

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 «ФЛАНЕЦЬ»**

08-26.МКР.022.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. 1ПМ-18м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

Сіроштаненко В. О. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Дусанюк Ж. П. _____

« ____ » _____ 201_ р.

Рецензент: _____

« ____ » _____ 201_ р.

Вінниця ВНТУ – 2019 рік

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

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

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

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сіроштаненко Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

керівник МКР Дусанюк Жанна Павлівна, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом МКР: _____

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Фланець»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 8000 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мета та завдання роботи (A1); наукова новизна, практичне значення одержаних результатів (A1); деталь «Фланець» (A3); 3D-модель деталі (A1); заготовка деталі (поковка) (A3); маршрут механічної обробки (2A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень на 010 операцію (A1); порівняльний аналіз вибору припусків на обробку плоских поверхонь заготовки нормативним методом та за допомогою розмірного аналізу ТП (A1); план дільниці механічного цеху (A1); техніко-економічні показники (A1); висновки (2A1)

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Дусанюк Ж. П., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Руда Л. П., доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І. В., доцент кафедри БЖДПБ		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Сіроштаненко В. О.

Керівник МКР

(підпис)

Дусанюк Ж. П.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	12
1.1 Сутність технічної проблеми	12
1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення	12
1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Фланець»	14
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	17
1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	18
1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	20
1.7 Розробка технічного завдання на МКР	22
1.8 Висновки	22
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	24
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	24
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	27
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	33
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	44
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	48
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	50

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	54
2.8 Порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу	58
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	70
2.10 Призначення режимів різання	77
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	84
2.12 Визначення технічних норм часу	86
2.13 Висновки	90
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	92
3.1 Розрахунок приведеної програми	92
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	96
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	99
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	100
3.5 Висновки	103
4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»	105
4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки	105
4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»	112
4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	118
4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	121
4.5 Розрахунок величини чистого прибутку	122
4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	123
4.7 Висновки	125

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	126
5.1 Аналіз умов праці	126
5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	126
5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	133
5.4 Пожежна безпека	134
5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	135
5.6 Висновки	138
ВИСНОВКИ	139
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	141
ДОДАТКИ	144

АНОТАЦІЯ

Сіроштаненко В. О. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» : дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / В. О. Сіроштаненко. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на основі використання більш сучасного металорізального обладнання, оснащення, інструменту, що забезпечує зменшення кількості операції, їх концентрацію, а отже меншу кількість верстатів, робітників, площ, що призводить до зниження собівартості обробки, продукції, підвищення продуктивності праці, якості оброблюваних деталей.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Фланець»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Фланець» 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 порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу.

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

Siroshtanenko V. O. Improvement of technological process of mechanical processing of a workpiece of the «Flange» part: dissertation for obtaining the educational qualification level of master's degree in specialty 131 «Applied mechanics» / V. O. Siroshtanenko. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnytsia, 2019.

The purpose of the work is to improve the technological process of machining workpiece workpiece type «Flange» based on the use of more modern metal-cutting equipment, equipment, tools that reduce the number of operations, their concentration, and therefore fewer machines, workers, areas, which leads to a decrease in cost processing, production, increase of productivity, quality of workpieces.

To achieve this goal, a review of technologies for manufacturing parts of the type «Flange» was carried out; made a variant choice and feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; variants of the route of machining of the Flange workpiece using modern CNC machine tools have been worked out and the choice of the best one at the minimum of the given costs; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; cutting modes and time limits are defined; the amount of equipment and workers is calculated; machining section has been improved.

In the scientific part of the work, a comparative analysis of the results of the selection of allowances for the treatment of flat surfaces of parts of the type «Flange», determined according to the normative data and using dimensional analysis of the technological process.

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

Occupational health and safety measures have also been developed.

The graphic part illustrates the illustrations in the explanatory note.

ВСТУП

Актуальність. Технологічний процес механічної обробки – це частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана із зміною форми, розмірів або властивостей оброблюваної заготовки, що виконується в певній послідовності. Технологічний процес складається з низки операцій.

Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей машин – один із самих відповідальних етапів, що пов'язаний з виробництвом виробів в машинобудівній промисловості. Побудований з використанням прогресивних підходів та рішень, технологічний процес забезпечує можливість одержання якісної продукції, високої продуктивності праці та низької собівартості виробів. Використання засобів автоматизації дозволяє полегшити працю робітників, зробити її більш ефективною.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на основі використання більш сучасного металорізального обладнання, оснащення, інструменту, що забезпечує зменшення кількості операцій, їх концентрацію, а отже меншу кількість верстатів, робітників, площ, що призводить до зниження собівартості обробки, продукції, підвищення продуктивності праці, якості оброблюваних деталей.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- 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 «Фланець»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;

- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- виконати порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- 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 «Фланець».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика порівняльного аналізу та вибору найбільш доцільного методу вибору припусків на механічну обробку плоских поверхонь деталі.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів

механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі. При цьому запропоновані такі рішення:

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки є штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) і гарячештампувальних автоматах (ГША). Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку штампуванням на ГША, оскільки вартість заготовки при цьому складає 68,06 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на КГШП – 70,27 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано ділянку механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи ділянки в великосерійному виробництві, яка складає 47500 шт.; ділянка механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на ділянці – 9 чол.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- XLVII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 14-23 березня 2018 р.).

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

- Дослідження величини припусків, визначених розмірним аналізом та за нормативними даними [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Б. В. Табаков, В. О. Сіроштаненко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу :

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4810>.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

1.1 Сутність технічної проблеми

Існуючий технологічний процес та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» не відповідають сучасним досягненням науки та техніки в галузі машинобудування. Застосування застарілого обладнання призводить до зниження точності механічної обробки, збільшення трудомісткості, кількості використовуваного обладнання, оснащення, зайнятих основних робітників та працюючих на дільниці, витрат електроенергії, площ. Це відповідно впливає на собівартість механічної обробки заготовки деталі, а значить і собівартість вузла, в конструкцію якого входить розглядувана деталь.

Для усунення вказаних негативних сторін базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» необхідно його удосконалити та відповідно організувати більш сучасну дільницю. Застосувавши принцип концентрації операцій з використанням прогресивного, сучасного, автоматизованого металорізального обладнання, механізованого оснащення, інструменту можливо підвищити точність, якість обробки, зменшити час, а значить підвищити продуктивність процесу. При цьому зменшиться кількість обладнання, оснащення, основних робітників та працюючих, витрати електроенергії, площі зайняті верстатами, собівартість механічної обробки та продукції в цілому. Використання сучасного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволяє в значній мірі автоматизувати процес механічної обробки, удосконалити існуючу дільницю.

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

Задана деталь «Фланець» (рис. 1.1) виготовляється із сталі 45 і слугує для з'єднання частин труб, валів та тому подібне. Деталь має форму тіла обертання з

рівномірно розташованими отворами для болтів. Внутрішня поверхня – циліндричний отвір, що має шпонковий паз. Для закріплення деталі «Фланець» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

Основні конструкторські бази:

- зовнішня поверхня $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$ – точність 9 квалітет, шорсткість $Ra = 3,2$ мкм, вимога співвісності поверхні відносно бази Б, тобто осі отвору $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$;

- торець лівий $\varnothing 125$ – точність 14 квалітет, шорсткість $Ra = 3,2$ мкм, вимога радіальне биття поверхні відносно бази Г.

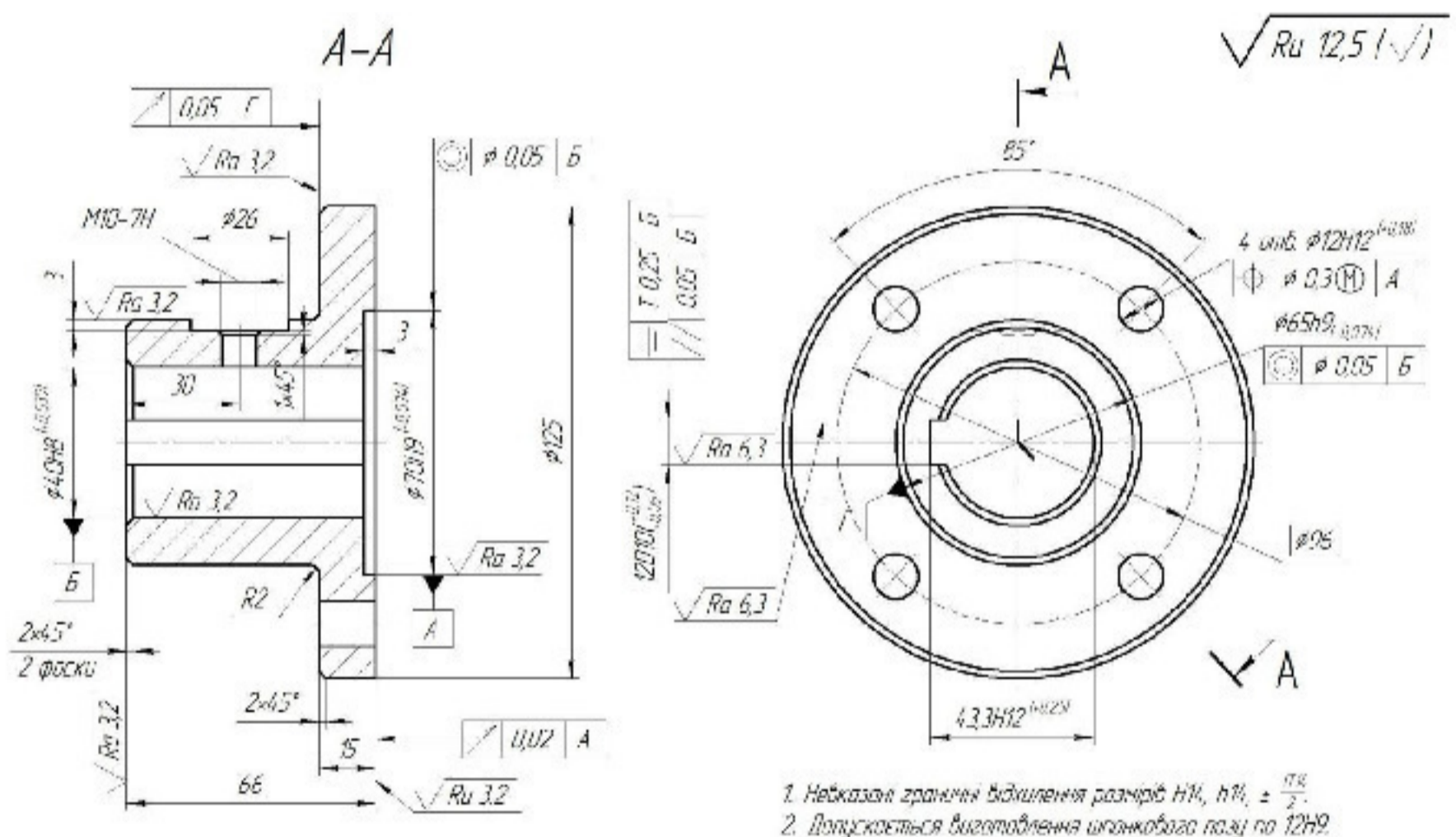


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Фланець»

Допоміжні бази:

- внутрішня поверхня $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ – точність 8 квалітет, шорсткість $Ra = 3,2$ мкм;

- $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$ – точність 9 квалітет, шорсткість $Ra = 3,2$ мкм, вимога співвісності поверхні відносно бази Б;

- $\varnothing 26$ – точність 14 квалітет, шорсткість $Ra = 12,5$ мкм;

- різьбовий отвір під болт M10-7H – точність 7 квалітет;

- торець правий $\varnothing 125$ – точність 14 квалітет, шорсткість $Ra = 12,5$ мкм;
- $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$ 4 отв. – точність 12 квалітет, шорсткість $Ra = 12,5$ мкм, позиційна вимога отворів відносно бази А, тобто осі розміру $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$;
- шпонковий паз $12D10^{(+0,12}_{+0,05})$ – точність 10 квалітет, шорсткість $Ra = 12,5$ мкм, вимога симетричності та паралельності відносно бази А.

Вільні поверхні: $\varnothing 125$, лівий торець $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$, 3 фаски.

Так як відсутнє складальне креслення виробу, у якому кріпиться дана деталь, то проаналізувати можливості спрощення конструкції деталі, заміни зварною, армованою або збірною конструкцією, а також можливість і доцільність заміни матеріалу ми не можемо.

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

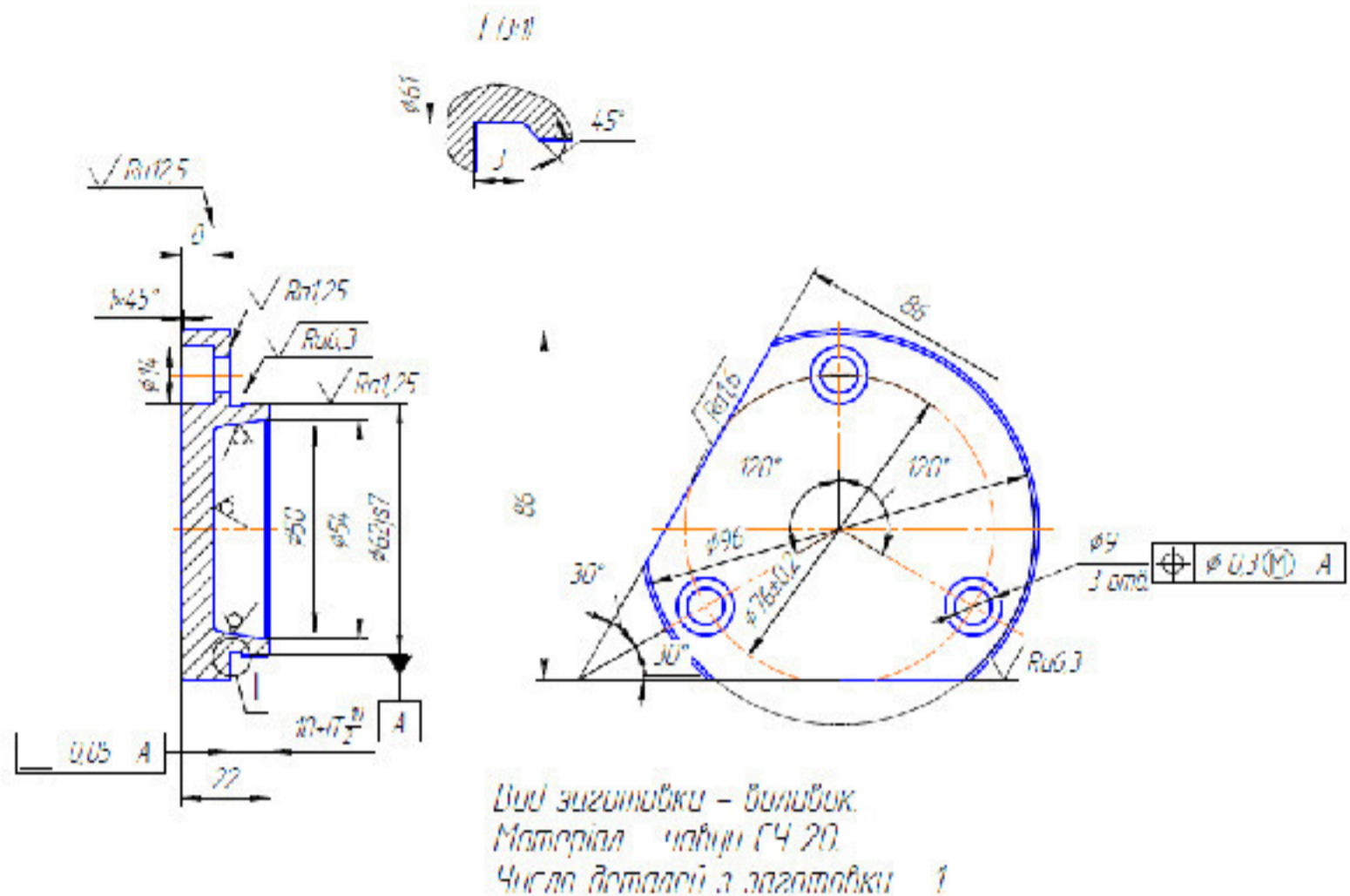
При розробці маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові ТП обробки подібних деталей. При цьому скорочується терміни проектування і покращується якість розробки.

Типовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець» (рис. 1.2) показаний у таблиці 1.1 [1, 6].

- Порівняння конструкції заданої деталі за робочим кресленням з конструкцією деталі, приведеної в типовому технологічному процесі, аналіз конструктивних форм.

По зовнішньому контуру, заданої деталі, поверхня ступінчаста два діаметра так і на подібній деталі ступінчаста два діаметра. По торцевих поверхнях типової деталі є кріпильні отвори на порівнювальній деталі є теж, але виконані простіше тому, що немає заглиблень під головку гвинта. Внутрішня поверхня деталі оброблювана і тим більше, що тут паз і досить точний, а в типовій деталі внутрішня поверхня в стані поставки, тобто взагалі не оброблюється. По зовнішньому контуру в типовій деталі фрезеруються лиски, які відсутні на

заданій деталі, але на зовнішньому контурі одного із діаметрів є радіальний отвір із заглибленням під головку гвинта.



Невключені граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $+ 0.14$

Рисунок 1.2 – Креслення типової деталі типу «Фланець»

Після порівняння можна зробити такий висновок, що задана деталь більш складніша по конструкції тому, що є багато поверхонь обробки.

- Порівняння показників точності та шорсткості, відносного розміщення поверхонь типової деталі та заданої.

По зовнішньому контуру найвищий квалітет який стоїть на типовій деталі – 7. По заданій деталі найвищий квалітет – 9, це говорить про те, що по зовнішній конфігурації вимоги по точності в даному випадку нижчі ніж в типовій деталі. По внутрішньому діаметрі вона взагалі необроблювана, а в заданій є отвір 9 квалітету і паз – 10. Вимоги по точності на заданій поверхні набагато вищі ніж типової деталі.

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес механічної обробки [6]

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62js7/\varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96/\varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування, точити канавку $B=3$ і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Наладка УСП
035	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ та шліфувати торець $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	
045	Помити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

- Вимоги по шорсткості. Найнижча шорсткість типової деталі $Ra = 1,25$ по зовнішньому діаметру, по торцях і по отворах – $Ra = 1,25$. В розглянутій деталі найменша шорсткість – $Ra = 3,2$ по зовнішній поверхні, тому шорсткість заданої деталі по зовнішньому контуру значно вища, бо в типовій деталі взагалі не оброблюється, таким чином обробка заданої деталі буде складнішою і по конфігурації, і по шорсткості.

- В типовій деталі по взаємному розміщенню є позиційний допуск на розташування отворів і є торцеве биття. У заданої деталі – торцеве биття, перпендикулярність торця, паралельність, симетричність, позиційний допуск,

співвісність, тобто вимог більше, що ще раз свідчить про більш високу точність і складність конструкції деталі.

- Аналіз можливості використання методів обробки та структури операцій типового технологічного процесу при розробленні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

В типовому технологічному процесі використовуються: підрізання торцю, точіння, шліфування, свердління, зенкування. Всі ці методи обробки можуть бути використані і в заданій деталі. Але крім них має ще бути протягування паза. В типовій деталі є фрезерування лисок по контуру, чого в заданій деталі немає.

- Аналіз можливості використання обладнання типового технологічного процесу для обробки заданої деталі.

Токарний автомат, токарний, багатоцільовий і шліфувальний в типовій деталі. Пропонується використати токарні верстати з ЧПК, додатково має бути використаний протяжний верстат тому, що передбачена обробка паза.

1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий технологічний процес, що використовується на підприємстві наведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Базовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець»

№ операції	Назва операції	Верстат
005	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
010	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК 16K20T1
015	Довбальна	Довбальний верстат 7A412
020	Свердлильна	Радіально-свердлильний верстат 2M55
025	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат 6P13PФ3
030	Шліфувальна	Внутрішньошліфувальний верстат 3A240

Базовий технологічний процес побудований з використанням верстатів з ЧПК та універсальних верстатів. Верстати з ЧПК застарілих моделей, не забезпечують необхідної точності та продуктивності. Універсальні верстати крім вказаних недоліків характеризуються необхідністю використання великого об'єму ручної роботи. Це призводить до підвищених витрат часу на обробку, збільшення собівартості виробу. Тому виникає необхідність в модернізації існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».

1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

1.5.1 Сучасні досягнення в галузі технології, обладнання та оснастки при виготовленні подібних виробів

В сучасному машинобудуванні для виготовлення деталей типу «Фланець» використовуються верстати з ЧПК, на яких досягається висока ступінь автоматизації обробки і можливість їх швидкого переналагоджування на обробку будь-якої деталі в межах технічних характеристик. Перевагами верстатів з ЧПК є: підвищення точності і однорідності розмірів і форми оброблюваних заготовок; підвищення продуктивності обробки в кілька разів; зниження собівартості обробки; зниження потреб у висококваліфікованих верстатниках.

Для серійного та великосерійного типів виробництва верстати з ЧПК оснащуються засобами для завантаження та розвантаження заготовок, що дає можливість використовувати їх в складі гнучких автоматизованих дільниць

1.5.2 Основні пропозиції щодо побудови технологічних процесів

Програма випуску деталі складає 8000 шт. за рік, але оскільки при такому обсязі верстати будуть недовантаженими, то очевидно дільниця буде використовуватися і для виготовлення інших подібних деталей. Приведена програма складатиме близько 47500 деталей на рік, оскільки планується

випускати 3 типорозмири даних деталей:

- «Фланець» – 8000 шт.;
- «Ступиця» – 800 шт.;
- «Кришка» – 80000 шт.

Приведена програма дозволить більше завантажити обладнання. Оскільки верстати мають легко і швидко переналагоджуватися на випуск іншої продукції, то очевидно використовуватимемо обладнання із числовим програмним керуванням.

Удосконалені технологічні процеси наведено в таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Маршрут механічної обробки (1 варіант)

№ оп.	Назва операції	Тип обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
015	Вертикально-протягувальна	Вертикально-протягувальний верстат 7Б64
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК	Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК 2Р135Ф2

Таблиця 1.4 – Маршрут механічної обробки (2 варіант)

№ оп.	Назва операції	Тип обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК	Багатоцільовий токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ40
010	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
015	Вертикально-протягувальна	Вертикально-протягувальний верстат 7Б64

На токарних операціях пропонується використовувати більш сучасні токарно-револьверні верстати, що мають ширші технологічні можливості і забезпечують вищу точність обробки. Свердління кріпильних отворів у деталі

може бути виконано також на свердлильному верстаті з ЧПК або на токарно-револьверному верстаті, що має головку з автономним приводом свердл, фрез. Довбальний верстат доцільно замінити на протягувальний, що забезпечить кращу якість і вищу продуктивність обробки.

1.5.3 Характеристика ділянки механічної обробки

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

1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

1.6.1 Визначення величини зменшення собівартості одиниці продукції

Величину зменшення собівартості одиниці продукції ΔS при удосконаленні технологічного процесу можна розрахувати за формулою [3]:

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

де B_a – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції, що визнана аналогом (заробітна плата), $B_a = 16,9$ грн.;

B_n – величина цієї ж статті прямих витрат на заробітну плату в одиниці нової продукції, $B_n = 9,12$ грн.;

K_n – коефіцієнт, що враховує конструктивні та технологічні особливості

нової розробки, $K_x = 1...1,2$;

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

$$\Delta S = \frac{(16,9 - 9,12 \cdot 1,1)}{10} \cdot 100 = 169 \text{ (грн.)}$$

1.6.2 Визначення величини додаткових капітальних вкладень

Додаткові капітальні вкладення ΔK , необхідні для здійснення налагодження нового технологічного процесу, розраховуються за формулою [3]:

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

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 (це по 1 верстату моделі 1П420ПФ40, 1В340Ф30 та 7Б64, що були у використанні), грн.

$$\Delta K = 2 \cdot (650000 + 550000 + 350000) = 3100000 \text{ (грн.)}$$

З урахуванням проданих верстатів, на яких виконувався базовий технологічний процес (900000 грн.)

$$\Delta K = 3100000 - 900000 = 2200000 \text{ (грн.)}$$

1.6.3 Визначення терміну окупності удосконаленого технологічного процесу

Термін окупності визначаємо за формулою [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 модернізованого технологічного процесу, шт.

$$T_o = \frac{2200000}{169 \cdot 8000} = 1,62 \text{ (року)}.$$

З урахуванням приведеної програми

$$T_o = \frac{2200000}{169 \cdot 47500} = 0,27 \text{ (року)}.$$

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

1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Розроблене технічне завдання на МКР представлено в додатку.

1.8 Висновки

В даному розділі проаналізовано проблему удосконалення дільниці при виконанні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець». По базовому варіанту механічної обробки використовується застаріле обладнання, яке не забезпечує необхідної якості продукції. Процес є трудомістким, із значною кількістю ручної роботи, кваліфікація робітників при цьому вимагається висока. Використання обладнання з ручним керуванням вимагає збільшення його кількості, відповідно дільницею зайнята значна площа.

Проведено розгляд характеристик об'єкту виробництва, його службове призначення, технічні вимоги на виготовлення. Детально проаналізовано типовий, базовий технологічні процеси, що дозволило сформулювати пропозиції по удосконаленню існуючого процесу.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дана розробка є перспективною для впровадження в виробництво як з технічної, так і з економічної точки зору, так як вона має відносно низьку вартість, кращі, ніж аналог технічні параметри.

Попередні розрахунки показали, що термін окупності удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» складає 1,62 років (а з урахуванням приведеної програми 0,27 року), що значно менше за нормативні значення – 3...5 років. Отже, впровадження розробленого маршруту є економічно доцільним.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Розглядувана деталь «Фланець» виготовляється із сталі 45, її маса 2,2 кг. Деталь призначена для з'єднання частин труб, валів тощо. Деталь має форму тіла обертання з рівномірно розташованими отворами для болтів. Внутрішня поверхня – циліндричний отвір, що має шпонковий паз. Для закріплення деталі «Фланець» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

3D-модель деталі «Фланець» показано на рис. 2.1.

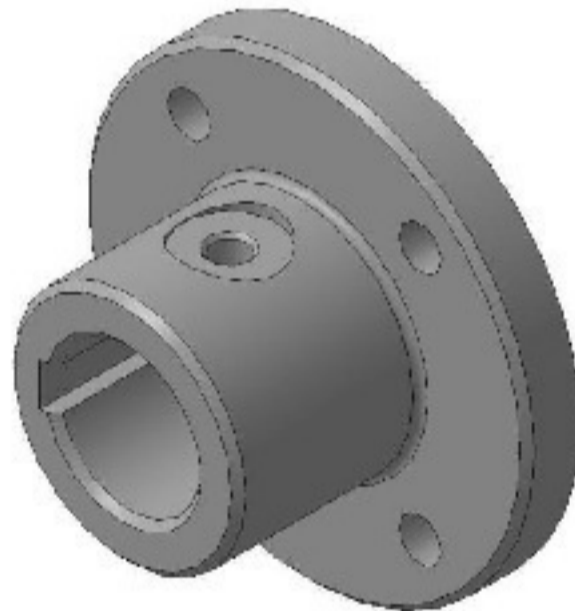


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Фланець»

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Всі поверхні відкриті для обробки і є легкодоступними, і тому нетехнологічних елементів конструкції немає.

Можливе суміщення технологічних та вимірювальних баз, що дає можливість забезпечити похибку базування рівній нулю.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів шорсткості та відхилення геометричної форми відповідають геометричним можливостям

верстата.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Необхідності введення штучних технологічних баз немає.

