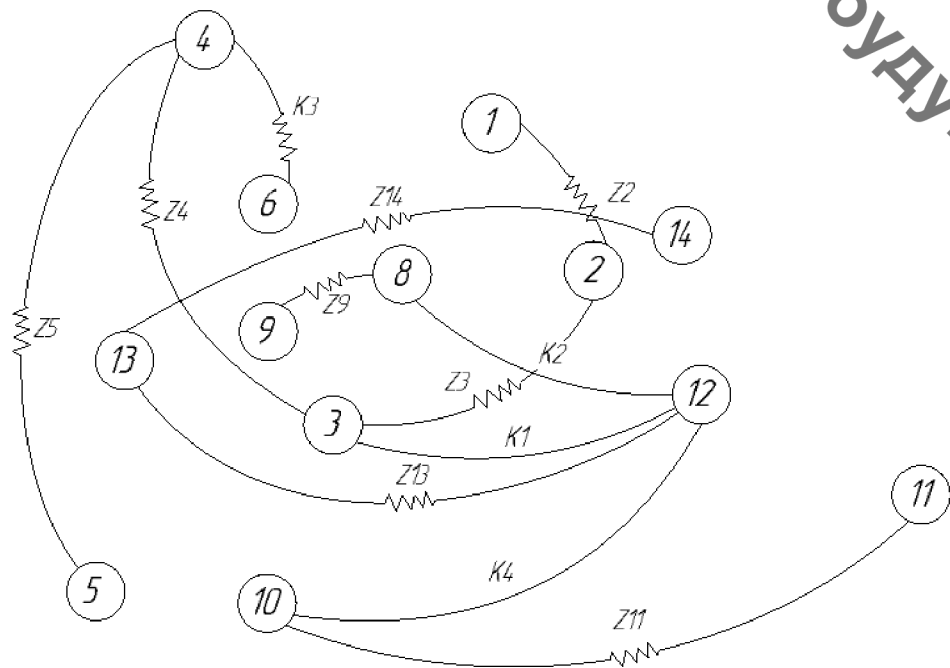


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

Даний граф, складений із технологічних розмірів $V_1 V_2 \dots$ і розмірів заготовки $Z_1 Z_2 \dots$ має назву похідного графа.

Суміщений граф (рис. 2.8) являє собою графічне зображення технологічного процесу механічної обробки.

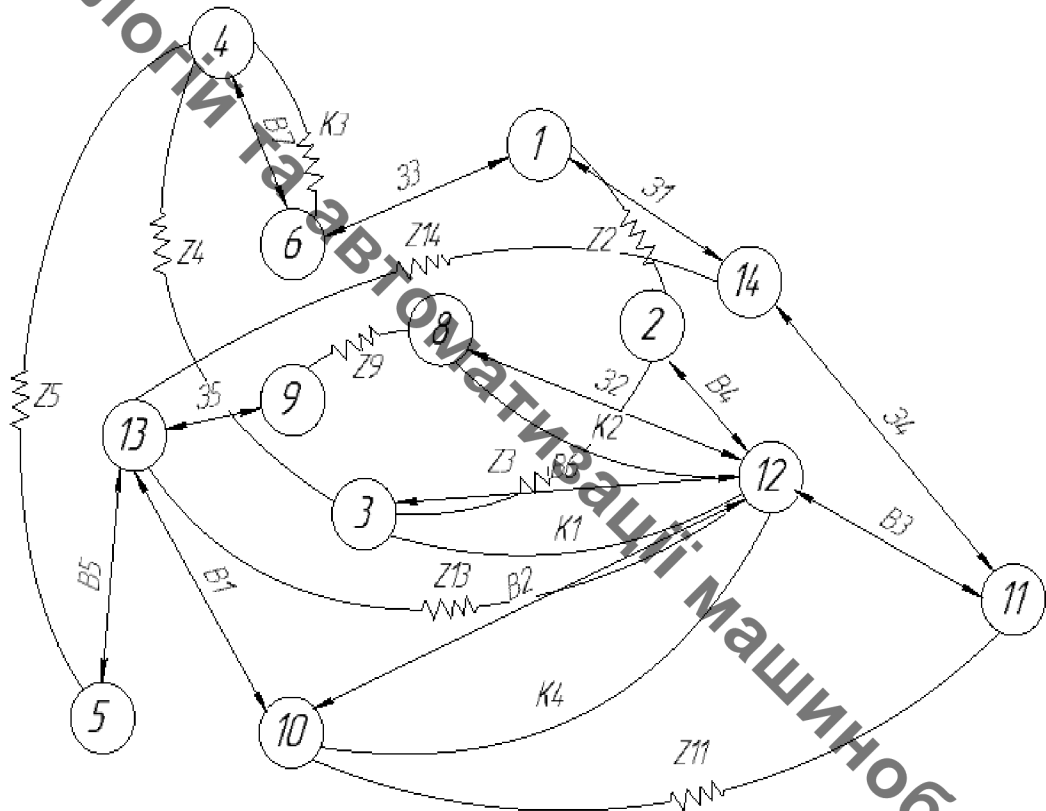


Рисунок 2.8 – Суміщений граф-дерево

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски виводимо за нормативним способом згідно запропонованих таблиць. Всі припуски заносимо до таблиці 2.18

Таблиця 2.18 – Проміжні мінімальні припуски

Припуски	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_9	Z_{11}	Z_{13}	Z_{14}
Z_{\min}	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6	1,1	1,1	1,1

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Складаємо таблицю 2.19, де прописуємо рівняння технологічних розмірних ланцюгів.

Таблиця 2.19 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_5$	B_5
$-K_4 + B_2 = 0$	$K_4 = B_2$	B_2
$-K_2 + B_4 = 0$	$K_2 = B_4$	B_4
$-K_3 + B_7 = 0$	$K_3 = B_7$	B_7
$-Z_3 + B_4 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_4 + B_6$	B_6
$-Z_{11} + B_8 - B_3 = 0$	$Z_{11} = B_8 + B_3$	B_3
$-Z_{13} + B_2 - B_{11} = 0$	$Z_{13} = B_2 + B_{11}$	B_2
$-Z_{14} + B_3 - B_1 = 0$	$Z_{14} = B_3 + B_1$	B_1
$-Z_9 + Z_5 - B_1 + B_4 = 0$	$Z_9 = Z_5 - B_1 + B_4$	Z_5
$-Z_2 + Z_4 - B_1 + B_2 = 0$	$Z_2 = Z_4 - B_1 + B_2$	Z_4
$-Z_4 + Z_3 - Z_4 + B_2 + B_4 = 0$	$Z_4 = Z_3 - Z_4 + B_2 + B_4$	Z_3
$-Z_9 + Z_2 + Z_4 + B_4 - B_2 = 0$	$Z_9 = Z_2 + Z_4 + B_4 - B_2$	Z_2
$-Z_5 + Z_1 + Z_3 - Z_4 - B_4 + B_2 - B_6 + B_7 = 0$	$Z_5 = Z_1 + Z_3 - Z_4 - B_4 + B_2 - B_6 + B_7$	Z_1

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру межі (табл.2.20).

Таблиця 2.20 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок
1	2
B_6	$Z_3 = B_4 + B_6$ $B_{6min} = Z_{3min} + B_{4max} = 0,6 + 48,1 = 48,7 \text{ (мм)}$ $B_{6max} = B_6 + T(B_6) = 48,7 + 1,6 = 50,3 \text{ (мм)}$

Продовження таблиці 2.20

1	2
	$B_9 = 50,3 \text{ (мм)}$ $Z_{3\max} = B_{6\max} - B_{4\min} = 50,3 - 46,4 = 3,9 \text{ (мм)}$
B_3	$Z_{11} = B_8 - B_3$ $B_{3\min} = B_{3\max} - Z_{11\min} = 34 - 1,1 = 32,9 \text{ (мм)}$ $B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 34 + 1,4 = 35,4 \text{ (мм)}$ $B_{3\text{НОМ}} = \frac{B_{3\max} + B_{3\min}}{2} = 42,35 \text{ (мм)}$ $Z_{11\max} = B_{8\max} - B_{3\min} = 49,3 - 35,4 = 13,9 \text{ (мм)}$
B_2	$Z_{13} = B_2 + B_{11}$ $B_{2\min} = Z_{13\min} + B_{2\max} = 1,1 + 35,4 = 36,5 \text{ (мм)}$ $B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 36,5 + 1,4 = 37,9 \text{ (мм)}$ $B_2 = 36,8 \text{ (мм)}$ $Z_{3\max} = B_{2\max} - B_{11\min} = 37,9 - 36,5 = 1,4 \text{ (мм)}$
B_1	$Z_{14} = B_3 + B_1$ $B_{1\min} = Z_{14\min} + B_{3\max} = 1,1 + 35,4 = 36,5 \text{ (мм)}$ $B_{1\max} = B_1 + T(B_1) = 36,2 + 1,4 = 37,6 \text{ (мм)}$ $B_9 = 50,3 \text{ (мм)}$ $Z_{3\max} = B_{3\max} - B_{1\min} = 37,6 - 36,5 = 1,1 \text{ (мм)}$
3_5	$Z_9 = 3_5 - B_1 + B_4$ $3_{5\min} = B_{1\max} + Z_{9\min} - B_4 = 37,6 - 0,6 = 37,0 \text{ (мм)}$ $3_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 47 + 0,6 = 47,6 \text{ (мм)}$ $3_{5\text{НОМ}} = \frac{37,0 + 47,6}{2} = 42,3 \text{ (мм)}$ $Z_{9\max} = 3_{5\max} - B_{1\min} + B_{4\max} = 47,6 - 36,5 + 42,6 = 53,7 \text{ (мм)}$
3_4	$Z_2 = 3_4 - B_1 + B_2$ $3_{4\min} = B_{1\max} + Z_{2\min} - B_2 = 37,6 - 1,1 = 36,5 \text{ (мм)}$ $3_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 47 + 1,6 = 48,6 \text{ (мм)}$

Продовження таблиці 2.20

1	2
	$B_{5 \text{ ном}} = \frac{49,2 + 48,6}{2} = 49,05 \text{ (мм)}$ $Z_{2 \text{ max}} = Z_{4 \text{ max}} - B_{1 \text{ min}} + B_{2 \text{ max}} = 48,6 - 51,5 + 35,1 = 32,2 \text{ (мм)}$
3 ₃	$Z_4 = Z_3 - Z_4 + B_3 + B_4$ $Z_{4 \text{ min}} = Z_{4 \text{ min}} - Z_4 - B_3 + B_4 = 49,2 - 34,5 - 1,1 = 13,2 \text{ (мм)}$ $Z_{4 \text{ max}} = B_{4 \text{ min}} + T(B_4) + B_3 = 47 + 1,6 - 35,4 = 13,6 \text{ (мм)}$ $B_{5 \text{ ном}} = \frac{13,6 + 13,2}{2} = 13,4 \text{ (мм)}$ $Z_{4 \text{ max}} = Z_{4 \text{ max}} - B_{3 \text{ min}} + B_{4 \text{ min}} = 13,2 - 35,4 + 35,1 = 12,9 \text{ (мм)}$
3 ₂	$Z_9 = Z_2 - Z_4 + B_2 - B_4$ $Z_{2 \text{ min}} = Z_{9 \text{ min}} - Z_4 - B_2 + B_4 = 32,2 - 35,1 + 34,5 - 0,6 = 28,6 \text{ (мм)}$ $Z_{2 \text{ max}} = B_{2 \text{ min}} + B_{4 \text{ max}} + T(B_4) = 32,2 - 36,5 + 34,5 - 1,6 = 31 \text{ (мм)}$ $B_{5 \text{ ном}} = \frac{31 + 28,6}{2} = 29,8 \text{ (мм)}$ $Z_{9 \text{ max}} = Z_{2 \text{ max}} - Z_4 + B_{2 \text{ min}} + B_{4 \text{ min}} = 28,6 + 32,2 - 36,5 + 34,5 = 10,2 \text{ (мм)}$
3 ₁	$Z_5 = Z_1 + Z_3 - Z_4 - B_4 + B_2 - B_6 + B_7$ $Z_{1 \text{ min}} = Z_{3 \text{ min}} - Z_{4 \text{ min}} - B_{4 \text{ min}} + B_{2 \text{ min}} - B_{6 \text{ min}} + B_{7 \text{ min}} = 13,6 - 49,2 + 47 + 36,5 + 3 - 0,6 = 49,8 \text{ (мм)}$ $Z_{1 \text{ max}} = B_{4 \text{ min}} + B_{2 \text{ max}} - B_6 + B_7 + T(B_4) = 13,6 - 36,8 + 50,3 - 1,6 = 50,7 \text{ (мм)}$ $B_{5 \text{ ном}} = \frac{49,8 + 50,7}{2} = 50,25 \text{ (мм)}$ $Z_{5 \text{ max}} = Z_{1 \text{ max}} - Z_3 + B_{2 \text{ min}} + B_{6 \text{ min}} = 49,8 + 13,6 - 36,8 + 34,5 = 11 \text{ (мм)}$

Визначивши всі технологічні розміри для механічної обробки, припуски та основні розміри заготовки, можна планувати технологічний процес за яким

буде вироблятися партія даних деталей. Всі отримані дані внесемо до таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

Позначення розміру	Тривісні значення розміру		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
V ₁	34,5	37,6	1,4	36,05	36,1	-
V ₂	36,5	36,8	1,4	36,65	36,7	-
V ₃	32,9	35,4	1,4	34,15	34,2	-
V ₄	46,4	48,1	1,6	47,25	47,3	-
V ₅	45,1	46,4	1,6	45,75	45,8	-
V ₆	48,7	50,3	1,6	49,5	49,5	-
V ₇	3	3,6	0,8	3,3	3,3	-
V ₈	35,4	36,5	1,4	35,95	36	-
Z ₁	49,8	50,7	1,6	50,25	-	50,3
Z ₂	28,6	31	1,4	29,8	-	30
Z ₃	13,2	13,6	0,8	13,4	-	13,5
Z ₄	48,4	49,2	1,4	48,8	-	48,9
Z ₅	45,4	47,6	1,4	46,5	-	46,5

В подальшому від отриманих нами даних ми можемо розробляти технологічний процес для отримання партії деталей.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [1]. Для поверхні отвору у вихідній заготовці величини Rz і h

складають відповідно 600 мкм. Значення Rz після чорнового розточування складають відповідно 30 мкм. Після чистового розточування величина Rz складатиме 20 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, [\text{мкм}] \quad (2.20)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – відхилення поверхні від правильної геометричної форми,
 $\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору відносно технологічних баз.

Для лиття відхилення поверхні вихідної заготовки від правильної її геометричної форми визначається за формулою:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{ж}} d)^2 + (\Delta_{\text{ж}} l)^2}, [\text{мкм}] \quad (2.21)$$

де $\Delta_{\text{ж}}$ – питоме жолоблення;

d і l – діаметр і довжина отвору.

Для заготовок типу виливок величина $\Delta_{\text{ж}} = 0,7$ [мкм].

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 42)^2 + (0,7 \cdot 47)^2} = 44 [\text{мкм}]$$

Величина зміщення осі отвору відносно технологічних баз дорівнює допуску на цей розмір.

$$\varepsilon_{\text{зм}} = 2738 [\text{мкм}].$$

Розрахуємо величину просторових відхилень за формулою

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \sqrt{(44)^2 + (2738)^2} = 2738 [\text{мкм}].$$

Залишкове значення просторового відхилення після чорнового розточування складе $\rho_1 = 0,05 \cdot 2738 = 137$ мкм, а після чистового — $\rho_2 = 0,05 \cdot 137 = 7$ мкм.

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

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), [\text{мкм}] \quad (2.22)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє точіння:

$$2Z_{min_1} = 2(40 + 260 + \sqrt{2738^2 + 127^2}) = 2 \cdot 3042 [\text{мкм}].$$

Попереднє точіння:

$$2Z_{min_2} = 2(40 + \sqrt{136^2 + 6^2}) = 2 \cdot 186 [\text{мкм}].$$

Остаточне точіння:

$$2Z_{min_3} = 2(25 + \sqrt{7^2}) = 2 \cdot 32 [\text{мкм}].$$

При остаточному точінні отримаємо розмір вказаний на кресленні:

$$D = 42,032 [\text{мм}].$$

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

Для остаточного точіння:

$$d_1 = 42,032 - 2 \cdot 0,032 = 41,968 \text{ [мм]},$$

Для попереднього точіння:

$$d_2 = 42,032 - 2 \cdot 0,186 = 41,66 \text{ [мм]},$$

Для заготовки:

$$d_3 = 42,032 - 2 \cdot 0,186 = 35,948 \text{ [мм]}.$$

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

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

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів. Тобто:

$$42,032 - 0,032 = 42,000 \text{ [мм]},$$

$$41,968 - 0,036 = 41,932 \text{ [мм]},$$

$$41,66 - 0,110 = 41,55 \text{ [мм]},$$

$$35,968 - 2,2 = 33,768 \text{ [мм]}.$$

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

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.22 та 2.23.

Таблиця 2.22 – Розрахунок припусків на обробку отвору

Технологічні переходи для обробки отвору Ø42H9	Елементи припуску, мкм				Розрахований мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм
	R_z	h	ρ	ϵ_b	
Заготовка (виліток в піщано-глинисті форми)	600	600	2738	-	-
Операція 005					
Попереднє точіння	30	30	137	127	$2 \cdot 3042$
Попереднє точіння	30	30	137	127	$2 \cdot 186$
Остаточне точіння	20	25	7	6	$2 \cdot 32$

Правильність розрахунків:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\Sigma \min} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}, \quad (2.23)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\Sigma \min} = 2 \cdot 3,717 - 2 \cdot 3,260 = 0,914 \text{ мм}$$

$$T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}} = 2200 - 32 = 2168 \text{ мм}$$

Таблиця 2.23 – Розрахунок технологічних розмірів

Технологічні переходи для обробки отвору Ø42H9	Розрахунковий розмір d_p , мкм	Допуск T, мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
			d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	35,948	2200	33,7	35,9	-	-
Операція 005						
Розточування чорнове	41,66	110	41,55	41,66	$2 \cdot 3042$	$2 \cdot 3400$
Розточування чистове	41,968	36	41,932	41,968	$2 \cdot 0,186$	$2 \cdot 255$
Розточування тонке	42,032	32	42	42,032	$2 \cdot 0,032$	$2 \cdot 62$
Загальний припуск					$2 \cdot 3260$	$2 \cdot 3717$

Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь. Використовуючи довідникові дані, визначаємо мінімальні припуски на механічну обробку решти циліндричних поверхонь та розраховуємо відповідні граничні розміри і максимальні припуски, результат та хід розрахунку зображаємо у вигляді таблиць 2,24-2,24.

Таблиця 2.24 - Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку розміру $\varnothing 76$

План обробки	Квалітет	Шорсткість Ra	Міжопераційний припуск на діаметр, мм	Міжопераційний розмір, мм
$\varnothing 76$				
Точіння остаточне	8	3,2	2	$\varnothing 76$
Точіння попереднє	10	6,3	2	$\varnothing 78$
Заготовка	-	-	2	$\varnothing 80$

Таблиця 2.25 - Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку розміру $\varnothing 36$

План обробки	Квалітет	Шорсткість Ra	Міжопераційний припуск на Діаметр, мм	Міжопераційний розмір, мм
$\varnothing 36$				
Точіння остаточне	8	3,2	1,7	$\varnothing 36$
Точіння попереднє	10	6,3	1,7	$\varnothing 37,7$
Заготовка	-	-	1,7	$\varnothing 39,4$

Таблиця 2.26 - Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку розміру 28,5

План обробки	Квалітет	Шорсткість Ra	Міжопераційний припуск на діаметр, мм	Міжопераційний розмір, мм
Точіння остаточне	8	3,2	0,9	28,5
Точіння попереднє	10	6,3	1,6	29,4
Заготовка	-		1,6	31

2.10 Призначення режимів різання

Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів (два способи представити детально, а решту даних у вигляді таблиці 2.27).

Операція 010, перехід – чорнове точіння пов. Ø36.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки: СЧ18

Твердість матеріалу: НВ 170 – 241

Обладнання: Токарний верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30, N = 6 кВт;

Довжина обробки: $l = 5$ мм

Інструмент: різець токарний розточувальний

Глибина різання $t = 0.5$ мм

Подача: $S = 0.5$ мм/об

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} \cdot t^{x_t} \cdot S^{y_t}} \cdot K_v \text{ [м/хв]}. \quad (2.24)$$

де $C_v = 420$; $T = 60$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,2$

$$\begin{aligned} K_v \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} &= K_r \cdot (750/G_B)^{nv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = \\ &= 1,1 \cdot (750/690)^1 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,62 \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$v = \frac{450}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,13} \cdot 0,13^{0,2}} \cdot 0,62 = \frac{450}{2,27 \cdot 0,79 \cdot 0,67} \cdot 0,62 = 232,2 \text{ (м/хв).}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = 973 \text{ (об/хв).} \quad (2.26)$$

Приймаємо: $n=1400$ (об/хв).

Корекція швидкості різання:

$$n = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 1400}{1000} 238 \text{ (м/хв)}$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.27)$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} = (690/750)^{0,35} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,90. \quad (2.28)$$

Отже сила різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,2^1 \cdot 0,13^{0,75} \cdot 238^{-0,15} \cdot 0,9 = 57,1 \text{ [Н].}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_k}{1020 \cdot 60} = \frac{57.1 \cdot 238}{1020 \cdot 60} = 0.22 \text{ (кВт)}; \quad (2.29)$$

$$N_p < N_b \text{ (} 0,22 < 11 \text{)}$$

Обробка даної поверхні на верстаті можлива.