Відсутні специфічні вимоги і немає необхідності введення додаткових технологічних операцій.

Матеріал деталі сталь 45, заготовка може бути виготовлена методом пластичного деформування шляхом штампування.

Не потрібно ребер жорсткості тому, що деталь є технологічною і термічної обробки немає.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісна оцінка технологічності оцінюється слідуючими показниками [1, 2].

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою:

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

де Q_{ye} , Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.) (табл. 2.1).

Тоді

$$K_y = \frac{41}{47} = 0,87 > 0,6 \text{ – деталь технологічна.}$$

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
1	2	3	4	5
66	Ø125 *	45° (3 пов.) *	12,5 (16 пов.) *	M10–7H *
43,3H12 ^(+0,25)	Ø96		3,2 (6 пов.) *	
30 *	Ø70H9 ^(+0,074)			
15 *	Ø65h9 ^(-0,074)			

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
12D10 ^(+0,12) _{+0,05} *	ø40H8 ^(+0,039) *			
3 (2 пов.) *	Ø26 *			
2 (3 пов.) *	Ø12H12 ^(+0,18) (4 пов.) *			
	R2 *			
Σ _{заг} =10	Σ _{заг} =11	Σ _{заг} =3	Σ _{заг} =22	Σ _{заг} =1
Σ _{уніф} =8	Σ _{уніф} =7	Σ _{уніф} =3	Σ _{уніф} =22	Σ _{уніф} =1

Розрахунок коефіцієнта точності

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

де T_{cp} – середній квалітет точності розмірів;

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

Таблиця 2.2 – Визначення коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 (ø40H8 ^(+0,039))	1	8·1=8
9 (Ø70H9 ^(+0,074) , Ø65h9 _(-0,074))	2	9·2=18
10 (12D10 ^(+0,12) _{+0,05})	1	10·1=10
12 (Ø12H12 ^(+0,18) , 43,3H12 ^(+0,25))	5	12·5=60
14 (66, 30, 15, 3, 2, Ø125, Ø96, Ø26, R2)	12	14·12=168
Сума	21	264

$$T_{cp} = \frac{264}{21} = 12,57;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,57} = 0,92 > 0,8 \text{ – деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

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

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

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} [\text{мкм}]. \quad (2.5)$$

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
3,2 ($\emptyset 70\text{H}9^{(+0,074)}$, $\emptyset 65\text{h}9_{(-0,074)}$, $\emptyset 40\text{H}8^{(+0,039)}$, лівий торець $\emptyset 125$, $12\text{D}10^{(+0,12)}_{(+0,05)}$)	6	$3,2 \cdot 6 = 19,2$
12,5 ($\emptyset 12\text{H}12^{(+0,18)}$, $43,3\text{H}12^{(+0,25)}$, 66, 30, 15, 3, 2, $\emptyset 125$, $\emptyset 96$, $\emptyset 26$, R2)	17	$12,5 \cdot 17 = 212,5$
Сума	23	231,7

$$Ш_{cp} = \frac{131,7}{23} = 10,07;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,07} = 0,099 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

Висновок. $K_y = 0,87 > 0,6$; $K_T = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,099 < 0,32$ – отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

2.2.1 Визначення типу виробництва

Згідно ГОСТ 3.1121-84 визначення типу виробництва виконується за

коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

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

де $\sum O_i$ – сумарна кількість операцій, які виконуються на робочих місцях дільниці; $\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Проведення розрахунків $\sum O_i$ та $\sum P_i$ проводимо в наступній послідовності.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Фланець».

Усі дані занесено до таблиці 2.4.

Переходи 1-4 планується виконувати на одному верстаті з одного установа деталі, переходи 5-10 на другому верстаті з другого установа (верстат з ЧПК).

Розрахуємо штучно-калькуляційний час за формулою

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

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей. Вважаємо, що використовуються верстат з ЧПК (токарні), попередньо виробництво великосерійне ($N_p = 8000$ шт.) [2].

$$T_{шт.-к.1-4} = 1,284 \cdot 1,17 = 1,5 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт.-к.5-10} = 2,238 \cdot 1,17 = 2,62 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о.}$

Переходи механічної обробки	T_o , хв	φ_k	$T_{шт.-к.}$, хв	C_p	$P_{пр}$	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	O	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Підрізати торець правий попередньо (розмір 66)	$0,000045 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,000045 \cdot 125 \cdot (125-40)=0,48$	1,17	3,79	0,173	1	0,173	0,75	5	6
2. Підрізати торець правий остаточно (розмір 66)	$0,00011 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,00011 \cdot 125 \cdot (125-40)=1,1$								
3. Розточити отв. $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ остаточно	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00019 \cdot 40 \cdot 66 =$ $=0,5$								
4. Розвернути отв. $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ однократно	$0,00044 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00044 \cdot 40 \cdot 66 =$ $=1,16$								
5. Підрізати торець лівий однократно (розмір 66)	$0,000045 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,000045 \cdot 65 \cdot (65-40)=0,073$	1,17	2,63	0,12	1	0,12	0,75	7	
6. Точити поверхню $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$ попередньо	$0,000075 \cdot d \cdot \ell =$ $=0,000075 \cdot 65 \cdot 51 =$ $=0,25$								
7. Точити поверхню $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$ остаточно	$0,000175 \cdot d \cdot \ell =$ $=0,000175 \cdot 65 \cdot 51 =$ $=0,58$								
8. Розточити отв. $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ попередньо	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000068 \cdot 40 \cdot 66 =$ $=0,18$								
9. Підрізати торець $\varnothing 125$ попередньо (розмір 15)	$0,000045 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,000045 \cdot 125 \cdot (125-65)=0,34$								
10. Підрізати торець $\varnothing 125$ остаточно (розмір 15)	$0,00011 \cdot D \cdot (D-d) =$ $=0,00011 \cdot 125 \cdot (125-65)=0,825$								

Кількість верстатів для обробки деталі для вказаних переходів (враховуючи фонд часу для верстатів з ЧПК і наближено встановленого середньосерійного виробництва)

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

де $N = 8000$ шт. – річна програма випуску деталі «Фланець»;

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

F_{δ} – дійсний фонд роботи обладнання ($F_{\delta} = 3890$ год. при роботі в 2 зміни);

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

$$C_{p1-4} = \frac{8000 \cdot 3,79}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,173;$$

$$C_{p5-10} = \frac{8000 \cdot 2,62}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,12.$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість робочих місць:

$$P_{np1-4} = 1; \quad P_{np5-10} = 1.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

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

$$\eta_{з.ф.1-4} = 0,173/1 = 0,173;$$

$$\eta_{з.ф.5-10} = 0,12/1 = 0,12.$$

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

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

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

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

$$O_{1-4} = \frac{0,75}{0,173} = 4,34 \rightarrow 5;$$

$$O_{5-10} = \frac{0,75}{0,12} = 6,25 \rightarrow 7.$$

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Отже, коефіцієнт закріплення:

$$K_{30} = \frac{5+7}{2} = 6.$$

Так як $10 < K_{з.о.} = 6 < 20$, то тип даного виробництва великосерійний.

2.2.2 Визначення форми організації роботи

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_o і розрахункової добової продуктивності лінії Q_o . Якщо $N_o < Q_o$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

Заданий добовий випуск виробів

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_o = \frac{8000}{254} = 31,5 \approx 32 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

$$Q_o = \frac{F_o}{T_{шт-к,ср}} \cdot \eta_s \text{ [шт.],} \quad (2.12)$$

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

F_o – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_o = 952$ хв.);

η_s – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_s = 0,75$).

$$T_{шт-к,ср} = \frac{3,79 + 2,63}{2} = 3,21 \text{ (хв.);}$$

$$Q_o = \frac{952}{3,21} \cdot 0,75 = 222,43 \approx 223 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії $N_o = 32 < Q_o = 223$ шт., то організація потокової лінії недоцільна.

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

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

де t – періодичність запуску деталей на обробку в днях (для великосерійного виробництва прийнято 2 дні).

$$n = \frac{8000 \cdot 2}{254} = 62,9 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 63 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку партії деталей на основних робочих місцях

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{3,21 \cdot 63}{476 \cdot 0,75} = 0,57 \text{ (зміни)};$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа, після чого визначається число деталей в партії, яке необхідне для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к_{ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{3,21} = 110,2 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії $n = 110$ шт.

Висновок. Тип виробництва – великосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 110 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Так як матеріал деталі сталь 45, методом виготовлення заготовки є пластичне деформування.

Суть способу – це виготовлення поковок у штампах, при якому переміщення металу в сторони під час деформування обмежене поверхнями

порожнини штампа. Можливі способи виготовлення поковки [4]:

- штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах;
- штампування на гвинтових пресах;
- штампування на молотах;
- штампування на гідравлічних пресах;
- кування;
- штампування на ГКМ
- штампування на ГША.

Таблиця 2.5 – Кількісні показники варіантів штампування

Варіант виготовлення заготовки	Маса штамповки, кг	Припуск на сторону, мм	Досягнення точності розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні Rz, мкм
1	2	3	4	5
Штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах	0,1...1000	0,5...3,0	13...17	160...20
Штампування на гвинтових пресах	0,1...1000	0,5...3,0	13...17	160...20
Штампування на молотах	0,1...2000	0,75...4,25	15...17	320...40
Штампування на гідравлічних пресах	0,25...80	0,5...4,0	13...17	160...20
Кування	0,5...250000	2...40	16...17	320...40
Штампування на ГКМ	0,5...100	1,5...3,25	13...17	160...20
Штампування на ГША	0,2...3	1,5...4,25	13...16	160...20

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовки і врахувавши серійність деталі, її не дуже складну форму, велику шорсткість, обираємо такі способи виготовлення поковки на: кривошипних гарячештампувальних пресах і гарячештампувальних автоматах, які є високопродуктивними, забезпечують високу точність і низьку шорсткість поверхонь, низькі припуски і, як наслідок,

високий коефіцієнт точності маси. При використанні цих способів технологічний процес виготовлення заготовки легко автоматизується.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох варіантів її виготовлення

Вибір норм точності заготовки [4, 5]

Клас точності Т вибирається в залежності від обладнання і типу виробництва

- КГШП – Т4-Т5, прийнято Т5 (великосерійне виробництво);
- ГША – Т2-Т3, прийнято Т3.

Група сталі М призначається по заданому матеріалу деталі, кількості вуглецю та легуючих елементів

- КГШП – М2 (вуглецю 0,45%);
- ГША – М2.

Ступінь складності призначається в залежності від співвідношення маси поковки, яка розраховується попередньо, і маси найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Цією фігурою є циліндр.

$$Q_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho;$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 12,5^2 \cdot 1,05^2}{4} \cdot 6,6 \cdot 1,05 = 937,133 \text{ (см}^3\text{)};$$

$$Q_{\phi} = 937,133 \cdot 7,8 = 7,3 \text{ (кг)};$$

$$Q_n = Q_{\phi} \cdot K_p = 2,2 \cdot 1,6 = 3,52 \text{ (кг)};$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі. В даному випадку $K_p = 1,5 \dots 1,8$, приймаємо $K_p = 1,6$.

$$C = \frac{Q_n}{Q_{\phi}} = \frac{3,52}{7,3} = 0,48 \text{ (кг)}.$$

Призначаємо ступінь складності С2.

Оскільки деталь є простої конфігурації, без вигинів, то поверхня роз'єму буде плоскою П.

Вихідний індекс – визначається в залежності від маси, марки сталі, ступеня складності та класу точності поковки, необхідний для наступного призначення основних припусків, допусків та допустимих відхилень

- КГШП – 13;

- ГША – 9.

Вибір припусків. Основні припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними жорсткостями то необхідно на ці поверхні призначати різні припуски.

Додаткові припуски призначаються для врахування зміщення по площині роз'єму штампа і врахування вигнутості, відхилення від площинності і прямолінійності.

При розрахунку розмірів заготовки основні і додаткові припуски сумуються (табл. 2.6-2.7).

Вибір допусків. Допуски розмірів вибираються в залежності від розміру та індексу.

Для конструювання штампа і призначення його допустимого зносу вибираються допуски зміщення, залишкового облою, заусенцю, відхилення від концентричності пробитого отвору, вигнутості, міжосьової відстані, кутових елементів, радіусів заокруглень. Ці допуски вибираються в залежності від класу точності і маси поковки (див. табл. 2.6-2.7).

Розрахунок розмірів штампованої заготовки.

Штампкування на КГШП:

$$\varnothing 125 + (1,7 + 0,4) \cdot 2 = \varnothing 129,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 65 + (1,8 + 0,4) \cdot 2 = \varnothing 69,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 40 - (1,5 + 0,4) \cdot 2 = \varnothing 35,8 \text{ (мм);}$$

$$66 + (1,5 + 0,4) \cdot 2 = 69,8 \text{ (мм);}$$

$$15+(1,7+1,8) = 18,7 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані (норми точності)	Штамповка на КГШП				
	Згідно з ГОСТ 7505-89			Прийнято	
Клас точності	Т4-Т5			Т4	
Марка матеріалу	М2			М2	
Ступінь складності	С2			С2	
Індекс	13			13	
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П			П	
	Розрахункові розміри, мм				
	∅125	∅65h9 _(-0,074)	∅40H8 ^(+0,039)	66	15
Припуски: основні	1,7	1,8	1,7	1,5	1,4
додаткові - на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	-	-	-	-	-
- для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Загальні припуски	2,1	2,2	2,1	1,9	1,8
	Розміри заготовки, мм				
	∅129,2	∅69,4	∅35,8	69,8	18,7
Допуски: розмірів	2,8 ^(+1,8) _(-1,0)	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)	2,2 ^(+1,4) _(-0,8)	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)	2,2 ^(+1,4) _(-0,8)
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,7				
по вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,8				
радіусів заокруглень	1,0				
величини залишкового облою	0,9				

Штампування на ГША:

$$\varnothing 125+(1,2+0,2) \cdot 2 = \varnothing 127,8 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 65+(1,4+0,2) \cdot 2 = \varnothing 68,2 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 40 - (1,3 + 0,2) \cdot 2 = \varnothing 37 \text{ (мм);}$$

$$66 + (1,1 + 0,2) \cdot 2 = 68,6 \text{ (мм);}$$

$$15 + (1,3 + 1,2) = 17,5 \text{ (мм).}$$

Таблиця 2.7 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані (норми точності)	Штамповка на ГША				
	Згідно з ГОСТ 7505-89			Прийнято	
Клас точності	Т4-Т5			Т4	
Марка матеріалу	М2			М2	
Ступінь складності	С2			С2	
Індекс	9			9	
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П			П	
	Розрахункові розміри, мм				
	$\varnothing 125$	$\varnothing 65h9_{(-0,074)}$	$\varnothing 40H8^{(+0,039)}$	66	15
Припуски: основні	1,2	1,4	1,3	1,1	1,0
додаткові - на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	-	-	-	-	-
- для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Загальні припуски	1,4	1,6	1,5	1,3	1,2
	Розміри заготовки, мм				
	$\varnothing 129,2$	$\varnothing 69,4$	$\varnothing 35,8$	69,8	18,7
Допуски: розмірів	$1,6^{(+1,1)}_{(-0,5)}$	$1,4^{(+0,9)}_{(-0,5)}$	$1,2^{(+0,8)}_{(-0,4)}$	$1,6^{(+1,1)}_{(-0,5)}$	$1,2^{(+0,8)}_{(-0,4)}$
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,5				
по вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5				
радіусів заокруглень	0,5				
величини залишкового облою	0,7				

Вибір конструктивних елементів. Радіуси заокруглень. Радіуси заокруглень призначаються для уникнення тріщин, зменшення залишкових напружень: $R = 2$ мм (у верхній частині – $\varnothing 65$); $R = 3,5$ мм (у нижній частині – $\varnothing 125$).

Положення лінії роз'єму. В обох методах штампування лінія роз'єму буде проходити горизонтально по торцевій поверхні $\varnothing 125$ (розмір 15).

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескіз заготовки при штампуванні на КГШП показано на рисунку 2.2, а при штампуванні на ГША на рисунку 2.3.

Призначення технічних вимог на заготовки

Штамповка на КГШП.

1. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні радіуси 3,5 мм.
3. Допустиме зміщення по площині роз'єму 0,7 мм.
4. Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.
5. Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності 0,8 мм.

Штамповка на ГША.

1. Клас точності – Т2, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні радіуси 3,5 мм.
3. Допустиме зміщення по площині роз'єму 0,5 мм.
4. Невказані допуски радіусів заокруглень 0,5 мм.
5. Допустиме відхилення від площинності та прямолінійності 0,5 мм.

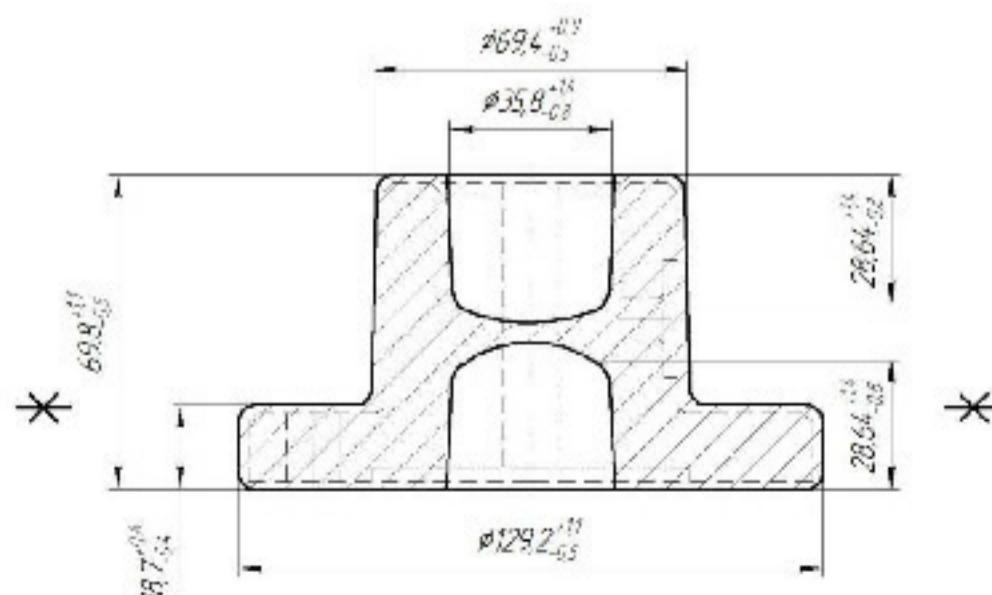


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при штампуванні на КГШП

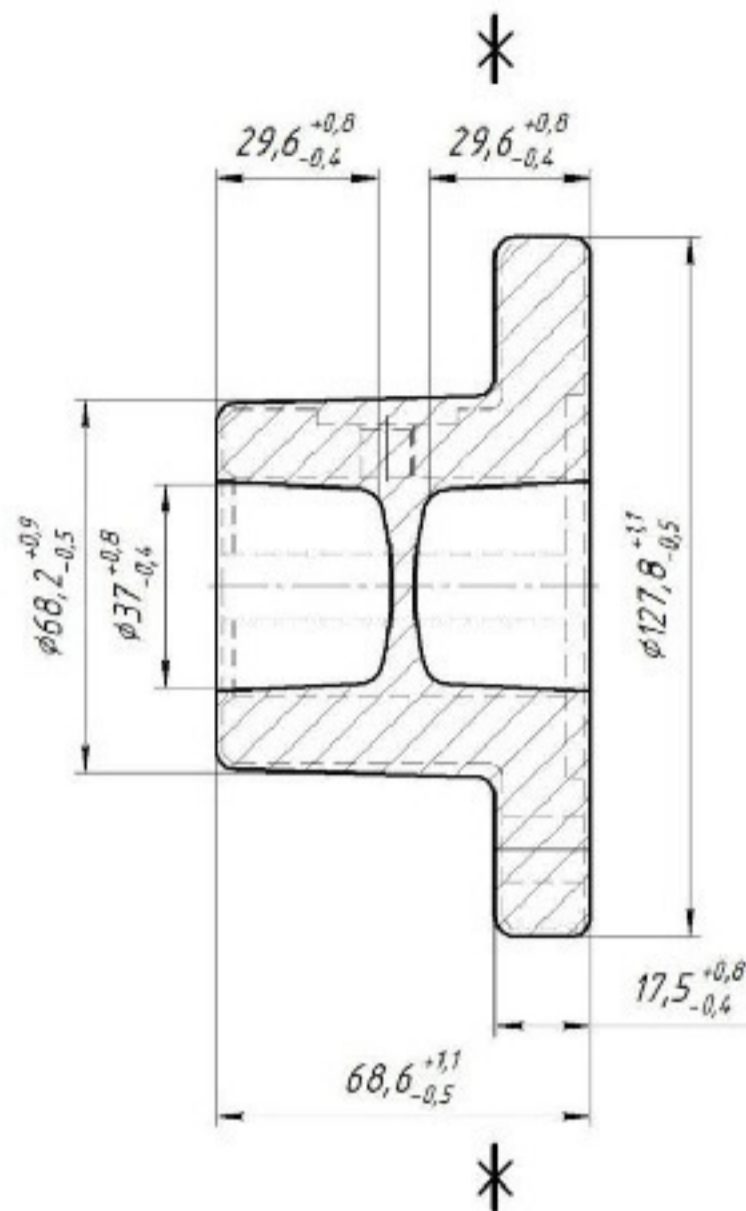


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при штампуванні на ГША

3.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

$$K_{Т.М.} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.14)$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі; $Q_{заг}$ – маса заготовки.

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При штампуванні на КГШП маса заготовки складає 2,94 кг (рис. 2.4).

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал тіла	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013
Густина матеріалу тіла	$\rho = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри (тіла и компонентів)	
Маса	$M = 2684.591426 \text{ г}$
Площа	$S = 47851.355302 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 343298.136257 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ мм}$
	$Z_c = -46.372049 \text{ мм}$

Коефіцієнт точності маси при штампуванні на КГШП

$$K_{T.M.1} = \frac{2,2}{2,94} = 0,74.$$

Коефіцієнт точності маси при штампуванні на ГША

$$K_{T.M.2} = \frac{2,2}{2,69} = 0,81.$$

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір сзаготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовок розраховується за формулою [4]:

$$C_{заг} = \frac{C_{шт}}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q_{заг} - Q_{дет}) \frac{C_{відх}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.15)$$

де $C_{шт}$ – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовок;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

$C_{відх}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

При штампуванні на КГШП отримаємо:

$$C_{заг1} = \frac{2,94}{1000} \cdot 29000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (2,94 - 2,2) \cdot \frac{2000}{1000} = 70,27 \text{ (грн.)}$$

При штампуванні на ГША отримаємо:

$$C_{заг2} = \frac{2,69}{1000} \cdot 29000 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (2,69 - 2,2) \cdot \frac{2000}{1000} = 68,06 \text{ (грн.)}$$

Отже, економічний ефект за рахунок зниження собівартості заготовки буде:

$$E = (C_{заг1} - C_{заг2}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (2.16)$$

$$E = (70,27 - 68,06) \cdot 8000 = 17664 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість заготовки ГША менша ніж на КГШП. В результаті розрахунків впливає, що коефіцієнт точності маси заготовки на ГША більший ніж на КГШП, хоч і не значно. Таким чином штампування на ГША є більш вигідним способом за рахунок меншої собівартості, цей метод більш рентабельний при великосерійному виробництві.

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

Визначимо кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ за формулами загального уточнення.

Коефіцієнт уточнення складає [2, 7]:

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

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

Аналіз та вибір кількості переходів механічної обробки необхідно провести для найбільш точних поверхонь, в даному випадку:

$$\varnothing 70H9^{(+0,074)}; \varnothing 65h9_{(-0,074)}; \varnothing 40H8^{(+0,039)}.$$

Так як в заготовці не виготовлено поверхню під діаметр $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$, а значно менший, то з меншого діаметра $\varnothing 40$ першим переходом має бути виконано розточування попереднє йому відповідає наприклад IT12, тому $T_{заг}$ приймаємо згідно IT12

$$T_{заг} = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ мкм};$$

$$E = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{0,3}{0,074} = 4,054;$$

$$E = E_1 \cdot E_2 = 3 \cdot 1,351 = 4,054.$$

Розточування попереднє (чорнове):

$$T_1 = 300 \text{ мкм} - \text{IT12}.$$

Розточування попереднє (напівчистове):

$$T_2 = \frac{300}{3} = 100 \text{ (мкм)} - IT10.$$

Розточування остаточне (чистове):

$$T_3 = \frac{100}{1,351} = 74 \text{ (мкм)} - IT9.$$

Реалізація цього процесу можлива на верстатах ЧПК, а технологічний процес має включати наступні операції:

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

Для поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$

$$T_{\text{заг}} = 1,4 \text{ мм} = 1400 \text{ мкм};$$

$$E = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1,4}{0,074} = 18,92;$$

$$E = E_1 \cdot E_2 = 5 \cdot 3,784 = 18,92.$$

Точіння попереднє

$$T_1 = \frac{1400}{6} = 280 \text{ (мкм)} - IT12.$$

Точіння остаточне

$$T_2 = \frac{280}{3,784} = 74 \text{ (мкм)} - IT9.$$

Переходи механічної обробки:

- точіння попереднє;
- точіння остаточне.

Для поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$

$$T_{заг} = 1,2 \text{ мм} = 1200 \text{ мкм};$$

$$E = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{1,2}{0,039} = 30,77;$$

$$E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 = 5 \cdot 4 \cdot 1,54 = 30,77.$$

Розточування попереднє

$$T_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ (мкм)} - IT12.$$

Розточування остаточне

$$T_2 = \frac{240}{5} = 60 \text{ (мкм)} - IT9.$$

Розвертування однократне

$$T_3 = \frac{60}{1,54} = 39 \text{ (мкм)} - IT8.$$

Переходи механічної обробки:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне;
- розвертування однократне.

Методи обробки інших поверхонь зведені в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця ступенів механічної роботи

Поверхня, розмір	$E = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$	Розподіл E $E = E_1 \cdot \dots$	Допуски розмірів деталі по переходах	Квалітет	Методи обробки поверхонь деталі
1	2	3	4	5	6
$\emptyset 70H9^{(+0,074)}$, 3	4,05	$E = 3 \cdot 1,35$	300 100 74	12 10 9	Розточування попереднє Розточування попереднє Розточування остаточне
$\emptyset 65h9_{(-0,074)}$, R2	18,92	$E = 5 \cdot 3,784$	280 74	12 9	Точіння попереднє Точіння остаточне
$\emptyset 40H8^{(+0,039)}$	30,77	$E = 5 \cdot 4 \cdot 1,54$	240 60 39	12 9 8	Розточування попереднє Розточування остаточне Розвертування однократне
$\emptyset 26$				14	Цекування
M10-7H, 30				14	Свердління, нарізання різьби
2 × 45 3 фаски				14	Розточування фаски
$43,3H12^{(+0,25)}$, $12D10^{+0,12}_{+0,05}$				12 10	Протягування протяжкою
4 отв. $\emptyset 12H12^{(+0,18)}$, 85, $\emptyset 90$				12	Свердління
$\emptyset 125$				14	Точіння однократне
66, 15 (правий)				14	Підрізання торця попереднє, остаточне

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6
15 (лівий)				14	Підрізання торця попереднє, остаточне
66 (лівий)				14	Підрізання торця попереднє, остаточне

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз [7]

2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

Задача, що вирішується при виборі чистових технологічних баз – це забезпечення похибки базування виконуваних параметрів точності деталі рівною нулю або її мінімізація. Тому після призначення чистових технологічних баз повинен бути виконаний аналіз похибок базування всіх виконуваних розмірів та технічних вимог, та зроблений висновок відносно правильності вибору баз.