Операція 005: Комбінована(свердління отвору)

Модель верстата 1П340ПФ40.

Пристосування: 3-х кулачковий патрон.

Ескіз механічної обробки див. табл. 2.17.

Перехід 6

Свердли́ти Ø8.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77;

$2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11$ форма підточки – Н.

Глибину різання складає:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ мм} \quad (2.30)$$

Назначаємо подачу для НВ < 229 матеріал Сталь 45

I група подач $S_0 = 0,19 - 0,23$ мм/об.

Глибина свердління $l/d \leq 4$; $K_{ls} = 1.0$

$$S_0 = S_{маб} \cdot K_{ls} = 0.2 \cdot 1 = 0.2 \text{ мм/об.} \quad (2.31)$$

Коректуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0.2$ мм/об.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 5 інструментів, $T = 90$ хв. Допустимий знос $h_3 = 0.3-0.45$ мм;

Визначаємо швидкість різання, допускаємо ріжучими властивостями свердла $V_{\text{таб}} = 27,5$ м/хв, $K_{IV} = 1$.

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{IV} = 27,5 \cdot 1 = 27,5 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 8} = 681 \text{ об/хв.}$$

Визначимо потужність різання при заданих режимах різання $N_{\text{таб}} = 1,4$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ кВт}; N_{\text{таб}} < N_{\text{в}}. \quad (2.32)$$

Умови по обробці різанням виконуються.

Основний (машинний) час складає:

$$I = \frac{L_{\text{р.х}} \cdot i}{n \cdot S} = \frac{32 \cdot 1}{500 \cdot 0,2} = 0,32 \text{ хв.} \quad (2.33)$$

де $L_{\text{р.х}} = L_{\text{г}} + y + \Delta = 8 + 4 + 4 = 16$ мм.

Режими різання для інших операцій визначаємо аналогічно та записуємо до таблиць 2.27-2.28.

Таблиця 2.27 – Режими різання (операція 005 токарно-револьверна з ЧПК)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	s , мм/об	v , м/хв	n , об/хв
1 перехід Точити пов.1 попередньо	76 max; 42 min	1.2	0.8	62	560 max; 300 min
2 перехід Точити пов.2 попередньо	34	1.1	0.8	62	300
3 перехід Точити канавку 3	12	1.1	0.8	62	300
4 перехід Точити пов.1 остаточно	76 max; 42 min	0.4	0.45	88	430 max; 310 min
5 перехід Точити пов.2 попередньо	34	1.1	0.8	62	300
6 перехід Точити пов.2 остаточно	34	0.4	0.45	88	430

Таблиця 2.28 – Режими різання (операція 010 токарна з ЧПК)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	s , мм/об	v , м/хв	n , об/хв
1	2	3	4	5	6
1 перехід Точити пов.7 попередньо	36 max; 27 min	1.2	0.8	62	560 max; 300 min

Продовження таблиці 2.28

1	2	3	4	5	6
2 перехід Точити торець 6 однократно	60 max; 36 min	1.2	0.8	62	560 max; 300 min
3 перехід Точити пов. 9 одноразово	15	1.2	0.8	62	560
4 перехід Точити торець 10 одноразово	76 max; 60 min	1.2	0.8	62	560 max; 300 min
5 перехід Точити пов. 1 одноразово	32	1.2	0.8	62	560
6 перехід Точити пов. 7 попередньо	36 max; 27 min	1.2	0.8	62	560 max; 300 min
7 перехід Точити пов. 7 остаточно	36 max; 27 min	0.4	0.45	88	430 max; 310 min

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому ряду параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

Для більш наглядного бачення структури технологічного процесу необхідно побудувати його математичну модель. Для того щоб вірно збудувати математичну модель визначають технічні обмеження, що визначають процес.

Режими різання поверхні $\varnothing 42H9$ вказані на рисунку 2.9.

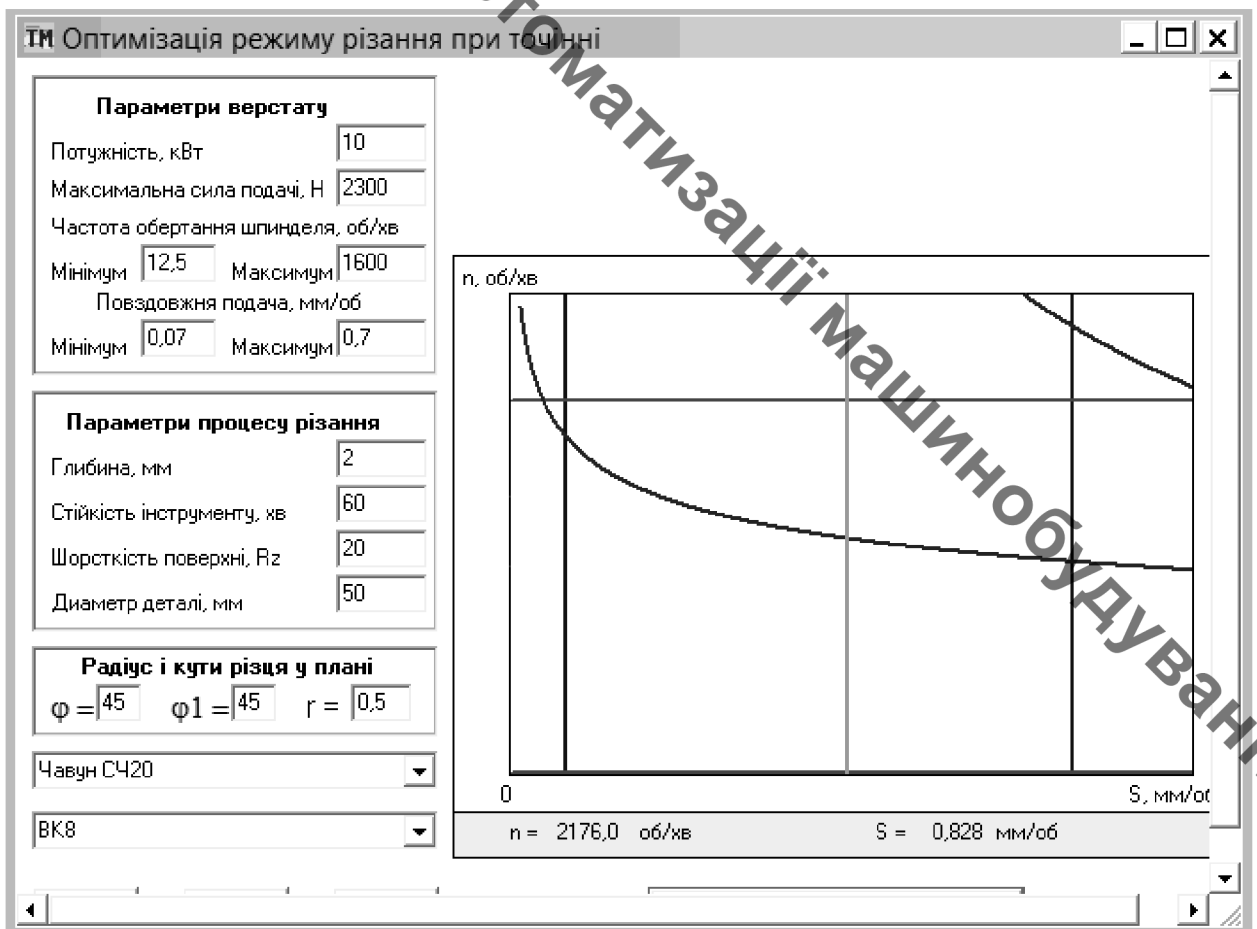


Рисунок 2.9 – Оптимальні режими різання поверхні $\varnothing 42H9$

Отже, при проведенні оптимізації режимів різання за допомогою комп'ютера ми визначили: $n = 2176,9$ об/хв та $S = 0,828$ мм/об.

Режими різання визначені за допомогою ЕВМ незначною мірою відрізняються від розрахованих.

2.12 Визначення технічних норм часу

Норми часу операцій (штучний час $t_{шт}$) визначається як сума:

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{oo} + t_{то} + t_b \quad (2.39)$$

де t_o – основний час (час роботи інструмента); t_d – допоміжний час; t_{oo} – час на організаційне обслуговування; $t_{то}$ – час на технічне обслуговування; t_b – час на відпочинок.

Таблиця 2.30 – Основний час

№	Найменування операції	Розрахунок технологічних норм часу		
		Основний тех. час.	Фк	Штучно-калькуляційний час
1	2	3	4	5
005	1. Точити поверхню 1 попередньо	1.71	2,14	3.653
	2. Точити поверхню 2 попередньо	0.641	2,14	1.371
	3. Точити канавку 3	0.33	2,14	0.706
	4. Точити поверхню 1 остаточно	1.71	2,14	3.653
	5. Точити поверхню 2 остаточно	0.641	2,14	1.371
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 5,032$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 10,754$ хв

Продовження таблиці 2.30

1	2	3	4	5
010	1. Точити поверхню 7 попередньо	0.81	2,14	1.733
	2. Точити торець 6 одноразово	1.33	2,14	2.846
	3. Точити поверхню 9 одноразово	1.35	2,14	2.889
	4. Точити торець 10 одноразово	2.13	2,14	4.558
	5. Точити поверхню 1 одноразово	1.6	2,14	3.424
	6. Точити поверхню 7 попередньо	0.81	2,14	1.73
	7. Точити поверхню 7 остаточно	0.81	2,14	1.733
	Сума	$\Sigma T_{\text{очн}} = 8,84 \text{ хв}$		$\Sigma T_{\text{шт-к}} = 18,916 \text{ хв}$
015	1. Центрувати 4 отвори 7	2.08	1,84	3.827
	2. Свердлити 4 отвори 7	2.08	1,84	3.827
	3. Нарізати різь в отворах 7	0.8	1,84	1.472
	Сума	$\Sigma T_{\text{очн}} = 4,96 \text{ хв}$		$\Sigma T_{\text{шт-к}} = 9,126 \text{ хв}$

Продовження таблиці 2.30

1	2	3	4	5
020	1. Центрувати отвір 1	0.91	1.84	1.67
	2. Свердлити отвір 1	0.91	1.84	1.67
	3. Свердлити отвір 2	0.195	1.84	0.358
	4. Центрувати отвір 4	1.17	1.84	2.152
	5. Фрезерувати площину 3	0.27	2.14	0.577
	6. Свердлити отвір 4, 5	0.36	1.84	2.502
	7. Розвернути отвір 4, 5	0.26	1.84	0.478
	8. Розвернути отвір 4, 5 остаточно	0.26	1.84	0.478
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 5,33$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 9,885$ хв

Але для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад на точіння поверхні 9 квалітету визначається за формулою:

$$T_o = 0,1 \cdot d \cdot l \quad (2.40)$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \phi_k \quad (2.41)$$

Де коефіцієнт, що визначається типом обладнання. І відповідно штучно-калькуляційний час для операції 010 складатиме:

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \phi_k = 0,81 \cdot 2,14 = 1,733 \text{ (7-й перехід)}$$

2.13 Висновки

В даному розділі розглянуто способи удосконалення технологічного процесу для обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004». Проведено аналіз конструкції технологічності деталі для подальшого прогнозування технології виготовлення виробу. На основі вихідних даних економічно обґрунтовано доцільність процесу виливання заготовок та виготовлення її за способом лиття в піщано-глинясті форми.