Чистові технологічні бази (рис. 2.6-2.7).

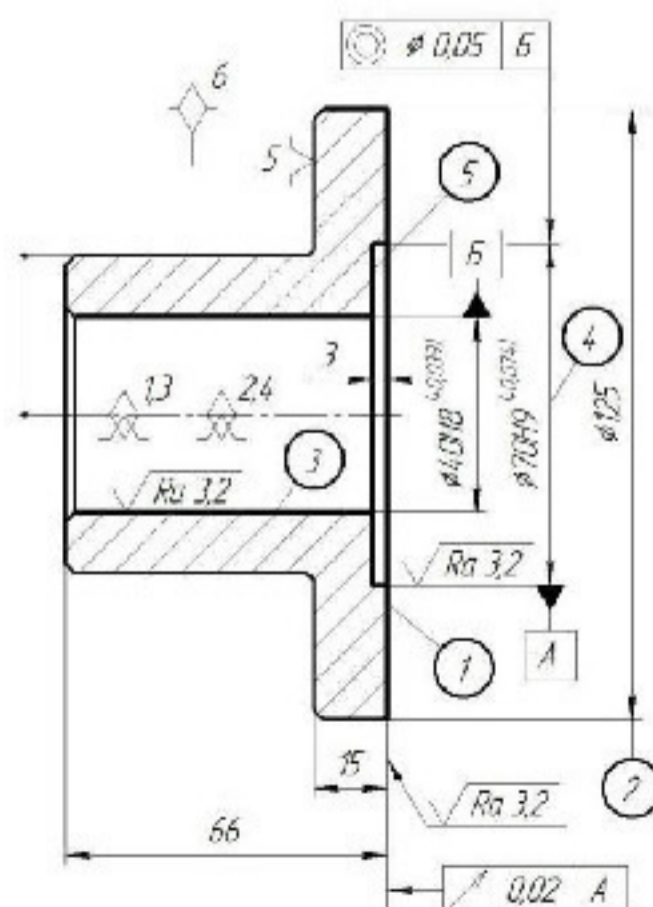


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази (операція 010)

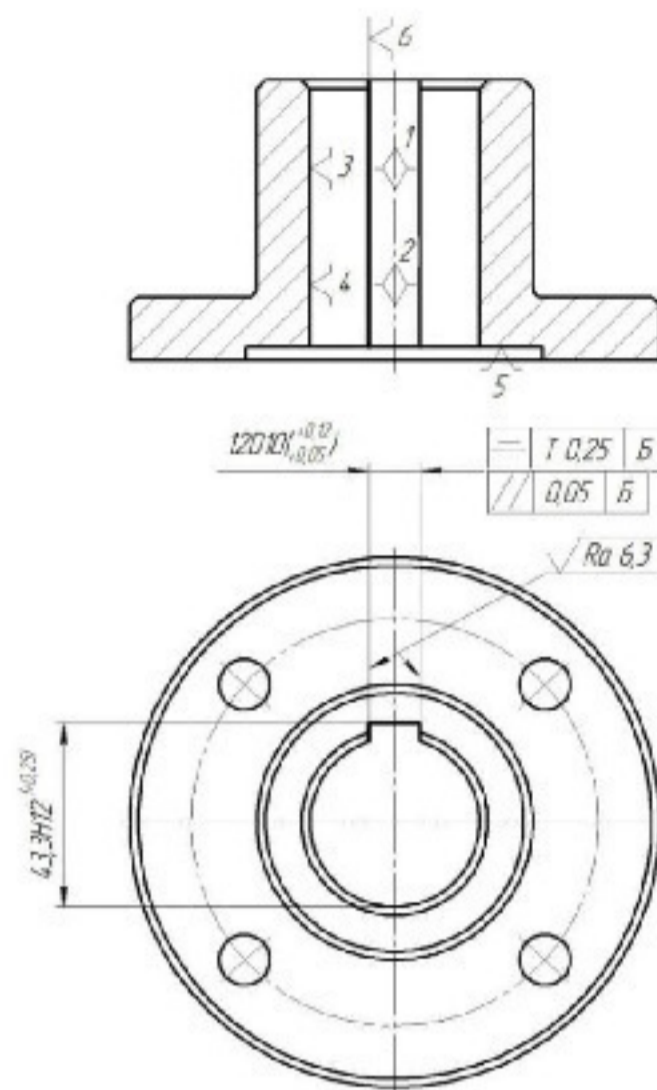


Рисунок 2.7 – Чистові технологічні бази (операція 015)

Таблиця 2.9 – Аналіз вибору технологічних баз

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
1	2	3	4
010 Токарно-револьверна з ЧПК	Ø125	відсутня	діаметральний розмір
	Ø70H9 ^(+0,074)	-	діаметральний розмір
	Ø40H8 ^(+0,039)	-	діаметральний розмір і обробка мірним інструментом
	3	-	обробка поверхонь з одного установа
	66	-	виконання принципу суміщення баз
	15	-	виконання принципу суміщення баз
	допуск радіального биття 0,02 мм відносно бази А	-	обробка поверхонь з одного установа

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
015 Протягувальна	12D10 ^(+0,12/+0,05)	-	обробка мірним інструментом
	допуск симетричності 0,25 мм відносно бази Б допуск паралельності 0,05 мм відносно бази Б	- -	виконання принципу суміщення баз виконання принципу суміщення баз
	43,3H12 ^{+0,25}	-	виконання принципу суміщення баз

2.5.2 Вибір чорнових технологічних баз

Чорнові технологічні бази (рис. 2.8).

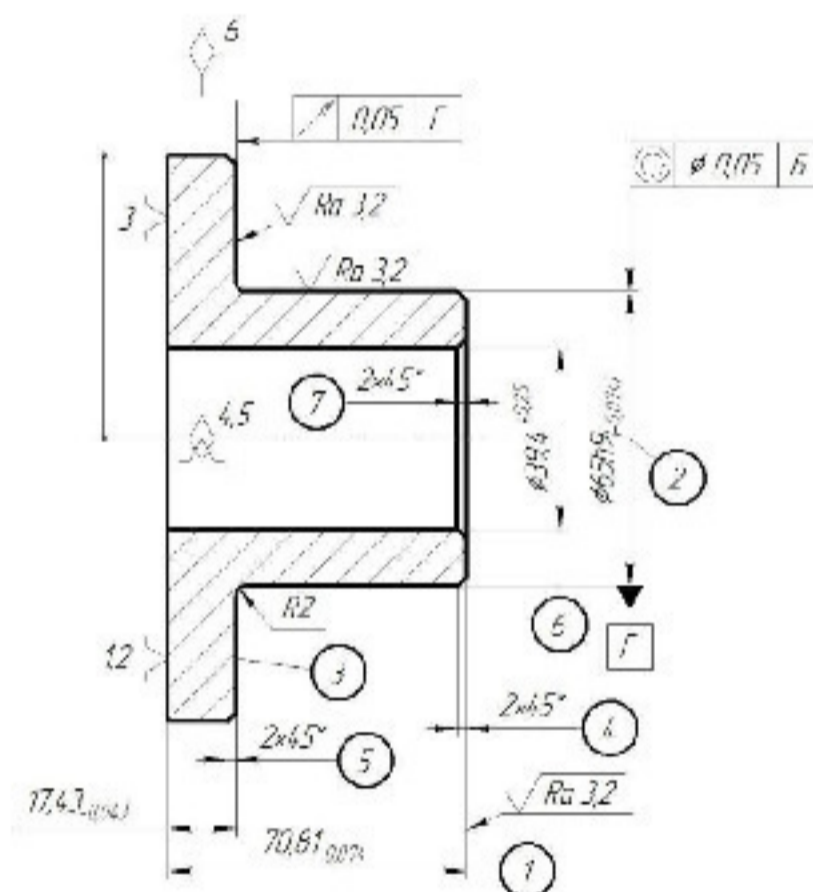


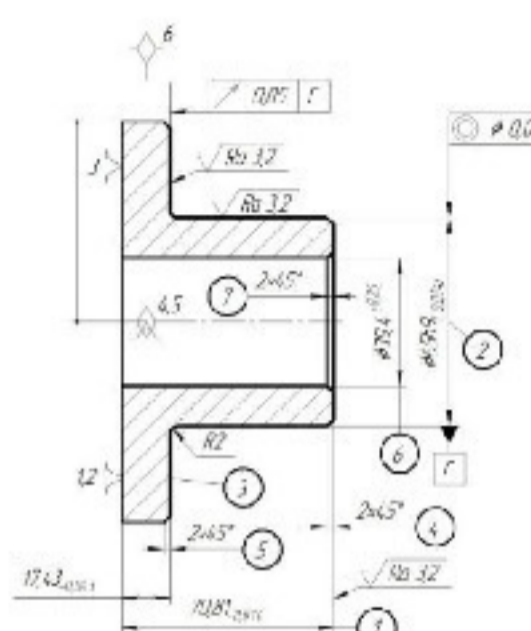
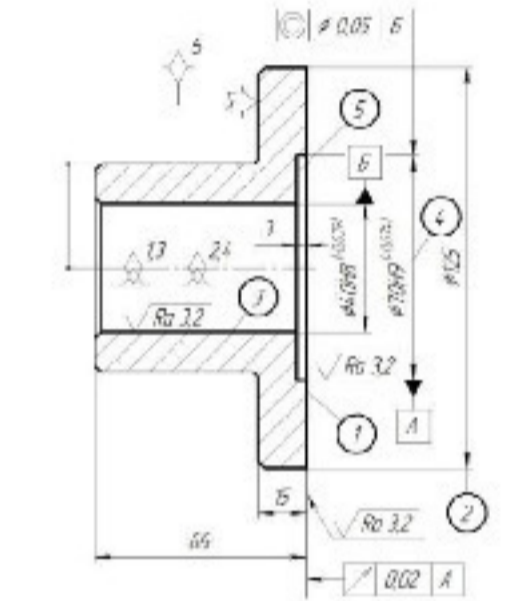
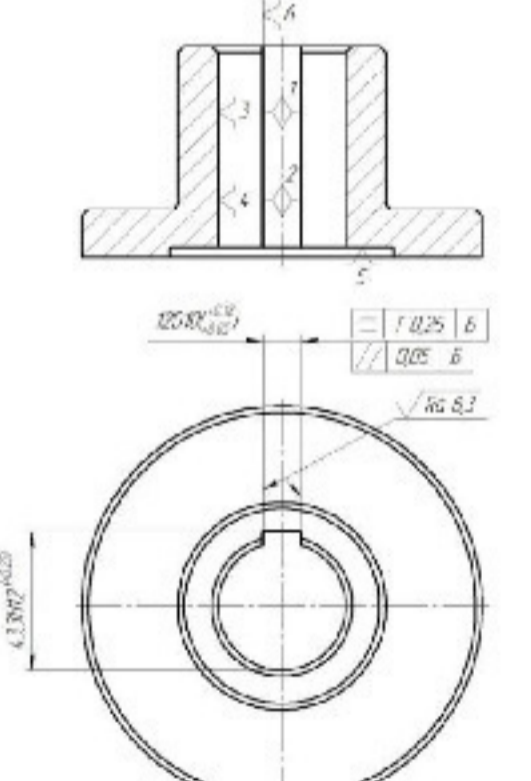
Рисунок 2.8 – Чорнові технологічні бази

Під час вибору чорнових технологічних баз розв'язується задача забезпечення зняття мінімального рівномірного припуску з поверхні торця $\varnothing 125$ (лівий торець).

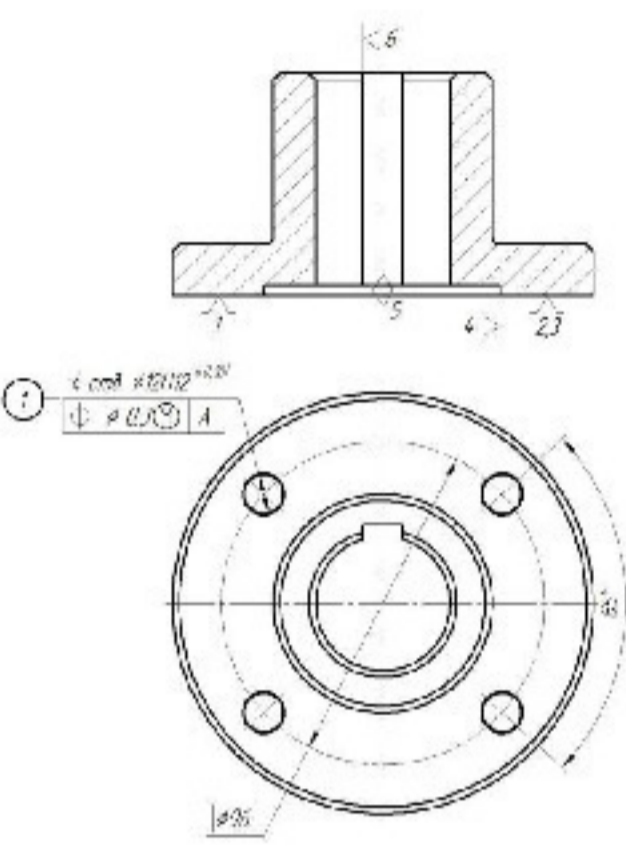
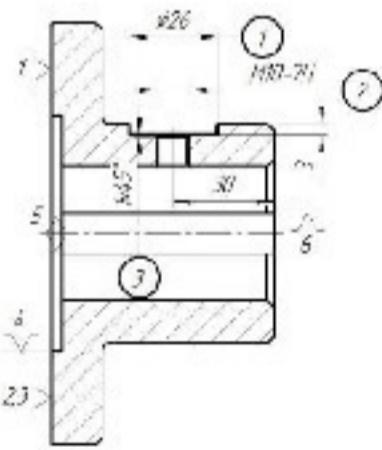
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Варіанти удосконаленого технологічного процесу наведені в таблицях 2.10-2.11.

Таблиця 2.10 – Технологічний процес механічної обробки (варіант І)

№ опер.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Моделі верстатів
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 попередньо, підрізати торець 3 попередньо. 3. Підрізати торець 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, підрізати торець 3 остаточно, точити фаску 5 однократно. 4. Свердлити отвір 6. 5. Розсвердлити отвір 6. 6. Розточити фаску 7 однократно, отвір 6 попередньо. 7. Зняти заготовку. 	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12.5\ \sqrt{1}}$</p> <p style="text-align: right;">№1, №2, №14/2</p>	Токарно-револьверна з ЧПК ВЗН.049.30
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 однократно. 3. Підрізати торець 1 остаточно. 4. Розточити поверхню 3 остаточно. 5. Підрізати торець 5 однократно, розточити поверхню 4 попередньо. 6. Розточити поверхню 4 попередньо. 7. Розточити поверхню 4 остаточно. 8. Релієвнати поверхню 3 однократно. 9. Зняти заготовку. 	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12.5\ \sqrt{1}}$</p> <p style="text-align: right;">№1, №2, №14/2</p>	Токарно-револьверна з ЧПК ВЗН.049.30
015	<p>Протягувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти бачок. 	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12.5\ \sqrt{1}}$</p> <p style="text-align: right;">№1, №2, №14/2</p>	Бачок інтегрований ТЧК

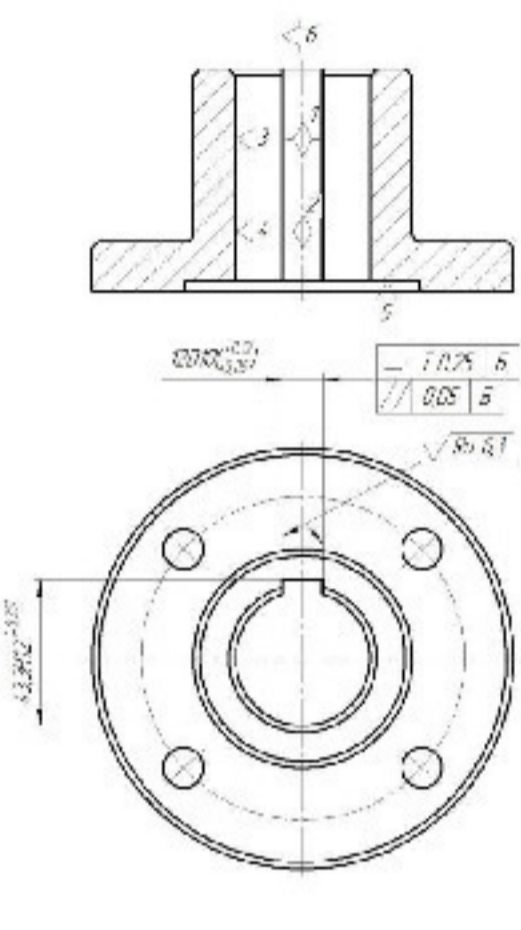
Продовження таблиці 2.10

№ опер.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Модель верстатів
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Центрувати 4 отв. 1. 3. Свердлили 4 отв. 1. 4. Зняти заготовку.	 <p style="text-align: right;">Ra 12.5 (√/1)</p> <p style="text-align: right;">НК, ВВ, АТМ/2</p>	Вертикально-свердлильна з ЧПК 2P11,02
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхню 1 один раз. 3. Центрувати отвір 2. 4. Свердлили отвір 2. 5. Зенкувати фаску 3. 6. Нарізати різьбу в отворі 2. 7. Зняти деталь.	 <p style="text-align: right;">Ra 12.5 (√/1)</p> <p style="text-align: right;">НК, ВВ, АТМ/2</p>	Вертикально-свердлильна з ЧПК 2P11,02

Таблиця 2.11 – Технологічний процес механічної обробки (варіант II)

№ опер	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема блузубання	Модель верстатів
005	Токарно-револьверна з ЧПК	<p>Ескіз обробки, схема блузубання</p> <p>Модель верстатів: Екранова модель поточної роботи, верстат з ЧПК 162018P40</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 попередньо, підрізати торець 3 попередньо. 3. Підрізати торець 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, підрізати торець 3 остаточно, точити фаску 5 однократно. 4. Свердлити отвір 6. 5. Розсвердлити отвір 6. 6. Різницями фрезку 7 однократно, отвір 6 попередньо. 7. Центрувати 4 отвір 8. 8. Свердлити 4 отвір 8. 9. Фрезерувати поверхню 9 однократно. 10. Центрувати отвір 10. 11. Свердлити отвір 10. 12. Зенкувати фаску 11. 13. Нарізати різьбу в отворі 10. 14. Зняти заготовку.
010	Токарно-револьверна з ЧПК	<p>Ескіз обробки, схема блузубання</p> <p>Модель верстатів: Екранова модель поточної роботи, верстат з ЧПК 162018P40</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 однократно. 3. Підрізати торець 1 остаточно. 4. Розточити поверхню 3 остаточно. 5. Підрізати торець 5 однократно, розточити поверхню 4 попередньо. 6. Розточити поверхню 4 попередньо. 7. Розточити поверхню 4 остаточно. 8. Розвернути поверхню 3 однократно. 9. Зняти заготовку.

Продовження таблиці 2.11

№ опер.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема базування	Модель верстатів
12	<p><i>Протягувальна</i></p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити 2. Протягнути паз 1 однократно. 3. Зняти деталь.</p>		<p>Верстат механічний 1064</p>

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

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою [1, 7]:

$$C_o = \frac{C_{n-v} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.]}, \quad (2.18)$$

де C_{n-v} – цехові приведені годинні витрати роботи верстата, грн./год.;

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

k_B – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається рівним 1,3.

Виконаємо нормування операцій для варіантів маршруту механічної обробки. Результати розрахунку приведено в таблицях 2.12-2.14.

Таблиця 2.12 – Основний час (I варіант ТП)

Операція, переходи	Основний час виконання переходу T_o , хв.
1	2
Операція 005	
2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 попередньо, підрізати торець 3 попередньо.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 65 \cdot (65-40) + 0,000075 \cdot 65 \cdot 51 + 0,000045 \cdot 125 \cdot (125-65) = 0,073 + 0,25 + 0,34 = 0,663$
3. Підрізати торець 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, підрізати торець 3 остаточно, точити фаску 5 однократно.	$T_o = 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell + 0,000175 \cdot D \cdot \ell + 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,00011 \cdot 65 \cdot (65-40) + 0,000075 \cdot 61 \cdot 2 + 0,000175 \cdot 65 \cdot 51 + 0,00011 \cdot 125 \cdot (125-65) + 0,000075 \cdot 121 \cdot 2 = 0,18 + 0,0091 + 0,58 + 0,825 + 0,0182 = 1,612$
4. Свердлити отвір 6.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 20 \cdot 9,4 = 0,105$
5. Розсвердлити отвір 6.	$T_o = 0,00042 \cdot D \cdot \ell = 0,00042 \cdot 36 \cdot 9,4 = 0,14$
6. Розточити фаску 7 однократно, отвір 6 попередньо.	$T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 44 \cdot 2 + 0,000068 \cdot 40 \cdot 66 = 0,006 + 0,18 = 0,186$
	$\Sigma T_o = 2,706$ хв.
Операція 010	
2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 однократно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,000045 \cdot 125 \cdot (125-40) + 0,000075 \cdot 125 \cdot 15 = 0,48 + 0,14 = 0,62$
3. Підрізати торець 1 остаточно.	$T_o = 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) = 0,00011 \cdot 125 \cdot (125-40) = 1,1$
4. Розточити поверхню 3 остаточно.	$T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 40 \cdot 66 = 0,5$
5. Підрізати торець 5 однократно, розточити поверхню 4 попередньо.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 2 \cdot 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000045 \cdot 70 \cdot (70-40) + 2 \cdot 0,000068 \cdot 56 \cdot 3 = 0,0945 + 0,023 = 0,12$
6. Розточити поверхню 4 попередньо.	$T_o = 2 \cdot 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00019 \cdot 68 \cdot 3 = 0,078$
7. Розточити поверхню 4 остаточно.	$T_o = 0,000047 \cdot D \cdot \ell = 0,000047 \cdot 70 \cdot 3 = 0,0099$
8. Розвернути поверхню 3 однократно.	$T_o = 0,00044 \cdot D \cdot \ell = 0,00044 \cdot 40 \cdot 66 = 1,16$
	$\Sigma T_o = 3,6$ хв.
Операція 015	
2. Протягнути паз 1.	$T_o = 0,00029 \cdot \ell_{\text{пр}} = 0,00029 \cdot 63 = 0,018$
	$\Sigma T_o = 0,018$ хв.
Операція 020	
2. Центрувати 4 отв. 1.	$T_o = 4 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 4 \cdot 0,00056 \cdot 6 \cdot 8 = 0,108$
3. Свердлити 4 отв. 1.	$T_o = 4 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 4 \cdot 0,00056 \cdot 12 \cdot 15 = 0,403$
	$\Sigma T_o = 0,511$ хв.
Операція 025	
2. Фрезерувати поверхню 1 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 26 = 0,1534$
3. Центрувати отвір 2.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,0168$
4. Свердлити отвір 2.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 9 \cdot 12,5 = 0,063$
5. Зенкувати фаску 3.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 12 \cdot 1 = 0,0067$
6. Нарізати різьбу в отворі 2.	$T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 11,5 = 0,0725$
	$\Sigma T_o = 0,312$ хв.

Таблиця 2.13 – Основний час (II варіант ТП)

Операція, переходи	Основний час виконання переходу T_o , хв.
1	2
Операція 005	
2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 попередньо, підрізати торець 3 попередньо.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 65 \cdot (65-40) + 0,000075 \cdot 65 \cdot 51 + 0,000045 \cdot 125 \cdot (125-65) = 0,073 + 0,25 + 0,34 = 0,663$
3. Підрізати торець 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, підрізати торець 3 остаточно, точити фаску 5 однократно.	$T_o = 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell + 0,000175 \cdot D \cdot \ell + 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,00011 \cdot 65 \cdot (65-40) + 0,000075 \cdot 61 \cdot 2 + 0,000175 \cdot 65 \cdot 51 + 0,00011 \cdot 125 \cdot (125-65) + 0,000075 \cdot 121 \cdot 2 = 0,18 + 0,0091 + 0,58 + 0,825 + 0,0182 = 1,612$
4. Свердлити отвір 6.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 20 \cdot 9,4 = 0,105$
5. Розсвердлити отвір 6.	$T_o = 0,00042 \cdot D \cdot \ell = 0,00042 \cdot 36 \cdot 9,4 = 0,14$
6. Розточити фаску 7 однократно, отвір 6 попередньо.	$T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 44 \cdot 2 + 0,000068 \cdot 40 \cdot 66 = 0,006 + 0,18 = 0,186$
7. Центрувати 4 отв. 8.	$T_o = 4 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 4 \cdot 0,00056 \cdot 6 \cdot 8 = 0,108$
8. Свердлити 4 отв. 8.	$T_o = 4 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 4 \cdot 0,00056 \cdot 12 \cdot 15 = 0,403$
9. Фрезерувати поверхню 9 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 26 = 0,1534$
10. Центрувати отвір 10.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,0168$
11. Свердлити отвір 10.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 9 \cdot 12,5 = 0,063$
12. Зенкувати фаску 11.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 12 \cdot 1 = 0,0067$
13. Нарізати різьбу в отворі 10.	$T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 11,5 = 0,0725$
	$\Sigma T_o = 3,53$ хв.
Операція 010	
2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 однократно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell = 0,000045 \cdot 125 \cdot (125-40) + 0,000075 \cdot 125 \cdot 15 = 0,48 + 0,14 = 0,62$
3. Підрізати торець 1 остаточно.	$T_o = 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) = 0,00011 \cdot 125 \cdot (125-40) = 1,1$
4. Розточити поверхню 3 остаточно.	$T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 40 \cdot 66 = 0,5$
5. Підрізати торець 5 однократно, розточити поверхню 4 попередньо.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 2 \cdot 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000045 \cdot 70 \cdot (70-40) + 2 \cdot 0,000068 \cdot 56 \cdot 3 = 0,0945 + 0,023 = 0,12$
6. Розточити поверхню 4 попередньо.	$T_o = 2 \cdot 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00019 \cdot 68 \cdot 3 = 0,078$
7. Розточити поверхню 4 остаточно.	$T_o = 0,000047 \cdot D \cdot \ell = 0,000047 \cdot 70 \cdot 3 = 0,0099$
8. Розвернути поверхню 3 однократно.	$T_o = 0,00044 \cdot D \cdot \ell = 0,00044 \cdot 40 \cdot 66 = 1,16$
	$\Sigma T_o = 3,6$ хв.
Операція 015	
2. Протягнути паз 1.	$T_o = 0,00029 \cdot \ell_{пр} = 0,00029 \cdot 63 = 0,018$
	$\Sigma T_o = 0,018$ хв.

Таблиця 2.14 – Визначення штучно-калькуляційного часу для операцій варіантів ТП, що відрізняються

Операції, переходи	T_o , хв.	φ_k	$T_{шт-к}$, хв.
I варіант ТП			
005 Токарно-револьверна з ЧПК	2,706	1,17	3,17
010 Токарно-револьверна з ЧПК	3,6	1,17	4,21
015 Протягувальна	0,018	1,35	0,025
020 Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,511	1,25	0,64
025 Вертикально-свердлильна з ЧПК	0,312	1,25	0,391
II варіант ТП			
005 Токарно-револьверна з ЧПК	3,53	1,17	4,135
010 Токарно-револьверна з ЧПК	3,6	1,17	4,21
015 Протягувальна	0,018	1,35	0,025

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{шт-к}$, хв	$C_{н-в}$, грн./хв.	C_o , грн.
I варіант ТП			
1В340Ф30	3,17	39	1,58
1В340Ф30	4,21	39	2,105
7Б64	0,025	34,2	0,011
2Р135Ф2	0,64	36,5	1,3
2Р135Ф2	0,391	36,5	0,183
Всього			5,18
II варіант ТП			
1П420ПФ40	4,135	48,1	2,55
1В340Ф30	4,21	39	2,105
7Б64	0,025	34,2	0,011
Всього			4,67

Встановлено, що II варіант маршруту механічної обробки деталі за мінімумом приведених витрат кращий, ніж I. Тоді річний ефект від механічної обробки деталі за II маршрутом порівняно з I:

$$E = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N_p \text{ [грн.],} \quad (2.19)$$

$$E = (5,18 - 4,67) \cdot 8000 = 4080 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість операцій механічної обробки по варіанту II нижча ніж по варіанту I. Тобто доцільно використовувати II із запропонованих маршрутів механічної обробки.

2.8 Порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу

2.8.1 Мета, завдання дослідження

Механічна обробка поверхонь деталі вимагає призначення припусків та, відповідно, визначення розмірів вихідної заготовки. Використання існуючих методів розрахунку припусків забезпечує різні їх значення. Тому вони рекомендуються для застосування у відповідних типах виробництва [7, 8, 19]. Особливо це важливо при необхідності економії матеріалу, зниження трудомісткості механічної обробки.

Мета роботи – визначення величини припусків на обробку плоских поверхонь шляхом використання дослідно-статистичного методу (нормативного) та розмірного аналізу технологічного процесу, їх порівняльний аналіз та рекомендації щодо застосування.

Завдання, що вирішуються при проведенні досліджень:

- для вибраного методу, способу виготовлення заготовки деталі вибрати основні, додаткові припуски, розрахувати загальні припуски на обробку плоских поверхонь, що з'єднані лінійними розмірами згідно нормативних даних [4, 5];
- розрахувати лінійні розміри заготовки при використанні нормативних значень припусків;
- виконати розмірно-точнісні розрахунки припусків, побудувавши розмірну схему технологічного процесу обробки плоских поверхонь, похідний, вихідний, суміщений граф-дерева;

- розрахувати мінімальні, максимальні припуски;
- розрахувати лінійні розміри заготовок;
- виконати порівняння припусків, визначених за нормативами та розмірним аналізом.

2.8.2 Результати досліджень

2.8.2.1 Вибір припусків за нормативними даними [4, 5]

В пункті 2.3 даної роботи виконувався вибір найбільш доцільного варіанту виготовлення заготовки. За техніко-економічним порівнянням з розглянутих варіантів вибрано штампування на гарячештампувальному автоматі (ГША), що є ефективним в умовах великосерійного виробництва.

Ескіз заготовки, що виготовлена штампуванням на ГША зображено на рисунку 2.3. Згідно креслення деталі та ескіза заготовки (див. рис. 2.3) поверхні, зв'язані лінійними розмірами, підлягають обробці і тому на них необхідно визначити припуски:

- торцеві поверхні деталі – розмір 66 мм;
- торцеві поверхні фланця – розмір 15 мм.

У відповідності з [4, 5] за нормами точності штампованої на ГША заготовки:

- клас розмірної точності – Т4;
- марка матеріалу – М2;
- ступінь складності заготовки – С2;
- індекс – 9;
- конфігурація поверхні роз'єднання штампа – плоска.

При таких вхідних даних за нормативами [4, 5] основні припуски (мінімальні) складають:

- на розмір деталі 66 мм – 1,1 мм;
- на розмір деталі 15 мм – 1,0 мм.

Крім основних припусків необхідно врахувати додаткові припуски [4, 5]:

- на зміщення по поверхні штамп – 0 мм (лінія роз'єднання штамп розміщена по торцевій поверхні деталі зі сторони меншого діаметра заготовки, тому зміщення не впливає на лінійні розміри);

- на врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності – 0,2 мм.

Отже, загальні припуски:

- на розмір деталі 66 мм – 1,3 мм;

- на розмір деталі 15 мм – 1,2 мм.

На рисунку 2.9 зображено розташування припусків на лінійні розміри.

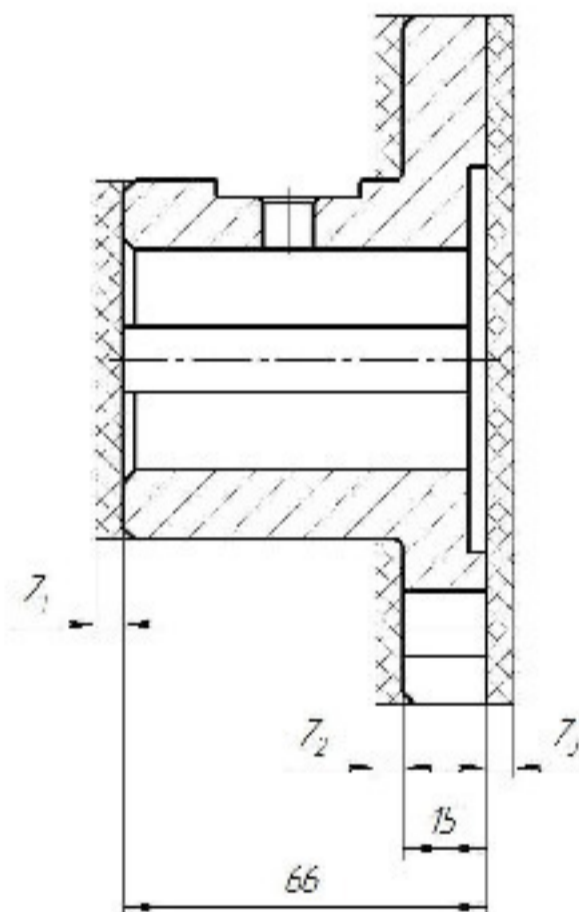


Рисунок 2.9 – Розташування припусків

Тоді розміри заготовки:

- для розміру деталі 66 мм розмір заготовки $66 + 2 \cdot 1,3 = 68,6$ (мм);

- для розміру деталі 15 мм розмір заготовки $15 + 1,3 + 1,2 = 17,5$ (мм).

На праву сторону деталі припуск на розмір 15 призначений 1,3 мм, так як для розміру 66, тому що обидва розміри проставлені до однієї і тієї ж поверхні.

При значенні припуску 1,2 мм на праву сторону деталі розмір 66 мм не буде мати достатнього значення припуску на обробку і тому може виникнути невиправний брак.

2.8.2.2 Вибір припусків розмірним аналізом [7]

- Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів зображено на рисунку 2.10 у відповідності з маршрутом механічної обробки, який вибрано як оптимальний.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів вихідної заготовки вибрано при розрахунку заготовки. Допуски технологічних розмірів прийнято за довідниковими даними [11] згідно якості точності виконуваного розміру. Всі дані занесені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
3_1	Штапування на ГША	Т2	1,6
3_2			1,2
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Точіння попереднє	IT 14	0,74
B_2	Точіння остаточне	IT 14	0,74
B_3	Точіння попереднє	IT 12	0,74
B_4	Точіння остаточне	IT 14	0,74
B_5	Точіння попереднє	IT 14	0,43
B_6	Точіння остаточне	IT 14	0,43
B_7	Точіння однократне	IT 12	0,25

- Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рисунку 2.10.

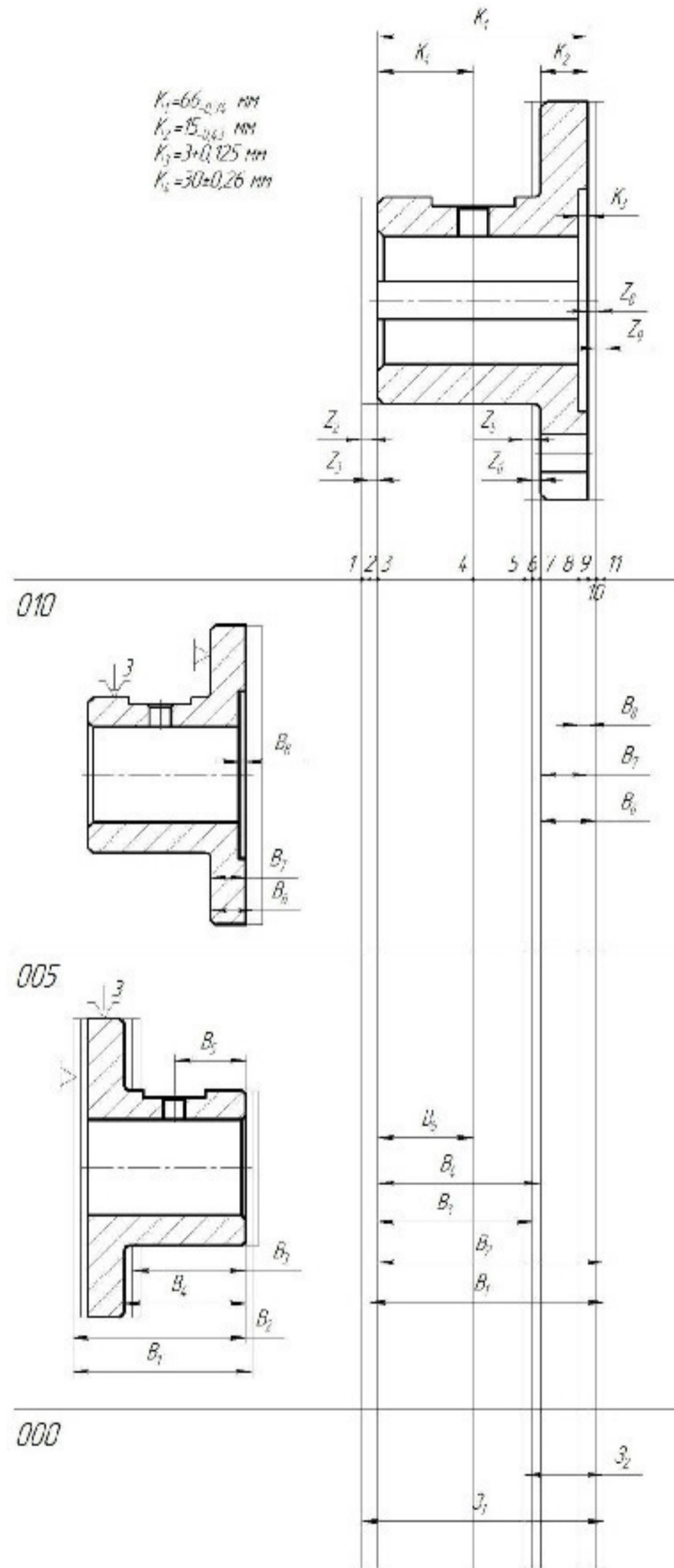


Рисунок 2.10 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф
Граф-дерева зображені на рисунку 2.11-2.13.

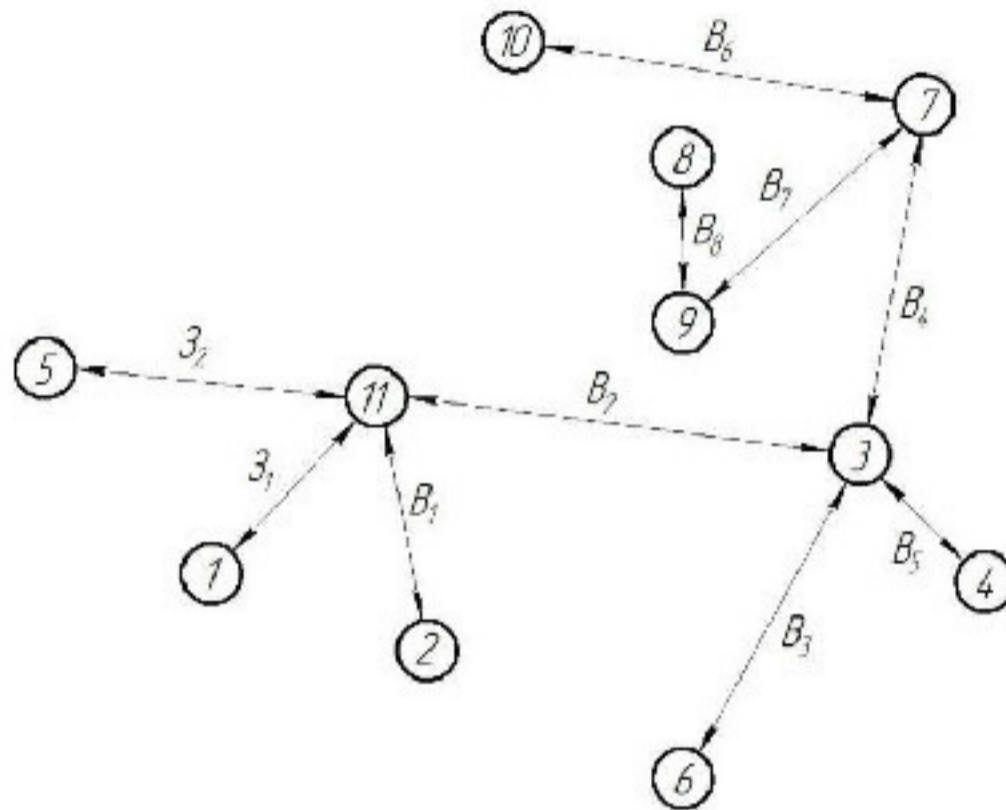


Рисунок 2.11 – Похідний граф-дерево

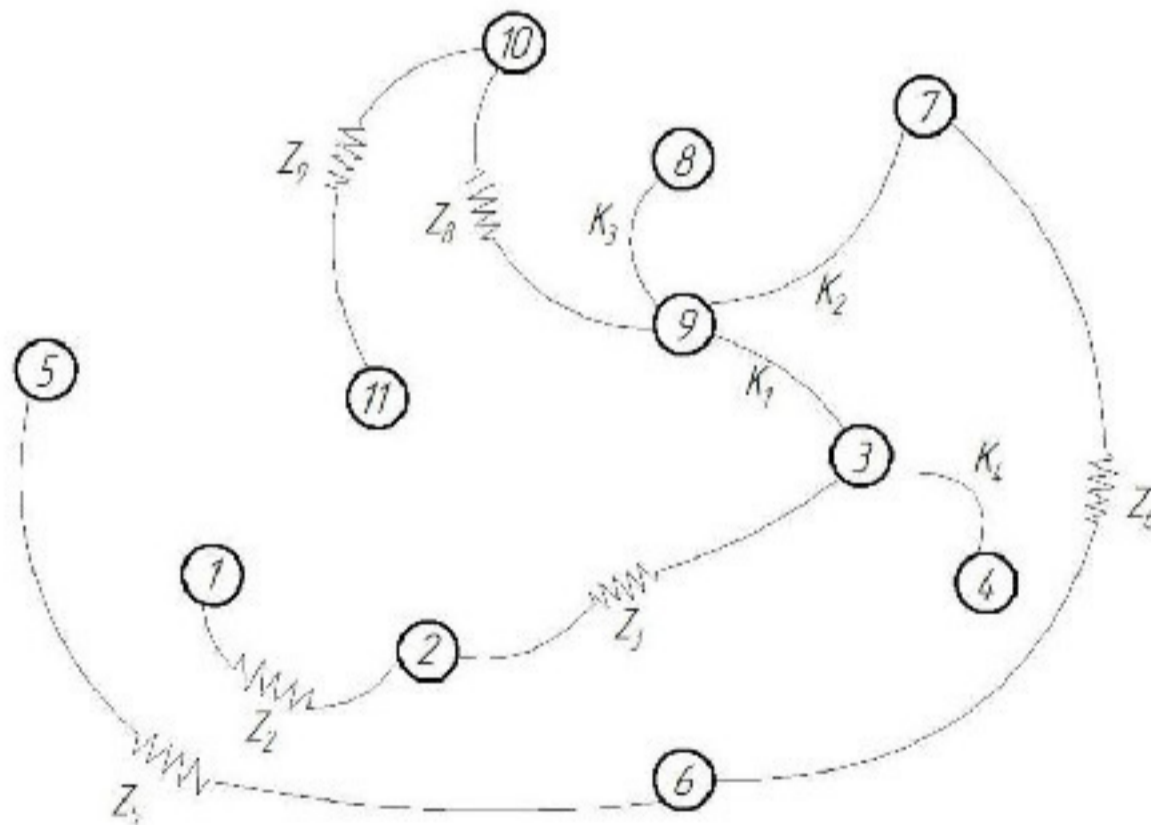


Рисунок 2.12 – Вихідний граф-дерево

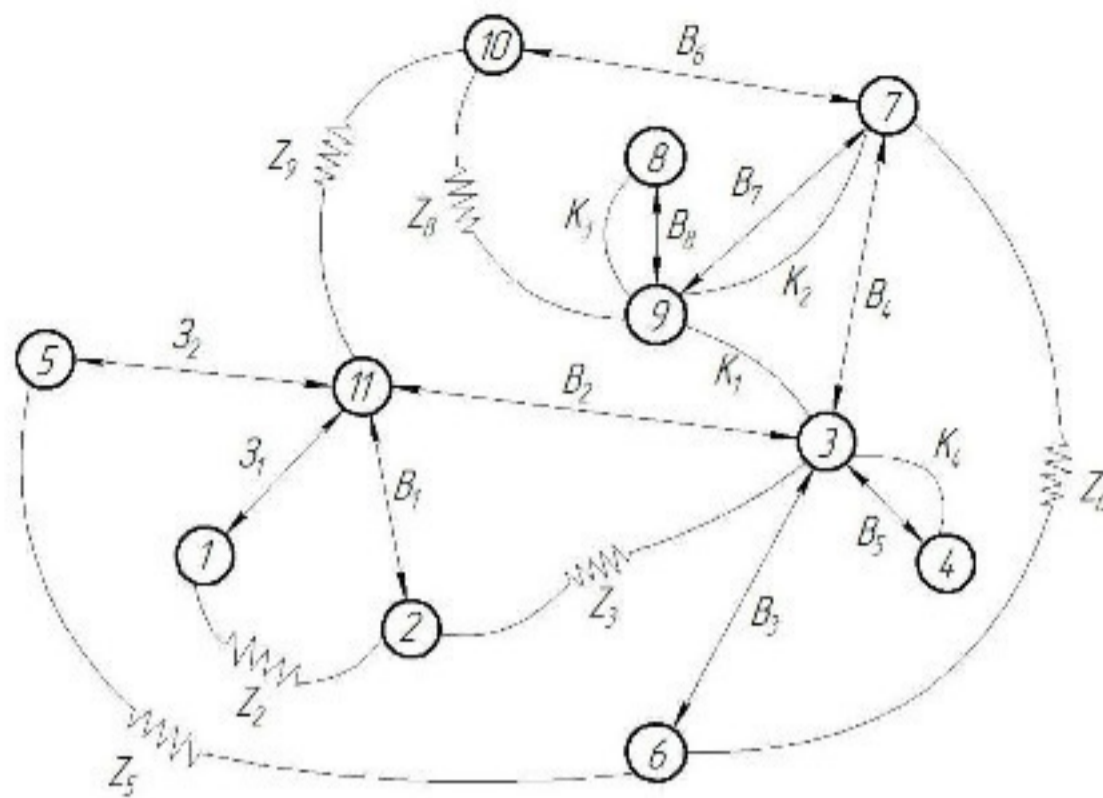


Рисунок 2.13 – Суміщений граф

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Проміжні мінімальні припуски вибрані згідно [8, 12]. Дані табличних припусків зводимо в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час використання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_2	Точіння попереднє	1,5
Z_3	Точіння остаточне	1,0
Z_5	Точіння попереднє	2,0
Z_6	Точіння остаточне	1,2
Z_9	Точіння попереднє	2,0
Z_8	Точіння остаточне	1,2

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Рівняння технологічних розмірних ланцюгів наведені в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_4 + B_5 = 0$	$K_4 = B_5$	B_5
2	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
3	$-K_3 + B_8 = 0$	$K_3 = B_8$	B_8
4	$-Z_8 - B_7 + B_6 = 0$	$Z_8 = B_6 - B_7$	B_6
5	$-K_1 + B_4 + B_7 = 0$	$K_1 = B_4 + B_7$	B_4
6	$-Z_6 - B_3 + B_4 = 0$	$Z_6 = B_4 - B_3$	B_3
7	$-Z_9 + B_2 - B_4 - B_6 = 0$	$Z_9 = B_2 - B_4 - B_6$	B_2
8	$-Z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
9	$-Z_2 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1
10	$-Z_5 + Z_2 - B_2 + B_3 = 0$	$Z_5 = Z_2 + B_3 - B_2$	Z_2

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Послідовно, починаючи з рівняння 1 (див. табл. 2.18), з використанням методу максимуму-мінімуму розв'язуємо пряму задачу розрахунку розмірних ланцюгів, а саме, виходячи із відомих значень вихідних ланок, мінімальних припусків і конструкторських розмірів, знаходимо значення складових ланок – технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Рівняння 1:

$$K_4 = B_5 = 30 \pm 0,26 \text{ мм};$$

$$B_{5\min} = 29,74 \text{ мм};$$

$$B_{5\max} = 30,26 \text{ мм}.$$

Рівняння 2:

$$K_2 = B_7 = 15_{-0,43} \text{ мм};$$

$$B_{7\min} = 14,56 \text{ мм};$$

$$B_{7\max} = 15 \text{ мм}.$$

Рівняння 3:

$$K_3 = B_8 = 3 \pm 0,125 \text{ мм};$$

$$B_{8\min} = 2,875 \text{ мм};$$

$$B_{8\max} = 3,125 \text{ мм}.$$

Рівняння 4:

$$Z_8 = B_6 - B_7;$$

$$Z_{8\min} = B_{6\min} - B_{7\max};$$

$$B_{6\min} = Z_{8\min} + B_{7\max} = 2 + 15 = 17 \text{ (мм)};$$

$$B_{6\max} = B_{6\min} + T(B_6) = 17 + 0,43 = 17,43 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8\max} = B_{6\max} - B_{7\min} = 17,43 - 14,56 = 2,87 \text{ (мм)}.$$

Розмір B_6 є розміром охоплюваної поверхні, тому за номінальний прийємо розмір $B_{6\max}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{6\max} - T(B_6)$, тобто $17,43_{-0,43}$ мм.

Рівняння 5:

$$K_1 = B_4 + B_7;$$

$$K_{1\min} = B_{4\min} + B_{7\min};$$

$$B_{4\min} = K_{1\min} - B_{7\min} = 65,26 + 14,56 = 50,7 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 50,7 + 0,74 = 51,44 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\text{ном}} = B_{4\text{сер}} = (B_{4\max} + B_{4\min}) / 2 = (51,44 + 50,7) / 2 = 51,07 \text{ (мм)}.$$

В технологічному документі – $B_{4\text{сер}} \pm \frac{1}{2} \cdot T(B_4) = 51,07 \pm 0,37$ мм.

Рівняння 6:

$$Z_6 = B_4 - B_3;$$

$$Z_{6\min} = B_{4\min} - B_{3\max};$$

$$B_{3\max} = B_{4\min} - Z_{6\min} = 50,7 + 1,2 = 49,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\min} = B_{3\max} - T(B_3) = 49,5 - 0,74 = 48,76 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\max} = B_{4\max} - B_{3\min} = 51,44 - 48,76 = 2,68 \text{ (мм)}.$$

$$B_{3\text{ном}} = B_{3\text{сер}} = (B_{3\max} + B_{3\min}) / 2 = (49,5 + 48,76) / 2 = 49,13 \text{ (мм)}.$$

В технологічному документі – $B_{3\text{сер}} \pm \frac{1}{2} \cdot T(B_3) = 49,13 \pm 0,37$ мм.

Рівняння 7:

$$Z_9 = B_2 - B_4 - B_6;$$

$$Z_{9\min} = B_{2\min} - B_{4\max} - B_{6\max};$$

$$B_{2\min} = Z_{9\min} + B_{4\max} + B_{6\max} = 1,2 + 51,44 + 17,43 = 70,07 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 70,07 + 0,74 = 70,81 \text{ (мм)};$$

$$Z_{9\max} = B_{2\max} - B_{4\min} - B_{6\min} = 70,81 - 50,7 - 17 = 3,11 \text{ (мм)}.$$

Номинальний розмір $B_{2\max}$. В технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{2\max-T(B2)}$, тобто $70,81_{-0,74}$ мм.

Рівняння 8:

$$Z_3 = B_1 - B_2;$$

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

$$B_{1\min} = Z_{3\min} + B_{2\max} = 1 + 70,81 = 71,81 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 71,81 + 0,74 = 72,55 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 72,55 - 70,07 = 2,48 \text{ (мм)}.$$

Номинальний розмір $B_{1\max}$ (розмір охоплюваної поверхні). В технологічному документі – $B_{1\max-T(B1)}$, тобто $72,55_{-0,74}$ мм.

Рівняння 9:

$$Z_2 = Z_1 - B_1;$$

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

$$Z_{1\min} = Z_{2\min} + B_{1\max} = 1,5 + 72,55 = 74,05 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 74,05 + 1,6 = 75,65 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 75,65 - 71,81 = 3,84 \text{ (мм)}.$$

Номинальний розмір $Z_{1\max}$ (розмір охоплюваної поверхні). В технологічному документі – $Z_{1\max-T(Z1)}$, тобто $75,65_{-1,6}$ мм.

Рівняння 10:

$$Z_5 = Z_2 + B_3 - B_2;$$

$$Z_{5\min} = Z_{2\min} + B_{3\min} - B_{2\max};$$

$$Z_{2\min} = Z_{5\min} - B_{3\min} + B_{2\max} = 2 - 48,76 + 70,81 = 24,05 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 24,05 + 1,2 = 25,25 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\max} = Z_{2\max} + B_{3\max} - B_{2\min} = 25,25 + 49,5 - 70,07 = 4,68 \text{ (мм)}.$$

Номинальний розмір $Z_{2\max}$ (розмір охоплюваної поверхні). В технологічному документі – $Z_{2\max-T(Z2)}$, тобто $25,25_{-1,2}$ мм.

Отримані значення максимальних припусків записано до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Максимальні припуски, мм

Припуски		Z ₂	Z ₃	Z ₅	Z ₆	Z ₈	Z ₉
Граничні значення	Z _{min}	1,5	1,0	2,0	1,2	1,2	2,0
	Z _{max}	3,84	2,48	4,68	2,68	2,87	3,11

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів приведені в таблиці 2.20.