Проведено аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат та технологічна собівартість операцій механічної обробки складає 10.99 грн.

Проаналізовано розмірно-тонічним моделюванням технологічний процес та розраховано припуски і міжопераційні розміри для деталі «Корпус клапана Г.36.004».

Призначено режими різання та проведено їх оптимізацію для деталі «Корпус клапана Г.36.004». При проведенні оптимізації режимів різання поверхні $\varnothing 42H9$ за допомогою комп'ютера рекомендовано використовувати: $n = 2176,9$ об/хв та $S=0,828$ мм/об.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталь	Маса, кг	Програма, шт.	Точність і щорсткість								
			7	8	9	10	11	12	13	14	15
Корпус	0.84	1200	1	2	-	55	-	1	3	-	1
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	-	1	-	2	58	1		
			7	8	9	10	11	12	13	14	15
Корпус 1	1.3	5000	1	2	-	13	5	10	-	7	3
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			-	5	-	4	-	7	24		
			7	8	9	10	11	12	13	14	15
Корпус 2	2.5	10000	-	2	5	8	-	1	-	10	23
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			2	-	8	12	-	27	-		
			7	8	9	10	11	12	13	14	15
Корпус 3	3.1	12000	1	2	-	8	-	17	5	25	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5		
			2	3	-	18	-	20	15		
			7	8	9	10	11	12	13	14	15

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

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p,np}}\right)^2}, \quad (3.1)$$

де m – маса деталі розглядуваного виробу;

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

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

– для розрахункового представника

$$K_{1к} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_1}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{0.84}{0.84}\right)^2} = 1$$

– для корпус 1

$$K_{1к1} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_2}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1.3}{0.84}\right)^2} = 1.547$$

– для корпус 2

$$K_{1к2} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_3}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2.5}{0.84}\right)^2} = 2.97$$

– для корпус 3

$$K_{1к3} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_4}{m_{p.пр.}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3.1}{0.84}\right)^2} = 3.69$$

Щоб визначити коефіцієнт K_2 скористаємося залежністю (4.9).

Коефіцієнт K_2 становитиме:

– для розрахункового представника

$$K_{2к} = \left(\frac{N_{р.пр}}{N_C} \right)^a = \left(\frac{6339}{6339} \right)^{0,15} = 1$$

– для корпус 1

$$K_{2к1} = \left(\frac{N_{р.пр}}{N_C} \right)^a = \left(\frac{5000}{6339} \right)^{0,15} = 0.96$$

– для корпус 2

$$K_{2к2} = \left(\frac{N_{р.пр}}{N_C} \right)^a = \left(\frac{10000}{6339} \right)^{0,15} = 1.056$$

– для корпус 3

$$K_{2к3} = \left(\frac{N_{р.пр}}{N_C} \right)^a = \left(\frac{12000}{6339} \right)^{0,15} = 1.1$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність

Значення коефіцієнта K_{3l} для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$K_{Тр.пр}^C = \frac{\sum K_B \cdot n_{KB}}{\sum n_{KB}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 55 + 12 \cdot 1 + 13 \cdot 3 + 15 \cdot 1}{1 + 2 + 55 + 1 + 3 + 1} = 10,143 \quad (3.2)$$

$$K_{Тр.пр}^C = \left(\frac{K_T^\Phi}{K_{Тр.пр}} \right)^{a_1} = \left(\frac{10,143}{10,143} \right)^{0,97} = 1$$

– для корпус 1

$$K_{Тр.пр}^C = \frac{\sum K_B \cdot n_{KB}}{\sum n_{KB}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 13 + 11 \cdot 5 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 3 + 15 \cdot 3}{1 + 1 + 13 + 5 + 10 + 7 + 3} = 11,575$$

$$K_{31} = \left(\frac{K_T^\Phi}{K_{\text{Тр.пр}}} \right)^{a_1} = \left(\frac{11,575}{10,143} \right)^{0,97} = 1,137$$

– для корпус 2

$$K_{\text{Тр.пр}}^C = \frac{\sum K_B \cdot n_{\text{КВ}}}{\sum n_{\text{КВ}}} = \frac{8 \cdot 2 + 9 \cdot 5 + 10 \cdot 8 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 10 + 15 \cdot 23}{2 + 5 + 8 + 1 + 10 + 23} = 13,02$$

$$K_{31} = \left(\frac{K_T^\Phi}{K_{\text{Тр.пр}}} \right)^{a_1} = \left(\frac{13,02}{10,143} \right)^{0,97} = 1,27$$

– для корпус 3

–

$$K_{\text{Тр.пр}}^C = \frac{\sum K_B \cdot n_{\text{КВ}}}{\sum n_{\text{КВ}}} = \frac{1 \cdot 1 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 8 + 12 \cdot 17 + 13 \cdot 5 + 14 \cdot 25}{1 + 2 + 8 + 17 + 5 + 25} = 12,45$$

$$K_{31} = \left(\frac{K_T^\Phi}{K_{\text{Тр.пр}}} \right)^{a_1} = \left(\frac{12,45}{10,143} \right)^{0,97} = 1,22$$

Значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі

– для розрахункового представника

$$R_a^\Phi = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{ПОВ}}}{\sum n_{\text{ПОВ}}} = \frac{3,2 \cdot 3 + 6,3 + 12,5 \cdot 36}{42} = 11,09$$

$$K_{32}^\Phi = \left(\frac{R_a^\Phi}{R_a^{\text{Р.пр}}} \right)^{a_2} = \left(\frac{11,09}{11,09} \right)^{0,82} = 1$$

– для корпус 1

$$R_a^\Phi = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{пов}}}{\sum n_{\text{пов}}} = \frac{1,25 \cdot 5 + 2,5 \cdot 4 + 6,3 \cdot 7 + 12,5 \cdot 24}{5} = 9$$

$$K_{32}^\Phi = \left(\frac{R_a^\Phi}{R_a^{\text{р.пр}}} \right)^{a_2} = \left(\frac{9}{11,09} \right)^{0,82} = 0,81$$

– для корпус 2

$$R_a^\Phi = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{пов}}}{\sum n_{\text{пов}}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 8 + 2,5 \cdot 12 + 6,3 \cdot 27}{2 + 8 + 12 + 27} = 4,38$$

$$K_{32}^\Phi = \left(\frac{R_a^\Phi}{R_a^{\text{р.пр}}} \right)^{a_2} = \left(\frac{4,38}{11,09} \right)^{0,82} = 0,39$$

– для корпус 3

$$R_a^\Phi = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{пов}}}{\sum n_{\text{пов}}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,25 \cdot 3 + 2,5 \cdot 18 + 6,3 \cdot 20 + 12,5 \cdot 15}{2 + 3 + 18 + 20 + 15} = 6,27$$

$$K_{32}^\Phi = \left(\frac{R_a^\Phi}{R_a^{\text{р.пр}}} \right)^{a_2} = \left(\frac{6,27}{11,09} \right)^{0,82} = 0,56$$

Значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

– для розрахункового представника $K_{3K} = K_{31}^{a_1} \cdot K_{32}^{a_2} = 1 \cdot 1 = 1$;

– для корпус 1 $K_{3K} = K_{31}^{a_1} \cdot K_{32}^{a_2} = 1,136 \cdot 0,81 = 0,92$;

– для корпус 2 $K_{3K} = K_{31}^{a_1} \cdot K_{32}^{a_2} = 1,274 \cdot 0,39 = 0,49$;

– для корпус 3 $K_{3K} = K_{31}^{a_1} \cdot K_{32}^{a_2} = 1,22 \cdot 0,56 = 0,68$.

Значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

– для корпус $K_{\text{прк}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$;

– для корпус 1 $K_{\text{прк}} = 0,754 \cdot 1,07 \cdot 0,92 = 0,74$;

– для корпус 2 $K_{\text{прк}} = 0,575 \cdot 0,967 \cdot 0,49 = 0,27$;

– для корпус 3 $K_{\text{прк}} = 0,65 \cdot 0,94 \cdot 0,68 = 0,41$.

Приведена програма становитиме:

$$N_{\text{пр}} = \sum N_i \cdot K_{\text{прі}} = 6339 \cdot 1 + 5000 \cdot 0,74 + 10000 \cdot 0,27 + 12000 \cdot 0,41 = 26672$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Корпус	1200	0.84	1,0	1,0	1,0	1,0	6339
Корпус 1	5000	1.3	0,754	1,07	1,452	1,171	5855
Корпус 2	10000	2.5	0,575	0,96	0,998	0,555	5550
Корпус 3	12000	3.1	0,649	0,94	1,219	0,744	8928
							26672

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункову кількість верстатів, необхідних для виконання певної операції, можна визначити за формулою:

$$m_p = \frac{T_{\text{шт-к}} N_p}{60 F_e} \quad (3.3)$$

де N_p – річна;

F_e – ефективний річний фонд роботи обладнання (приймаємо $F_e=1840$ год.).

Коефіцієнт завантаження верстата визначається для кожної з операцій за формулою:

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_{\text{пр}}}, \quad (3.4)$$

де $m_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів.

Коефіцієнт використання верстата за основним:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}, \quad (3.5)$$

Коефіцієнт використання верстата за:

$$\eta_{\text{п}} = \frac{N_{p_{\text{max}}}}{\eta N_{\text{в}}}, \quad (3.6)$$

$N_{p_{\text{max}}}$ – потужність різання на найнавантаженішому переході операції;

$N_{\text{в}}$ – потужність електродвигун привода головного руху верстата;

η – коефіцієнт, що враховує втрати потужності через тертя в механізмах привода головного руху (в середньому $\eta = 0,8 \dots 0,85$).

Отримані значення коефіцієнтів завантаження (використання) верстатів та показників, які їх визначають, запишемо у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники завантаження (використання) верстатів

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.і}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.і}$	$\eta_{о.сер.}$
005	Токарно-револьверна	0,239	1	0,239	0,32	0,36	0,36
010	Токарна з ЧПК	0,313	1	0,313		0,43	
015	Вертикально-свердлильна	0,268	1	0,268		0,28	
020	Комбінована	0,517	1	0,517		0,39	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

На основі даних таблиці 3.3 побудуємо діаграми завантаження (використання) верстатів. Графіки показані на рис 3.1 та 3.2, оформляємо таблицю 3.4 технологічних норм часу.

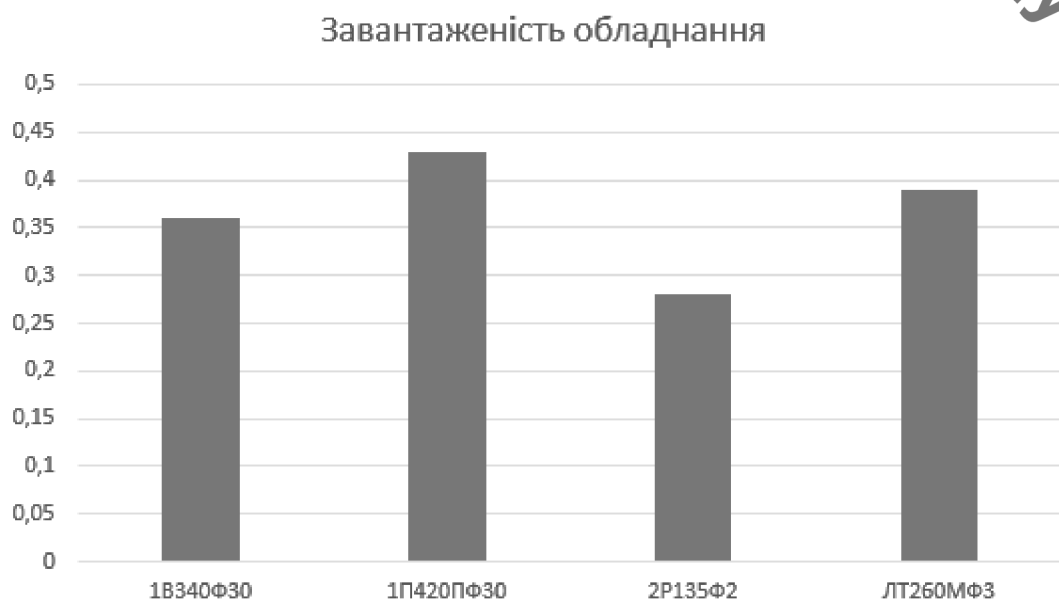


Рисунок 3.1 – Коефіцієнти завантаження верстатів

Таблиця 3.4 - Розрахунок технологічних норм часу

№	Найменування операції	Основний тех. час.	фк	Штучно калькуляційний час
1	2	3	4	5
005	1. Точити поверхню 1 попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 76 \cdot 125 = 1,71$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 1,71 \cdot 2,14 = 3,653$
	2. Точити поверхню 2 попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 28,5 \cdot 125 = 0,641$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,641 \cdot 2,14 = 1,371$
	3. Точити канавку 3	$T_{осн} = 0,17 \cdot 162 \cdot 12 = 0,33$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,33 \cdot 2,14 = 0,706$
	4. Точити поверхню 1 остаточно	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 76 \cdot 125 = 1,71$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 1,71 \cdot 2,14 = 3,653$
	5. Точити фаску 4, точити поверхню 2 попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 28,5 \cdot 125 = 0,641$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,641 \cdot 2,14 = 1,371$
	5. Точити поверхню 2 остаточно	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 28,5 \cdot 125 = 0,641$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,641 \cdot 2,14 = 1,371$
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 7:07$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 20:12$ хв
010	1. Точити поверхню 7 попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 36 \cdot 125 = 0,81$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,81 \cdot 2,14 = 1,733$
	2. Точити торець 6 одноразово	$T_{осн} = 0,037 \cdot (D_1^2 - d_2^2) =$ $= 0,037 \times (60^2 - 0) = 1,33$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 1,33 \cdot 2,14 = 2,846$
	3. Точити поверхню 9 одноразово	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 60 \times$ $\times 125 = 1,35$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 1,35 \cdot 2,14 = 2,889$
	4. Точити торець 10 одноразово	$T_{осн} = 0,037 \cdot (D_1^2 - d_2^2) =$ $= 0,037 \times (76^2 - 0) = 2,13$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 2,13 \cdot 2,14 = 4,558$
	5. Точити поверхню 1 одноразово	$T_{осн} = 0,17 \cdot d \cdot l = 0,17 \cdot$ $76 \times 125 = 1,6$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 1,6 \cdot 2,14 = 3,424$
	6. Точити поверхню 7 попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 36 \cdot 125 = 0,81$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,81 \cdot 2,14 = 1,733$
	7. Точити поверхню 7 остаточно	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 36 \cdot 125 = 0,81$	2,14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k =$ $= 0,81 \cdot 2,14 = 1,733$
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 14:24$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 18:16$ хв

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
015	1. Центрувати отвори 7	$T_{осн} = 4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = 4 \cdot 0,52 \cdot 8 \cdot 125 = 2,08$	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 2,08 \cdot 1,84 = 3,827$
	2. Свердлити отвори 7	$T_{осн} = 4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = 4 \cdot 0,52 \cdot 8 \cdot 25 = 2,08$	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 2,08 \cdot 1,84 = 3,827$
	3. Нарізати різь в отворах 7	$T_{осн} = 4 \cdot 0,4 \cdot d \cdot l = 4 \cdot 0,4 \cdot 4 \cdot 125 = 0,8$	1,84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,8 \cdot 1,84 = 1,472$
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 8:26$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 9:12$ хв
020	1. Центрувати отвір 1	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 14 \cdot 125 = 0,91$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,91 \cdot 1.84 = 1,67$
	2. Свердлити отвір 1	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 14 \cdot 125 = 0,91$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,91 \cdot 1.84 = 1,67$
	3. Свердлити отвір 2	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 3 \cdot 125 = 0,195$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,195 \cdot 1.84 = 0,358$
	4. Центрувати отвір 4	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 18 \cdot 125 = 1,184$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 1,17 \cdot 1.84 = 2.152$
	5. Фрезерувати площину 3	$T_{осн} = 6 \cdot l = 6 \cdot 45 = 0,27$	2.14	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,27 \cdot 2,14 = 0,577$
	6. Свердлити отвір 4, 5	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 18 \cdot 125 + 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 3 \cdot 125 = 1,36$		$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 1,36 \cdot 1,84 = 2,502$
	7. Розвернути отвір 4, 5	$T_{осн} = 0,1 \cdot d \cdot l = 0,1 \cdot 18 \cdot 125 + 0,1 \cdot 3 \cdot 125 = 0,26$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,26 \cdot 1,84 = 0,478$
	8. Розвернути отвір 4, 5 остаточно	$T_{осн} = 0,1 \cdot d \cdot l = 0,1 \cdot 18 \cdot 125 + 0,1 \cdot 3 \cdot 125 = 0,26$	1.84	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,26 \cdot 1,84 = 0,478$
	Сума	$\Sigma T_{осн} = 5:33$ хв		$\Sigma T_{шт-к} = 9:46$ хв

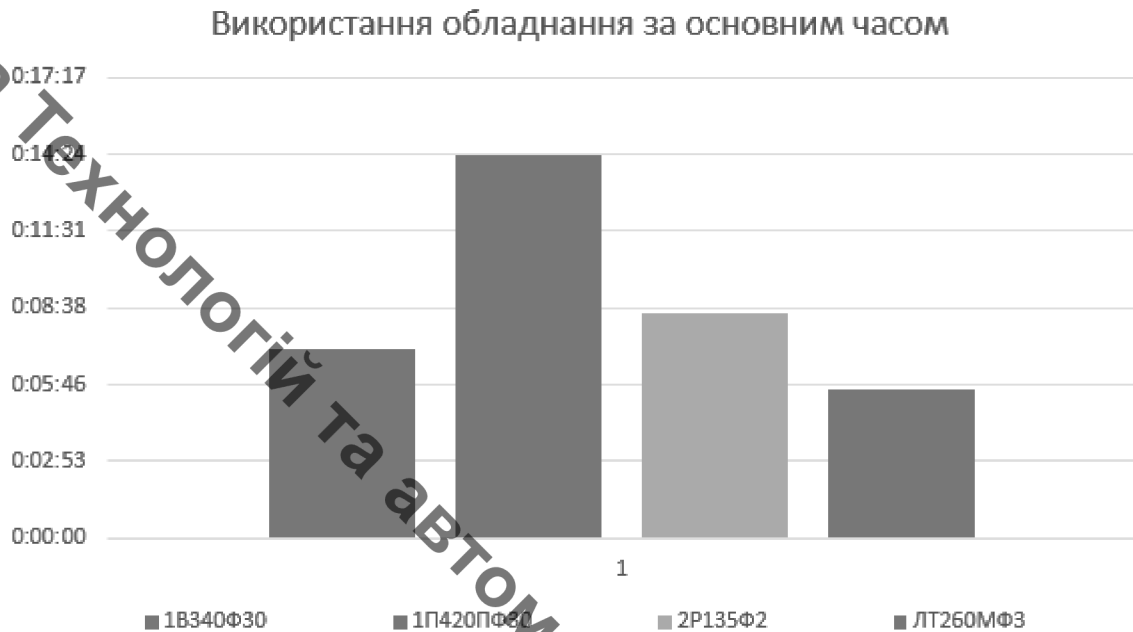


Рисунок 3.2 –Графік використання обладнання за основним часом

Розраховуємо кількість верстатів на кожну операцію в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Розрахунок кількості верстатів на кожну операцію

№	Ср	Пр Ср	Нпр
005	$C_{p005} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр}005} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot t \cdot 60} = \frac{19,88 \cdot 1200}{3890 \cdot 60} = 0,102;$	1	1200
010	$C_{p010} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр}010} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot t \cdot 60} = \frac{18,916 \cdot 1200}{3890 \cdot 60} = 0,09;$	1	1200
015	$C_{p015} = \frac{T_{\text{шт-к.р.пр}015} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot t \cdot 60} = \frac{9,885 \cdot 1200}{3890 \cdot 60} = 0,05;$	1	1200
020	$C_{p020} = \frac{T_{20} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\delta} \cdot t \cdot 60} = \frac{17,837 \cdot 1200}{3890 \cdot 60} = 0,087;$	1	1200

3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

До складу працюючих цеху (дільниці) входять: основні та допоміжні робітники; інженерно-технічні робітники (ІТР); службові; молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції. Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$C_{005} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\text{др}} \cdot K_{\text{б}} \cdot 60} = \frac{19,88 \cdot 28333}{1820 \cdot 60} = 5,15$$

$$C_{010} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\text{др}} \cdot K_{\text{б}} \cdot 60} = \frac{18,916 \cdot 28333}{1820 \cdot 60} = 4,9$$

$$C_{015} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\text{др}} \cdot K_{\text{б}} \cdot 60} = \frac{9,885 \cdot 28333}{1820 \cdot 60} = 2,56$$

$$C_{020} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N_{\text{пр}}}{F_{\text{др}} \cdot K_{\text{б}} \cdot 60} = \frac{17,837 \cdot 28333}{1820 \cdot 60} = 4,62$$

$$P_{005} = 6 \text{ чол.} \quad P_{010} = 5 \text{ чол.} \quad P_{015} = 3 \text{ чол.} \quad P_{020} = 5 \text{ чол.}$$