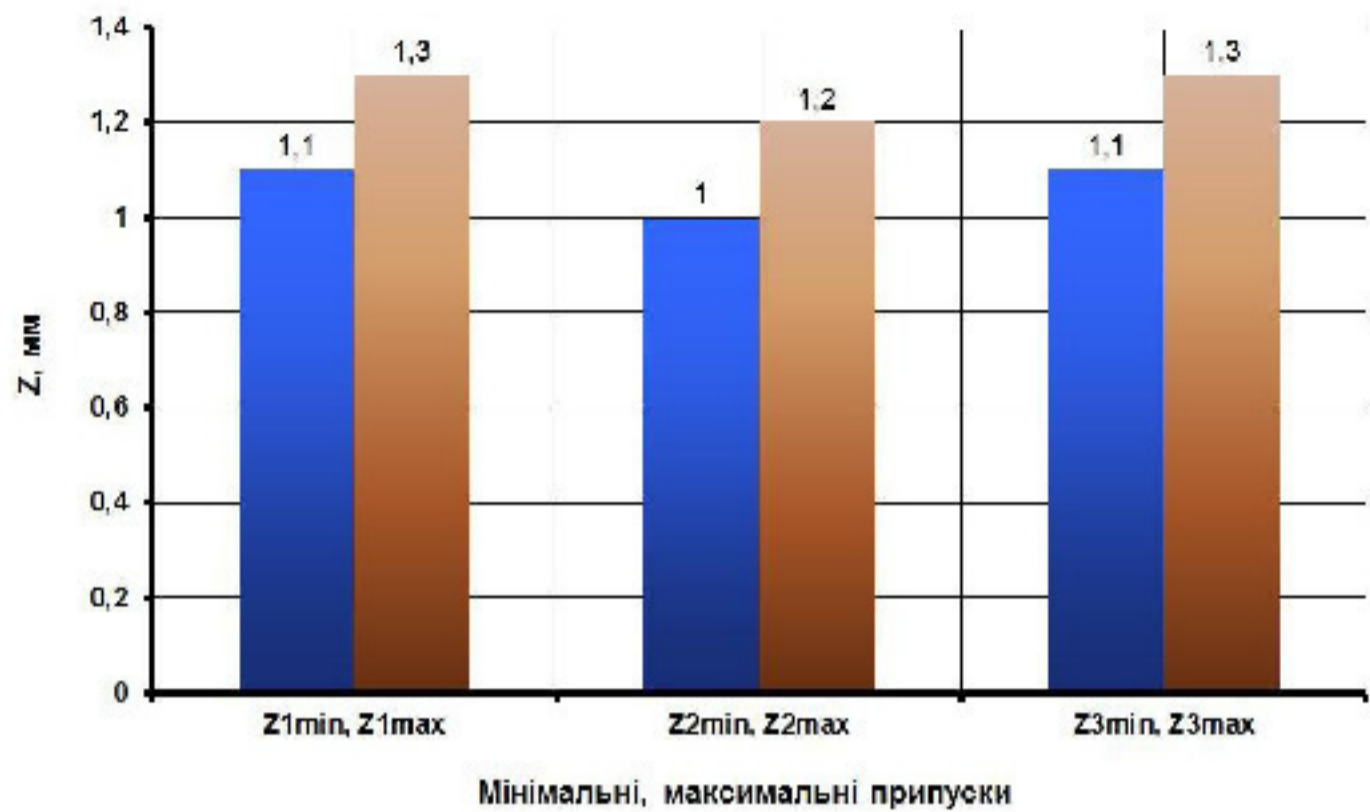
Таблиця 2.20 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Поначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	min	max				
B ₁	71,81	72,55	0,74	72,55	72,55 _{-0,74}	-
B ₂	70,07	70,81	0,74	70,81	70,81 _{-0,74}	-
B ₃	48,76	49,5	0,74	49,13	49,13±0,37	-
B ₄	50,07	51,44	0,74	51,07	51,07±0,37	-
B ₅	29,74	30,26	0,52	30	30±0,26	-
B ₆	17	17,43	0,43	17,43	17,43 _{-0,43}	-
B ₇	14,56	15	0,43	15	15 _{-0,43}	-
B ₈	3,125	2,875	0,25	3	3±0,125	-
Z ₁	74,05	75,65	1,6	75,65	-	75,65 _{-1,6}
Z ₂	24,05	25,25	1,2	25,25	-	25,25 _{-1,2}

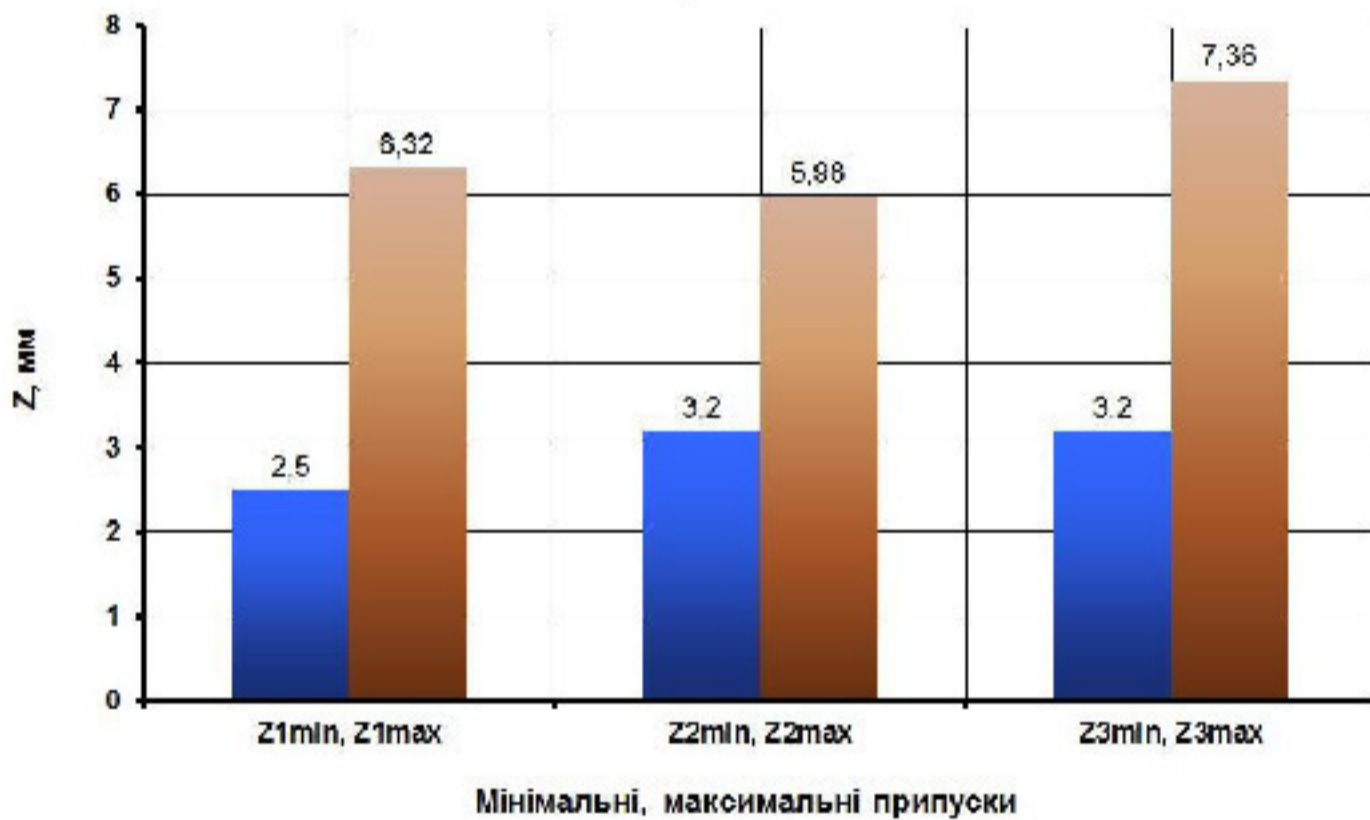
Згідно приведених розрахунків розміри заготовки:

- для розміру деталі 66 мм – розмір заготовки 75,65_{-1,6} мм;
- для розміру деталі 15 мм – розмір заготовки 25,25_{-1,2} мм.

Значення мінімальних та максимальних припусків, мінімальних розмірів, що встановлені згідно нормативних даних (дослідно-статистичним методом) та розмірного розрахунку (шляхом розмірного аналізу технологічного процесу та побудови розмірних ланцюгів) зображені на рисунку 2.14.



а)



б)

Рисунок 2.14 – Величина припусків:

а – за нормативами; б – згідно розмірного аналізу

2.8.3 Висновки

Порівняльний аналіз величини припусків, визначених за нормативними даними та проведенням розмірного аналізу технологічного процесу, дає можливість зробити висновки.

1. Максимальні та мінімальні припуски вибрані за нормативними таблицями є значно меншими (в рази) ніж визначені згідно розмірного аналізу технологічного процесу.

2. Відмінність у значеннях припусків може бути пояснена тим, що при використанні нормативного методу не враховуються методи обробки поверхонь деталей, кількість переходів, прийняті схеми базування, проміжні припуски та допуски розмірів по переходах механічної обробки, що, відповідно, призводить до таких результатів.

3. Занижені значення припусків на механічну обробку не забезпечать необхідної якості деталі.

4. Так як припуски згідно нормативів є значно меншими, то такий метод може бути прийнятий лише в умовах одиничного виробництва.

5. Запропонована методика порівняльного аналізу може бути використана як в навчальному процесі, так і на виробництві.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$

Вихідні дані.

Виробництво – великосерійне.

Вихідна заготовка – штамповка виготовлена на гаречештампувальному автоматі (ГША).

Матеріал заготовки – сталь 45.

Маса деталі – 2,2 кг.

Маса заготовки – 2,7 кг.

Допуск діаметрального розміру у вихідній заготовці складає 1,2 мм.

Згідно маршруту механічної обробки отвір $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ обробляється:

- розточування попереднє (операція 005);
- розточування остаточне (операція 010);

- розвертування однократне (операція 010).

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричної поверхні із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [1, 7]:

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

де i – порядковий номер виконуваного технологічного переходу; $R_{z_{i-1}}$, h_{i-1} , ρ_{i-1} – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та просторові відхилення оброблюваної поверхні (відносно технологічних баз), які утворились на технологічному переході, що передує виконуваному; $\varepsilon_{\text{ст}}$ – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Визначимо елементи мінімального припуску для всіх переходів обробки отвору.

Значення R_z і h для поверхні отвору у вихідній заготовці складають відповідно 150 мкм і 250 мкм [1].

Значення R_z і h після розточування попереднього складають відповідно 50 мкм і 50 мкм [1].

Значення R_z і h після розточування остаточного складають відповідно 20 мкм і 25 мкм [1].

Значення R_z і h після розвертування однократного складають відповідно 10 мкм і 25 мкм [1].

Величина просторових відхилень отвору у вихідній заготовці визначається за формулою [1]:

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

де $\rho_{\text{зм}}$ – похибка, спричинена зміщення по поверхні рознімання штампа, мкм;

$\rho_{\text{ексц}}$ – похибка, спричинена не співвісністю (ексцентриситетом) пробитого отвору відносно зовнішньої (базової) циліндричної поверхні, мкм.

Згідно [5] для вихідної заготовки $\rho_{\text{зм}} = 400$ мкм; $\rho_{\text{ексц}} = 600$ мкм.

Таким чином,

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{400^2 + 600^2} = 721 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове значення просторового відхилення:

- після розточування попереднього

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 721 = 36,05 \text{ (мкм)};$$

- після розточування остаточного

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 36,05 = 1,8 \text{ (мкм)};$$

- після розвертування однократного

$$\rho_3 = 0,005 \cdot \rho_2 = 0,005 \cdot 1,8 = 0,009 \approx 0 \text{ (мкм)}.$$

Похибка встановлення згідно [1] визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{в}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

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

$\varepsilon_{\text{з}}$ – похибка закріплення, мкм.

Похибка $\varepsilon_{\text{б}}$ на операції 005. Оскільки заготовка встановлюється в трикулачковий самоцентрувальний патрон, то згідно [1] $\varepsilon_{\text{б}} = 0$.

Згідно [1] для випадку встановлення заготовки в трикулачковий

самоцентрувальний патрон на необроблені поверхні (поверхня $\varnothing 125$ та торець)

$$\varepsilon_s = 600 \text{ мкм.}$$

Таким чином, для розточування попереднього

$$\varepsilon_{e1} = \varepsilon_s = 600 \text{ мкм.}$$

Розточування остаточне і розвертування однократне $\varnothing 40\text{H}8^{(+0,039)}$ виконується на операції 010 з одного установ. Установлення виконується по оброблених поверхнях – $\varnothing 65\text{h}9_{(-0,074)}$ і торцевій поверхні в самоцентрувальному трикулачковому патроні. Тоді $\varepsilon_e = 0$. Згідно [1]

$$\varepsilon_{e2} = \varepsilon_s = 100 \text{ мкм.}$$

Оскільки розточування остаточне і розвертування однократне виконується за один установ, то залишкова похибка встановлення при розвертуванні однократному складе

$$\varepsilon_{e3} = 0,05 \cdot \varepsilon_{e2} = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ (мкм).}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень проміжних припусків:

- для розточування попереднього

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{721^2 + 600^2}) = 2 \cdot 938 \text{ (мкм);}$$

- для розточування остаточного

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{36,05^2 + 100^2}) = 2 \cdot 206 \text{ (мкм);}$$

- для розвертування однократного

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{1,8^2 + 5^2}) = 2 \cdot 50,3 \text{ (мкм)}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку отвору $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір D_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка (штампована поковка)	150	250	721	–	–	37,65	1200	36,45	37,65	–	–
Операція 005											
розточування попереднє	50	50	36,05	600	2·938	39,527	250	39,277	39,527	1,877	2,827
Операція 010											
розточування остаточне	20	25	1,8	100	2·206	39,939	62	39,877	39,939	0,412	0,6
розвертування однократне	–	–	–	5	2·50,3	40,039	39	40	40,039	0,1	0,123
Всього										2,389	3,55

При розвертуванні однократному маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$D = \varnothing 40H8^{(+0,039)} \text{ мм.}$$

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

Для розвертування однократного:

$$D_1 = 40,039 - 0,1 = 39,939 \text{ (мм);}$$

для розточування остаточного:

$$D_2 = 39,939 - 0,412 = 39,527 \text{ (мм);}$$

для розточування попереднього:

$$D_3 = 39,527 - 1,876 = 37,65 \text{ (мм).}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки, занесено до розрахункової таблиці.

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

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від максимальних граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$\begin{aligned} 40,039 - 0,039 &= 40 \text{ (мм);} \\ 39,939 - 0,062 &= 39,877 \text{ (мм);} \\ 39,527 - 0,25 &= 39,277 \text{ (мм);} \\ 37,65 - 1,2 &= 36,45 \text{ (мм).} \end{aligned}$$

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.

для розточування попереднього:

$$2Z_{\min I} = 39,527 - 37,65 = 1,877 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 1} = 39,277 - 36,45 = 2,827 \text{ (мм);}$$

для розточування остаточного:

$$2Z_{\min 2} = 39,939 - 39,527 = 0,412 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 2} = 39,877 - 39,277 = 0,6 \text{ (мм);}$$

для розвертування однократного:

$$2Z_{\min 3} = 40,039 - 39,939 = 0,1 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 3} = 40 - 39,877 = 0,123 \text{ (мм).}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.21.

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

$$2Z_{0\min} = 1,877 + 0,412 + 0,1 = 2,389 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{0\max} = 2,827 + 0,6 + 0,123 = 3,55 \text{ (мм).}$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 123 - 100 = 23 \text{ (мкм);} \quad \delta_3 - \delta_4 = 62 - 39 = 23 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 600 - 412 = 188 \text{ (мкм);} \quad \delta_2 - \delta_3 = 250 - 62 = 188 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 2827 - 1877 = 950 \text{ (мкм);} \quad \delta_1 - \delta_2 = 1200 - 250 = 950 \text{ (мкм).}$$

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

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

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в таблиці 2.22.

Мінімальні проміжні припуски для обробки вказаних циліндричних поверхонь вибрані за допомогою дослідно-статистичного (нормативного) методу [11].

Таблиця 2.22 – Припуски і технологічні розміри на механічну обробку інших циліндричних поверхонь

Технологічні переходи обробки	Вибраний мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
$\varnothing 65h9_{(-0,074)}$							
Заготовка	–	66,046	1400	66,046	67,446	–	–
1. Точіння попереднє	2·550	64,946	300	64,946	65,246	2·0,55	2·1,1
2. Точіння остаточнє	2·0,1	64,926	74	64,926	65	2·0,1	2·0,123
$\varnothing 125h14_{(-1,0)}$							
Заготовка	–	125,3	1600	125,3	126,9	–	–
1. Точіння однократнє	2·0,65	124	1000	124	125	2·0,65	2·0,95

2.10 Призначення режимів різання

Проведемо аналітичний розрахунок режимів різання [8, 9] для різних видів обробки.

Операція 005, перехід 2, токарно-револьверний верстат 1П420ПФ40, підрізання торця $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$ попереднє, точіння попереднє поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$.

Вибираємо різальний інструмент: різець прохідний. Матеріал різальної частини різця Т15К6. Параметри різця $B \cdot H = 25 \cdot 25$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_2 = 10^\circ$, $r = 2$ мм.

Глибина різання

$$t = h = 1,2 \text{ мм.}$$

Подача. При чорновому точінні подача приймається максимально допустимою за потужністю верстату, жорсткості системи ВПД, міцності різальної пластини і державки.

Вибираємо величину подачі $S = 0,6$ мм/об, за паспортом верстата

підбираємо подачу $S = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання V (м/хв) для зовнішнього поздовжнього і поперечного точіння визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v, [м/хв] \quad (2.23)$$

де T – період стійкості різця, хв;

C_v, m, x, y – коефіцієнт і показники степеня

K_v – загальний поправковий коефіцієнт на фактичні умови обробки.

$$K_v = K_{mV} \times K_{nV} \times K_{iV} \times K_{\varphi V} \times K_{\varphi 1V} \times K_{rV}, \quad (2.24)$$

де K – коефіцієнти, що враховують вплив таких факторів:

K_{mV} – матеріалу заготовки;

$$K_{mV} = \left(\frac{750}{HB}\right)^{nv} = \left(\frac{750}{598}\right)^1 = 1,25. \quad (2.25)$$

K_{nV} – стану поверхні;

K_{iV} – матеріалу інструменту;

$K_{\varphi V}$ – головного кута в плані різця;

$K_{\varphi 1V}$ – допоміжного кута в плані різця;

K_{rV} – радіус в плані різця;

$$K_v = 1,25 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,06.$$

Допустима різцем швидкість різання для підрізання торця

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \times 2,65^{0,15} \times 0,6^{0,45}} \times 1,06 = 172 \text{ (м/хв)}.$$

Допустима різцем швидкість різання для точіння попереднього поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \times 1,2^{0,15} \times 0,6^{0,45}} \times 1,06 = 190 \text{ (м/хв)}.$$

Розрахункова частота обертання заготовки для підрізання торця:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 172}{3,14 \times 65} = 843 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right), \quad (2.26)$$

де D – діаметр заготовки.

За паспортом верстата вибираємо близьку, але меншу розрахованої частоту обертання $n_{\partial} = 800$ об/хв.

Розрахункова частота обертання заготовки для точіння попереднього поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \times 190}{3,14 \times 65} = 930,3 \left(\frac{\text{об}}{\text{хв}} \right).$$

За паспортом верстата вибираємо близьку, але меншу розрахованої частоту обертання $n_{\partial} = 330$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання для підрізання торця:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \times D \times n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 \times 65 \times 800}{1000} = 163 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right). \quad (2.27)$$

Знаходимо дійсну швидкість різання для точіння попереднього поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$:

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \times 65 \times 930}{1000} = 190 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right).$$

Сила різання. Тангенціальну складову P_z сили різання при точінні визначають за формулою:

$$P_z = 10 C_{pz} \times t^{x_{Pz}} \times S^{y_{Pz}} \times V^{n_{Rz}} \times K_{pz} [H] \quad (2.28)$$

де C_{pz} – коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу й умови обробки;

x_{Pz} , y_{Pz} , n_{Rz} – показники степеня, які враховують умови обробки;

K_{pz} – поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання:

$$K_{pz} = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (2.29)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{598}{750} \right)^{0.75} = 0,84, \quad (2.30)$$

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут у плані різця;

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, що враховує передній кут різця;

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу головної різальної кромки;

K_{rp} – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_{pz} = 0,84 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,84.$$

Сила різання для підрізання торця:

$$P_z = 10 \times 300 \times 2,65^1 \times 0,6^{0,75} \times 163^{-0,15} \times 0,84 = 2184,4 (H).$$

Сила різання для точіння попереднього поверхні $\phi 65h9_{(-0,074)}$:

$$P_z = 10 \times 300 \times 1,2^1 \times 0,6^{0,75} \times 190^{-0,15} \times 0,84 = 1145,5 \text{ (H)}.$$

Потужність різання для підрізання торця:

$$N_z = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60} = \frac{2184,4 \times 163}{1020 \times 60} = 5,82 \text{ (кВт)}. \quad (2.31)$$

Потужність різання для точіння попереднього поверхні $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$:

$$N_z = \frac{1145,5 \times 190}{1020 \times 60} = 3,56 \text{ (кВт)}.$$

Потужність верстата 1П420ПФ40 складає 22 кВт, отже для даної операції його потужності достатньо.

Операція 005, перехід 10, токарно-револьверний верстат 1П420ПФ40, свердління отвору $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$

Підбираємо різальний інструмент. Матеріал свердла Р6М5.

Подача. При свердлінні отворів вибирають максимально допустиму подачу по міцності свердла подачу.

Вибираємо подачу $S = 0,15 \dots 0,17$ (мм/об).

Глибина різання при свердлінні дорівнює:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ (мм)},$$

де D – діаметр свердла, мм.

Швидкість різання при свердлінні дорівнює:

$$V = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v \text{ [м/хв]}, \quad (2.32)$$

T – період стійкості свердла.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{mV} \times K_{iV} \times K_{eV}, \quad (2.33)$$

де K_{mV} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{iV} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{eV} – коефіцієнт, який враховує глибину свердління.

$$K_V = 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

Визначаємо допустиму свердлом швидкість різання:

$$V = \frac{9,8 \times 12^{0,4}}{45^{0,2} \times 0,17^{0,5}} \times 1 = 30 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо допустиму частоту обертання свердла:

$$n_{\partial} = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 30}{3,14 \times 12} = 796 \text{ (об/хв)},$$

За паспортом верстата $n_{\partial} = 750 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \times D \times n_{\partial}}{1000} = \frac{3,14 \times 12 \times 750}{1000} = 28,26 \text{ (м/хв)}.$$

Крутний момент при свердлінні розраховують за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_m \times D^q \times S^y \times K_p = 10 \times 0,0345 \times 12^2 \times 0,17^{0,8} \times 0,75 = 9 \text{ (Нм)}.$$

Потужність різання визначають за формулою:

$$N_z = \frac{M_{кр} \times n}{9750} = \frac{9 \times 750}{9750} = 0,7 \text{ кВт}, \quad (2.34)$$

де n – частота обертання інструменту або заготовки.

Отже, потужності верстата 1П420ПФ40 достатньо для виконання цієї операції.

На інші операції, переходи механічної обробки режими різання визначені за [13, 15].

Таблиця 2.23 – Зведена таблиця режимів різання

Операції, переходи	Розрахункові розміри $D (B)$, мм	Припуск t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв
1	2	3	4	5	6
005 Токарно-револьверна з ЧПК					
2. Підрізати торець 1 попередньо,	$\varnothing 65h9_{(-0,074)} (72,55_{-0,74})$	2,65	0,6	163	800
точити поверхню 2 попередньо,	$\varnothing 65h9_{(-0,074)} (\varnothing 658_{-1,4})$	1,2	0,6	163	930
підрізати торець 3 попередньо.	$\varnothing 125 (49,13 \pm 0,37)$	3,34	0,6	163	250
3. Підрізати торець 1 остаточно,	$\varnothing 65h9_{(-0,074)} (70,81_{-0,74})$	1,74	0,15	214	1050
точити фаску 4 однократно,	$2 \times 45^\circ (\varnothing 65h9_{(-0,074)})$	2,0	0,15	214	1050
точити поверхню 2 остаточно,	$\varnothing 65h9_{(-0,074)}$	0,2	0,15	214	1050
підрізати торець 3 остаточно,	$\varnothing 125 (51,07 \pm 0,37)$	1,94	0,15	214	550
точити фаску 5 однократно.	$2 \times 45^\circ (\varnothing 125)$	2,0	0,15	214	550
4. Свердлити отвір 6.	$\varnothing 30 (\varnothing 40H8^{(+0,039)})$	15	0,35	60	630
5. Розсвердлити отвір 6.	$\varnothing 37 (\varnothing 40H8^{(+0,039)})$	3,5	0,5	18	150
6. Розточити фаску 7 однократно,	$\varnothing 42$	1,0	0,5	96	750
отвір 6 попередньо.	$\varnothing 39,4 (\varnothing 40H8^{(+0,039)})$	1,2	0,5	96	750
7. Центрувати 4 отв. 8.	$\varnothing 4,0$	2,0	0,1	20	1500
8. Свердлити 4 отв. 8.	$\varnothing 12H12^{(+0,18)}$	6,0	0,2	22	630
9. Центрувати отвір 9.	$\varnothing 4,0$	2,0	0,1	20	1500
10. Свердлити отвір 9.	$\varnothing 9,0$	4,5	0,2	22	750
11. Фрезерувати поверхню 10 однократно.	$\varnothing 26$	8,5	0,25	18	950
12. Зенкувати фаску 11.	$1 \times 45^\circ$	1,0	0,08	22	580

Продовження таблиці 2.23

1	2	3	4	5	6
13. Нарізати різьбу в отворі 9.	M10-7H	1,0	1,0	9	160
005 Токарно-револьверна з ЧПК					
2. Підрізати торець 1 попередньо,	15 (17,43 _{-0,43})	2,55	0,6	120	300
точити поверхню 2 однократно.	∅125	0,8	0,6	144	370
3. Підрізати торець 1 остаточно.	15 _{-0,43}	2,0	0,15	180	460
4. Розточити поверхню 3 остаточно.	∅39,9 (∅40H8 ^(+0,039))	0,25	0,2	200	1500
5. Підрізати торець 5 однократно,	3	0,3	0,6	144	650
розточити поверхню 4 попередньо.	∅70H9 ^(+0,074) (∅66H12 ^(+0,30))	4,83 (3 прох.)	0,6	108	500
6. Розточити поверхню 4 попередньо.	∅70H9 ^(+0,074) (∅69H10 ^(+0,12))	1,5	0,3	170	780
7. Розточити поверхню 4 остаточно.	∅70H9 ^(+0,074)	0,5	0,15	210	950
8. Розвернути поверхню 3 однократно.	∅40H8 ^(+0,039)	0,05	0,95	7	60
015 Протягувальна					
2. Протягнути паз 1.	12D10 ^(+0,12) _{+0,05}	6,0	0,1 мм/зуб	8,0	-

2.11 Математичне моделювання ТП та оптимізація режимів різання

Оптимізація технологічних процесів і режимів різання ґрунтується на побудові математичних моделей. Для побудови математичної моделі виділяють технічні обмеження, які в найбільшій мірі визначають описуємий процес та оцінювальну функцію (критерій оптимальності).

Для виконання оптимізації режимів різання використаємо комп'ютерну програму [7].

Розрахунок оптимальних режимів різання для точіння попереднього та точіння однократного виконаний і показаний на рисунках 2.15-2.16.