Таким чином на операції 005 для обслуговування 1 верстатів приймаємо 6 працівники (1 в першу зміну і 1 в другу зміну, що відповідає коефіцієнту багатостатного обслуговування – 2); на операції 010 для обслуговування 1 верстатів теж приймаємо 5 працівники (1 в першу зміну); на операції 015 для обслуговування 1 верстатів по розрахункам приймаємо 3 працівники (1 в першу зміну);

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 4 чол. Так як для обслуговування дільниці необхідні послуги наладчика верстатів та контролер, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади. Зважаючи на те, що обслуговування дільниці не дає можливості повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної дільниці разом з іншими дільницями механообробного цеху. Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці і заносимо дані до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	12	Токарі – 6	2 (I зміна);
		Фрезерувальники – 6	2 (I зміна); 1 (II зміна)
Допоміжні працівники	4	Контролери – 2	1 (I зміна);
		Наладчик – 2	1 (I зміна);
Інженерно-технічні робітники	2	Технологи – 1	1 (I зміна);
		Майстри – 1	1 (I зміна);
Службовці	0,25	Бухгалтер – 0,25 ставки на дільниці	0,25 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 1	0,25 (I зміна); 0,25 (II зміна)
Загальна кількість	19,25		

3.5 Висновки

В даному розділі розраховано дільницю на якій буде проводитись обробка деталі «Корпус клапана Г.36.004». Під час розрахунку знайдено такі параметри: приведена програма (аналітична кількість виготовлених виробів за 1 рік) 26672 шт, кількість верстатів для обробки деталі «Корпус клапана» 4 шт, середній коефіцієнт завантаження обладнання при роботі становить 0,36 та кількість працівників 20, які будуть приймати участь в процесі виробництва.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ ТА КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ НА ДІЛЬНИЦІ (В ЦЕХУ) МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

4.1 Вступ та постановка мети роботи

Для виконання технологічних процесів механічної обробки заготовок деталей машин необхідно створення дільниць (цехів). Основними складовими елементами їх є металорізальне обладнання, за допомогою якого виконуються операції по обробленню заготовок деталей. Проектування дільниць (цехів) механічної обробки вимагає точного знання необхідної кількості металорізальних верстатів. Недостатня кількість обладнання не дозволяє забезпечити виконання виробничої програми виготовлення деталей. При необхідності поповнення кількості верстатів виникає потреба в додаткових площах, переплануванні розташування обладнання.

Надлишок металорізального обладнання призводить до їх недостатнього завантаження, виникають надлишкові витрати на придбання, збільшуються площі дільниці (цеху).

Методика розрахунку дільниці механічної обробки, зокрема і кількості обладнання приведена в [3].

Для скорочення часу проведення проектних розрахунків доцільним є застосування прикладних програм, які дозволяють автоматизувати даний процес, суттєво зменшити витрати часу.

За допомогою мови програмування C# в середовищі розробки Microsoft Visual Studio створюється програма для спрощення технологічних розрахунків.

Мета роботи – автоматизація процесу розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин за рахунок розробки та використання прикладної програми.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- згідно спроектованого технологічного процесу механічної обробки заготовок деталей сформувані вхідні дані для розрахунків, а саме кількість операцій, їх верстатомісткість, програму випуску деталей, фонд часу роботи обладнання, основний, штучно-калькуляційний час виконання операцій;

- розробити алгоритм, блок-схему та програму виконання розрахунків;
- розробити програму ЕОМ;
- ввести всі необхідні дані;
- виконати розрахунки.

4.2 Алгоритм розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки

Методика виконання розрахунків кількості обладнання на операціях технологічного процесу механічної обробки заготовок деталей машин в умовах непотокового виробництва передбачає використання формули [3]

$$C_p = \frac{T_{\Sigma_{ит-к}}}{60 \cdot F_{\delta}}, \quad (4.1)$$

де $T_{\Sigma_{ит-к}}$ – сумарна верстатомісткість обробки річної кількості деталей, що виготовляються на дільниці (в цеху) на верстатах даного типорозміру, хв.;

F_{δ} – ефективний річний фонд часу роботи верстата, год.

Сумарна верстатомісткість

$$T_{\Sigma_{ит-к}} = T_{ит-к} \cdot N_{прив.}, \quad [\text{шт.}] \quad (4.2)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання операції на даному верстаті, хв.;

$N_{прив.}$ – приведена річна програма обробки деталей на даному обладнанні.

Розрахована кількість обладнання на кожній із операцій технологічного процесу механічної обробки округляється до найближчого більшого числа $C_{пр}$ – прийнята кількість обладнання.

За співвідношенням розрахункової кількості верстатів C_p та прийнятої $C_{пр}$ встановлюється коефіцієнт завантаження обладнання по операціях механічної обробки

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{пр}}. \quad (4.3)$$

За співвідношенням основного часу T_o до штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ виконання операцій визначається коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт-к}}. \quad (4.4)$$

За значеннями η_z , η_o для всіх верстатів (як середнє арифметичне) виводяться середні значення коефіцієнтів $\eta_{zсер}$, $\eta_{oсер}$.

Згідно запропонованого алгоритму розроблено блок-схему проведення розрахунків (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Блок-схема розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки на основі алгоритму

4.3 Комп'ютерна програма для автоматизації розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки

Згідно запропонованого алгоритму розроблено комп'ютерну програму, інтерфейс якої показано на рис. 4.2.

Після запуску комп'ютерної програми «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки» необхідно внести такі вхідні дані: приведену річну програму обробки деталей; кількість операцій технологічного процесу механічної обробки розрахункового представника, а також для кожної операції

технологічного процесу основний і штучно-калькуляційний час виконання операції та ефективний річний фонд часу роботи верстата.

Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки

Вхідні дані
Приведена річна програма обробки деталей
Nпр 36000 шт.

Кількість операцій технологічного процесу розрахункового представника
2

	Основний час виконання операцій	Штучно-калькуляційний час виконання операцій	Ефективний річний фонд часу роботи верстатів
005	To 5,54 хв.	Tшт-к 7,31 хв.	Fg 3890 год.
010	To 2,14 хв.	Tшт-к 3,58 хв.	Fg 3890 год.

Розрахувати Зачистити

Вихідні дані

Розрахована кількість верстатів по операціях	Прийнята кількість верстатів по операціях	Коефіцієнт завантаження обладнання	Коефіцієнт використання обладнання за основним часом
Ср 1,128	Спр 2	кз 0,564	ко 0,758
Ср 0,552	Спр 1	кз 0,552	ко 0,598

Середній коефіцієнт завантаження обладнання
кз ср 0,558

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом
ко ср 0,678

Розробники Допомога

Рисунок 4.2 – Інтерфейс програми для розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки

Після натискання кнопки «Розрахувати» на виході отримуються дані про розрахункову кількість верстатів по операціях; прийнятну кількість верстатів по операціях (найближче більше ціле число від розрахункової кількості верстатів); коефіцієнт завантаження обладнання та коефіцієнт використання обладнання за основним часом для операцій, що розглядаються, а також середній коефіцієнт завантаження обладнання та середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом.

4.4 Висновки

Запропоновано алгоритм та блок-схему розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей.

Розроблено комп'ютерну програму «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки» [3], яка призначена для автоматизації процесу розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей машин. Програма має зручний інтерфейс, містить набір довідникових даних і може бути корисна студентам, що навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та інженерам для розрахунків у сфері машинобудування.

За допомогою мови програмування C# в середовищі розробки Microsoft Visual Studio була створена програма для спрощення розрахунків по завантаженості обладнання під час роботи. Таким чином скорочуються затрати часу на проведення обчислень в 30-40 разів.

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»

5.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004»

5.1.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [5.1]:

$$K = Z_o + Z_{\text{дод}} + Z_n + B_{\text{буд}} + B_{\text{обл}} + B_{\text{тр}} + B_{\text{осн}} + B_{\text{інв}} + B_{\text{пу}} + B_{\text{нс}} + B_{\text{оз}} \text{ [грн.]}, \quad (5.1)$$

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

5.1.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} \text{ [грн.]}, \quad (5.2)$$

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 5.1 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,82	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

5.1.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.3)$$

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

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

5.1.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.]}, \quad (5.4)$$

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

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

5.1.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

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

$$B_{\text{буд.}} = C_{nl} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.]}, \quad (5.5)$$

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

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

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

5.1.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{np.i} \cdot K_i \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.2 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	800000	1	1,1	880000
Всього					880000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 6P13PФ3 – $2 \cdot 100000 = 200000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 200000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{обл} = 880000 - 200000 = 680000 \text{ (грн.)}$$

5.1.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

5.1.8 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:

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 680000 \cdot 0,10 = 68000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{овв} = (0,2...0,3) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.8)$$

$$B_{овв} = 68000 \cdot 0,25 = 17000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{квл} = (0,06...0,12) \cdot B_{то} \text{ [грн.]}; \quad (5.9)$$

$$B_{квл} = 0,1 \cdot 68000 = 6800 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{овв} + B_{квп} \text{ [грн.];} \quad (5.10)$$

$$B_{осн} = 68000 + 17000 + 6800 = 91800 \text{ (грн.)}$$

5.1.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

5.1.10 Вартість програм керування

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

$$B_{пк} = (0,05 \dots 0,1) \cdot B_{обл} \text{ [грн.];} \quad (5.11)$$

$$B_{пк} = 0,1 \cdot 680000 = 68000 \text{ (грн.)}$$

5.1.11 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.

5.1.12 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:

$$K = 11271,12 + 1127,112 + 2727,61 + 36000 + 680000 + 91800 + 68000 = 890925,84$$

(грн.)

5.2 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.2.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Корпус клапана» складає 63,41 грн. (див. розділ 2).

5.2.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн.]}, \quad (5.12)$$

де W_{yi} – 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, $C_e = 2,99$ грн.;

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

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

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30	6	0,167	2,56
010 Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	30	0,147	11,26
015 Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	3,7	0,089	0,84
020 Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3	5,5	0,083	1,17
Всього			Σ 15,83

5.2.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (5.13)$$

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:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (5.14)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_M = 5000$ грн.
(на 01.11.2020 р.);

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

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

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

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C = (5000 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 57,53 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.4 – 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 Токарно- револьверний з ЧПК 1В340Ф30	0,167	3	1,35	57,53	9,61
010 Токарний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	0,147	3	1,35	57,53	8,46
015 Вертикально- свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2	0,089	3	1,35	57,53	5,12
020 Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3	0,083	3	1,35	57,53	4,77
Всього					Σ 27,96

5.2.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.15)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 27,96 = 2,8 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (5.16)$$

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

$$Z_n = (27,96 + 2,8) \cdot 0,22 = 6,77 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{зв}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.17)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 27,96 = 69,9 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.5 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	63,41	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	15,83	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$З_p$	27,96	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$З_{дод}$	2,8	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$З_н$	6,77	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{заг}$	69,9	
Всього	$S_г$	186,67	

5.3 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.3.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$Ц_{нмр} = S_г \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.]}, \quad (5.18)$$

де $Ц_{нмр}$ – нижня межа ціни реалізації виробу, грн.;

$S_г$ – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.11.2020 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.

$$C_{\text{впр}} = 186,67 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 268,8 \text{ (грн.)}$$

5.3.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{впр}}$) 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 $C_{\text{впр}} = 268,8$ грн.