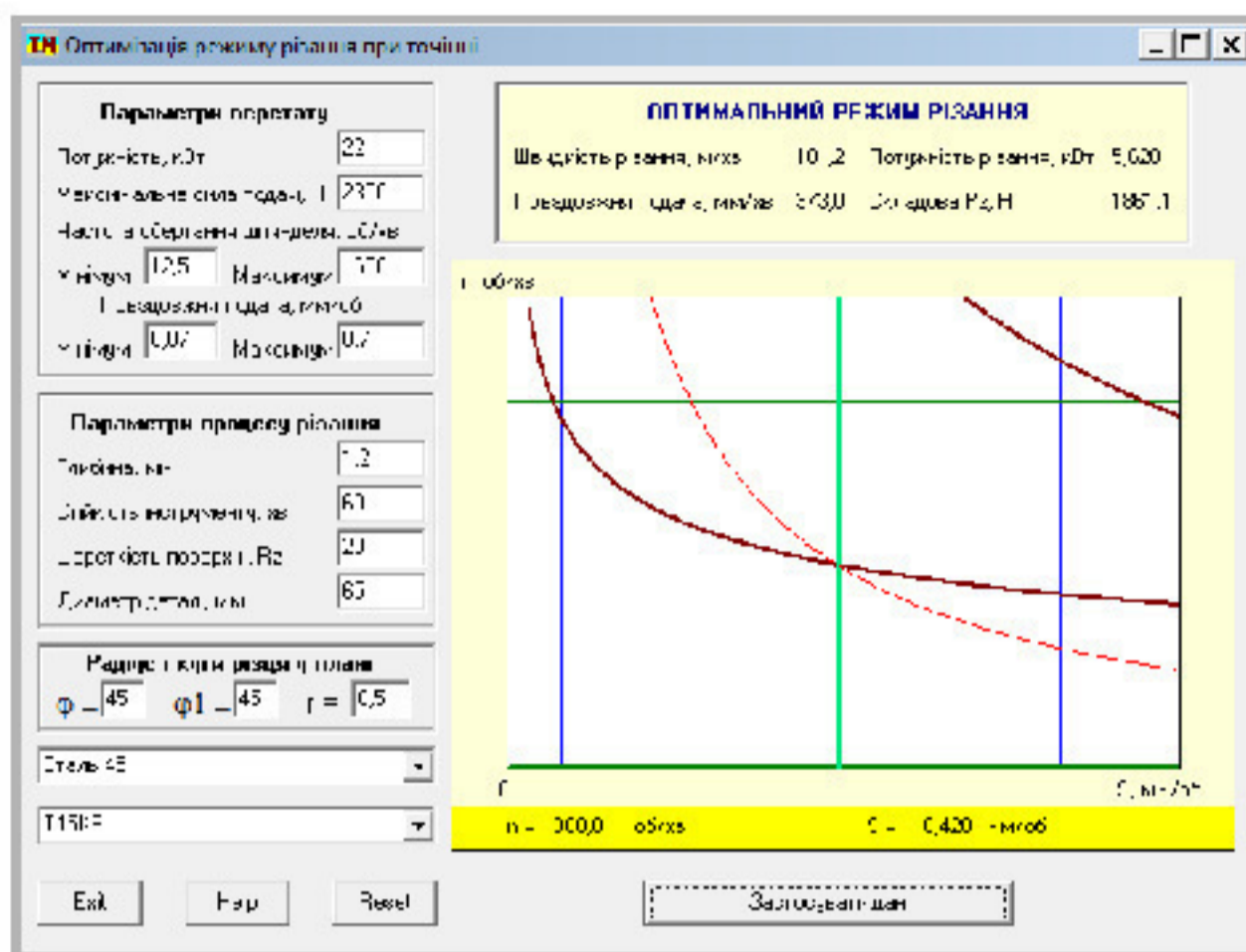


Рисунок 2.15 – Оптимізація режимів різання для точіння попереднього $\varnothing 65h9_{(-0,074)}$

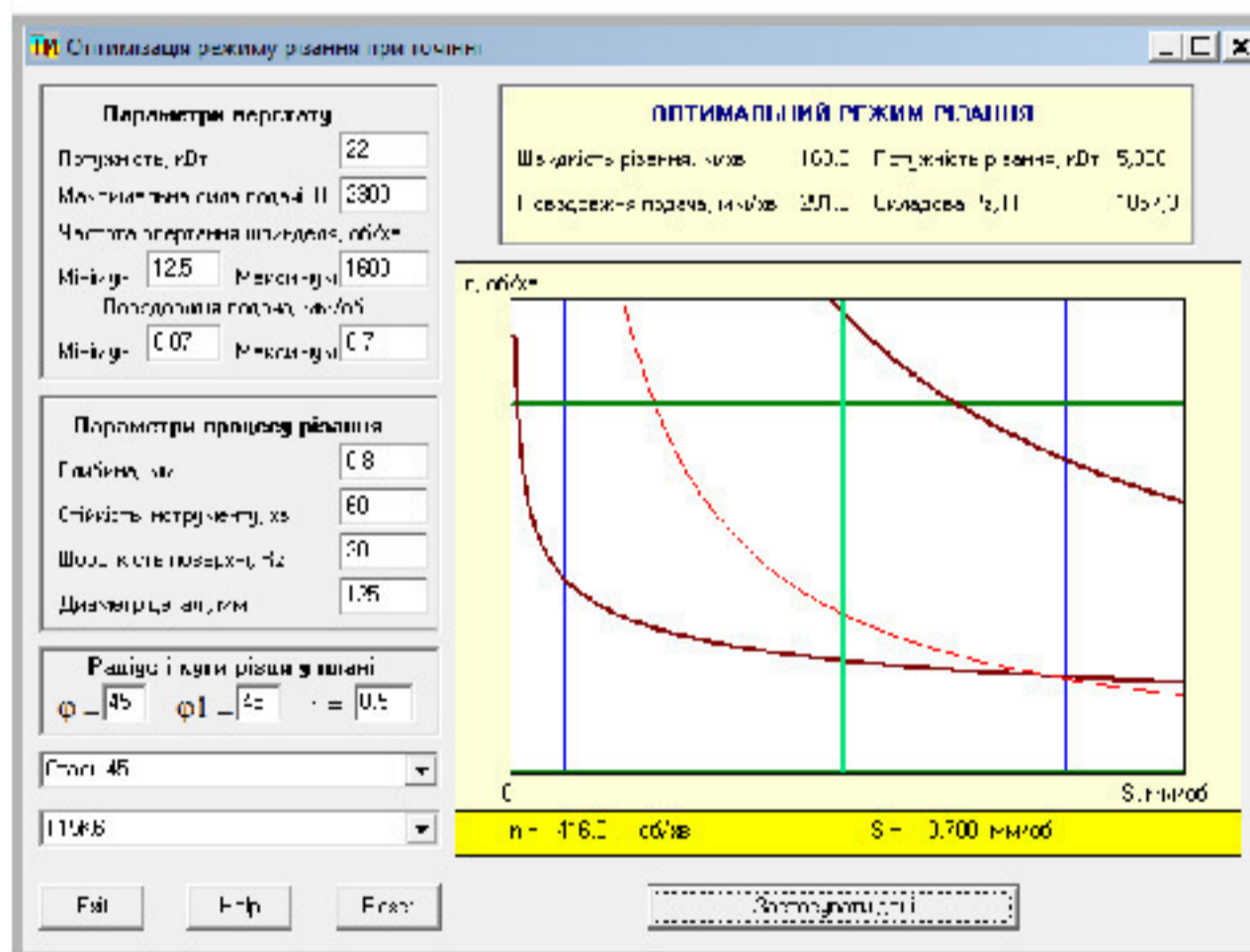


Рисунок 2.16 – Оптимізація режимів різання для точіння однократного $\varnothing 125$

Значення оптимальних режимів різання отриманих за допомогою комп'ютерної програми (рис. 2.15, 2.16) мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Отже, максимальна продуктивність при обробці на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

2.12 Визначення технічних норм часу на операції

Проведемо детальний розрахунок технічних норм часу на операцію 010.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою для серійного виробництва [1, 13, 14]:

$$T_{шк-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} \text{ [хв.]}, \quad (2.35)$$

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

$T_{шт}$ – штучний час, хв.;

n – кількість деталей в налагоджуваній партії, шт.

Визначаємо склад підготовчо-заключного часу (операція 010):

- налагодження верстата, інструменту і пристосування – 18 хв.;

- отримання інструменту і пристосування до початку роботи і здача їх після завершення роботи – 10 хв.

$$T_{п-з} = 18 + 10 = 28 \text{ (хв.)}$$

Прийнято розмір партії деталей $n = 186$ шт.

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{обс} + T_{вдп} \text{ [хв.]}, \quad (2.36)$$

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

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.;

$T_{обс}$ – час обслуговування, хв.;

$T_{вдп}$ – час відпочинку, хв.

Визначення технічних норм часу виконано для операції 010.

Розрахунок основного часу $T_{осн}$ по переходам проводимо за формулою [7]:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \text{ [хв.]}, \quad (2.37)$$

де L – довжина робочого ходу, мм;

i – кількість робочих ходів;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.;

S – подача, мм/об.

$$L = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер} \text{ [мм]}, \quad (2.38)$$

$l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу, мм.

Перехід 2. Підрізати торець 1 попередньо, точити поверхню 2 однократно

$$T_{осн2} = \frac{(44 + 4) \cdot 1}{300 \cdot 0,6} + \frac{(17,43 + 3 + 4) \cdot 1}{370 \cdot 0,6} = 0,27 + 0,11 = 0,38 \text{ (хв.)};$$

Перехід 3. Підрізати торець 1 остаточно

$$T_{осн3} = \frac{(42,5 + 4) \cdot 1}{460 \cdot 0,15} = 0,68 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4. Розточити поверхню 3 остаточно

$$T_{осн4} = \frac{(66 + 4 + 4) \cdot 1}{1500 \cdot 0,2} = 0,25 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Розточити поверхню 4 попередньо, підрізати торець 5 однократно

$$T_{оч5} = \frac{(2,7 + 2) \cdot 1}{500 \cdot 0,6} + \frac{13 \cdot 1}{650 \cdot 0,6} = 0,047 + 0,033 = 0,08 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6. Розточити поверхню 4 попередньо

$$T_{оч6} = \frac{(3 + 2) \cdot 1}{780 \cdot 0,3} = 0,02 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7. Розточити поверхню 4 остаточно

$$T_{оч7} = \frac{(3 + 2) \cdot 1}{950 \cdot 0,15} = 0,035 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8. Розвернути поверхню 4 однократно

$$T_{оч8} = \frac{(63 + 5 + 5) \cdot 1}{60 \cdot 0,95} = 1,28 \text{ (хв.)}$$

Таким чином

$$\Sigma T_{оч010} = 2,725 \text{ хв.}$$

Допоміжний час визначаємо згідно нормативів [14]

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{з.р.} + T_{уп} + T_{вим} \text{ [хв.]}, \quad (2.39)$$

де $T_{в.з.} + T_{з.р.}$ – час на встановлення і зняття деталі, закріплення і розкріплення, при установленні в трикулачковому самоцентрувальному патроні з

пневматичним затиском $T_{в.з.} + T_{з.р.} = 0,1$ с;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління верстатом і додаткові прийоми: ввімкнення і вимкнення верстата кнопкою – 0,1 хв.; встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам; перевірка приходу інструменту в задану точку після обробки; поворот револьверної головки – 0,015 хв.;

$$T_{уп} = 2 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,015 + 7 \cdot 0,02 + 2 \cdot 9 \cdot 0,025 = 0,88 \text{ (хв.)};$$

$T_{вим}$ – час на контрольні вимірювання: вимірювання штангенциркулем; час на зовнішній огляд і перевірку робочими зразками шорсткості (20% деталей);

$$T_{вим} = (2 \cdot 0,16 + 0,2) / 5 = 0,104 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_{доп} = 0,1 + 0,88 + 0,104 = 1,084 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{доп} \text{ [хв.]}, \quad (2.40)$$

$$T_{оп} = 2,725 + 1,084 = 3,71 \text{ (хв.)}$$

де $T_{об} + T_{відп}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця та час перерв та відпочинку і індивідуальні потреби робітника, що складає 7% від оперативного часу;

$$T_{об} + T_{відп} = \frac{T_{оп} \cdot 7}{100} = \frac{3,71 \cdot 7}{100} = 0,27 \text{ (хв.)}$$

Штучний час

$$T_{шт} = 2,725 + 1,084 + 0,27 = 3,98 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = \frac{28}{110} + 3,98 = 4,33 \text{ (хв.)}$$

На інші операції технічні норми часу визначаємо аналогічно згідно рекомендацій і дані розрахунків зводимо в таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Технічні норми часу по операціях

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
1	2	3	4
005 Токарно-револьверна з ЧПК	3,529	1,17	4,135
010 Токарно-револьверна з ЧПК	2,725	1,59 (фактичний) 1,17 (табличний)	4,33
015 Протягувальна	0,018	1,35	0,025

2.13 Висновки

В даному розділі проведено удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції. При цьому можна зробити такі висновки:

- на основі робочого креслення деталі виконано якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі і встановлено, що деталь технологічна;
- за розрахунками коефіцієнта закріплення операцій встановлено, що тип виробництва великосерійний, форма організації роботи групова;

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки є штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) і гарячештампувальних автоматах (ГША). Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку штампуванням на ГША, оскільки вартість заготовки при цьому складає 68,06 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на КГШП – 70,27 грн.;

- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Фланець», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршрути механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК;

- вибрано кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- виконано порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу;

- розраховано припуски та міжопераційні розміри;

- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [2, 16]:

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

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

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса, кг	Програма, шт.	Квалітет/Шорсткість									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Фланець (розрах. представник)	2,2	8000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	-	1	2	1	-	5	-	12	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	-	-	6	-	17	-	-	
Ступиця	4,0	800	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	3	2	-	1	-	6	-	32	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	4	2	-	1	2	35	-	-	
Кришка	1,1	80000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			3	2	-	1	-	2	1	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			3	2	-	1	3	2	20	-	-	

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою [2]:

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

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу; $m_{p.np}$ – маса розрахункового представника.

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

$$\text{- для ступиці: } K_{1\sigma} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{\sigma}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{4,0}{2,2}\right)^2} = 1,49;$$

$$\text{- для кришки: } K_{1B1} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{B1}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1,1}{2,2}\right)^2} = 0,63.$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю [2]:

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i}\right)^{\alpha}, \quad (3.3)$$

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

$$\text{- для ступиці: } K_{2\sigma} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{8000}{800}\right)^{0,15} = 1,41;$$

$$\text{- для кришки: } K_{2B1} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_i}\right)^{\alpha} = \left(\frac{8000}{80000}\right)^{0,15} = 0,71.$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами [2]:

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.4)$$

де K_{31} – коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних деталей;

K_{32} – коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних деталей.

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{R_{a.pn}} \right)^{\alpha_2} \quad (3.5)$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{K_{T.pn}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.6)$$

де K_{Ti} і $K_{T.pn}$ – середні значення квалітету точності деталі, що приводиться і деталі-представника;

R_{ai} і $R_{a.pn}$ – середні значення параметра R шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі-представника.

Середній квалітет точності $K_{T.pn} = 12,57$.

Середня шорсткість $R_{a.pn} = 10,07$ мкм.

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

- для ступиці:

$$\overline{K_{Tp,np}^a} = \frac{\sum K_{B_i} \cdot n_{K_i}}{\sum n_{K_i}} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 32}{3 + 2 + 1 + 6 + 32} = 12,9;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^B}}{K_{T.pn}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,9)^{\alpha_1}}{(12,57)^{\alpha_1}} = \frac{0,81}{0,86} = 0,94;$$

- для кришки:

$$\overline{K_{Tp,np}^{B2}} = \frac{\sum K_{B_i} \cdot n_{K_i}}{\sum n_{K_i}} = \frac{6 \cdot 3 + 7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 22}{3 + 2 + 1 + 2 + 1 + 22} = 11,2;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_T^{B2}}}{K_{Tp.np}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(11,2)^{\alpha_1}}{(12,57)^{\alpha_1}} = \frac{0,91}{0,86} = 1,058.$$

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

- для ступиці:

$$\overline{R_a^B} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 4 + 1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 35}{4 + 2 + 1 + 2 + 35} = 10,5;$$

$$K_{3.2}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a.pn}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(10,5)^{\alpha_2}}{(10,07)^{\alpha_2}} = \frac{0,95}{0,95} = 1,0;$$

- для кришки:

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{0,8 \cdot 3 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 20}{3 + 2 + 1 + 3 + 2 + 20} = 9,02;$$

$$K_{3.2}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a.pn}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(9)^{\alpha_2}}{(10,07)^{\alpha_2}} = \frac{0,955}{0,95} = 1,005.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

- для ступиці: $K_3 = 0,94 \cdot 1,0 = 0,94$;

- для кришки: $K_3 = 1,058 \cdot 1,005 = 1,06$.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

- для ступиці: $K_{npB} = 1,49 \cdot 1,41 \cdot 0,94 = 1,975$;

- для кришки: $K_{npB} = 0,63 \cdot 0,71 \cdot 1,06 = 0,474$.

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 8000 \cdot 1,0 + 800 \cdot 1,975 + 80000 \cdot 0,474 = 47500 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма, шт.
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Фланець	8000	2,2	1,0	1,0	1,0	1,0	8000
Ступиця	800	4,0	1,49	1,41	0,94	1,975	1580
Кришка	80000	1,1	0,63	0,71	1,06	0,474	37920
Всього							47500

Приймаємо $N_{np} = 47500$ шт.

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься 2 подібні деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою [1, 2]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60 \cdot \Phi_0}, \quad (3.7)$$

де $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; N – програми випуску, шт.; Φ_0 – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з

урахуванням річної програми деталі):

$$\text{- операція 005: } C_{p005} = \frac{4,135 \cdot 8000}{60 \cdot 3890} = 0,14;$$

$$\text{- операція 010: } C_{p010} = \frac{4,33 \cdot 8000}{60 \cdot 3890} = 0,148;$$

$$\text{- операція 015: } C_{p015} = \frac{0,025 \cdot 8000}{60 \cdot 4060} = 0,0008.$$

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням приведеної програми):

$$\text{- операція 005: } C_{p005} = \frac{4,135 \cdot 47500}{60 \cdot 3890} = 0,84;$$

$$\text{- операція 010: } C_{p010} = \frac{4,33 \cdot 47500}{60 \cdot 3890} = 0,88;$$

$$\text{- операція 015: } C_{p015} = \frac{0,025 \cdot 47500}{60 \cdot 4060} = 0,005.$$

Приймаємо на всіх операціях по одному верстату.

Визначасмо коефіцієнт завантаження верстатів за формулою

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.8)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів; C_{np} – прийнята кількість верстатів.

$$\text{Операція 005: } \eta_{z005} = \frac{0,84}{1} = 0,84.$$

$$\text{Операція 010: } \eta_{z010} = \frac{0,88}{1} = 0,88.$$

Операція 015:
$$\eta_{3015} = \frac{0,005}{1} = 0,005.$$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт завантаження верстатів

№ операції	η_z
005	0,84
010	0,88
015	0,005

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{зср} = \frac{0,84 + 0,88 + 0,005}{3} = 0,575.$$

Визначаємо коефіцієнт використання за основним часом за формулою

$$\eta_{осн} = \frac{T_{осн}}{T_{ит-к}}. \quad (3.9)$$

Операція 005:
$$\eta_{осн005} = \frac{3,529}{4,135} = 0,85.$$

Операція 010:
$$\eta_{осн010} = \frac{2,725}{4,33} = 0,63.$$

Операція 015:
$$\eta_{осн015} = \frac{0,018}{0,025} = 0,72.$$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт використання за основним часом

№ операції	$\eta_{осн}$
005	0,85
010	0,63
015	0,72

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{оскер} = \frac{0,85 + 0,63 + 0,72}{3} = 0,73.$$

Таблиця 3.5 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження за основним часом	Середній коефіцієнт використання за основним часом
005	Токарно-револьверна з ЧПК	0,84	1	0,84	0,575	0,85	0,73
010	Токарно-револьверна з ЧПК	0,88	1	0,88		0,63	
015	Протягувальна	0,005	1	0,005		0,72	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

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

Завантаження верстатів є досить високим при заданій приведеній програмі випуску виробів на операціях токарно-револьверних 005, 010. На операції протягувальній, яка є досить специфічною, коефіцієнт завантаження складає лише 0,5%. Щоб довести до рекомендованого значення в умовах великосерійного виробництва 0,65-0,75, програма оброблюваних деталей на цьому верстаті повинна бути в 130-150 разів більшою.

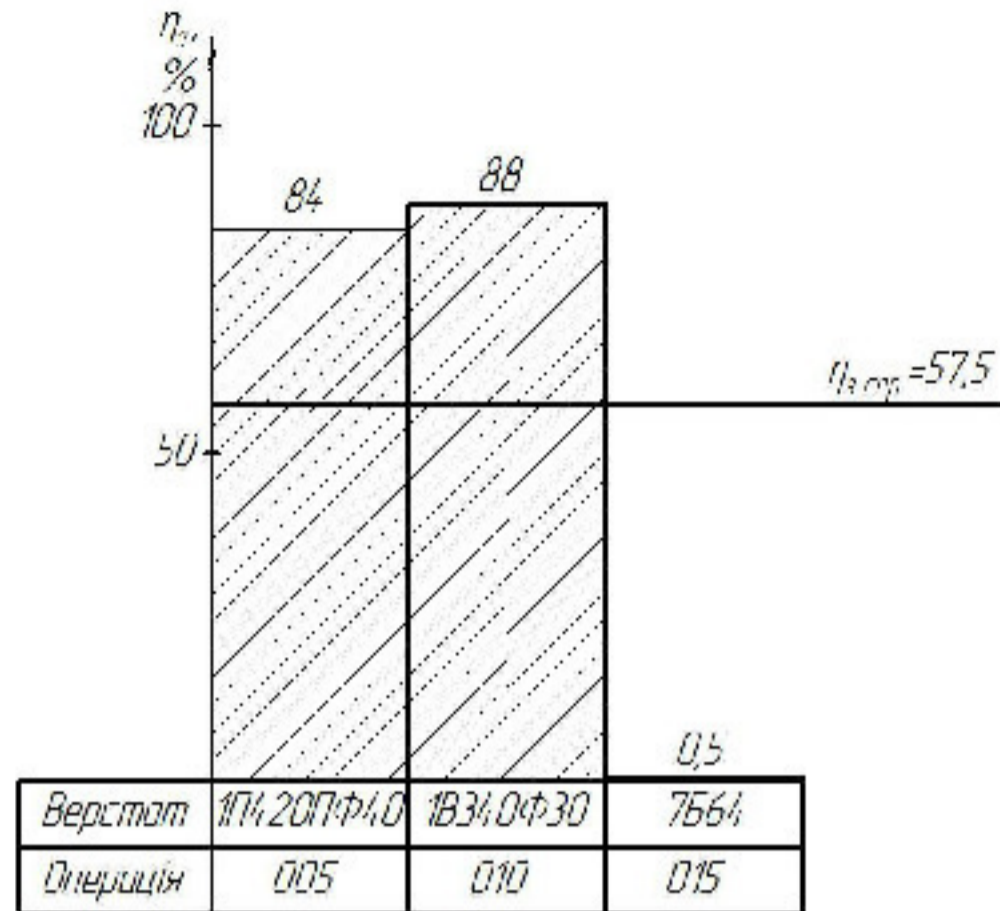


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

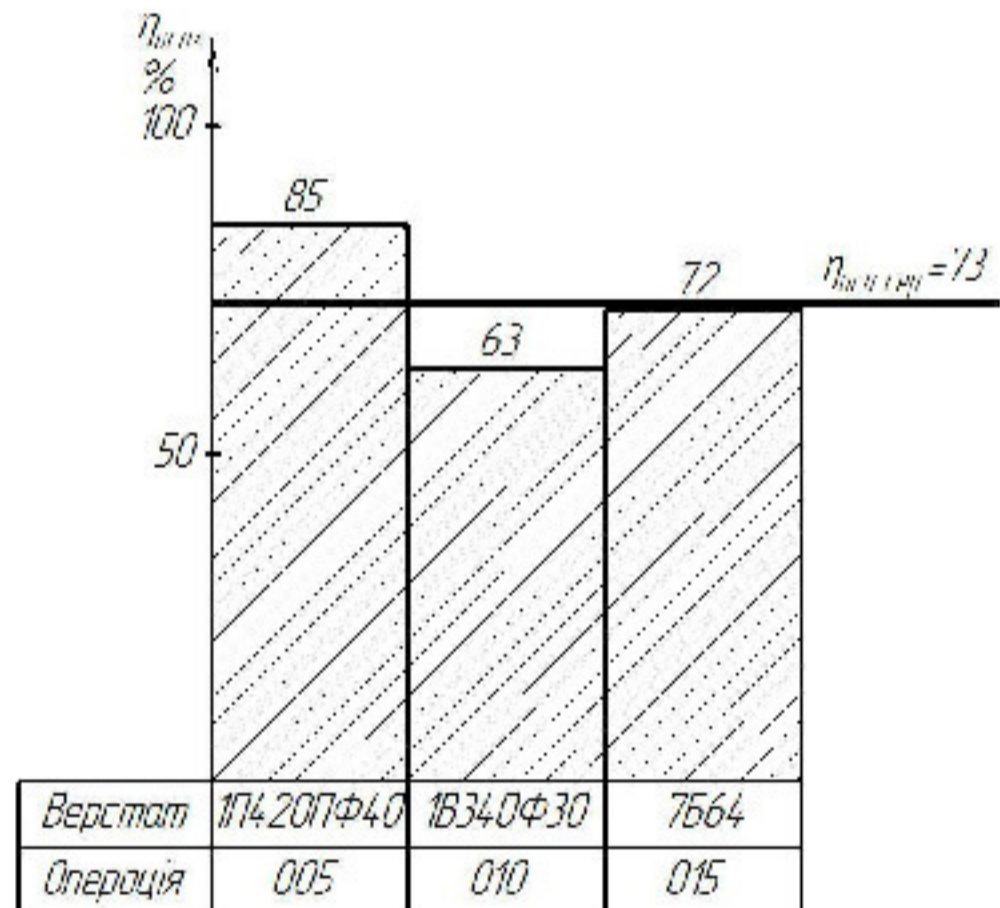


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим. Це свідчить про доцільність використання запропонованого варіанту технологічного процесу, обладнання.

3.4 Розрахунок кількості працюючих на дільниці [2]

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою:

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_{осн}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (3.10)$$

де C_{np} – прийнята кількість верстатів, шт.;

Φ_p – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_p = 1860$ год.
(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

Φ_o – ефективний фонд роботи верстата, год.;

K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування, $K_m = 1,0 \dots 2,2$;

η_z – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{осн}$ – коефіцієнт використання обладнання по основному часу.

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,84 \cdot 0,85}{1860 \cdot 1} = 1,49.$$

Приймаємо 1 токаря.

Кількість верстатників на операції 010 складає:

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,88 \cdot 0,63}{1860 \cdot 1} = 1,2.$$

Приймаємо 2 токаря.

Кількість верстатників на операції 015 складає:

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 4060 \cdot 0,005 \cdot 0,72}{1860 \cdot 1} = 0,008.$$

Приймаємо 1 верстатника.

Результати розрахунків записуємо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Кількість робітників-верстатників

№ оп.	Назва операції	Прийнята кількість верстатів, C_{np}	Φ_d , год.	η_z	$\eta_{осн}$	K_m	P_i , чол.	P_{np} , чол.
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,84	0,85	1	1,49	2
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,88	0,63	1	1,2	2
015	Протягувальна	1	4060	0,005	0,72	1	0,008	1

Так як на операціях 005, 010 робітники повністю не завантажені, то приймаємо по 2 робітника на кожну операцію, які будуть працювати в дві зміни і потрібно довантажити їх роботою з іншими деталями. На операції 015 робітник завантажений лише на 0,8%, тому його потрібно залучати до виконання інших операцій.

Згідно таблиці 3.6 сума всіх основних робочих – 5 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{дон} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,0 \dots 1,25.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При великосерійному виробництві кількість ІТР складає 15-21% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ИТР} = (0,15 \dots 0,21) \cdot 3 = 0,45 \dots 0,63.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР. Він має бути довантажений роботою інших дільниць.

Кількість службовців при великосерійному виробництві складає 0,6-1,6% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП} = (0,006...0,016) \cdot 5 = 0,03...0,08.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде працівник механічного цеху, який буде працювати на декількох дільницях механічної обробки.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{МОП} = 0,02 \cdot (5+1+1+1) = 0,16.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу, оскільки він є не завантаженим, то він буде працювати і на інших дільницях механічної обробки.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість, чол.
Основні робітники-верстатники	розрахунок	2,69	5
Допоміжні робітники	20...25%	1,0...1,25	1
ІТР	15...21%	0,45...0,63	1
СКП	0,6...1,6%	0,03...0,08	1
МОП	2%	0,16	1

3.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі

типу «Фланець». При цьому розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 47500 шт. (проектується дільниця, на якій вироблятиметься 3 подібні деталі).

Завантаження верстатів є досить високим при заданій приведеній програмі випуску виробів на операціях токарно-револьверних 005, 010. На операції протягувальній, яка є досить специфічною, коефіцієнт завантаження складає лише 0,5%. Щоб довести до рекомендованого значення в умовах великосерійного виробництва 0,65-0,75, програма оброблюваних деталей на цьому верстаті повинна бути в 130-150 разів більшою.

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим. Це свідчить про доцільність використання запропонованого варіанту технологічного процесу, обладнання.

Дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол. Всі працівники (крім основних робітників-верстатників) не завантажені роботою на даній дільниці і вони обслуговують ще інші дільниці.

4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ»

4.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки [3]

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

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

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

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

Продовження таблиці 4.1

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

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

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	1	2	2
3	2	3	2
4	1	2	1
5	2	2	3
6	2	4	1
7	3	1	3
8	2	1	1
9	3	3	4
10	2	2	3
11	2	3	4
12	2	2	4
Сума балів	СБ ₁ = 24	СБ ₂ = 28	СБ ₃ = 30
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{24 + 28 + 30}{3} = 27,3$		

Згідно таблиці 4.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

зору, варіанту інженерного рішення.

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

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

Таблиця 4.3 – Основні параметри інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

де P_{Hi} – числове значення i -го параметра інноваційного рішення; n –

кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінювання; α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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

Таблиця 4.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	6	3	2	0,4
Кількість основних робітників, чол.	12	5	2,4	0,2
Середній розряд робітників	5	3,33	1,5	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,44	0,575	1,31	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,52	0,73	1,4	0,15
Собівартість заготовки, грн.	70,27	68,06	-	-

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

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}, \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (4.3)$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{я.с.} = 2 \cdot 0,4 + 2,4 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,1 + 1,31 \cdot 0,15 + 1,4 \cdot 0,15 = 1,84.$$

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

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

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

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

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (4.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

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

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,84. За формулою (4.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{68,06}{70,27} = 0,97.$$

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

$$K = \frac{1,84}{0,97} = 1,9.$$

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

4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»

4.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [3]:

$$K = Z_o + Z_{дод} + Z_n + B_{буд} + B_{обл} + B_{тр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пу} + B_{не} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

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

4.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,82	10	4318,2	
Інженер-технолог	8000	363,64	8	2909,12	
Інженер-конструктор	8000	363,64	5	1818,2	
Економіст	8000	363,64	2	727,28	
Всього				3 _о	9772,8

4.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 9772,8 = 977,28 \text{ (грн.)}$$

4.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

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

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

$$Z_n = (9772,8 + 977,28) \cdot 0,22 = 2365,02 \text{ (грн.)}$$

4.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

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

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

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

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 105 = 63000 \text{ (грн.)}$$

4.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 4.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ40	650000	1	1,1	715000
2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	550000	1	1,1	605000
3	Вертикально-протягувальний верстат 7Б64	350000	1	1,1	385000
Всього					Σ 1705000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 2 верстати 16К20Т1 – $2 \cdot 200000 = 400000$ (грн.);
- 1 верстат 2М55 – 70000 грн.;
- 1 верстат 6Р13РФ3 – 200000 грн.;
- 1 верстат 3А240 – 150000 грн.;
- 1 верстат 7А412 – 800000 грн.

Всього реалізовано верстатів на 900000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 1705000 - 900000 = 805000 \text{ (грн.)}$$

4.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

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

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

$$B_{то} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 805000 \cdot 0,10 = 80500 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{овв} = 80500 \cdot 0,25 = 20125 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{квт} = 0,1 \cdot 80500 = 8050 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{осн} = B_{то} + B_{овв} + B_{квт} \text{ [грн.]}; \quad (4.16)$$

$$B_{осн} = 80500 + 20125 + 8050 = 108675 \text{ (грн.)}$$

4.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

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

4.2.10 Вартість програм керування

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

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

$$B_{ny} = 0,1 \cdot 805000 = 80500 \text{ (грн.)}$$

4.2.11 Величина передвиробничих витрат

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

4.2.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 9772,8 + 977,28 + 2365,02 + 63000 + 805000 + 108675 + 80500 = 1070290,1 \text{ (грн.)}$$

4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

4.3.1 Сировина та матеріали

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

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Фланець» складає 682,06 грн. (див. розділ 2).

4.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

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 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ40	22	0,059	3,03
010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30	6	0,045	0,67
015 Вертикально-протягувальний верстат 7Б64	11	0,0003	0,007
Всього			Σ 3,71

4.3.3 Основна заробітна плата робітників

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

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \text{ [грн.],} \quad (4.19)$$

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

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

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

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}} \text{ [грн.],} \quad (4.20)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_M = 4173$ грн. (на 01.01.2019 р.);

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

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

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

t_{zm} – тривалість зміни, год.

$$C = (4173 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 48 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1	2	3	4	5	6
005 Токарно-револьверна з ЧПК, 1П420ПФ40	0,062	3	1,35	48	3,312
010 Токарно-револьверна з ЧПК, 1В340Ф30	0,072	3	1,35	48	3,456
015 Вертикально- протягувальна, 7Б64	0,0004	4	1,5	53,35	0,021
Всього					Σ 6,8

4.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (4.21)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 6,8 = 0,68 \text{ (грн.)}$$

4.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn} \text{ [грн.]}, \quad (4.22)$$

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

$$Z_n = (6,8 + 0,68) \cdot 0,22 = 1,64 \text{ (грн.)}$$

4.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{заг}} = H_{\text{заг}} \cdot Z_p \text{ [грн.];} \quad (4.23)$$

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 6,8 = 17 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 4.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	68,06	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	3,71	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	6,8	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	0,68	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	Z_n	1,64	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	17	
Всього	S_v	97,9	

4.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

4.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$C_{\text{нп}} = S_v \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ [грн.],} \quad (4.24)$$

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

S_e – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 1.10.2017 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.

$$C_{\text{впр}} = 97,9 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 140,98 \text{ (грн.)}$$

4.4.2 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 $C_{\text{впр}} = 140,98$ грн.

4.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

$$\Pi = \left\{ \left[C_{\text{дого}} - \frac{(C_{\text{дого}} - M) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (4.25)$$

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

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для

виготовлення одиниці виробу, грн.;

S_e – 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, $q = 5...10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[140,98 - \frac{(140,98 - 68,06) \cdot 16,67}{100} - 97,9 - \frac{10 \cdot 97,9}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 47500 = \\ &= 771210 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

4.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

При оцінці ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників, як: чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект); внутрішня норма дохідності (прибутковості); індекс прибутковості; термін окупності.

4.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

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

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K \text{ [грн.]}, \quad (4.26)$$

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

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення

(проект), грн.;

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

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

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

$$NPV = \frac{771210}{(1+0,2)^1} + \frac{771210}{(1+0,2)^2} + \frac{771210}{(1+0,2)^3} + \frac{771210}{(1+0,2)^4} - 1070290,1 = 926167,8 \text{ (грн.)}$$

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

4.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (4.27)$$

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

A_t – амортизаційні відрахування у t -му році функціонування проекту на обладнання, яке безпосередньо було використано для розробки інноваційного рішення, грн.;

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

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

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{771210 + 771210 + 771210 + 771210}{1070290,1}} - 1 = 0,69.$$

4.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{П} \text{ [років]}, \quad (4.28)$$

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

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

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

$$T_o = \frac{1070290,1}{771210} = 1,39 \text{ (року)}.$$

4.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець», 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 1070290,1 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 771210 грн., термін окупності 1,39 року.

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

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

При виробництві деталі типу «Фланець» на дільниці механічної обробки можуть виникати небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що відносять до фізичної, хімічної і психологічної груп [20, 21].

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;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне освітлення, недостатнє освітлення 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);
- загальнотоксичні (оксид вуглецю).

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих акторів складають: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

Всі вимоги до техпроцесу, обладнання, приміщення зводяться до створення виробничих умов, які б були б безпечними для працюючих, не допускали

небезпеку контакту людини з небезпечною зоною. Тому обладнання, що використовуватиметься повинно бути оснащене огорожуючими запобіжниками, блокуючими і сигналізуючими пристроями.

Особливу увагу слід приділити до вимог безпеки виробничих приміщень. Ці приміщення повинні забезпечувати сприятливу виробничу обстановку і ліквідувати пожежну небезпеку. Об'єм виробничого приміщення повинен бути таким, щоб на одного працюючого припадало не менше 15 м³, а площа приміщення – не менше 4,5 м².

Для безпеки руху працюючих і зручності транспортування вантажів в цеху необхідно передбачити роздільні входи (в'їзди) і виходи (виїзди) для людей і транспорту. Двері і ворота повинні відкриватися назовні, щоб в випадку можливої пожежі не створити перешкоди масовому руху робітників. Крім цього слід передбачити в приміщенні допоміжні евакуаційні виходи.

Допоміжні приміщення повинні уміщуватися з виробничими.

Зовнішні стіни приміщення повинні мати таку товщину, при якій виключалась би можливість конденсації вологи на внутрішній поверхні.

На ділянці слід передбачити побутові приміщення, кімнати відпочинку, що дозволить створити сприятливі виробничі умови.

5.2.2 Мікроклімат в виробничому приміщенні

Роботи, що створюються на даній ділянці відносяться до категорії робіт II б – середньої важкості. Вони пов'язані з перенесенням вантажів масою до 10 кг, а також з ходінням працюючих. Ці роботи пов'язані з помірним фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в виробничому приміщенні є слідуючими: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

ГОСТ 12.1.005-88 визначає оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм подано в таблиці 5.1. Для нормалізації мікроклімату в виробничому приміщенні необхідно улаштувати вентиляцію і опалення, а також використовувати технологічний процес і обладнання, які б унеможливили б утворення шкідливих речовин і попадання їх в робочу зону.

Інтенсивність опромінення 100 Вт/м². Опромінення людського тіла не більше 25%.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв.	
		Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима не більше	Оптимальна не більше	Допустима не більше
			Верхня гран.	Нижня гран.				
холод.	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0,3	0,4
тепл.	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0,4	0,5

5.2.3 Опалення і вентиляція

В повітрі робочої зони в результаті технологічних процесів та роботи обладнання виділяються шкідливі речовини – пари мастил, окис заліза та двоокис кремнію тощо.

Система вентиляції приміщення, в якому здійснюється виготовлення деталі, буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

Механічна вентиляція буде здійснюватись за рахунок вентилятора з приводом від електродвигуна. При обертанні вентилятора створюється різниця тиску, в результаті чого повітря переміщується з приміщення (витяжна вентиляція) і в приміщення (проточна вентиляція).

Природна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густин повітря, що виникатиме за рахунок різниці температур повітря, а також за рахунок енергії вітру.

Для здійснення природної вентиляції будуть застосовуватись квартирки, ліхтарі, дефлектори.

Для компенсації втрат тепла і підтримання температури повітря в межах норми на дільниці передбачається встановлення систем опалення. Система

опалення буде комбінованою, тобто поєднуватиме в собі водного опалення (температура води понад 100°C) і повітряну систему (центральну). Використання такої системи дозволить підтримувати належний температурний режим. З мінімально можливими витратами.

5.2.4 Освітлення

Для освітлення приміщення використовується суміщене освітлення. Природне освітлення здійснюється комбінованим світлом-через вікна в зовнішніх стінах і ліхтар у перекриттях. Штучне освітлення є комбінованим. Джерелами загального штучного освітлення є газорозрядні лампи, а місцевого – лампи розжарення.

Передбачені норми штучного і природного освітлення регламентується згідно СНіП II-4-79. В таблиці 5.2 подано норму штучного освітлення, а також коефіцієнт природного освітлення для 2-го поясу світлового клімату в залежності від робіт, що виконуються на дільниці. Оскільки місцевість, на якій розташовано підприємство відносять до 4-го поясу світлового клімату, то нормоване значення коефіцієнту природного освітлення обчислюють за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot C \cdot m, \quad (5.1)$$

e_H^{III} – коефіцієнт природного освітлення для III поясу світлового клімату;

C – коефіцієнт сонячності клімату ($C = 0,9$);

m – коефіцієнт світлового клімату ($m = 0,75$).

Тоді

$$e_H^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,75 \%.$$

Таблиця 5.2 – Норми штучного освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комбін.	Комбін.
Високої точн.	Більше 0,15 до 0,3	2	в	Середн.	Середн.	750	2,5

Розрахунок достатності природного освітлення.

В приміщенні загальною площею 105 м^2 знаходяться вікна висотою $2,4 \text{ м}$ та шириною 3 м , площа якого становить $7,2 \text{ м}^2$. Розрахуємо КПО за формулою:

$$e_p^{\delta} = \varepsilon_{\delta} \cdot q \cdot r_1 \cdot \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (5.2)$$

де ε_{δ} – геометричний КПО в розрахунковій точці;

$$\varepsilon_{\delta} = 0,01 \cdot (P_1 + P_2), \quad (5.3)$$

де P_1, P_2 – кількість променів, що падають в розрахункову точку відповідно на поперечному перерізі та на плані приміщення;

$q = 0,77$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість хмарного неба;

$r_1 = 6,8$ – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання;

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5.4)$$

де $\tau_1 = 0,8$ – коефіцієнт пропускання матеріалу;

$\tau_2 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сплетіннях світлопроводу;

$\tau_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях;

$\tau_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці;

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,5;$$

K_3 – коефіцієнт запасу.

Підраховуємо кількість променів n_1 і n_2 , відповідно $n_1 = 11$; $n_2 = 44$.

Так як

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,01 \cdot (11 + 44) = 0,55,$$

то

$$e_p^{\sigma} = 0,55 \cdot 0,77 \cdot 6,8 \cdot \frac{0,5}{1,3} = 1,1\%.$$

Відхилення розрахункового значення від нормального становить 8,2%, що допускається.

Отже, в приміщенні надходить достатньо природного світла.

5.2.5 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядає мій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для даного виду трудової діяльності згідно ГОСТ 12.1.003-83 передбачено відповідні значення рівнів звукового тиску, рівня звуку і еквівалентний рівнів звуку (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівнів звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

5.2.6 Виробничі вібрації

Вібрація так як і шум негативно впливає на організм людини. Джерелом вібрацій є фактично кожна машина, як і при боротьбі з шумом, необхідно збалансувати тіла, що обертаються, зменшувати пульсацію робочих рідин та

газів. Вібрація, що може виникнути в даному виробничому приміщенні, відноситься до категорії третього типу. Параметри, що характеризують вібрацію і віброприскорення. Нормовані значення цих величин відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 подано в табл. 5.4 (для локальної вібрації) і в табл. 5.5 (для загальної вібрації).

Таблиця 5.4 – Нормовані значення вібрації і віброприскорення (для локальної вібрації)

Середньо геометрична частота, Гц	Нормативні значення в напрямках			
	віброприскорення		віброшвидкість	
	м/с ²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	136	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	150	1,4	109

Таблиця 5.5 – Нормовані значення вібрації і віброприскорення (для загальної вібрації)

Середньо геометричні частоти смуг, Гц	Допустимі значення нормуемого параметра		
	По віброприскоренню, м/с кв	По вібропровідності	
		м/с·10 ⁻¹	дБ
2,0	0,14	1,3	108
4,0	0,10	0,45	99
8,0	0,11	0,22	93
16,0	0,2	0,20	92
31,5	0,4	0,20	92
63	0,8	0,20	92

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Так, наприклад, для забезпечення віробезпеки виробничого обладнання потрібно використовувати вібродемпфування.

Вібродемпфування – рівень вібрації зменшується за рахунок перетворення енергії механічних коливань в теплову енергію. На вібруючі частини наноситься шар пружнов'язкого матеріалу.

5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

5.3.1 Техніка безпеки

При виконанні операцій технологічного процесу умови праці повинні бути максимально безпечними для працюючих. Ті операції технологічного процесу, при виконанні яких є небезпека ураження людини, повинні бути автоматизовані. Безпечність технологічного процесу визначає безпеку обладнання, що використовується.

Особливу небезпеку становлять рухомі станки і інструменти, обладнання уламки, що виникають внаслідок їх руйнування, а також стружка, що утворюється в процесі різання. Для захисту від них потрібно застосувати захисні екрани, які б закривали робочу зону. Особливу увагу слід приділяти робочому місцю верстатника. Органи керування повинні бути надійними, легкодоступними, зручними в користуванні. Їх розташовують або безпосередньо на обладнанні, або ж виносять на спеціальний пульт. Всі види технологічного обладнання повинні бути зручними для огляду, змащення, налагодження.

5.3.2 Електробезпека

Для живлення обладнання дільниці електричним струмом використовують трифазну чотири провідну мережу напругою до 1000 В з заземленою нейтраллю, напругою $U = 380/220$ В. Оскільки на дільниці мають місце такі небезпечні умови, як наявність струмопровідного типу, наявність струмопровідної підлоги (залізобетонна), а також є можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції і машин, то приміщення даної дільниці відносять до приміщень з металевих частин конструкції і машин, то приміщення даної дільниці відносять до приміщень з особливою небезпекою, тому для захисту працюючих від можливого ураження електричним струмом слід передбачити такі заходи.

1. Забезпечити недоступність струмопровідних елементів, що знаходяться під напругою для випадкового дотику. Застосування подвійної ізоляції.

2. Застосовувати занулення обладнання ділянки, що може опинитись під напругою.

3. Використання систем захисного відключення.

4. Використання малих напруг в лампах місцевого освітлення з сигналізацією.

5.4 Пожежна безпека

За ступенем вогнестійкості приміщення відносяться до I ступеню – приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями з природних чи штучних матеріалів, бетону, залізобетону з використанням листових чи плитних перегороджуючи матеріалів.

Ділянка механічної обробки відноситься до категорії виробництва «Д» – виробництва, в якому оброблюються негорючі речовини і матеріали в холодному стані (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Визначення категорії приміщення

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверхів в межах пожежного відділення, м ²
Д	6	I	не обмежується

Границі вогнестійкості наведені в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Мінімальні границі вогнестійкості і максимальні границі розповсюдження вогню, см

Стіни				Колони	Поверхові площадки, косоури, балки, марші сходові клітин	Елементи покриття
Несучі та сходових клітин	Само-несучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)			
2,5/0	1,25/0	0,5/0	0,5/0	2,5/0	1/0	0,5/0

Для запобігання пожеж в механічному цеху необхідно провести ряд заходів: встановити пожежні сповісники; навчити робітників елементарним правилам та

основам вогнегасіння; проводити своєчасні профілактичні огляди і випробовування обладнання; підвести на ділянку аварійне водопостачання; встановити повний комплекс пожежного щита.

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій.

5.5.1 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання 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.

До переліку елементів, від роботи яких залежить функціонування блоків системи ЧПК, відносяться: інтегральні схеми, конденсатори, резистори, діелектричні матеріали, напівпровідники, магнітні матеріали, мікропроцесори, транзистори та діоди. Граничні значення експозиційних доз іонізуючого випромінювання для цих елементів наведені в табл. ...

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

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи визначається з формули

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

де $t_n=1$, $t_k=10$ років $=87600$ год – відповідно, час початку і кінця опромінення системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{нос} = 1$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Таким чином

$$P_{зр. \min} = \frac{D_{зр} \cdot K_{нос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 1}{2(\sqrt{87600} - \sqrt{1})} = 16,8 \text{ Р/год.}$$

Таблиця 5.8 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для апаратної частини ЧПК верстатного обладнання

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр.іс}$, Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК в цілому, $D_{гр}$, Р
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 верстатного обладнання в умовах постійної дії іонізуючих випромінювань буде безпечною за умови, що потужність іонізуючих випромінювань не перевищуватиме 16,8 Р/год.

5.5.2 Оцінка безпеки роботи апаратної частини ЧПК верстатного обладнання 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 $K_{\text{Бmin}} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення

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

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

Максимальна довжина струмопровідних частин в горизонтальній площині $l_{\Gamma} = 0,2 \text{ м}$.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах визначається з рівняння

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

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}}, \quad \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

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

а вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,1224}{0,2} \approx 0,612 \text{ В/м}$$

Система ЧПК верстатів, що використовуються в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому $t = 0,1 \text{ см}$ і вище.

Використання сталевих екранів такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

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

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

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{\text{вск}}}{E_B} \text{ Дб,}$$

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

$$E_{\text{вск}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,612 \cdot 10^{\frac{63,7}{20}} = 937 \text{ В.}$$

Безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена в разі, коли вертикальна складова напруженості електричного поля не перевищуватиме 937 В/м.

Висновок. Згідно проведених розрахунків робота апаратної частини ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань буде безпечною за умови, що інтенсивність небезпечних чинників надзвичайних ситуацій не перевищуватиме, відповідно, потужність іонізуючих випромінювань – 16,8 Р/год і вертикальна складова напруженості електричного поля – 937 В/м.

5.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець», розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до двох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки.

В розділі техніко-економічного обґрунтування доцільності удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу, оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі типу «Фланець», а саме штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) і гарячештампувальних автоматах (ГША). Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку штампуванням на ГША, оскільки вартість заготовки при цьому складає 68,06 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на КГШП – 70,27 грн.

Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 47500 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол.

В науковій частині роботи проведено порівняльний аналіз результатів вибору припусків на механічну обробку плоских поверхонь в заготовці за двома методами: нормативним (дослідно-статистичним) та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що більш доцільним є варіант вибору припусків за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу, який гарантовано забезпечить одержання необхідних розмірів, тобто роботу без браку.

Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Фланець», визначені капітальні вкладення – 1070290,1 грн., одержаний прибуток – 771210 грн., термін окупності вкладень – 1,39 року.

В МКР також розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
3. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
4. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 105 с.
5. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и размерные напуски : ГОСТ 7505-89. – [Чинний від 1990-07-06]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 86 с.
6. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
7. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / В. Б. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / Ю. А. Абрамов, В. Н. Андреев, Б. И. Горбунов [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
10. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. / [сост. Мягков В. Д., Палей М.

А., Романов А. Б, Брагинский В. А.]; под ред. В. Д. Мягкова. – Л. : Машиностроение, 1983. – Ч. 1. – 1983. – 543 с.

11. Допуски и посадки : справочник : в 2-х ч. / [сост. Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б, Брагинский В. А.]. – Л. : Машиностроение, 1983. – Ч. 2. – 1983. – 448 с.

12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. Практикум : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.

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

14. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – М. : Экономика, 1990. – 206 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 473 с.

16. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

17. Дослідження величини припусків, визначених розмірним аналізом та за нормативними даними [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Б. В. Табаков, В. О. Сіроштаненко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4810>.

18. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей

машин. / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. – К. : ІСДО, 1993. – 304 с.

19. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

20. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах студентів технічних спеціальностей / Уклад. І. В. Віштак. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 45 с.

21. Охорона праці: навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів : Оріяна-Нова, 2007. – 368 с.

ДОДАТКИ

1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2 Мета і призначення МКР

а) мета – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на основі використання більш сучасного металорізального обладнання, оснащення, інструменту, що забезпечує зменшення кількості операції, їх концентрацію, а отже меншу кількість верстатів, робітників, площ, що призводить до зниження собівартості обробки, продукції, підвищення продуктивності праці, якості оброблюваних деталей;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3 Джерела розробки: завдання на МКР, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, існуючий аналог.

4 Вхідні дані для виконання МКР

При виконанні МКР в якості вхідних даних було задано:

- деталь типу «Фланець»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 8000 шт.;
- приведена програма – 47500 шт.;
- матеріал деталі – сталь 45 ГОСТ 380-94;
- серійність виробництва – великосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Фланець» на базі автоматизованого обладнання з вибором оптимального варіанту.

5 Вимоги до виконання МКР

МКР повинна бути виконана в задані терміни згідно завдання, затвердженого кафедрою ТАМ та замовником (якщо тема виконана за завданням підприємства).

При виконанні МКР забезпечити прийняття прогресивних інженерних рішень, що забезпечать досягнення поставленої мети.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

6 Етапи та стадії розробки

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4 основних частин:

- спеціальна;
- економічна частина;
- охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;
- графічна.

На кожну частину, завдання видає викладач відповідної кафедри, контролює процес роботи та візує виконану роботу підписом у бланку завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Спеціальна частина Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець». Розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».	04.10.19 р.	28.11.19 р.	розділ 2, 3 публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	04.10.19 р.	02.12.19 р.	пояснювальна записка

Загальне керівництво магістерською кваліфікаційною роботою здійснює викладач випускної кафедри, він же керує виконанням спеціальної частини.

7 Економічні показники: термін окупності; мінімальна ціна; річна потреба в продукції; економічна перевага в порівнянні з іншими.

8 Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, рецензія.

9 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами.

Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, яка затверджена наказом ректора.

10 Вимоги до оформлення МКР

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

11 Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

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

ЗАТВЕРЖДУЮ
керівник МКР: к.т.н., доцент каф. ТАМ

_____ Дусанюк Ж. П.

« ____ » _____ 201_ р.

Технічне завдання

на удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки

Найменування та область застосування

Удосконалений технологічний процес та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» призначена для механічної обробки поверхонь деталі згідно з кресленням, а також забезпечувати вимоги до точності деталі, що вказані в розділі «Технічні вимоги».

Дільниця механічної обробки повинна відповідати умовам безпечної роботи, передбаченими ГОСТ 12.2.029-77. Обладнання дільниці передбачається експлуатувати в приміщенні механоскладального цеху.

Підстава для проектування

Проектування дільниці механічної обробки деталі і удосконалення існуючого ТП механічної обробки на підставі технічного завдання до МКР, складеного керівником і затвердженого кафедрою ТАМ.

Мета і призначення розробки

Метою МКР є удосконалення існуючого базового ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» і проектування дільниці механічної обробки на базі сучасних технологій, обладнання і на основі наукової організації праці.

Джерела розробки

- Дійсне технічне завдання.
- Креслення деталі і заготовки.
- Базова маршрутна технологія механічної обробки деталі «Фланець».
- Єдина система конструкторської та технічної документації.
- Загальні правила по розробці технологічних процесів вибір засобів технологічної оснастки згідно ГОСТ 14.301-83.

Технічні показники

Вхідні дані для проектування дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»:

- річний об'єм випуску деталей – $N_p = 8000$ шт.;

- маса деталі – $m_d = 2,2$ кг;
- матеріал заготовки – сталь 45 ГОСТ 380-94.

Технічні вимоги на деталь вказані в робочому кресленні, що додається до дійсного технічного завдання.

Виробнича дільниця служить для розміщення на ній верстатів, транспортних ліній, завантажувальних пристроїв, пристосувань та іншого допоміжного обладнання.

Верстати в лінії повинні бути розташовані у відповідності з технологічним процесом механічної обробки.