5.4 Розрахунок величини чистого прибутку

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

$$П = \left\{ \left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.19)$$

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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[268,8 - \frac{(268,8 - 63,41) \cdot 16,67}{100} - 186,67 - \frac{10 \cdot 186,67}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 26672 = \\ &= 639169,92 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.5 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як:

- чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект);
- внутрішня норма дохідності (прибутковості);
- індекс прибутковості;
- термін окупності.

5.5.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

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

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (5.20)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн.;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення (проект), грн.;

d – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

n – термін протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{639169,92}{(1+0,2)^1} + \frac{639169,92}{(1+0,2)^2} + \frac{639169,92}{(1+0,2)^3} + \frac{639169,92}{(1+0,2)^4} - 890925,84 =$$

$$= 763715,43 \text{ (грн.)}$$

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

5.5.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.21)$$

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.

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{639169,92 + 639169,92 + 639169,92 + 639169,92}{890925,84}} - 1 = 0,3.$$

5.5.3 Розрахунок терміну окупності

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

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (5.22)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн., ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн., $П$ – прибуток, отриманий виробником за 1 рік продажу продукції, виробленої з застосуванням нового технологічного процесу, грн.

$$T_o = \frac{890925,84}{639169,92} = 1,39 \text{ (року)}.$$

5.6 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004», 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 890925,84 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 639169,92 грн., термін окупності 1,39 роки.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

Технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус клапана» здійснюється на дільниці механічної обробки. Дільниця механічної обробки знаходиться в окремій будівлі.

До групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, вироби які переміщуються, заготовки, матеріали;
- підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів;
- підвищений рівень шуму і вібрацій на робочому місці;
- підвищення значення напруги електричної мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищена загазованість повітря робочої зони парами і газами, які виділяються при технологічних процесах;
- зміна мікроклімату робочої зони;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхні, заготовок, інструментів, обладнання.

До групи хімічних фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- роздратовуючі (хімічні складові, що входять до складу ЗОР);
- загально токсичні (оксид вуглецю);

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих факторів складають:

- фізичні перевантаження;

- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Групи інших шкідливих факторів відсутні.

6.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпеки праці

6.2.1 Мікроклімат.

Виготовлення деталі «Корпус клапана Г.36.004» Відбувається в механічному цеху і робота відноситься до категорії Пб – середньої важкості.

Оптимальні (допустимі) параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) наведені в табл.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	23-25	40-60	0,1	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	22-24	40-60	0,1	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на виробничій дільниці передбачено:

1. підвищення тепловіддачі від тіла людини за допомогою встановлення вентиляційних систем;
2. додаткова ізоляція джерела випромінювання.

В умовах, що розглядаються на дільниці, можливими забруднювачами повітря можуть бути:

Таблиця 6.2 – ГДК речовин

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Азоту двоокис NO ₂	0,085	0,085	2
Ангідрид сірчаний SO ₂	0,5	0,05	3
Сірковуглець (CS)	0,03	0,005	2
Вуглець (окис CO)	3	1	4
Формальдегід	0,035	0,003	2

Для забезпечення робочої зони необхідної вентиляції повітря проектом виробництва передбачені такі рішення: забезпечення складу повітря виробничої ділянки відбувається за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання приміщення.

6.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення

$$e = E_{вн}/E_{зов} * 100\% \quad (6.1)$$

де $E_{вн}$ – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк; $E_{зов}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, замірена одночасно з $E_{вн}$, лк.

Для умов, що розглядаються на ділянці (розряд робіт (I-VIII), система природнього освітлення (бокове, верхнє, комбіноване), пояс світлового клімату (IV-V)), нормативне значення коефіцієнта $e_{сер}^{III}$ чи e_{min}^{III} ($e_{сер}$ нормується для системи верхнього та комбінованого освітлення і e_{min} - для бокового), для III-го поясу світлового клімату дорівнює 750 лк . Для світлових поясів IV, V.

$$e^{IV,V} = e^{III} \cdot m \cdot c, \quad (6.2)$$

де m і c – відповідно, коефіцієнти світлового та сонячного клімату

Для забезпечення нормативного значення e_{min} ($e_{сер}$) передбачено:

1. створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
2. не створювати засліплювальної дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
3. не створювати на робочій поверхні різних та глибоких тіней (особливо рухомих);
4. повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються.

Штучне освітлення. Для умов, що розглядаються в проекті (розряд робіт (I-VIII), підрозряд робіт II(а, б, в, г)), система освітлення (загальне, комбіноване), тип джерела освітлення – лампи розжарювання, люмінісцентні, нормативне значення освітленості 3000 лк.

Для забезпечення наведеного значення E передбачено: необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники; забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частой переадаптації органів зору; повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються; повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним.

6.2.3 Шум

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в роботі, є: динамічні навантаження в зубчастих передачах, що виникають внаслідок певних похибок їх виготовлення; змінність навантаження, сприйманої кульками або роликами в підшипниках кочення; динамічні удари кульок або роликів по

нерівностях поверхні бігових доріжок зовнішнього кілець підшипників та інше.

Таблиця 6.3 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкополосного (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)										Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	8000	
Основні виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	38	38

Для тонального і непостійного шуму допустимі значення L та L_A на 5 одиниць менші.

Очікувані рівні звукового тиску і рівень звуку відповідно до шумових характеристик цих джерел (ШХ) дорівнюють: 80 дБ.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено: застосуванням високоякісних підшипників в обладнанні; застосування малошумних зубчастих передач і електродвигунів; поліпшення мастила; акустична обробка приміщень; застосування акустичного фільтра.

6.2.4 Вібрації

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються, є: динамічні навантаження в зубчастих передачах, що виникають внаслідок певних похибок їх виготовлення; змінність навантаження, сприйманої кульками або роликами в підшипниках кочення; динамічні удари кульок або роликів по нерівностях поверхні бігових доріжок зовнішнього кілець підшипників та інше.

Можливі параметри вібрацій, виходячи з вібраційних характеристик (ВХ) відповідного обладнання, знаходяться в межах від 1 до 63 Гц.

Для зменшення дії вібрації на працюючих передбачено: застосування високоякісних підшипників; дотримання технологічної дисципліни при виготовленні і складанні вузлів верстата; застосування належних конструкцій різального інструменту і пристосувань, жорсткість їх поліпшення тощо.

6.3 Організаційно-технічні рішення щодо техніки безпеки

Правила поведінки на робочому місці. В машинобудівних цехах є важливим передбачення техніки безпеки щодо ураження електричним струмом на виробничій ділянці так як в цехах використовується технологічне обладнання з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні є наявними такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів.

Тип електромережі на виробництві має трифазну чотирипровідну мережу з напругою в 1000В(380 x 220В) та ізольованим від землі з глухозаземленим нульовим проводом. На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюємо через кожні 2 метри та перед вводом в будівлю.

Небезпеку для людей на території підприємства може представляти рухомий транспорт, підйомно-транспортні пристрої, різні електроустановки і

т.д. Щоб уникнути нещасного випадку, слід перш за все бути особливо уважним до різного роду попереджувальних знаків та звукової сигналізації.

Серйозну небезпеку для людей на виробництві представляють працюючі вантажопідйомні механізми. Перебувати у зоні їх дії, проходити під рухомим вантажем суворо забороняється.

Перебуваючи у місцях складування матеріалів для виготовлення деталей, треба дотримуватися обережності. Недбало складені матеріали можуть нанести серйозні травми.

Досить небезпечним для життя є дотик до різного електрообладнання, що знаходиться під напругою. В таких місцях як правило встановлюються попереджувальні знаки або написи.

В цілях безпеки токарів не рекомендується ходити по різних цехах без особливої потреби. Дотримання зазначених правил поведінки на робочому місці з урахуванням конкретної обстановки і насамперед особиста уважність і обережність підвищують безпеку на виробничій ділянці.

Правила безпеки на території підприємства повністю поширюється і на територію всіх цехів. Однак, окрім загальних правил, для кожного цеху існують свої специфічні правила техніки безпеки, які впливають з особливостей роботи даного цеху.

Токарю не рекомендується наближатися до інших працюючих верстатів, ходити без потреби по вузьких проходах між ними, торкатися електроустаткування. Особливу обережність слід проявляти щодо зливної стружки, коли вона сходить з верстата довгою стрічкою. Така стружка маючи загострені краї, може завдавати різні рани.

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

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьох фазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьох фазного струму.

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

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

Крім того, на ділянці використовуються різні електрозахисні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

6.4 Пожежна безпека

Небезпеку в цеху при виготовленні партій деталей можуть спричинити такі фактори: полум'я та іскри; знижена концентрація кисню; підвищена температура навколишнього середовища; несправності електричних або інших технічних приладів та інше;

Технічні рішення системи запобігання пожеж

Виробнича дільниця відноситься до будівель категорії Г за ступенем пожежонебезпеки.

Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться у приміщенні:

Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються.

Фактори вибухонебезпечності, інші умови:

Простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати не довго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.

Ступінь вогнестійкості – II.

Таблиця 6.4 - Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) і максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику)

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Коло	Балки	Плити	Елементи покриття	
	Несучі	Само несучі	Зовнішні несучі	Внутрішньо несучі				Плити, настили	Балки, рами
II	2/0	1/0	(0,25...0,5)/(0...40)	25/0,40	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Конструктивні характеристики: Будівля з несучими і захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.0.004» в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій.

6.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні та електричні системи

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, передаваної при опромінюванні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також

електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т.д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів - мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеній на одну сторону поверхні скла вона ослаблює інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8 - 150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих долей до

одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до доль Ом.

6.5.2 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.0.004» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що визначає безпеку роботи системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Перелік елементів, що входять до складу електричних схем блоків системи ЧПК, та граничні значення експозиційних доз іонізуючого випромінювання для них наведені в табл. 6.5.

Згідно даних таблиці 6.5 граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає $D_{гр}=10^4$ Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи визначається з формули

$$P_{гр.min} = \frac{D_{гр} \cdot K_{нос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}, [P/год]$$

де $t_n=1$, $t_k=5$ років= 43800 год – відповідно, час початку і кінця опромінення системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном; $K_{нос}=1$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Таким чином

$$P_{гр.min} = \frac{D_{гр} \cdot K_{нос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 1}{2(\sqrt{43800} - \sqrt{1})} = 23,11 P/год.$$

Таблиця 6.5 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для апаратної частини ЧПК верстатного обладнання

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр,і}, P$	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК в цілому, $D_{гр}, P$
Інтегральні схеми	10^5	10^4
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистори	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	10^{10}	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	
Магнітні матеріали	10^{10}	
Мікропроцесори	10^4	
Транзистори, діоди	10^4	

Згідно з проведеним розрахунком робота системи ЧПК в умовах постійної дії іонізуючих випромінювань буде безпечною за умови, що потужність іонізуючих випромінювань не перевищуватиме 23,11 P/год.

6.5.3 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.0.004» в умовах дії електромагнітних випромінювань.

Критерієм, що за яким оцінюватимемо безпеку роботи системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

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

де U_D – допустиме коливання напруги живлення, В; $U_{B(\Gamma)}$ – напруга

наведена електромагнітними випромінюваннями, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК, В.

Оскільки стійкою, а отже безпечною, робота системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань вважатиметься коли $K_B \geq 40$ дБ, розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що $K_{B\min} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення

$$U_D = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 12 + \frac{12}{100} \cdot 2 = 12,24 \text{ (В)},$$

де $U_{\text{ж}} = 12 \text{ В}$ – мінімальна напруга живлення системи ЧПК; $N = 2 \%$ – допустимі відхилення напруги.

Максимальна довжина струмопровідних частин в горизонтальній площині $l_{\Gamma} = 0,25 \text{ м}$. Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах визначається з рівняння

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

$$40 = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_D}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_D}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{12,24}{100} = 0,1224 \text{ (В)},$$

а вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,1224}{0,25} \approx 0,5 \text{ (В/м)}$$

Система ЧПК верстатів, що використовуються в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому $t = 0,12$ см і вище.

Використання сталевго екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,12 \cdot \sqrt{15000} = 76,4 (\text{Дб}),$$

де $f = 15000$ – власна частота екрана (корпуса).

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{B_{\text{вх}}}}{E_B} [\text{Дб}],$$

де $E_{B_{\text{вх}}}$ – вертикальна складова напруження електричного полі на вході в екран, то

$$E_{B_{\text{вх}}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,6 \cdot 10^{\frac{76,4}{20}} = 3964,1 \text{ В} = 3,964 (\text{кВ}).$$

Безпечна робота системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена в разі, коли вертикальна складова напруженості електричного поля не перевищуватиме 3964 В/м.

6.6 Висновки

Робота апаратної частини ЧПК верстатного обладнання дільниці механічної обробки деталі типу «Корпус клапана Г.36.0.004» в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань згідно проведеного розрахунків разі коли інтенсивність випромінювань не перевищуватиме, відповідно, потужність іонізуючих випромінювань – 23,11 Р/год і вертикальна складова напруженості електричного поля – 3964 В/м.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана Г.36.004» на високопродуктивних верстатах з ЧПК, що зменшило собівартість виробництва.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз сутності технічної проблеми при виготовленні деталі. Проаналізовано спосіб обробки виходячи із вказаного типу виробництва. На основі існуючого технологічного процесу було прийнято технологію удосконалення техпроцесу виробництва для виготовлення деталі.

В другому розділі проведено аналіз конструкції деталі «Корпус клапана Г.36.004» в результаті якого її технологічність сприяє механічній обробці заготовки. Виходячи із типу виробництва було вибрано спосіб виготовленню заготовки лиття в піщано-глинясті форми для її подальшої обробки. Створено два маршрути механічної обробки. На основі проведеного техніко-економічного порівняння було вибрано найкращий маршрут з різницею в 1,115 рази, щодо собівартістю виготовлення деталі. Визначено різного роду припуски на механічну обробку та проведено розмірно-точнісне моделювання процесу виготовлення корпусу. Призначено режими різання для обробки усіх поверхонь деталі. Оптимізовано режими різання точної поверхні $\varnothing 42H9$ за комп'ютерною програмою для збільшення продуктивності. Визначено технічні норми часу на усі операції, при цьому $\sum T_{\text{очн}}=5,33\text{хв}$, а $\sum T_{\text{шт-к}}=9,885\text{хв}$.

В третьому розділі розраховано дільницю на якій буде проводитись обробка деталі «Корпус клапана Г.36.004». Під час розрахунку знайдено такі параметри: приведена програма (аналітична кількість виготовлених виробів за 1 рік) 26672 шт, кількість верстатів для обробки деталі «Корпус клапана» 4 шт, середній коефіцієнт завантаження обладнання при роботі становить 0,36 та кількість працівників 20, які будуть приймати участь в процесі виробництва.

Автоматизація розрахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей

проведено в четвертому розділі МКР. Створено алгоритм та програму на мові С# за допомогою компілятора Microsoft Visual Studio для прорахунку кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці механічної обробки заготовок деталей, що дало змогу підвищити продуктивність підготовки виробництва в 30-40 разів на цьому етапі.

П'яти розділ МКР присвячений економічній доцільності виготовлення виробу в якому зазначено, що річний прибуток виробника складе більше 639 тисяч грн з терміном окупності за 1,39 роки.

В останньому розділі МКР розглянуті питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано всі умови праці присутні на дільниці механічної обробки, включаючи: виробничу санітарію, пожежну безпеку, освітлення, шум і т.д., а також дія іонізуючих та електромагнітних випромінювання на електронні та електричні системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панов А.А. (2004) Обработка металлов резанием: Справочник технолога.
2. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
3. Мельников Н. Г. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Н. Г. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 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. Автоматизація розрахунку кількості обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7103>.
6. Використання прикладної програми для розрахунку кількості працівників на дільниці (в цеху) механічної обробки заготовок деталей / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Я. А. Молчанов, М. В. Цекот // Збірник тез доповідей IV-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», Вінниця, 16-27 грудня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу : http://ctam.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=196:0-stijkist-mekhatronnoji-gidrosistemi-na-osnovi-regulovanogo-nasosa-

[23&catid=52&Itemid=760&lang=ua.](#)

7. Комп'ютерна програма «Розрахунок кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження на дільниці (в цеху) механічної обробки» / Свідощтво про реєстрацію авторського права на твір № 90760 // С. В. Репінський, Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, Я. А. Молчанов, Д. А. Тарабанський. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Зареєстр. 15.07.2019.
8. ГОСТ 7505 - 89. Поковки стальные штампованные.
9. Ж.П. Дусанюк. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Навчальний посібник / Дусанюк Ж.П., Сивак І.О., Дусанюк С.В., Репінський С.В.. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.
10. П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев «Высшая школа». 1991 -247с
11. М.Е.Егоров Основы проектирования машиностроительных заводов. М.: Высшая школа, 1969-480 с.
12. Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Справочник в 6-ти томах / Под ред. Е.С. Ямпольского. М.: Машиностроение, 1974-1975.
13. Мамаев В.С., Осипов В.Г. Основы проетирования машиностроительных заводов. М.: Машиностроение. 1974-296 с.
14. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Технологія обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та системи” /Уклад. О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик, - Вінниця. ВНТУ, 2009 - 91с.
15. Ж.П.Дусанюк, С.В.Дусанюк. Медичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни „Проектування механоскладальних цехів та дільниць” –Вінниця. ВДТУ. 2002.

16. А.Ф.Горбацевич, В.А.Шкред. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. М.: Высшая школа, 1983-256 с.
17. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М.Кнорринга. - Л.: Энергия, 1976. - 346 с.
18. Справочник по охране труда на промышленном предприятии /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. - К.: Техника, 1991. - 285 с.
19. Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк «Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літі заготовки» Навчальний посібник. ВНТУ 2009.
20. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов – М.: Издательство стандартов, 1989. – 53с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » жовтня 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС КЛАПАНА Г.36.004»

08-26.МКР.012.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викладач каф. ТАМ

Піонткевич О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Молчанов Я.А. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 2020

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи
- а) удосконалення конструкції корпусу клапана;
 - б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.
2. Мета і призначення МКР
- а) удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус клапана»
3. Вихідні дані для виконання МКР
- Вихідними даними є креслення деталі та програма випуску продукції
4. Вимоги до виконання МКР
- МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.
5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	01.09.2020	01.10.2020	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	02.10.2020	09.11.2020	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	10.11.2020	11.11.2020	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	12.11.2020	14.12.2020	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	16.11.2020	25.11.2020	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки графічного матеріалу та презентації	01.12.2020	11.12.2020	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

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

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

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

8. Вимоги до оформлення МКР

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

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

Вимоги відсутні.

Додаток Б

Частина коду програми на мові C#

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

НАТИСКАННЯ НА КНОПКУ РОЗРАХУНКУ ПРИ ВІДКРИТТІ
ПЕРШОГО БОКСУ

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{  
    if (comboBox1.SelectedIndex == 0)  
    {  
        double num_1 = double.Parse(T_1.Text);  
        double num_2 = double.Parse(F_1.Text);  
        double num_n_1 = double.Parse(Npr.Text);  
        // To  
        //double num_n_o = double.Parse(To_1.Text);
```

ФОРМУЛА І ФУНКЦІЯ СКРУГЛЕННЯ

```
double result_1 = Math.Round(((num_1 * num_n_1) / (60 * num_2)), 3);  
Cp_1.Text = result_1.ToString();
```

```
double result_2 = Math.Ceiling(result_1);  
Cpr_1.Text = result_2.ToString();
```

```
double result_3 = (result_1 / result_2);  
Nz_1.Text = result_3.ToString();
```

```
double N_sum = (result_3);  
Nsum.Text = N_sum.ToString();
```

```
// No and To  
double num_n_o = double.Parse(To_1.Text);
```

```
double No_1_sum = Math.Round((num_n_o / num_1), 3);
no_1.Text = No_1_sum.ToString();

double No_sum = (No_1_sum);
no_sum.Text = No_sum.ToString();
}
else if(comboBox1.SelectedIndex == 1)
{
    //005
    double num_1 = double.Parse(T_1.Text);
    double num_2 = double.Parse(F_1.Text);
    double num_n_1 = double.Parse(Npr.Text);

    double result_1 = Math.Round(((num_1 * num_n_1) / (60 * num_2)), 3);
    Cp_1.Text = result_1.ToString();

    double result_2 = Math.Ceiling(result_1);
    Cpr_1.Text = result_2.ToString();

    double result_3 = (result_1 / result_2);
    Nz_1.Text = result_3.ToString();

    // No and To
    double num_n_o = double.Parse(To_1.Text);

    double No_1_sum = Math.Round((num_n_o / num_1), 3);
    no_1.Text = No_1_sum.ToString();
```


Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Графічна частина