Дільниця повинна бути спроектована відповідно до вимог безпеки праці і пожежної безпеки.

Вимоги до забезпеченості використання дільниці механічної обробки, спроектованої на основі розробленого технологічного процесу

Спроектowana дільниця механічної обробки повинна передбачати безпечність праці. Верстати, та пристосування на дільниці мають бути розташовані таким чином, щоб вони не заважали роботі працівників, тобто рухомі елементи верстатів (затискні ручки, захисні щити, які відокремлюють працівника від небезпечних зон верстатів) не повинні перекривати зону руху працівників. Проходи між верстатами повинні бути спроектовані з врахуванням того, що там можуть бути тимчасові склади для заготовок та напівфабрикатів, та візків, які транспортують заготовки в процесі обробки деталей, але це не повинно заважати рухатись робітнику.

Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту

Дільниця механічної обробки має цехову ремонтну базу і технічне обслуговування та ремонт здійснювати згідно правил ППР. Кінцеву підналадку і регулювання виконувати після обробки пробних заготовок.

Економічні показники.

До економічних показників входять:

- термін окупності;
- собівартість одиниці продукції;
- величина капітальних вкладень;
- економічна перевага в порівнянні з іншими.

Стадії та етапи розробки.

Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

Розробив _____

Сіроштаненко В. О.

Додаток Б

Графічна частина

Мета та завдання роботи

Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на основі використання більш сучасного металорізального обладнання, оснащення, інструменту, що забезпечує зменшення кількості операцій, їх концентрацію, а отже меншу кількість верстатів, робітників, площ, що призводить до зниження собівартості обробки, продукції, підвищення продуктивності праці, якості оброблюваних деталей..

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- 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 «Фланець»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- виконати порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика порівняльного аналізу та вибору найбільш доцільного методу вибору припусків на механічну обробку плоских поверхонь деталей.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі. При цьому запропоновані такі рішення:

- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки є штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) і гарячештампувальних автоматах (ГША). Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку штампуванням на ГША, оскільки вартість заготовки при цьому складає 68,06 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на КГШП – 70,27 грн.;
- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з використанням високопродуктивних верстагів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництві є економічно доцільним;
- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 47500 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

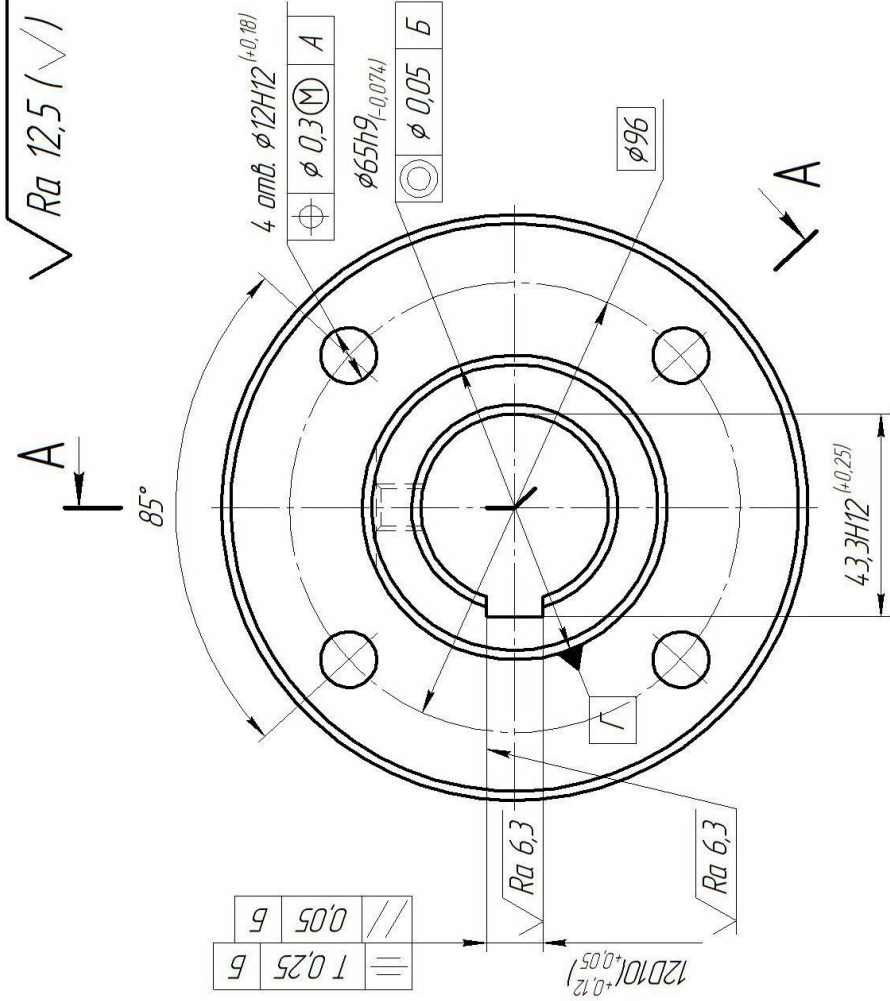
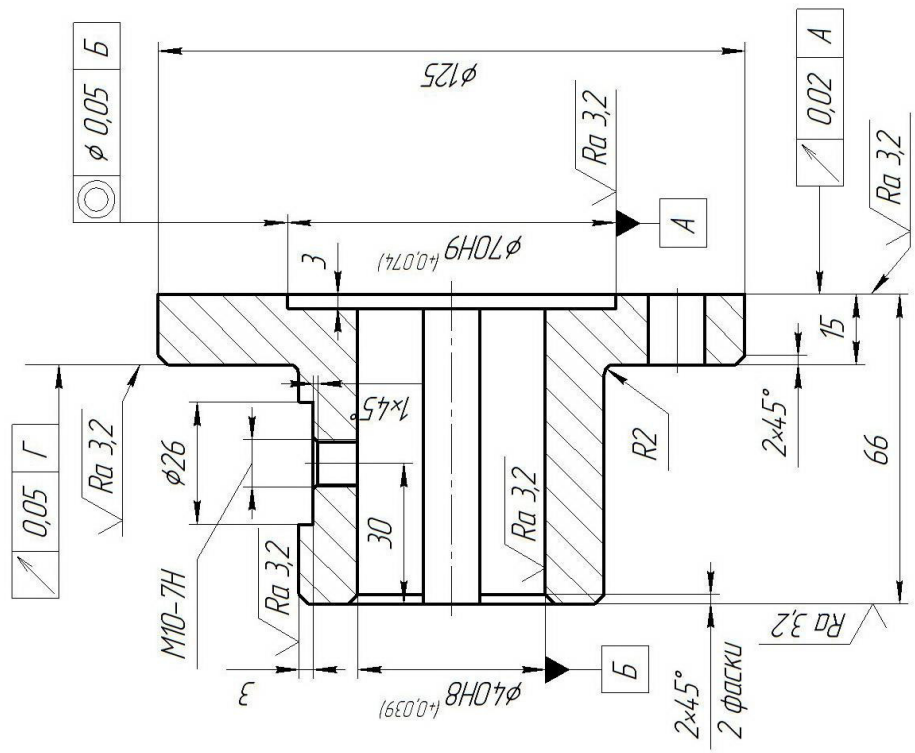
- XLVII науково-технічна конференція підрозділів ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 14-23 березня 2018 р.)

Публікації. Опубліковано тезу доповіді:

- Дослідження величини припусків, визначених розмірним аналізом та за нормативними даними [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Б. В. Табаков, В. О. Сіроштаненко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4810>.

08-26.МКР.022.00.001

A-A

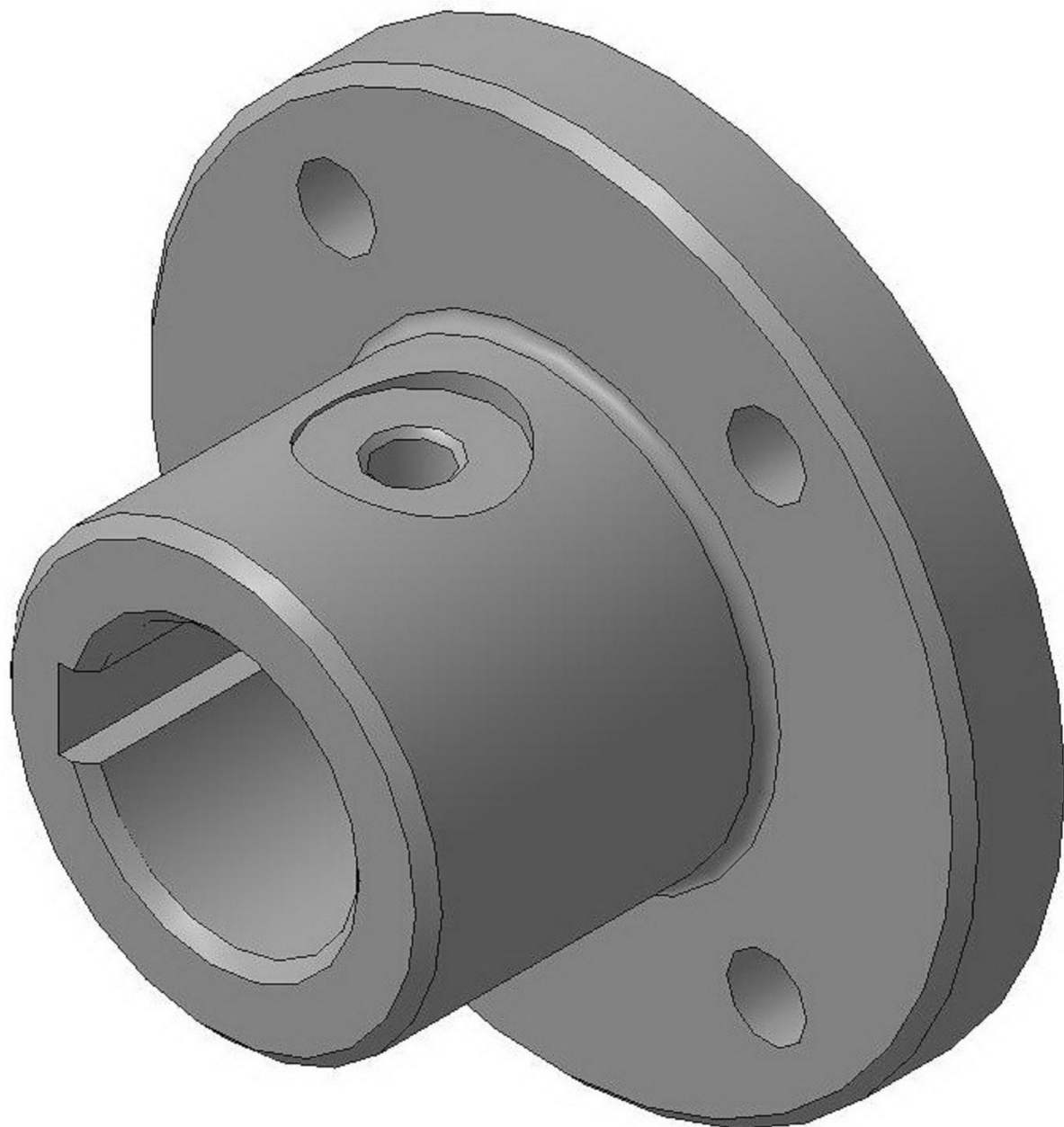


1. Неказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, ± $\frac{IT14}{2}$.
2. Допускається виготовлення шпонкового пазу по 12Н9.

Лист № подл.	Лист у дана	Взам. шиб. №	Маб. № дубл.	Лист у дана
Лист № подл.	Лист у дана	Взам. шиб. №	Маб. № дубл.	Лист у дана

08-26.МКР.022.00.001		Лист	Маса	Масштаб
Фланець			2,2	1:1
Сталь 45 ГОСТ 380-94		Лист	Листов	1
Копія		ВНТУ, ст. 2р. ППМ-18м		
Формат А3				

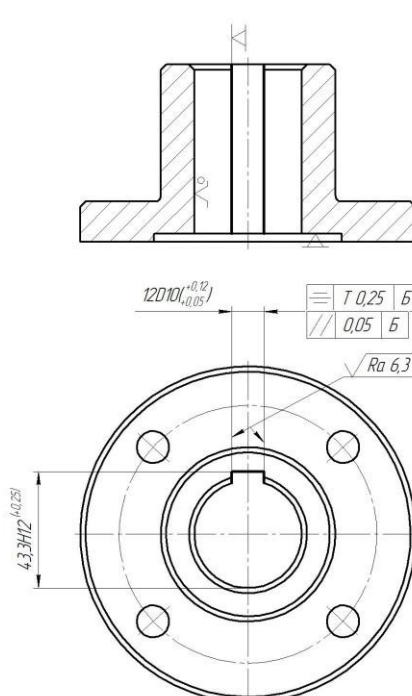
3D-модель деталі "Фланець"



Технологічний процес механічної обробки

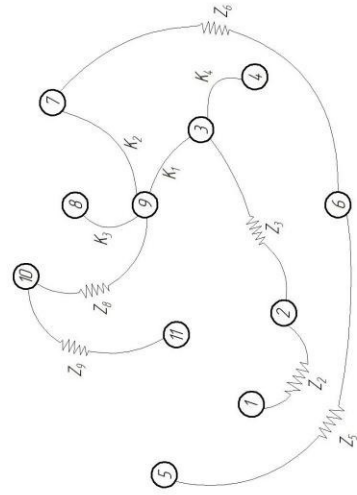
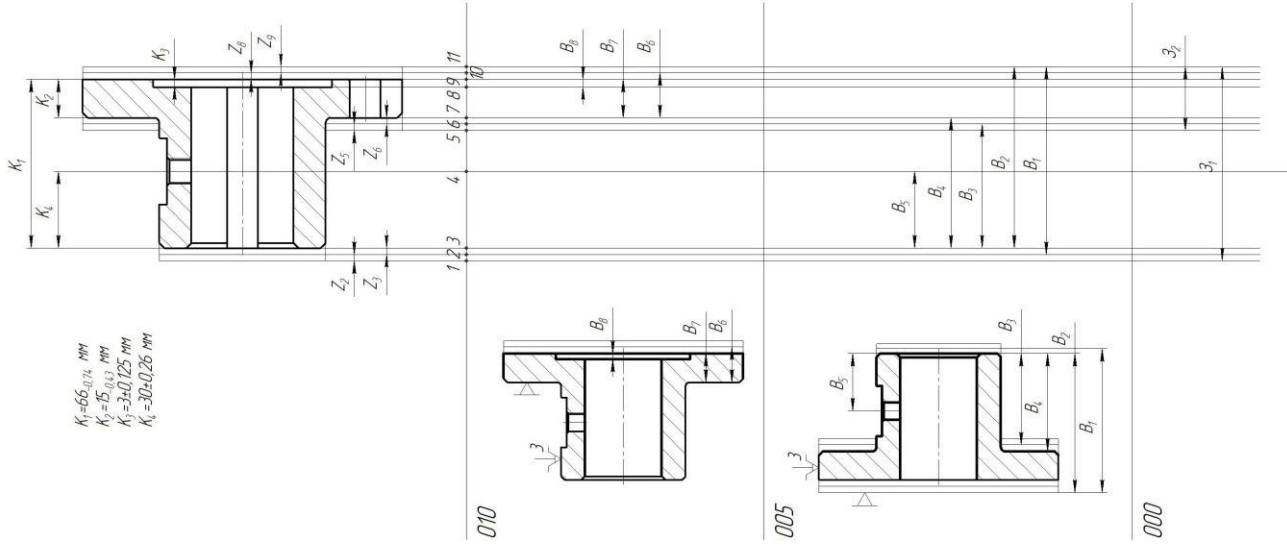
№ опер.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Моделі верстатів
005	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 попередньо в розмір $72,55_{-0,74}$ мм, точити поверхню 2 попередньо в розмір $\phi 65,25_{-0,3}$ мм, підрізати торець 3 попередньо в розмір $4,913 \pm 0,37$ мм. 3. Підрізати торець 1 остаточно, точити фаску 4 однократно, точити поверхню 2 остаточно, підрізати торець 3 остаточно, точити фаску 5 однократно в розмірі згідно екізу. 4. Свердлити отвір 6 в розмір $\phi 38^{+0,62}$ мм. 5. Розсвердлити отвір 6 в розмір $\phi 39^{+0,39}$ мм. 6. Розточити фаску 7 однократно в розмір згідно екізу, отвір 6 попередньо в розмір $\phi 39,3^{+0,25}$ мм. 7. Центрувати 4 отв. 8 в розмірі $\phi 5$ мм, $l=4$ мм. 8. Свердлити 4 отв. 8 в розмірі згідно екізу. 9. Фрезерувати поверхню 9 однократно в розмірі згідно екізу. 10. Центрувати отвір 10 в розмірі $\phi 4$ мм, $l=5$ мм. 11. Свердлити отвір 10 в розмір $\phi 9$. 12. Зенкувати фаску 11 в розмір згідно екізу. 13. Нарізати різьбу в отварі 10 в розмір згідно екізу. 14. Зняти заготовку. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓/✓)</p> <p style="text-align: center;">A-A</p> <p style="text-align: center;">B</p> <p style="text-align: center;">A</p> <p style="text-align: center;">85°</p> <p style="text-align: center;">4 отв. $\phi 5$ $l=4$ (M) A</p> <p style="text-align: center;">H14, h14, ±IT14/2.</p>	<p>Багатопроцесова токарно-револьверна з ЧПК 1П4.20ПФ40</p>
010	<p style="text-align: center;">Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Підрізати торець 1 попередньо в розмірі $17,43_{-0,43}$ мм, $68_{-0,74}$ мм, точити поверхню 2 однократно в розмір згідно екіза. 3. Підрізати торець 1 остаточно в розмірі згідно екіза. 4. Розточити поверхню 3 остаточно в розмір $\phi 39,9^{+0,62}$ мм. 5. Підрізати торець 5 однократно в розмір згідно екіза, розточити поверхню 4 попередньо в розмір $\phi 66H12^{(+0,3)}$ мм. 6. Розточити поверхню 4 попередньо в розмір $\phi 69,5H10^{(+0,12)}$ мм. 7. Розточити поверхню 4 остаточно в розмір згідно екіза. 8. Розвернути поверхню 3 однократно в розмір згідно екіза. 9. Зняти заготовку. 	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓/✓)</p> <p style="text-align: center;">A-A</p> <p style="text-align: center;">B</p> <p style="text-align: center;">A</p> <p style="text-align: center;">H14, h14, ±IT14/2.</p>	<p>Токарно-револьверна з ЧПК 1В34.0Ф30</p>

Технологічний процес механічної обробки (продовження)

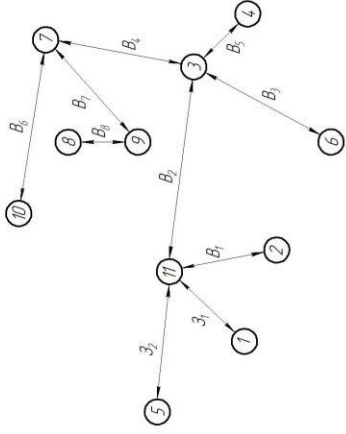
№ опер.	Назва операції, переходи	Ескіз обробки, схема установки	Моделі верстатів
015	<p style="text-align: center;">Протягувальна</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Протягнути паз 1 однократно в розміри згідно ескіза. 3. Зняти деталь.</p>	<div style="text-align: right;">√ Ra 12,5 (√1)</div>  <div style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2.</div>	Вертикально-протягувальний 7564

Розмірний аналіз технологічного процесу

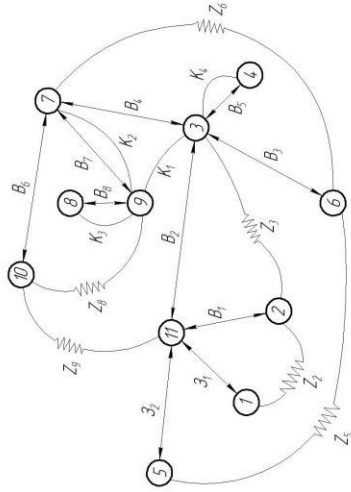
Розмірна схема технологічного процесу



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



Суміщений граф

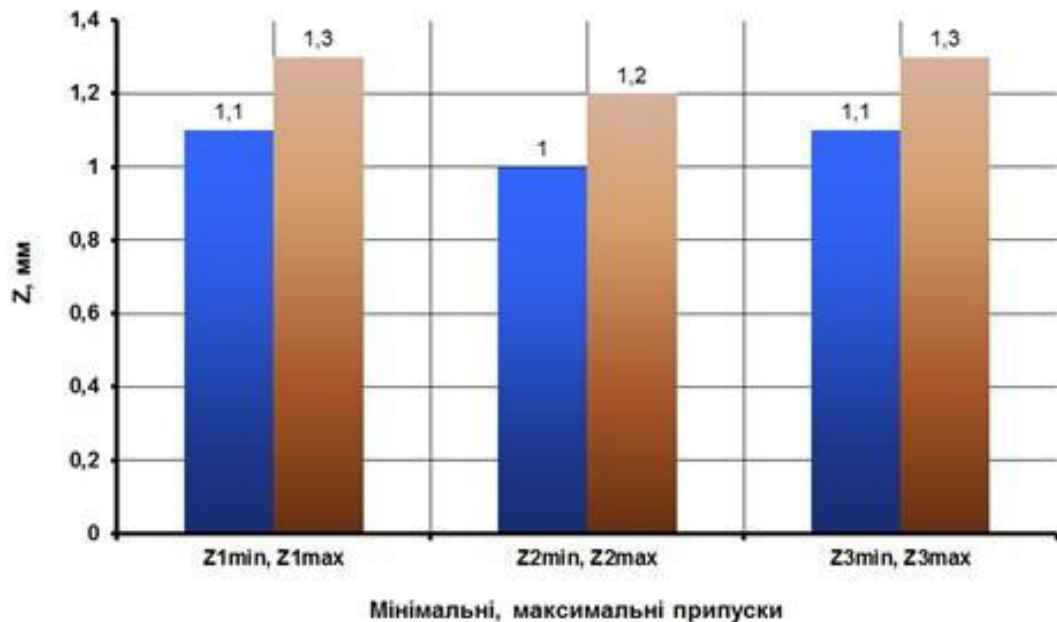
Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуск, мм

Початковий розмір	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру в технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	тип розмір	max розмір				
B_1	7181	7255	0,74	7255	$7255_{-0,74}$	-
B_2	7007	7081	0,74	7081	$7081_{-0,74}$	-
B_3	4876	495	0,74	4913	$4913_{-0,37}$	-
B_4	5007	5144	0,74	5107	$5107_{-0,37}$	-
B_5	2974	3026	0,52	30	$30_{-0,26}$	-
B_6	17	17,43	0,43	17,43	$17,43_{-0,43}$	-
B_7	14,56	15	0,43	15	$15_{-0,43}$	-
B_8	3,125	2,875	0,25	3	$3_{-0,25}$	-
Z_1	74,05	75,65	1,6	75,65	-	$75,65_{-1,6}$
Z_2	24,05	25,25	1,2	25,25	-	$25,25_{-1,2}$

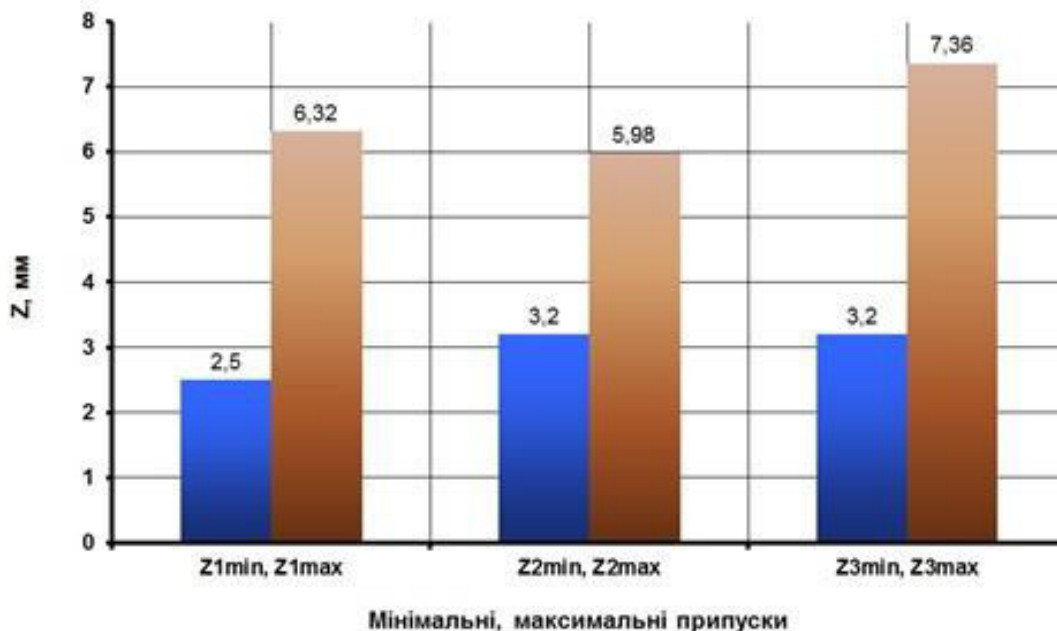
Значення припусків, мм

Припуск	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}				
	Граничні значення	Z_{max}	15	10	20	12	12	20	Z_{min}	3,84	2,48	4,68	2,68	2,87

Порівняльний аналіз результатів вибору припусків на обробку плоских поверхонь деталі типу «Фланець», визначених за нормативними даними та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу



а)



б)

Рисунок 1 – Величина припусків:
а – за нормативами; б – згідно розмірного аналізу

Техніко-економічні показники

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Удосконалений маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>2,2</i>	<i>2,2</i>
<i>Річна програма випуску, шт.</i>	<i>8000</i>	<i>8000</i>
<i>Приведена програма випуску, шт.</i>	<i>4 7500</i>	<i>4 7500</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>2,94</i>	<i>2,69</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,74</i>	<i>0,81</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	<i>70,27</i>	<i>68,06</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>6</i>	<i>3</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{зсер}$</i>	<i>44%</i>	<i>57,5%</i>
<i>Середній коефіцієнт використання за основним часом, $\eta_{зосер}$</i>	<i>52%</i>	<i>73%</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>12</i>	<i>5</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>5</i>	<i>3,33</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>180</i>	<i>85</i>
<i>Собівартість одиниці продукції, грн.</i>	<i>139,32</i>	<i>97,9</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>1070290,1</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>771210</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>1,39</i>

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до двох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки.

1. В розділі техніко-економічного обґрунтування доцільності удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу, оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі типу «Фланець», а саме штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) і гарячештампувальних автоматах (ГША). Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку штампуванням на ГША, оскільки вартість заготовки при цьому складає 68,06 грн., що менше у порівнянні з штампуванням на КГШП – 70,27 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

4. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в великосерійному виробництві, яка складає 47500 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працівників на дільниці – 9 чол.

ВИСНОВКИ

(продовження)

5. В науковій частині роботи проведено порівняльний аналіз результатів вибору припусків на механічну обробку плоских поверхонь в заготовці за двома методами: нормативним (дослідно-статистичним) та за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що більш доцільним є варіант вибору припусків за допомогою розмірного аналізу технологічного процесу, який гарантовано забезпечить одержання необхідних розмірів, тобто роботу без браку.
6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Фланець», визначені капітальні вкладення – 1070290,1 грн., одержаний прибуток – 771210 грн., термін окупності вкладень – 1,39 року.
7. В МКР також розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець».