

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 ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»

08-26.МКР.006.00.000 ПЗ

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

Боровський Д. А. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

«___» _____ 201_ р.

Рецензент: _____

«___» _____ 201_ р.

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

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

ПОГОДЖЕНО
Директор _____
(назва підприємства)

(ініціали та прізвище директора)

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

(підпис)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Боровському Дмитру Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»

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

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

2. Строк подання студентом МКР: _____

3. Вихідні дані до МКР: креслення деталі «Корпус підшипника 420.008-01»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 7500 шт.; довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»; вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отвору в заготовці деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на настроєних верстатах; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»; економічна доцільність удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус підшипника 420.008-01» (А2); 3D-модель деталі (А1); заготовка деталі (випуск) (А2); маршрут механічної обробки (2А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень на 010 операцію (2А1); вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отвору (4А1); план дільниці механічного цеху (А1); техніко-економічні показники (А1)

6. Консультанти розділів МКР

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'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)

Боровський Д. А.

Керівник МКР

(підпис)

Репінський С. В.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	13
1.1 Сутність технічної проблеми	13
1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення	13
1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	15
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	17
1.5 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу	18
1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	19
1.7 Розробка технічного завдання на МКР	21
1.8 Висновки	21
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»	22
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	22
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	26
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки	31
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	47
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого	

	5
технологічного процесу	52
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	55
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	58
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	64
2.10 Призначення режимів різання	75
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	82
2.12 Розрахунок технічних норм часу	84
2.13 Висновки	87
3 ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ	88
3.1 Мета, завдання дослідження	88
3.2 Результати дослідження	89
3.3 Висновки	98
4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»	100
4.1 Розрахунок приведеної програми	100
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	105
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	107
4.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці	108
4.5 Висновки	110
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»	111
5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки	111
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»	118

	6
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	123
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	127
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	128
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	129
5.7 Висновки	131
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	132
6.1 Аналіз умов праці	132
6.2 Організаційні рішення щодо безпечної праці	132
6.3 Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на дільниці	136
6.4 Пожежна безпека	137
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	138
6.6 Висновки	142
ВИСНОВКИ	143
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	145
ДОДАТКИ	148

АНОТАЦІЯ

Боровський Д. А. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» : дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Д. А. Боровський. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» шляхом використанні принципу концентрації операцій та реалізації його на багатоцільових верстатах, що дає можливість забезпечити необхідну точність, якість оброблених деталей, скорочення часу обробки, кількості необхідного обладнання, інструменту, оснащення, виробничих площ, витрат електроенергії і відповідно технологічну собівартість виконання операцій механічної обробки, собівартість продукції.

Для досягнення поставленої мети проведено огляд технологій виготовлення деталей типу «Корпус»; виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; виконано розрахунок припусків; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи виконано дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки партії заготовок корпусної деталі на настроєному верстаті на кількісні значення припусків для розточування головного отвору.

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

Borovskyi D. A. Improvement of the technology of mechanical processing of the workpiece of the type «Bearing housing 420.008-01» : dissertation for obtaining the educational qualification level of master's degree in specialty 131 «Applied mechanics» / D. A. Borovskyi. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnitsia, 2019.

The purpose of the work is to improve the technology of machining workpiece workpiece type «Bearing housing 420.008-01» by using the principle of concentration of operations and its implementation on multi-purpose machines, which allows to provide the required accuracy, quality of workpieces, reduction of processing time, the amount of necessary equipment, tools, equipment, production areas, electricity costs and, accordingly, the technological cost of performing machining operations, the cost of production.

To achieve this goal, a review of technologies for manufacturing parts of the «Body» type was carried out; made a variant choice and feasibility study of the method of manufacturing the workpiece; variants of the route of mechanical processing of details of the type «Bearing housing 420.008-01» using modern CNC machine tools and the choice of the best of them at the minimum of the given costs are developed; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; allowances have been calculated; 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 study, the influence of the scheme of basing on the first operation of the technological process of machining the batch of workpiece body parts on the configured machine on the quantitative values of the allowances for boring the main hole was performed.

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 safety and security measures have also been developed.

The graphic part illustrates the illustrations in the explanatory note.

ВСТУП

Актуальність. Одним із найважливіших питань економічної стратегії розвитку машинобудівної промисловості є прискорення науково-технічного прогресу шляхом широкого використання передової техніки, прогресивних технологічних процесів, підвищення рівня механізації, автоматизації виробництва, створення роботизованих верстатних комплексів, гнучких виробничих систем. Вирішення поставлених задач базується на використанні верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які дозволяють обробляти заготовки деталей машин з меншими витратами такої ж широкої номенклатури, як і на універсальних верстатах.

Впровадження верстатів з ЧПК створює умови для реалізації якісно нових процесів механічної обробки, які забезпечують високу точність та якість продукції, значне підвищення продуктивності праці, зниження собівартості виробів.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» шляхом використання принципу концентрації операцій та реалізації його на верстатах з ЧПК, що дає можливість забезпечити необхідну точність, якість оброблюваних деталей, скоротити час обробки, кількість необхідного обладнання, інструменту, оснащення, виробничих площ, витрат електроенергії і відповідно технологічну собівартість виконання операцій механічної обробки, собівартість продукції.

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

- провести техніко-економічне обґрунтування удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;

- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус підшипника 420.008-01»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати припуски;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- виконати порівняльний аналіз впливу різних схем базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на величину припуску для розточування головного отвору;
- 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 «Корпус».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної

обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика порівняльного аналізу та вибору найбільш доцільної схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки корпусної деталі для досягнення мінімальної величини припуску на обробку найбільш точної поверхні, а саме головного отвору.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» 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 деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» є лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші та лиття в оболонкові форми. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки вартість заготовки при цьому складає 249,6 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 380,6 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» з використанням високопродуктивних багатоцільових верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки розраховано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в серійному виробництві, яка складає 41140 шт.; дільниця механічної обробки

повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працюючих на дільниці – 10 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:

- Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в корпусних деталях [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Д. А. Боровський, В. В. Черноокій // 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/4958>.

Оpubліковано статтю у журналі з переліку ДАК України:

- Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в заготовках корпусних деталей на настроєних верстатах / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Д. А. Боровський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 6(141). – С. 95–103.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Сутність технічної проблеми

Темою магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» шляхом застосування сучасного обладнання із більш широкими технологічними можливостями. При виконанні роботи потрібно також удосконалити дільницю механічної обробки, оскільки існуюча на базовому підприємстві дільниця не задовольняє виробництво по ряду показників: кількості обладнання, працюючих, площі тощо.

Отже, на даному етапі поставлено завдання використати більш прогресивне металорізальне обладнання, що в подальшому приведе до підвищення продуктивності праці, зниження собівартості виробів, підвищення їх якості.

Одним із основних способів вирішення даної проблеми є впровадження у виробництво багатоцільових верстатів. Їх особливістю є універсальність, поєднана з автоматизацією процесів обробки, висока надійність спеціальних верстатів, підвищення продуктивності обробки в 2-5 рази, можливість порівняно швидкої переналадки (що є важливим) при переході від обробки деталей одного типорозміру до іншого, при використанні таких верстатів скорочуються простой верстата, підвищується доля машинного часу, скорочується об'єм контрольних операцій.

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

Об'єктом виробництва є деталь «Корпус підшипника 420.008-01» (рис. 1.1), що є базовою деталлю опорних вузлів для валів і трансмісій. По посадочній поверхні $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ базуються підшипники, які є опорами для валів. В канавці $b = 5,5$ мм встановлена манжета. Різьбові отвори M10-H7 (3 шт.) є кріпильними.

Основними поверхнями, якими деталь базується в вузлі, є основа деталі 195×45 і два отвори $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$.

Допоміжними поверхнями, якими деталь спрягається із суміжними деталями є отвір $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$, правий торець деталі, торець отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$, канавка $b = 5,5$ мм, поверхня платиків розміром 22, отвір $\varnothing 41H9^{(+0,062)}$.

Кріпильними є різьбовий отвір M10-1,25-G8 під штифт, отвори M10-7H (3 отв.) для закріплення кришки.

Решта поверхонь є вільними.

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

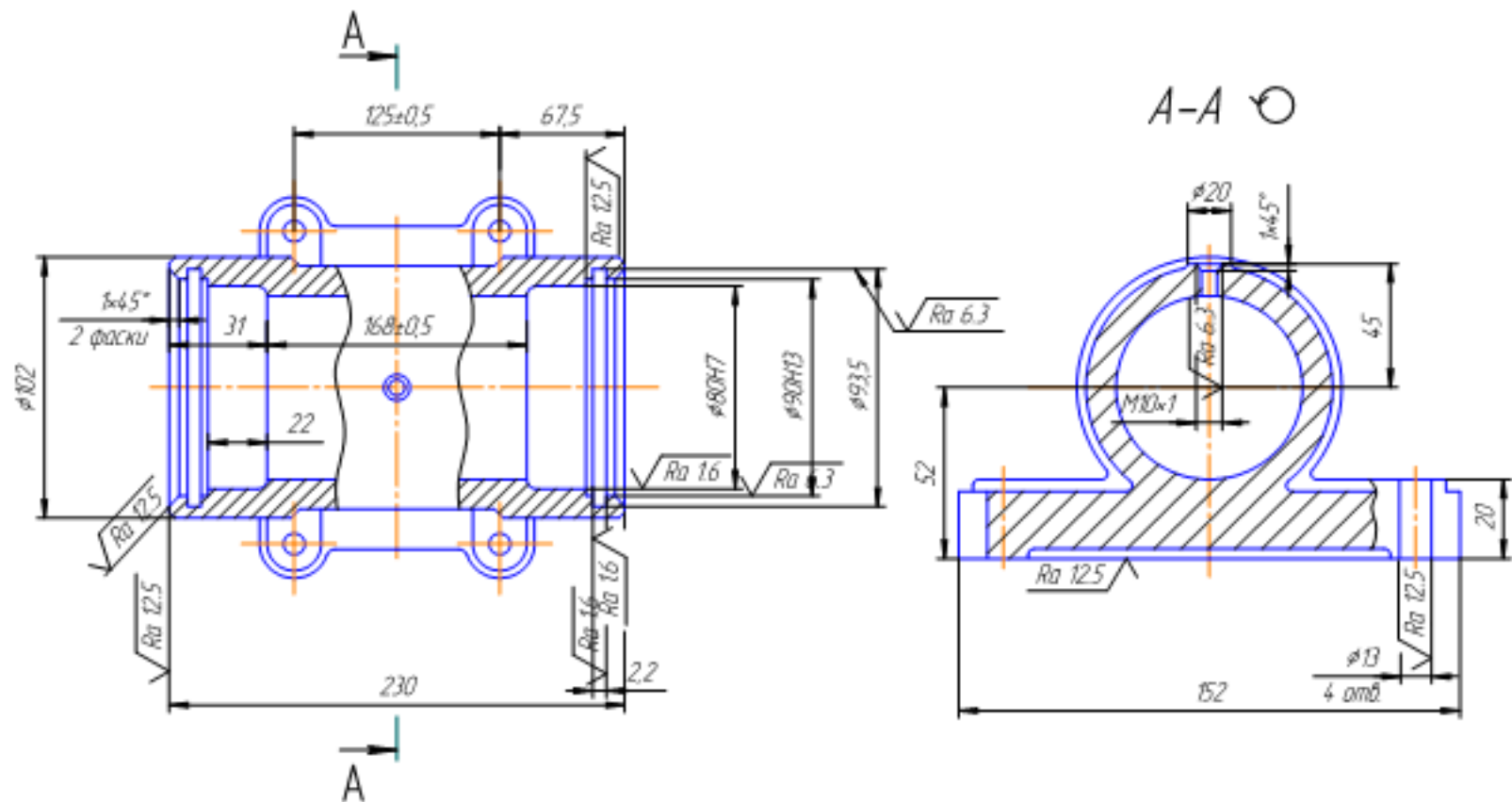
Для проектування технологічного процесу виконано аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах середньосерійного виробництва.

В машинобудуванні широко поширені деталі типу «Корпус» з різними конструкторськими особливостями. Існують розроблені типові технологічні процеси механічної обробки корпусів.

Типовим технологічним процесом для заданої деталі є технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» (рис. 1.2) [1]. Конструкція деталі «Корпус підшипника 420.008-01» і деталі «Корпус» мають як подібні, так і відмінні елементи.

Розглянемо приклад типового маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус», що наведений в таблиця 1.1 [1].

Для розглядуваної деталі «Корпус підшипника 420.008-01» технологічний процес механічної обробки умовно можна поділити на наступні етапи: виготовлення заготовки; фрезерування поверхонь; чорнова токарна обробка; свердління, нарізання різі; розточування отворів; чистова токарна обробка; фрезерна обробка.



Заготовка – виливок.

Матеріал – чавун СЧ 18.

Кількість деталей із заготовки – 1.

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Корпус»

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Фрезерувати поверхню основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати поверхню бобишки $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різь $M10 \times 1 - 7H$ в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ попередньо. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ попередньо. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Притупити гострі кромки.	Багатоцільовий з ЧПУ і інструментальним магазином IP500MФ4	Наладка УСПО
020	Технічний контроль.		
025	Нанести антикорозійне покриття.	Верстак	

Аналіз типового технологічного процесу механічної обробки дозволяє зробити висновок про те, що схема обробки, яка використовується, може бути прийнята за основу. Враховуючи тип виробництва доцільно застосувати верстати з ЧПК. Обробка ведеться партіями, відбувається зміна оброблюваних деталей одного найменування на інше, тому необхідна постійна переналадка верстатів.

1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Тип виробництва – середньосерійний. Номенклатура деталей є не досить обмеженою. Деталі обробляються партіями, величина партії заготовок залежить від річної програми випуску деталі певного найменування. В базовому технологічному процесі використовуються 3 вертикально-фрезерних консольних верстати 6P13PФ3 та 2 вертикально-фрезерних консольних чотирьохкоординатних верстати ГФ2171М4. Їх застосування дає можливість забезпечити необхідну точність обробки деталей, але на сучасному етапі розвитку верстатобудування можуть бути застосовані більш високопродуктивні верстати з більшими широкими технологічними властивостями, з меншою собівартістю однієї верстатогодини.

Крім того, базовий технологічний процес має завищені припуски на обробку поверхонь деталей, використовуються не точні та не ефективні пристосування, не завжди забезпечується принцип співпадання технологічних та вимірювальних баз, переналагодження верстатів на обробку інших типорозмірів деталей займає значний час.

Тому виникло рішення щодо удосконалення базового технологічного процесу.

1.5 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу

Для усунення вказаних проблем та недоліків необхідно розробити нові технологічні процеси механічної обробки і на їх основі провести модернізацію дільниці. Перш за все необхідно використати більш гнучке, з можливістю швидкої переналадки на випуск нової продукції технологічне обладнання. Для забезпечення високої продуктивності обробки дане обладнання повинно працювати в автоматичному та напівавтоматичному режимі. Такі вимоги задовольняють верстати з ЧПК (багатоцільові). Тому в даному випадку слід всю токарну і фрезерну обробку виконати на вище застосованому багатоцільовому верстаті із використанням ріжучого інструменту з прогресивних матеріалів. Це дозволить суттєво скоротити витрати допоміжного часу на зняття та установку деталі.

Таким чином, удосконалений технологічний процес, порівняно з існуючими технологічними процесами, буде мати меншу кількість технологічних переходів і буде вимагати виконання меншої кількості операцій. Приймаємо даний варіант як найбільш оптимальний.

Таблиця 1.2 – Базовий варіант технологічного процесу

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК 6P13PФ3
010	Комбінована з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний три координатний верстат з ЧПК ГФ2171М
015	Комбінована з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний три координатний верстат з ЧПК ГФ2171М
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК 6P13PФ3
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК 6P13PФ3

Таблиця 1.3 – Удосконалений варіант технологічного процесу

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Багатоцільовий вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат ЛТ260МФ3
010	Токарно-револьверна з ЧПК	Токарно-револьверний підвищеної точності верстат з ЧПК 1П420ПФ30
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Багатоцільовий вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат ЛТ260МФ3
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Багатоцільовий вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат ЛТ260МФ3

1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу

1.6.1 Розрахунок економії собівартості одиниці продукції при удосконаленні технологічного процесу

Зменшення собівартості одиниці продукції можна спрогнозувати за формулою [2]:

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

де B_a – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції аналога, грн. (основної заробітної плати з нарахуваннями – 24,2 грн.);

B_n – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці нової продукції, грн. (основної заробітної плати з нарахуваннями – 13,53 грн.);

P – питома вага цієї статті витрат в собівартості аналога;

K_n – коефіцієнт, який ураховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки, $K_n = 1,1$.

Проведемо порівняння за статтею – заробітна плата:

$$\Delta S = (24,2 - 13,53 \cdot 1,1) \cdot 100 / 10 = 93,17 \text{ (грн.)}$$

1.6.2 Додаткові капітальні вкладення

Величину додаткових капітальних вкладень (ΔK) можна спрогнозувати за формулою:

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

де $(2 \div 4)$ – коефіцієнт, який враховує витрати на проектування, оренду приміщень тощо;

$V_{обл}$ – вартість обладнання, яке необхідно придбати для впровадження нового технологічного процесу, цеху, ділянки тощо, розширення або організація нового виробництва, грн.

Придбані верстати:

- 2 верстати ЛТ260МФ3 – $2 \cdot 550000 = 1100000$ (грн.);
- 1 верстат 1П420ПФ30 – 750000 грн.;

Всього: 1850000 грн.

Продані верстати:

- 2 верстати ГФ2171М4 – $2 \cdot 250000 = 500000$ (грн.);
- 3 верстати 6Р13РФ3 – $3 \cdot 150000 = 450000$ (грн.)

Всього: 950000 грн.

Відповідно додаткові капітальні вкладення складають:

$$K = 2 \cdot (1850000 - 950000) = 1800000 \text{ (грн.)}$$

1.6.3 Розрахунок терміну окупності технологічного процесу

Розрахуємо термін окупності нового технологічного процесу та порівняємо його з нормативним:

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

де N_2 – обсяг виробництва нової продукції за рік при застосуванні нового техпроцесу, шт.

Відповідно:

$$T_o = 1800000/(93,17 \cdot 7500) = 2,58 \text{ (років)},$$

що менше нормативного значення 3-5 років. Тому проведення удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» є доцільним.

1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Технічне завдання на МКР наведено у додатку А.

1.8 Висновки

На основі проведеного техніко-економічного аналізу можна зробити висновок, що дана розробка є перспективною для впровадження у виробництво як з технічної так і економічної точки зору, бо вона має можливість виготовляти продукцію за собівартістю нижчою ніж аналог, надає виробам кращих технічних показників. Це досягається використанням обладнання з ЧПК, але воно достатньо коштовне. Однак дане обладнання досить швидко окуповується. Це пояснюється зниженням браку, скороченням машинного часу. Зниження собівартості виробів досягається шляхом скорочення витрат на ремонт та обслуговування, скорочення витрат на електроенергію, на заробітну плату робітникам. Підвищення продуктивності праці досягається шляхом скорочення штучно-калькуляційного часу, машинного часу. Крім цього застосування більш сучасного обладнання з ЧПК дозволяє збільшити коефіцієнт багатостатного обслуговування, понизити кваліфікаційний рівень верстатників, що приводить до зменшення заробітної платні працівникам. Зважаючи на це, можна зробити висновок, що підвищення рівня автоматизації виробництва на дільниці механічної обробки доцільно здійснювати із застосуванням сучасного обладнання з ЧПК.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь «Корпус підшипника 420.008-01» (див. рис. 1.1) є базовою деталлю опорних вузлів для валів і трансмісій.

Групу конструкційних баз складають основні і допоміжні поверхні, визначені раніше (див. розділ 1). Бажано, щоб при механічній обробці конструкторська та технологічна бази співпадали. При цьому похибка базування $\varepsilon_{\delta} = 0$.

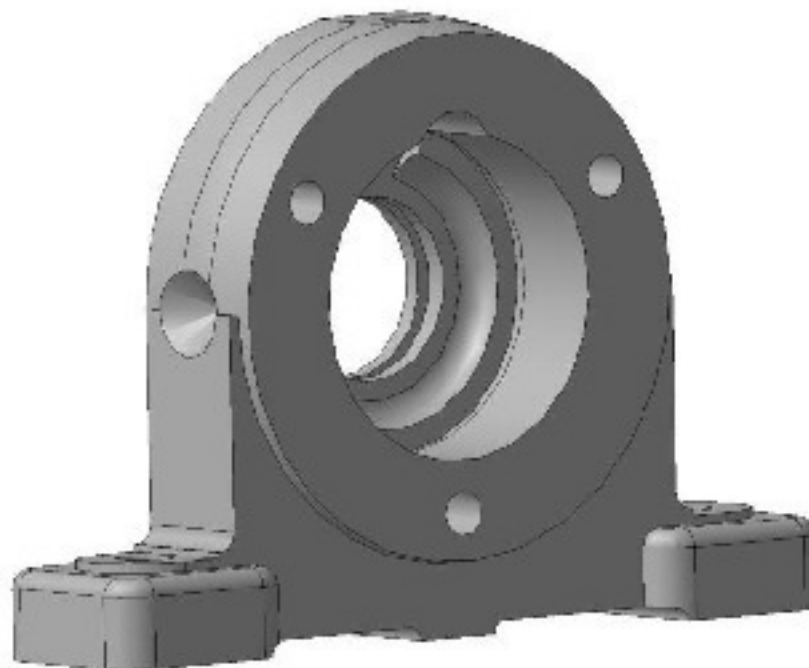


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Корпус підшипника 420.008-01»

Досить жорсткі технічні вимоги до точності механічної обробки обумовлені службовим призначенням деталі. Задана точність може бути досягнута на верстатах нормальної точності (Н).

Деталь середніх габаритних розмірів 195×45×134 мм. Досить складна конфігурація, наявність бобишок і платиків ускладнюють заготовку.

Мінімальна товщина стінок $S_{\min} = 13$ мм, металоемкість деталі $m = 3,51$ кг. Центральний отвір $\varnothing 41H9^{(+0,062)}$ обробляється на прохід, що полегшує його обробку. Глухий отвір $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ і торець обробити важче, збільшується

трудоемкість обробки.

Деталь жорсткої форми і її можна обробити на підвищених режимах різання. Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різьби, фаски, канавку тощо, що дає змогу застосувати стандартний ріжучий інструмент.

Деталь має досить зручні базові поверхні, всі поверхні доступні для обробки і контролю.

Матеріал деталі сірий чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85 добре піддається обробці різанням, має добрі ливарні якості, відносно недорогий. Використовується для виготовлення складної форми деталей.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад СЧ15 ГОСТ 1412-85, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
					не більше	
2-3,6%	до 2%	0,3-0,8%	0,25%	0,2-0,3%	0,2-0,6%	0,2-0,8%

Таблиця 2.2 – Механічні властивості СЧ15 ГОСТ 1412-85

Твердість HB	σ_p , МПа (кгс/мм ²)	σ_{zg} , МПа (кгс/мм ²)	Відносне видовження, %	Ударна в'язкість, кгс·м/см ²
160-210	150(15)	360(36)	0,25-1,2	0,2-0,6

2.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Згідно з ГОСТ 18831-74 кількісна оцінка технологічності оцінюється слідуючи ми показниками [3, 4].

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. 2.3).

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
155±0,15 12,5 (2 розм.) 18* (2 розм.) 45 _{-0,25} * 75±0,15* 134 3* (2 розм.) 20* 22* (2 розм.) 3,5* (2 розм.) 26±0,1* 3* 3,5 5,5 13* 1* (5 розм.) 12* 18* (3 розм.) 24* (3 розм.)	ø72H7 ^(+0,030) ø62 ø41H9 ^(+0,062) ø53* ø73 ø13H9 ^{(+0,043)*} (2 розм.) ø95±0,1 *	15°* 45°* (6 пов.)	Ra 12,5* (11 пов.) Ra 6,3* (14 пов.) Ra 3,2* (4 пов.) Ra 1,6*	M10×1,25-G8* M10-7H* (3 пов.)
$\Sigma_{\text{заг}} = 32$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 24$	$\Sigma_{\text{заг}} = 8$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 4$	$\Sigma_{\text{заг}} = 7$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 7$	$\Sigma_{\text{заг}} = 30$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 30$	$\Sigma_{\text{заг}} = 4$ $\Sigma_{\text{уніф}} = 4$

Примітка. «*» – уніфікований розмір.

$$K_y = \frac{69}{81} = 0,85 > 0,6 \text{ – деталь технологічна.}$$

Розрахунок коефіцієнта точності

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

де T_{cp} – середній квалітет точності розмірів;

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

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет точності (розміри, поверхні)	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 – $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	1	1·7 = 7
9 – $\varnothing 41H9^{(+0,062)}$; $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$	3	3·9 = 27
12 – $45_{-0,25}$; $75 \pm 0,15$; $26 \pm 0,1$	3	3·12 = 36
14 – всі інші	23	23·14 = 322
Сума	Σ 30	Σ 392

$$T_{cp} = \frac{392}{30} = 13,07; \quad K_T = 1 - \frac{1}{13,07} = 0,92 > 0,8 \text{ – деталь технологічна.}$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.4)$$

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

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

Таблиця 2.5 – Визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість Ra, мкм (розміри, поверхні)	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 – $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	1	1,6·1 = 1,6
3,2 – $45_{-0,25}$; $75 \pm 0,15$; $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$ (2 пов.)	4	3,2·4 = 12,8
6,3 – 12,5 (2 пов.); $45_{-0,25}$; 134; 22 (2 пов.); $26 \pm 0,1$; 3; 13; 1; $\varnothing 62$; $\varnothing 41H9^{(+0,062)}$; $\varnothing 53$; $\varnothing 73$	14	6,3·14 = 88,2
12,5 – всі інші	11	12,5·11 = 137,5
Сума	Σ 30	Σ 240,1

$$Ш_{cp} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 11}{30} = 8,0 \text{ (мкм)};$$

$$K_{ш} = \frac{1}{8,0} = 0,125 < 0,32 \text{ – деталь технологічна.}$$

Висновок. $K_y = 0,85 > 0,6$; $K_T = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,125 < 0,32$ – отже, деталь за кількісними показниками є технологічною. Розглянувши всі позитивні і негативні фактори з урахуванням кількісних показників можна зробити висновки, що деталь досить технологічна, але для обробки необхідні спеціальні пристосування, що збільшує трудомісткість механічної обробки.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [3, 4]:

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

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

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

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

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус підшипника 420.008-01» і занесені до таблиці 2.6.

Для записаних в таблиці 2.6 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$.

Згідно рекомендацій [3, 4] наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Таблиця 2.6 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку $T_{осн} \times 10^{-3}$ хв.	Параметри обробки, мм	$T_{осн}$, хв	φ_K	$T_{шт.к.}$, хв.	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Фрезерувати поверхню основи корпусу підшипника попередньо	$6 \cdot \ell$	$\ell = 195$	1,17	1,51	1,767	0,076	1	0,127	6	16,23
2	Фрезерувати поверхню основи корпусу підшипника остаточно	$4 \cdot \ell$	$\ell = 195$	0,78	1,51	1,18	0,051				
3	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,18 \cdot D \cdot \ell$	$D = 72H7;$ $\ell = 26$	0,337	1,36	0,458	0,0196	1	0,1	7,5	
4	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,2 \cdot d \cdot \ell$	$D = 72H7;$ $\ell = 26$	0,374	1,36	0,509	0,0218				
5	Розточити отвір корпусу під підшипник попередньо	$0,25 \cdot D \cdot \ell$	$D = 72H7;$ $\ell = 26$	0,468	1,36	0,636	0,027				
6	Розточити отвір корпусу під підшипник остаточно	$0,3 \cdot D \cdot \ell$	$D = 72H7;$ $\ell = 26$	0,562	1,36	0,76	0,0325				
7	Фрезерувати 2 поверхні бобишок під головки кріпильних болтів корпусу підшипника	$2 \cdot 6 \cdot \ell$	$\ell = 27,5$	0,33	1,51	0,498	0,0213	1	0,0213	35,2	

Визначено штучно-калькуляційний час

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

де φ_K – коефіцієнт (для верстатів з ЧПК).

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів

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

де $N = 7500$ шт. – річна програма випуску деталі «Корпус підшипника 420.008-01»;

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

F_{ϕ} – дійсний фонд роботи обладнання (для верстатів з ЧПК при 2-х змінній роботі $F_{\phi} = 3890$ год.);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (для серійного виробництва $\eta_{з.н.} = 0,75$).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P .

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Встановлено кількість операцій, які виконуються на i -му місці:

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

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

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях

$$\sum O_i = 6 + 7,5 + 35,2 = 48,7.$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів $\sum P = 3$.

Встановлено коефіцієнт закріплення

$$K_{z.o.} = 48,7/3 = 16,23.$$

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій, тип виробництва – середньосерійний,

$$10 < K_{z.o.} = 16,23 < 20.$$

Форма організації роботи [3, 4].

Добовий випуск виробів:

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

де 254 – кількість робочих днів в році;

$$N_{\delta} = \frac{7500}{254} = 29,5 \approx 30 \text{ (шт.)}$$

Добова продуктивність лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к,ср} \cdot \eta_z} \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

де $T_{шт-к,ср}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (1,767+1,18+0,458+0,509+0,636+0,76+0,498)/7 = 0,83 \text{ (хв.)}$$

Отже, добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{3890}{0,83 \cdot 0,75} = 6248,9 \approx 6249 \text{ (шт.)}$$

Оскільки добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії, то організація потокової лінії недоцільна і тому обираємо групову форму організації роботи. При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

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

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (для серійного виробництва – 6 днів);

$$n = \frac{7500 \cdot 6}{254} = 177,16 \approx 177 \text{ (шт.)}$$

Розмір партії скорегуємо з урахуванням планування та організації

виробництва. Корегування розміру партії полягає у визначенні розрахункової кількості змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$C = \frac{T_{\text{шт-к ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75};$$

$$C = \frac{0,83 \cdot 177}{476 \cdot 0,75} = 0,41.$$

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа C_{np} та визначається кількість деталей в партії

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot n_{np}}{T_{\text{шт-к ср}}};$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,83} = 430,12 \approx 430 \text{ (шт.)}$$

Отже, тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 430 шт.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування методу виготовлення заготовки

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідними даними для проектування заготовки являються: креслення деталі, річна програма випуску деталей $N = 7500$ шт., тип виробництва – середньосерійний.

Заготовка деталі «Корпус підшипника 420.008-01» може бути виготовлена методом лиття [5, 6]:

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

- в оболонкові форми;
- в облицьований кокіль.

Лиття в облицьований кокіль для розглядуваної деталі використовувати недоцільно, так як форма деталі є складною. Матеріал деталі – сірий чавун, що вимагає при виливанні кожної заготовки покривати поверхню кокілю облицювальною сумішшю, що є досить дорогим та трудомістким процесом, тому для розгляду прийнято 2 варіанти: лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші та лиття в оболонкові форми.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

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

Вихідна інформація:

- тип виробництва – середньосерійний;
- річна програма випуску деталей – 7500 шт.;
- креслення деталі – «Корпус підшипника 420.008-01»;
- матеріал деталі – сірий чавун СЧ 15 ГОСТ 1412-82.
- маса деталі – 3,51 кг;
- термічна обробка – відсутня;
- густина – $\rho = 7,2 \text{ г/см}^3$;
- габаритні розміри – 195×135×45 мм.

Вихідні параметри заготовки, що визначають її точність, вибираються за [5, 6]. Зокрема, це такі параметри:

- клас розмірної точності виливка;
- ступінь жолоблення елементів виливка;
- ступінь точності поверхонь виливка;
- шорсткість поверхонь виливка;
- клас точності маси виливка;
- ряд припусків.
- Вибір класу розмірної точності виконується згідно розглядуваного

способу лиття, найбільшого габаритного розміру, наявності термічної обробки та типу сплаву.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші досягаємі класи розмірної точності 7-12, прийнято 9 клас для серійного виробництв, для лиття в оболонкові форми – 18-13 класи, прийнято – 10 клас.

- Ступінь жолоблення елементів вилівка залежить від співвідношення мінімальної товщини та максимальної довжини ($22/195 = 0,11$), типу форм (разові), наявності термічної обробки (відсутня). При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші діапазон значень ступеня жолоблення 4-7, прийнято 6 ступінь, при литті в оболонкові форми 4-7, прийнято 5.

- Ступінь точності поверхонь виливків залежить від тих же факторів, що і клас розмірної точності. Для названих способів лиття можливі значення 10-7, прийнято 13; 8-17 – прийнято 11.

- Шорсткість поверхонь виливків залежить від ступеня точності поверхонь вилівка. Для лиття в піщано-глинисті форми $Ra = 32$ мкм, для лиття в оболонкові форми $Ra = 20$ мкм.

- Клас точності маси виливків вибирається згідно вибраних способів лиття, номінальній маси виливків, типу сплаву, наявності термічної обробки. Маса виливків знаходиться в межах від 1 до 4 кг, відповідно вибираємо 6-13 класи точності маси. Прийнято для першого способу 9 клас, для другого – 10 клас точності маси.

- Ряд припусків залежить від ступеня точності поверхонь виливків. Для лиття в піщано-глинисті форми діапазон значень 5-8; прийнято 6, для лиття в оболонкові форми 4-7, прийнято 5.

Вибрані параметри занесені до таблиць 2.7, 2.8.

Наступним етапом в розрахунку розмірів заготовок є вибір допусків.

- Допуски розмірів вибрані у відповідності з прийнятими класами розмірної точності.

- Допуски форми та розміщення вибрані у відповідності з прийнятими ступенями жолоблення.

Таблиця 2.7 – Вихідні дані для розрахунку розмірів заготовки [5, 6]

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливка	7-12	9
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7	6
Ступінь точності поверхонь виливка	10-17	13
Шорсткість поверхонь виливка	$Ra = 32$ мкм	
Клас точності маси виливка	6-13	9
Ряд припусків на обробку поверхонь виливка	5-8	6

Таблиця 2.8 – Вихідні дані для розрахунку розмірів заготовки [5, 6]

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливка	8-13т	10
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7	5
Ступінь точності поверхонь виливка	8-14	11
Шорсткість поверхонь виливка	$Ra = 20$ мкм	
Клас точності маси виливка	6-13	10
Ряд припусків на обробку поверхонь виливка	4-7	5

- Допуск зміщення по площині роз'єднання прийнято в залежності від розташування площини роз'єднання (див. рис. 2.3) та мінімальної товщини стінки, що виходить на лінію роз'єднання згідно класу розмірної точності. В обох випадках лиття лінія роз'єднання розташована однаково і мінімальна товщина стінки, що виходить на неї складає $61 - 36 = 25$ (мм). Впливає зміщення на лінійні розміри $75 \pm 0,15$; 135; 22.

- Зміщення із-за переносу стержня вибирається в залежності від мінімальної

товщини стінки, що утворюється даним стержнем на 1 клас розмірної точності (для серійного виробництва) точніше.

Для $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ товщина стінки $61-36 = 25$ (мм); для $\varnothing 41H9^{(+0,062)}$ – $61-20,5 = 40,5$ (мм); для $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$ – $15-6,5 = 8,5$ (мм). При литті в піщано-глинисті форми вибір виконується по 8 класу розмірної точності, при литті в оболонкові форми – по 9т класу.

- Допуски нерівностей вибрано згідно призначених ступеней точності поверхонь виливків.

- Допуски маси призначені у відповідності до класу точності маси виливків.

- Загальні допуски розмірів виливків прийнято в залежності від допусків розмірів, форми та розміщення.

Дані занесені до таблиць 2.9, 2.10.

Таблиця 2.9 – Розрахунок розмірів заготовки

Розрахункові розміри, мм	75 \pm 0,15	45 $_{-0,25}$	22	26 \pm 0,1	$\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	$\varnothing 41H9^{(+0,062)}$	$\varnothing 13H9^{(+0,043)}$
Допуски:							
розмірів, мм	2,0	2,0	1,6	1,8	2,2	2,0	1,4
форми чи розміщення, мм	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму, мм	1,9	-	1,9	-	-	-	-
зміщення із-за перекосу стержня, мм	-	-	-	-	1,0	1,2	0,8
нерівностей, мкм	0,8						
маси, %	12						
Загальний допуск	3,2	2,0	2,8	2,0	2,8	2,4	1,8
Припуски:							
мінімальний, мкм	0,6						
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	2	2	1	2	4	4	4
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	2	-	2	-	-	-
прийнята кількість переходів	2	2	1	2	4	4	4
загальний припуск, мм	3,4	2,5	2,3	2,5	3,9	3,6	2,8
Розміри заготовки, мм	78,4	50	27,7	26	$\varnothing 64,2$	$\varnothing 33,8$	$\varnothing 7,4$

Таблиця 2.10 – Розрахунок розмірів заготовки

Розрахункові розміри, мм	75±0,15	45 ^{-0,25}	22	26±0,1	ø72H7 ^(+0,030)	ø41H9 ^(+0,062)	ø13H9 ^(+0,043)
Допуски:							
розмірів, мм	2,8	2,4	2,0	2,2	2,8	2,4	1,8
форми чи розміщення, мм	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму, мм	2,0	-	2,0	-	-	-	-
зміщення із-за перекосу стержня, мм	-	-	-	-	1,2	1,6	1,0
нерівностей, мкм	0,5						
маси, %	16						
Загальний допуск	4,0	2,4	3,2	2,4	3,6	3,2	2,4
Припуски:							
мінімальний, мкм	0,5						
Кількість переходів механічної обробки							
за точністю розмірів	2	2	1	2	4	3	4
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	2	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	2	2	1	2	4	3	4
загальний припуск, мм	4,1	2,8	2,4	2,8	4,6	3,9	3,4
Розміри заготовки, мм	79,1	50,6	28,5	26	ø62,8	ø33,2	ø6,2

Вибір припусків.

- Мінімальний припуск залежить від ряду припусків, який вибрано для відповідного способу лиття.

- Загальний припуск залежить від вибраного загального допуску та від кількості ступенів механічної обробки, призначеного ряду припусків.

- Кількість ступенів механічної обробки за точністю виконуваних розмірів призначається за допуском відповідного розміру та співвідношення допусків відповідних розмірів деталі та вилівка ($T_{роздет.} / T_{розвил.}$).

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші кількість переходів механічної обробки для розраховуваних розмірів складас:

$$75 \pm 0,15 - 0,3/2,0 = 0,15 - 2 \text{ переходи};$$

$$45_{-0,25} - 0,25/2,0 = 0,125 - 2 \text{ переходи};$$

$$22 - 0,52/1,6 = 0,325 - 1 \text{ перехід};$$

$$26 \pm 0,1 - 0,2/1,8 = 0,11 - 2 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 72H7^{(+0,030)} - 0,03/2,2 = 0,014 - 4 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 41H9^{(+0,062)} - 0,062/2,0 = 0,031 - 4 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 13H9^{(+0,043)} - 0,043/1,4 = 0,031 - 4 \text{ переходи}.$$

При литті в оболонкові форми

$$75 \pm 0,15 - 0,3/2,8 = 0,11 - 2 \text{ переходи};$$

$$45_{-0,25} - 0,25/2,4 = 0,104 - 2 \text{ переходи};$$

$$22 - 0,52/2,0 = 0,26 - 1 \text{ перехід};$$

$$26 \pm 0,1 - 0,2/2,2 = 0,091 - 2 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 72H7^{(+0,030)} - 0,03/2,8 = 0,1107 - 4 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 41H9^{(+0,062)} - 0,062/2,4 = 0,026 - 3 \text{ переходи};$$

$$\varnothing 13H9^{(+0,043)} - 0,043/1,8 = 0,024 - 4 \text{ переходи}.$$

Кількість ступенів механічної обробки за точністю форми та розміщення вибрано згідно допусків розмірів та співвідношення між допусками форм, розміщення поверхонь деталі та вилівка ($T_{\text{форм розмдет.}}/T_{\text{форм розмвил.}}$).

Згідно робочого креслення вимога до виконуваного розміру $45_{-0,25}$ – допуск перпендикулярності 0,025 мм відносно бази Б. Вимога до отворів M10-7H – залежний позиційний допуск (пов'язаний з дійсним розміром розглядуваного елемента) $\varnothing 0,3$ мм відносно бази А – не розглядається, так як ці отвори не проливаються.

При литті в піщано-глинисті форми: розмір $45_{-0,25} - 0,025/0,4 = 0,0625 - 2$ переходи.

При литті в оболонкові форми: розмір $45_{-0,25} - 0,025/0,32 = 0,078 - 2$ переходи.

- За визначеною кількістю переходів механічної обробки, загальним допуском та рядом припусків встановлені загальні припуски розмірів, які внесені до табл. 2.9-2.12.

Отримані припуски дають можливість розрахувати розміри заготовки.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$75 \pm 0,15 - 75 + 3,5 = 78,4 \text{ (мм);}$$

$$45_{-0,25} - 45 + 2 \cdot 2,5 = 50 \text{ (мм);}$$

$$22 - 22 + 3,4 + 2,3 = 27,7 \text{ (мм);}$$

$$26 \pm 0,1 - 26 + 2,5 - 2,5 = 26 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 72\text{H}7^{(+0,030)} - \varnothing 72 - 2 \cdot 3,9 = \varnothing 64,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 41\text{H}9^{(+0,062)} - \varnothing 41 - 2 \cdot 3,6 = \varnothing 33,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 13\text{H}9^{(+0,043)} - \varnothing 13 - 2 \cdot 2,8 = \varnothing 77,4 \text{ (мм);}$$

$$18 - 18 + 3,4 = 21,4 \text{ (мм);}$$

$$3 - 3 + 3,4 = 6,4 \text{ (мм);}$$

$$23 - 23 + 2,5 = 25,5 \text{ (мм);}$$

$$13 - 13 + 2,5 = 15,5 \text{ (мм);}$$

$$20 - 20 + 3,4 = 23,4 \text{ (мм).}$$

При литті в оболонкові форми:

$$75 \pm 0,15 - 75 + 4,1 = 79,1 \text{ (мм);}$$

$$45_{-0,25} - 45 + 2 \cdot 2,8 = 50,6 \text{ (мм);}$$

$$22 - 22 + 4,1 + 2,4 = 28,5 \text{ (мм);}$$

$$26 \pm 0,1 - 26 + 2,8 - 2,8 = 26 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 72\text{H}7^{(+0,030)} - \varnothing 72 - 2 \cdot 4,6 = \varnothing 62,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 41\text{H}9^{(+0,062)} - \varnothing 41 - 2 \cdot 3,9 = \varnothing 33,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 13\text{H}9^{(+0,043)} - \varnothing 13 - 2 \cdot 3,4 = \varnothing 6,2 \text{ (мм);}$$

$$20 - 18 + 4,1 = 22,1 \text{ (мм);}$$

$$3 - 3 + 4,1 = 7,1 \text{ (мм);}$$

$$23 - 23 + 2,8 = 25,8 \text{ (мм);}$$

$$13 - 13 + 2,8 = 15,8 \text{ (мм);}$$

$$20 - 20 + 4,1 = 24,1 \text{ (мм).}$$

Вибір конструктивних елементів заготовки (радіусів заокруглень, нахилів, товщини стінок тощо) [5, 6]

При розробці креслення заготовки слід оцінити її технологічність. Для цього необхідно уважно вивчити конструкцію деталі, при можливості спростити її форму.

Заготовка середніх габаритів $195 \times 135 \times 45$ мм, в наявності: внутрішні ступінчасті отвори, що ускладнює заготовку.

В цілому заготовка технологічна і може бути отримана методом лиття в піщаноглинясті і оболонкові форми.

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритних розмірів заготовки. Зведений габаритний розмір складає

$$N = \frac{(l + b + h)}{3} = \frac{(195 + 135 + 45)}{3} = 125 \text{ (мм)} = 0,125 \text{ (м)},$$

де l, b, h – габаритні розміри в мм.

Товщину стінок згідно довідникових таблиць $S_{\min} = 3-4$ мм.

Мінімальний діаметр отворів, одержуваних в заготовках

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

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 8,5 = 7,85 \text{ (мм)},$$

де d_0 – вихідний діаметр для чавуну, $d_0 = 7$ мм;

S – товщина стінки, мм.

Згідно довідкових таблиць діаметр отворів вилівка $\text{Ø}5-10$ мм при глибині отворів $10-30$ мм, для глухих отворів $\text{Ø}5-15$ мм. Призначаємо напуски на різьбові

отвіри 3 отвори М10-7Н, 1 отвір М10-7Н, 2 отв. $\varnothing 13$, фаски, радіуси та інші поверхні.

Формувальні нахили назначають на всіх вертикальних стінах з метою полегшення виймання моделі із стержневого ящика. Нахили встановлюються ГОСТ 3212-80. Для нашої заготовки висота стінок для $H = 40$ мм, $\alpha = 0^\circ 45'$.

Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях заготовки в залежності від матеріалу, товщини стінок і кута між ними $\alpha = 90^\circ$ вибирають згідно довідникових графіків або таблиць $R = 3 \dots 5$ мм.

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

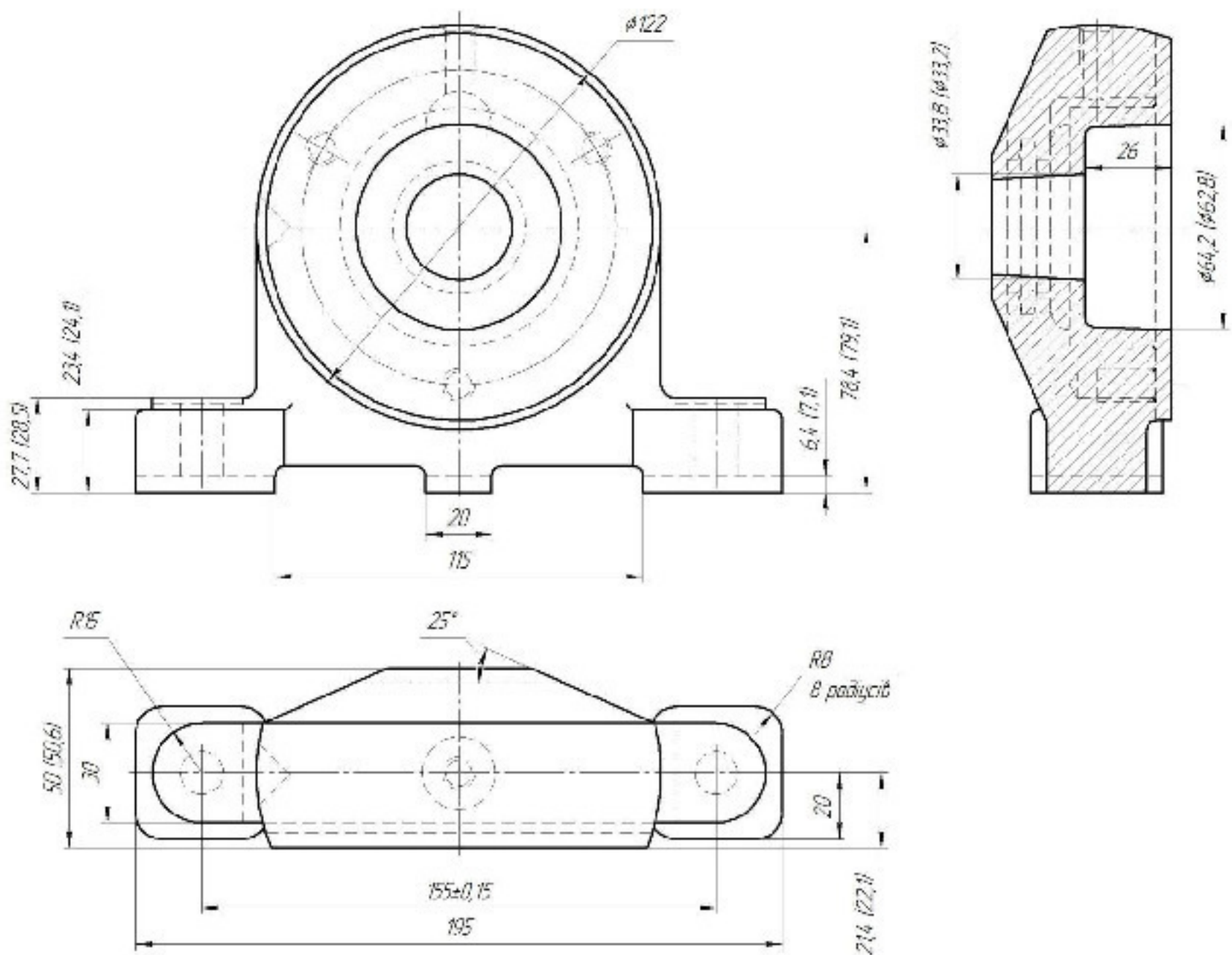


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки, виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші (оболонкові форми)

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки
Коефіцієнт точності маси визначається за формулою

$$K_{Т.М.} = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (2.15)$$

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

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші згідно масо-центрувальних характеристик маса заготовки складає 5,66 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_0 = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 5662,127424 \text{ г}$
Площа	$S = 180031,202581 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 786406,586667 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,820615 \text{ мм}$
	$Y_c = 42,068567 \text{ мм}$
	$Z_c = -1,655095 \text{ мм}$

При литті в оболонкові форми згідно масо-центрувальних характеристик маса заготовки складає 5,85 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	СЧ15 ГОСТ 1412-85
Густина матеріалу	$R_0 = 0,007200 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 5850,203654 \text{ г}$
Площа	$S = 111513,986088 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 812528,2852778 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,763259 \text{ мм}$

$$Y_c = 45,179260 \text{ мм}$$

$$Z_c = -2,687535 \text{ мм}$$

Коефіцієнт точності маси при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$K_{T.M.1} = \frac{3,51}{5,85} = 0,61.$$

Коефіцієнт точності маси при литті в оболонкові форми

$$K_{T.M.2} = \frac{3,51}{5,66} = 0,6.$$

Призначення технічних вимог на литі заготовки.

Технічні вимоги записуються на креслені заготовки над штампом.

Для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

1. Точність вилівка 9-6-13-9 Зм. 1,9 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 3,51-1,02-1,13-5,66 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси – R3...5 мм, нахили – 0°19'.
4. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 2,1$ мм на глибині 2,3 мм.

Для лиття в оболонкові форми.

1. Точність вилівка 10-5-11-10 Зм. 2,0 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 3,51-1,1-1,24-5,85 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси – R3...5 мм, нахили – 0°17'.
4. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 2,2$ мм на глибині 2,4 мм.

2.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Остаточний вибір заготовки проводимо на основі порівняння собівартості.

Собівартість заготовок розраховується за формулою [3, 5]:

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

де $C_з$ – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, марки матеріалу, групи складності, маси і обсягу виробництва заготовок;

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

Для лиття в оболонкові форми приймаємо базову вартість 1 т заготовок – 52520 грн; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 35600 грн.

Коефіцієнти K_T , що враховує клас точності заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,05.

Коефіцієнти K_M , що враховує матеріал заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

Коефіцієнт K_C , що враховує групу складності для лиття в оболонкові форми – 1,14; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,2.

Коефіцієнт K_B , що враховує масу заготовок для лиття в оболонкові форми – 1,0; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

Ціна однієї тонни відходів (стружки) $C_{відх} = 2000$ грн/т.

Для визначення коефіцієнта K_{II} , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності:

- для лиття в оболонкові форми – 7 група серійності;
- для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 3 група серійності.

За визначеною групою серійності виробництва знаходиться коефіцієнт K_n : для лиття в оболонкові форми – 1,1; для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням – 1,0.

Собівартість заготовки для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$C_{заг.1} = \frac{(35600 \cdot 5,66 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(5,66 - 3,51) \cdot 2000}{1000} = 249,6 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки для лиття в оболонкові форми:

$$C_{заг.2} = \frac{(52520 \cdot 5,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,1)}{1000} - \frac{(5,85 - 3,51) \cdot 2000}{1000} = 380,6 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при використанні лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

$$E = (C_{заг.2} - C_{заг.1}) \cdot N \text{ [грн.],} \quad (2.17)$$

$$E = (380,6 - 249,6) \cdot 7500 = 982500 \text{ (грн.)}$$

Висновок. З отриманих розрахунків можна зробити висновок, що при виготовленні заготовки даної деталі доцільно обрати спосіб лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, так як він є більш економічним для даного типу виробництва.

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

Необхідна і достатня кількість переходів механічної обробки для забезпечення заданих характеристик точності можна вести двома методами:

- наблизений – згідно таблиць економічної точності;
- по формулам загального уточнення.

Заготовка – лиття в піщано-глинисті форми, допуск заготовки на розмір $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ $T_{заг} = 2200$ мкм ($Ra = 1,6$ мкм), допуск деталі $T_{дет} = 30$ мкм.

Коефіцієнт уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots, \quad (2.18)$$

$$\varepsilon = \frac{2200}{30} = 73,33,$$

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

Отже, приймаємо 4 переходи механічної обробки. Тоді

$$\varepsilon_1 = 5; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 2,5; \varepsilon_4 = 1,467.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{2200}{6} = 440 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 13);$$

$$T_2 = \frac{440}{4} = 110 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 10);$$

$$T_3 = \frac{110}{2,5} = 44 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 8);$$

$$T_4 = \frac{44}{1,467} = 30 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 7).$$

Остаточно приймаємо 4 переходи механічної обробки: розточування попереднє; розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхня	Уточнення $\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$	Розподіл ε	Методи обробки
1	2	3	4
$\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	$\varepsilon = \frac{2,2}{0,03} = 73,33$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 =$ $= 5 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,47 =$ $= 73,33$	Розточити - попередньо (ІТ 13); - попередньо (ІТ 10); - попередньо (ІТ 8); - остаточно (ІТ 7)
$\varnothing 41H9^{(+0,062)}$	$\varepsilon = \frac{2,0}{0,062} = 32,25$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 =$ $= 5 \cdot 4 \cdot 1,613 =$ $= 32,25$	Розточити - попередньо (ІТ 13); - попередньо (ІТ 10); - остаточно (ІТ 9)
$\varnothing 13H9^{(+0,043)}$ (в заготовці отвір не проливається, тому допуск 0,18 мм відповідає 12 квалітету точності розміру після свердління)	$\varepsilon = \frac{0,18}{0,043} = 4,18$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 3 \cdot 1,4 = 4,18$	Свердлити (ІТ 12); зенкерувати (ІТ 10); розвернути (ІТ 9)
$75 \pm 0,15$ (134 – нижня площина, 22 – нижня площина)	$\varepsilon = \frac{2,0}{0,3} = 6,67$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,3 = 6,67$	Фрезерувати - попередньо (ІТ 13); - остаточно (ІТ 12)
$45_{-0,25} (26 \pm 0,1)$ правий торець, лівий торець	$\varepsilon = \frac{2,0}{0,28} = 8$	$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 =$ $= 5 \cdot 1,6 = 8$	Фрезерувати (або точити) - попередньо (ІТ 13); - остаточно (ІТ 12) Фрезерувати (або точити) - однократно (ІТ 12)
Обробка інших поверхонь			
134 – верхня площина			Фрезерувати - однократно (ІТ 14)

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4
22 – верхня площина			Фрезерувати - однократно (ІТ 14)
ø20			Свердлити (ІТ 12)
75 (R20)			Фрезерувати - однократно (ІТ 14)
5,5			Фрезерувати - однократно (ІТ 14)
ø62			Розточити - однократно (ІТ 14)
M10×1,25-G8 (в заготовці отвір не проливається)			Свердлити (ІТ 12); - зенкувати фаску (ІТ 12); - нарізати різьбу (ІТ 12)
M10-7H (в заготовці отвір не проливається)			Свердлити (ІТ 12); - зенкувати фаску (ІТ 12); - нарізати різьбу (ІТ 12)
3 (ø73)			Розточити - однократно (ІТ 14)

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

Основними конструкторськими базами деталі є площина основи деталі 195×46 і два отвори $\phi 13H9^{(+0,043)}$. Їх бажано приймати в якості чистових технологічних баз. Оптимальним варіантом вибору баз є варіант з мінімальною похибкою базування ($\xi_6=0$), коли вимірювальна та технологічна бази співпадають.

З метою вибору кращих варіантів необхідно провести аналіз схем базування (установок) на всіх операціях механічної обробки.

Чистовими технологічними базами є площина основи та два отвори (установлення деталі на площину та два пальці – циліндричний та зрізаний).

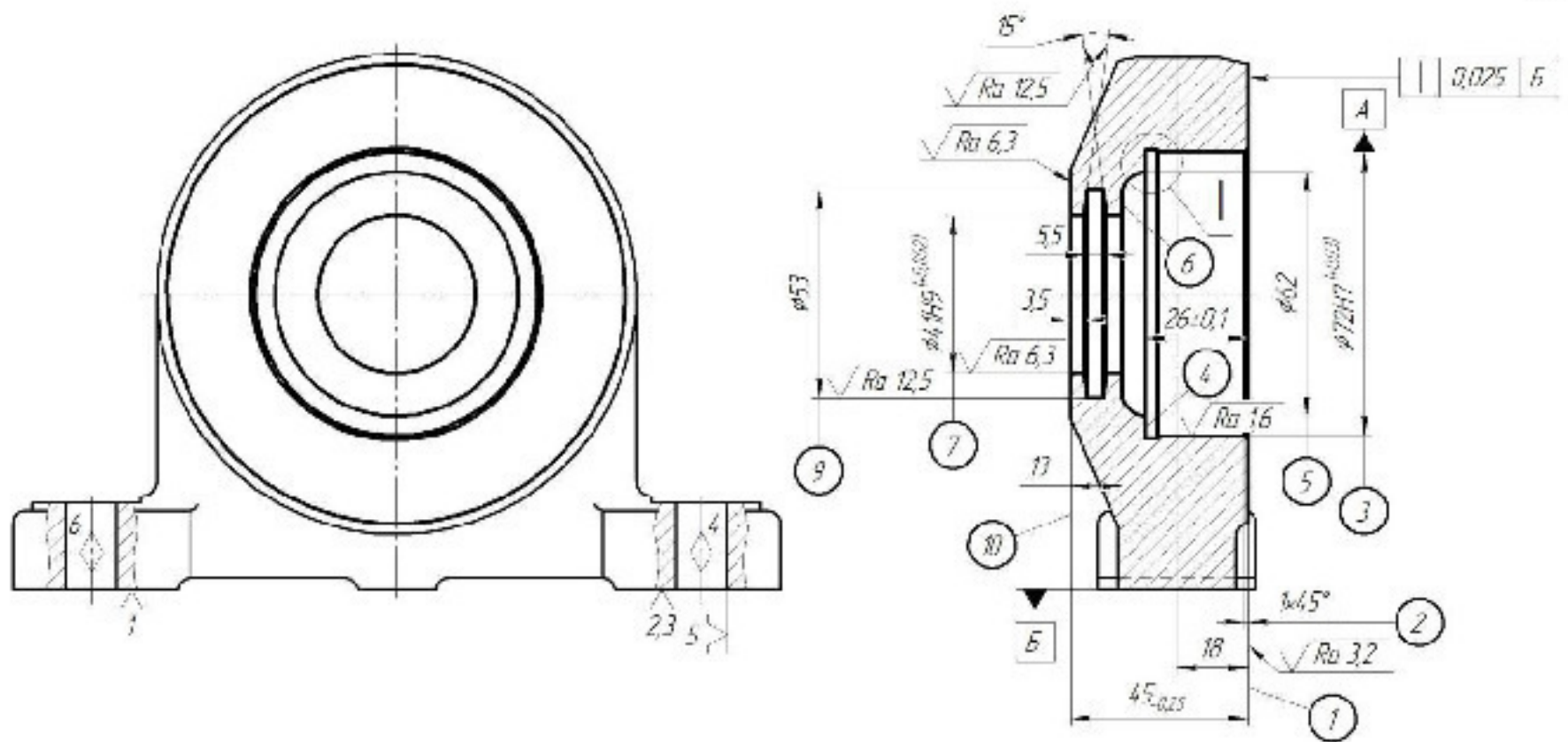


Рисунок 2.3 – Чистові технологічні бази

Таблиця 2.12 – 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 (або багатоцільова)	$\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	відсутня	діаметральний розмір
	$\varnothing 42H9^{(+0,062)}$	-	діаметральний розмір
	$\varnothing 62$	-	діаметральний розмір
	$\varnothing 73$	-	діаметральний розмір
	$\varnothing 53$	-	діаметральний розмір
	134	-	виконання принципу суміщення баз
	22	-	виконання принципу суміщення баз
	$26 \pm 0,1$	-	обробка з одного установа
	$1 \times 45^\circ$ (фаска в отв. $\varnothing 72H7$)	-	обробка з одного установа
	3 (канавка)	-	обробка з одного установа
5,5	-	обробка з одного установа	

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
015 Фрезерно-свердлильна	M10×1,25-G8	-	обробка мірним інструментом
	12 (глибина різі)	-	обробка мірним інструментом
	1×45° (фаска в отв. M10-7H)	-	обробка мірним інструментом
	20 (канавка)	-	обробка мірним інструментом
	45 _{-0,25}	присутня при обробці на токарно-револьверному верстаті	неспівпадання баз
		відсутня при обробці на багатоцільовому верстаті	обробка з одного установа
	18; 24; 1×45° (отвір M10-7H)	присутня при обробці на фрезерному верстаті	неспівпадання баз
		відсутня при обробці на багатоцільовому верстаті	обробка з одного установа
	допуск перпендикулярності площини 0,025 мм відносно бази Б	-	виконання принципу суміщення баз
	залежний позиційний допуск ø0,3 мм відносно бази А	відсутня при обробці на багатоцільовому верстаті	обробка з одного установа
присутня при обробці на окремому верстаті		неспівпадання баз	

Похибка базування для лінійних розмірів $\varepsilon_{675} = 0$; $\varepsilon_{618} = 0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

При установці на два пальці: один циліндричний, другий зрізаний виникає похибка базування у вигляді зміщення осі заготовки (перекосу) в наслідок зазору між пальцем і отвором.

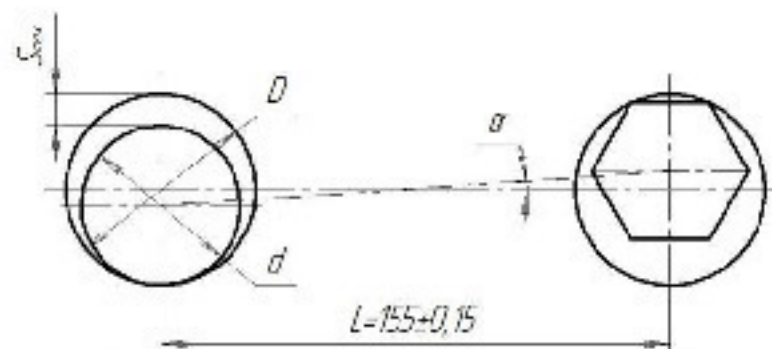


Рисунок 2.4 – Розрахунок похибки базування

Отвір $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$, палець $\varnothing 13g6^{(-0,006)}$, тоді

$$S_{\max} = T_D + T_d + S_{\min} = 0,043 + 0,008 + 0,006 = 0,057 \text{ (мм)}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,057}{155} = 0,0004 \text{ – похибка базування для розмірів 18, 24.}$$

Кут перекосу незначний.

Допуск розмірів 18, 24 згідно 14 квалітету складає 0,52 мм, а похибка базування 0,0004, що значно менше 0,52 мм і схема базування допустима.

При фрезеруванні платиків в розмір $23,5 \pm 0,2$ і обробки різьби M10×1-H7 мм заготовку базуємо аналогічно по основі 2 отворів $\varnothing 13H9^{(+0,043)}$ з установкою на два пальці.

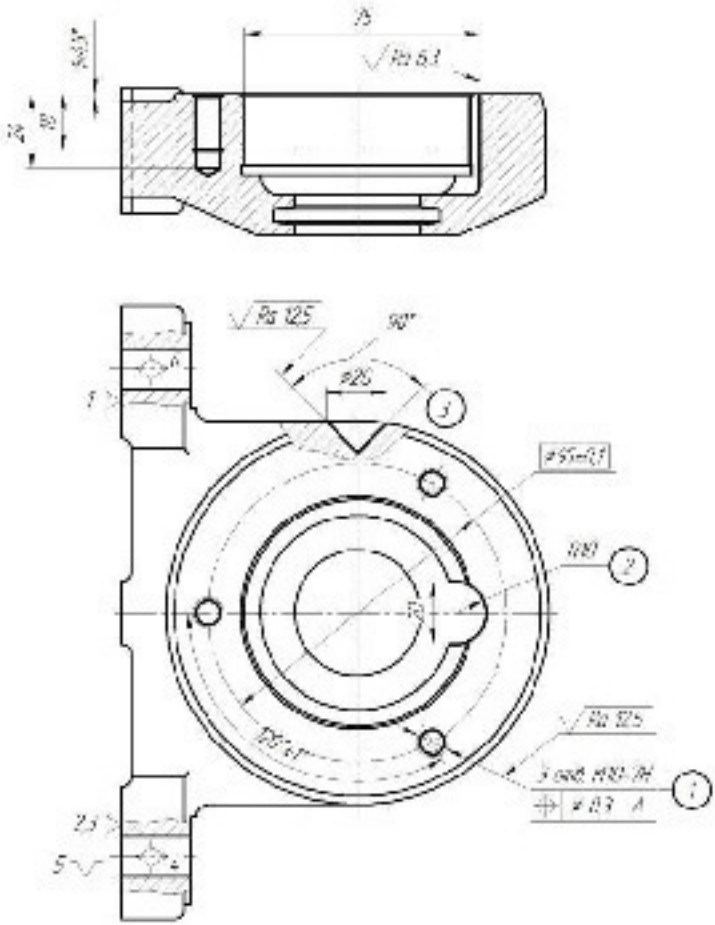
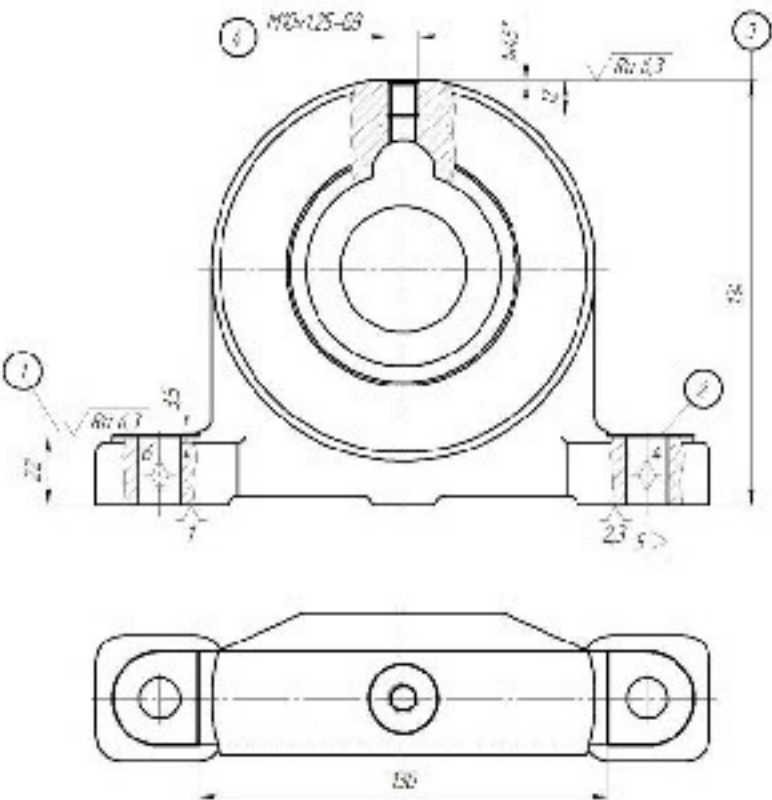
Похибка базування для лінійних розмірів $\varepsilon_{623,5} = 0$, тому що конструкторська та технологічна бази співпадають.

Похибка базування для розміру $12 \pm 0,2$ залежить від допуску на розмір $134 \pm 0,2$, тобто $\varepsilon_{612} = T_{134} = 0,4$ мм; $\varepsilon_{612} = T_{12}; 0,4 = 0,4$ мм.

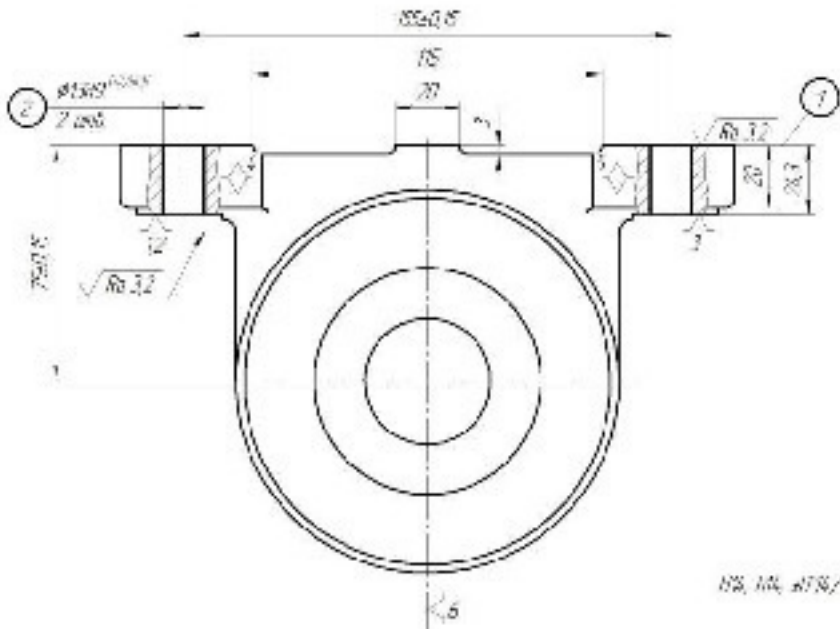
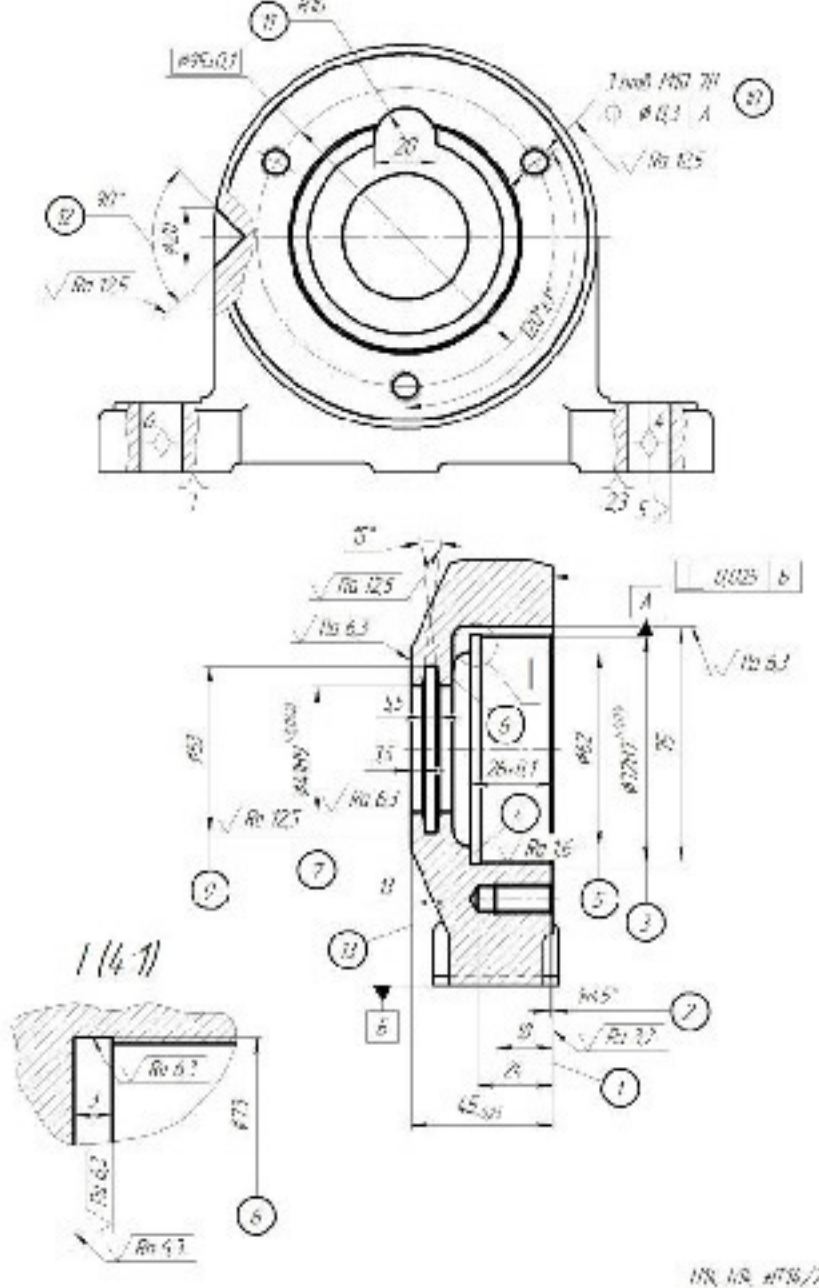
Умови обробки по точності виконуються.

Свердління отвору M10×1,25-G8 можна здійснювати з установкою на 2 пальці і з установкою по отвору $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$ на циліндричний палець.

Продовження таблиці 2.13

№ опер.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Тип обладнання
015	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Центрувати з отв. 1 3. Свердлити з отв. 1 4. Зенкувати фаску в з отв. 1 5. Нарізати різьбу в з отв. 1 6. Фрезерувати канавку 2 однократно 7. Повернути заготовку на 90° 8. Свердлити отвір 3 9. Зняти заготовку 	 <p style="text-align: right;">НК, кВ, НТН/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК А1260МФ3, спеціальне пристосування
020	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати поперек 1, 2 однократно 3. Фрезерувати поперек 3 однократно 4. Центрувати отвір 4 5. Свердлити отвір 4 6. Зенкувати фаску в отворі 4 7. Нарізати різьбу в отворі 4 8. Зняти деталь 	 <p style="text-align: right;">НК, кВ, НТН/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК А1260МФ3, спеціальне пристосування

Таблиця 2.14 – Маршрут механічної обробки (варіант II)

№ опер.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема блування	Тип обладнання
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо. 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 4. Центрувати 2 отв. 2. 5. Свердлити 2 отв. 2. 6. Зенкерувати 2 отв. 2. 7. Розвернути 2 отв. 2. 8. Зняти заготовку. 		Вертикально-фрезерна з ЧПК (СРПРФ), спеціальне пристосування
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати торець 1 попередньо. 3. Фрезерувати торець 1 остаточно. 4. Розточити фаску 2 однократно, отв. 3, торець 4 попередньо, отв. 5, торець 6 однократно, отв. 7 попередньо. 5. Розточити отв. 3 попередньо, торець 4 остаточно, отв. 7 попередньо. 6. Розточити отв. 3 попередньо, отв. 7 остаточно. 7. Розточити канавку 8 однократно. 8. Розточити отв. 3 остаточно. 9. Розточити канавку 9 попередньо. 10. Розточити канавку 9 остаточно. 11. Центрувати 3 отв. 10. 12. Свердлити 3 отв. 10. 13. Зенкерувати фаску 6 з отв. 10. 14. Нарізати різьбу 9 з отв. 10. 15. Фрезерувати канавку 11 однократно. 16. Побернути стіл на 90°. 17. Свердлити отв. 12. 18. Побернути стіл на 90°. 19. Фрезерувати торець 13 однократно. 20. Зняти заготовку. 		Горизонтальної багатоцільової з ЧПК HAAS EC-1000, спеціальне пристосування

Таблиця 2.15 – Основний час виконання обробки (I варіант)

Операція, переходи	Основний час виконання переходу T_o , хв.
1	2
Операція 005	
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 195 = 1,15$
3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	$T_o = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 195 = 0,94$
4. Центрувати 2 отв. 2.	$T_o = 2 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,034$
5. Свердлити 2 отв. 2.	$T_o = 2 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00056 \cdot 11 \cdot 20 = 0,25$
6. Зенкерувати 2 отв. 2.	$T_o = 2 \cdot 0,00021 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00021 \cdot 12,5 \cdot 20 = 0,105$
7. Розвернути 2 отв. 2.	$T_o = 2 \cdot 0,00044 \cdot D \cdot \ell = 2 \cdot 0,00044 \cdot 13 \cdot 20 = 0,23$
	$\Sigma T_o = 2,71$ хв.
Операція 010	
2. Точити торець 1 попередньо.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 122 \cdot (122-72) = 0,275$
3. Точити торець 1 остаточно.	$T_o = 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) = 0,00011 \cdot 122 \cdot (122-72) = 0,67$
4. Розточити фаску 2 однократно, отвір 3, торець 4 попередньо, отвір 5, торець 6 однократно, отвір 7 попередньо.	$T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000068 \cdot D \cdot \ell = 0,000068 \cdot 74 \cdot 1 + 0,000068 \cdot 72 \cdot 26 + 0,000045 \cdot 72 \cdot (72-41) + 0,000068 \cdot 62 \cdot 6 + 0,000045 \cdot 62 \cdot (62-41) + 0,000068 \cdot 41 \cdot 13 = 0,005 + 0,127 + 0,032 + 0,025 + 0,059 + 0,036 = 0,28$
5. Розточити отвір 3 попередньо, торець 4 остаточно, отвір 7 попередньо.	$T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell + 0,00011 \cdot D \cdot (D-d) + 0,00019 \cdot D \cdot \ell = 0,00019 \cdot 72 \cdot 26 + 0,00011 \cdot 72 \cdot (72-62) + 0,00019 \cdot 41 \cdot 13 = 0,36 + 0,08 + 0,1 = 0,54$
6. Розточити отвір 3 попередньо, отвір 7 остаточно.	$T_o = 0,000035 \cdot D \cdot \ell + 0,000035 \cdot D \cdot \ell = 0,000035 \cdot 72 \cdot 26 + 0,000035 \cdot 41 \cdot 13 = 0,066 + 0,019 = 0,85$
7. Розточити канавку 8 однократно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 73 \cdot (73-72) = 0,003$
8. Розточити отвір 3 остаточно.	$T_o = 0,000047 \cdot D \cdot \ell = 0,000047 \cdot 72 \cdot 26 = 0,88$
9. Розточити канавку 9 попередньо.	$T_o = 0,000068 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000068 \cdot 53 \cdot (53-41) = 0,036$
10. Розточити канавку 9 остаточно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 53 \cdot (53-41) = 0,029$
11. Переустановити заготовку.	-
12. Точити торець 10 однократно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 64 \cdot (64-41) = 0,066$
	$\Sigma T_o = 2,8$ хв.

Продовження таблиці 2.15

1	2
<u>Операція 015</u>	
2. Центрувати 3 отв. 1.	$T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,05$
3. Свердлити 3 отв. 1.	$T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 9 \cdot 24 = 0,363$
4. Зенкувати фаску в 3 отв. 1.	$T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 12 \cdot 1 = 0,02$
5. Нарізати різь в 3 отв. 1.	$T_o = 3 \cdot 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 18 = 0,34$
6. Фрезерувати канавку 2 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 32 = 0,19$
7. Повернути заготовку на 90°.	-
8. Свердлити отвір 3.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 20 \cdot 12 = 0,134$
	$\Sigma T_o = 1,1$ хв.
<u>Операція 020</u>	
2. Фрезерувати поверхні бобишок 1, 2 однократно.	$T_o = 2 \cdot 0,0059 \cdot \ell = 2 \cdot 0,0059 \cdot 27,5 = 0,325$
3. Фрезерувати поверхню 3 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 22 = 0,13$
4. Центрувати отвір 4.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,017$
5. Свердлити отвір 4.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 9 \cdot 24,5 = 0,124$
6. Зенкувати фаску в отворі 4.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 12 \cdot 1 = 0,02$
7. Нарізати різь в отворі 4.	$T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 10 \cdot 12 = 0,076$
	$\Sigma T_o = 0,69$ хв.

Таблиця 2.16 – Визначення штучно-калькуляційного часу для операцій варіантів ТП

Операції, переходи	T_o , хв.	φ_k	$T_{шт-к}$, хв.
1	2	3	4
I варіант			
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	2,71	1,4	3,8
010 Токарно-револьверна з ЧПК	2,8	1,3	3,64
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,1	1,4	1,54
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,69	1,4	0,97
II варіант			
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	2,71	1,4	3,8
010 Багатоцільова з ЧПК	4,93	1,3	6,412
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,69	1,4	0,97

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{\text{шт-к}}$, хв.	$C_{\text{п-в}}$, грн./хв.	C_o , грн.
І варіант ТП			
ЛТ260МФ3	3,8	80,7	3,93
1П420ПФ30	3,64	42,5	1,98
ЛТ260МФ3	1,54	80,7	1,59
ЛТ260МФ3	0,97	80,7	1,0
Всього			8,5
ІІ варіант ТП			
6Р13РФ3	3,8	83,1	4,05
НААС ЕС-1600	6,412	80,5	6,62
6Р13РФ3	0,97	83,1	1,03
Всього			11,7

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

$$E = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N_p \text{ [грн.],} \quad (2.20)$$

$$E = (11,7 - 8,5) \cdot 7500 = 31500 \text{ (грн.)}$$

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

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів [7]

Розташування технологічних розмірів показано на рисунку 2.7.

2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів призначаємо попередньо, враховуючи задану точність механічної обробки.

При чорновій обробці ми отримуємо 12 квалітет точності, при чистовій – 9-10 квалітети, при шліфуванні 6-7 квалітети.

Попередньо призначені допуски в подальшому необхідно корегувати в залежності від допуску замикаючої ланки $K_1, K_2 \dots$.

Таблиця 2.18 – Допуски розмірів

Технологічні розміри	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}
Квалітет	14	12	12	10	12	14	12	14	12	12	12
Допуск, мм	0,4	0,3	0,25	0,1	0,26	0,3	0,26	0,3	0,26	0,22	0,35

2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

Зобразимо розмірну схему технологічного процесу відповідно до маршруту механічної обробки (рис. 2.7).

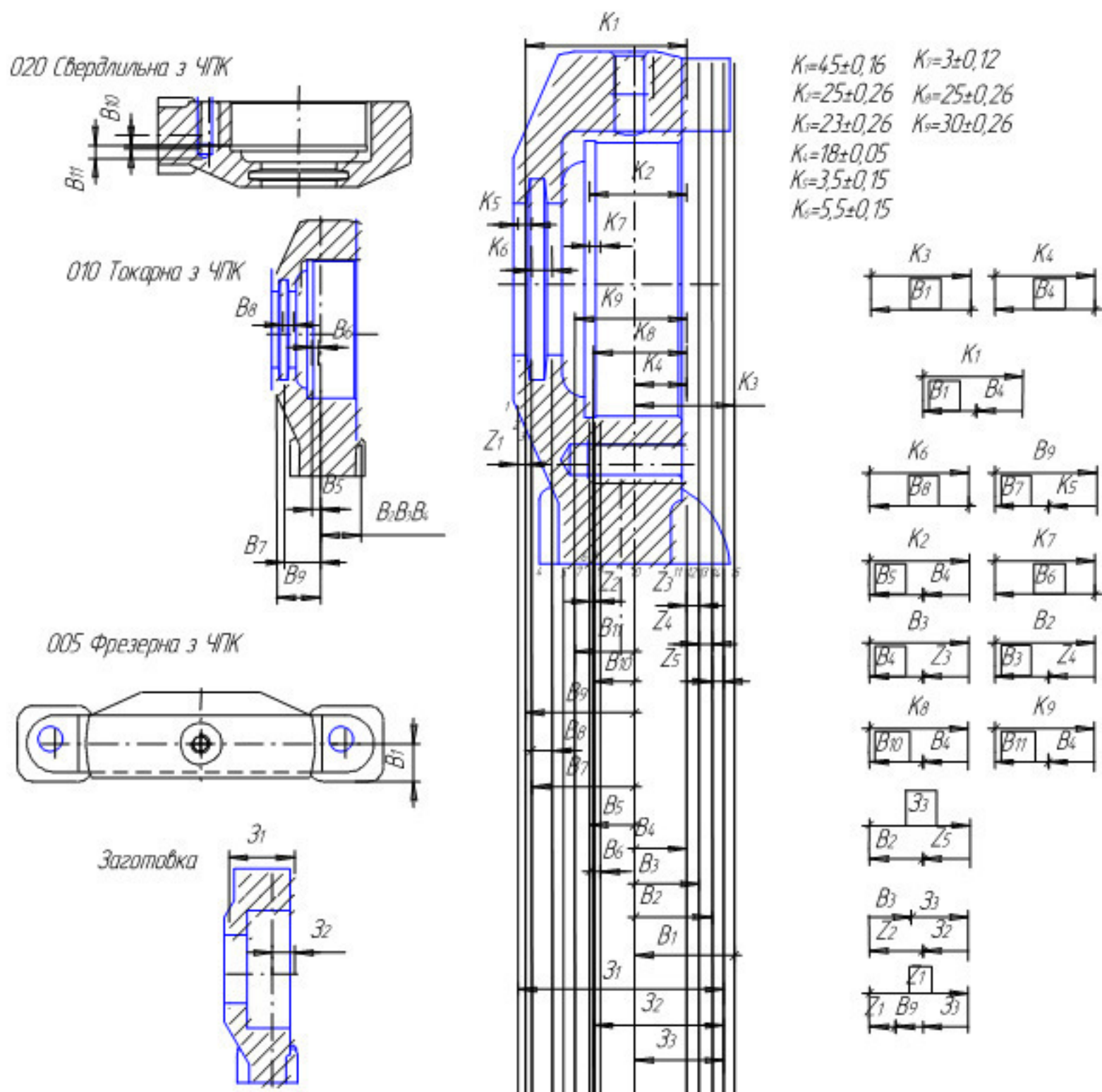


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу

2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

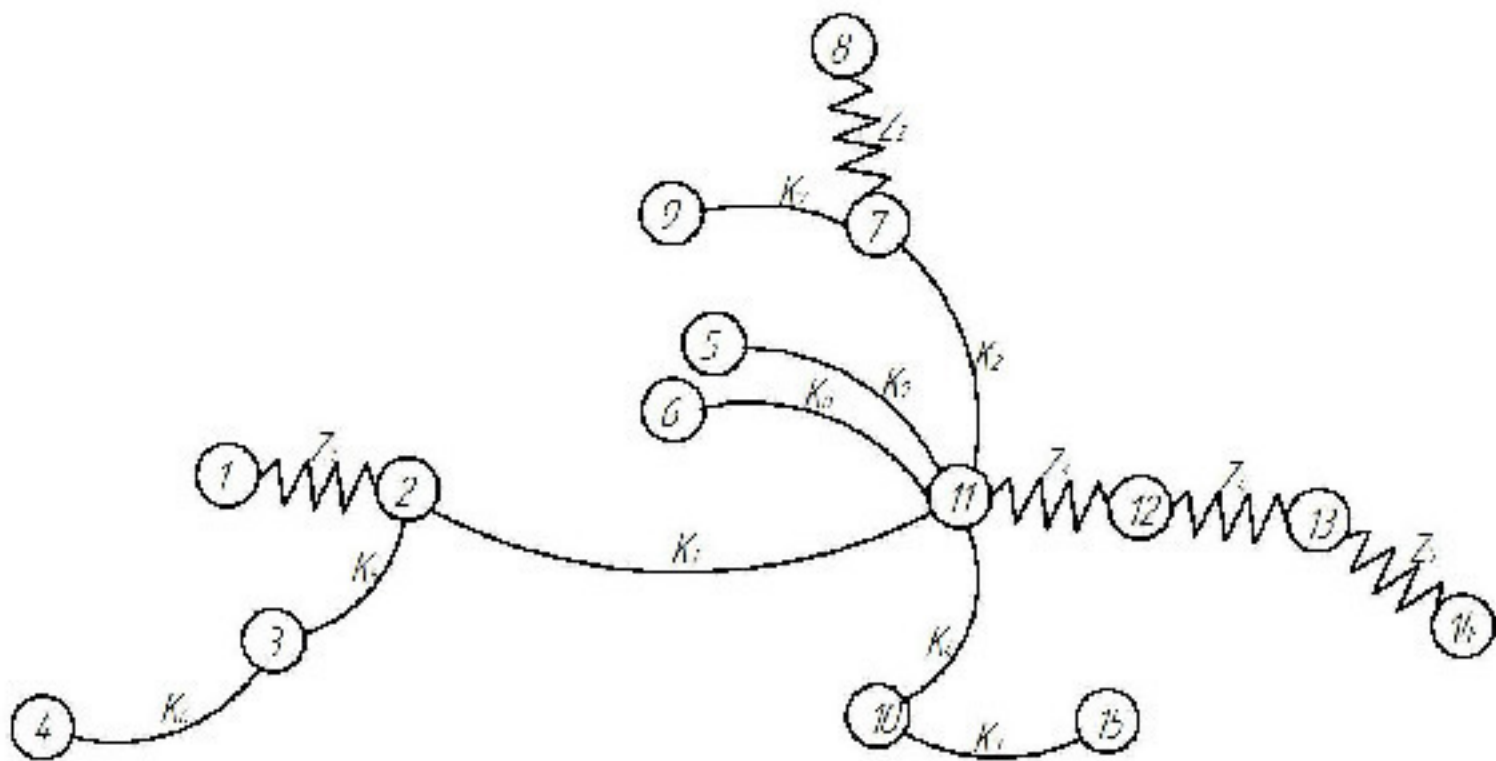


Рисунок 2.8 – Вихідний граф-дерево

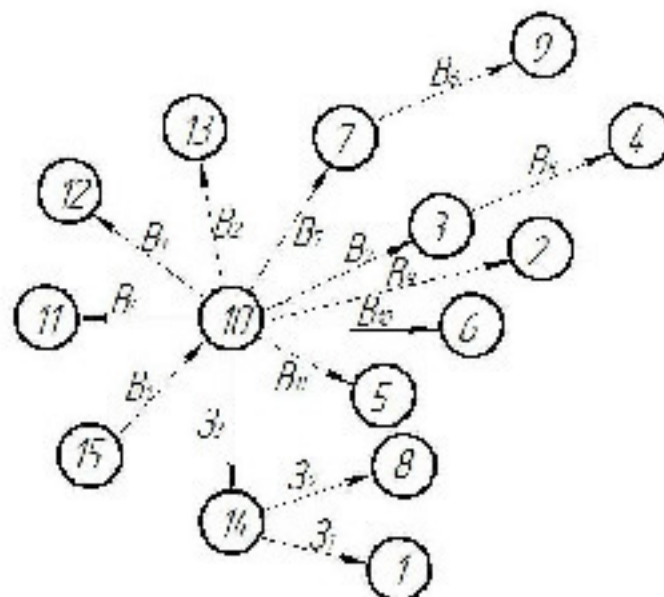


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

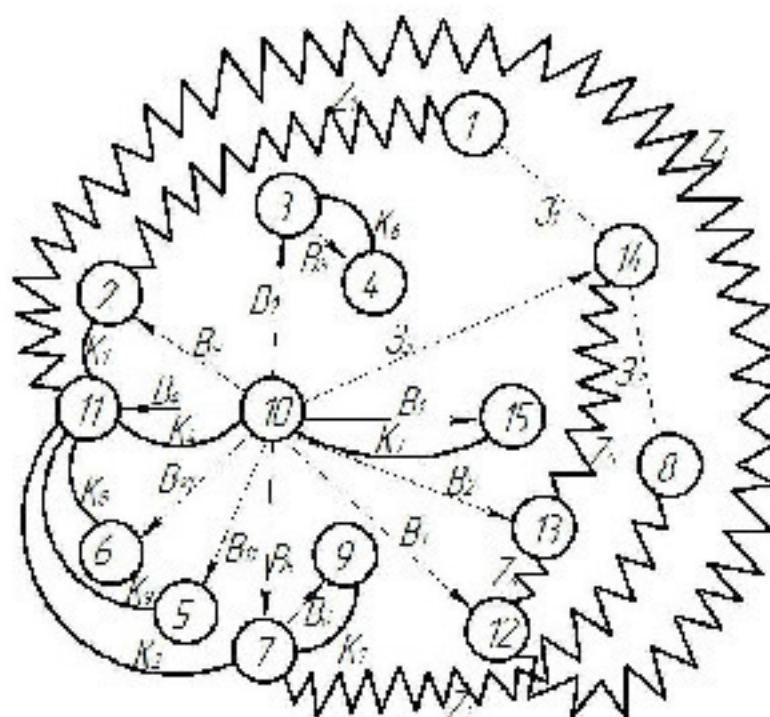


Рисунок 2.10 – Суміщений граф

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку

Проміжні мінімальні припуски визначають аналітичним і нормативним способом згідно таблиць.

Таблиця 2.19 – Дані припусків

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_{\min}	1,8	2,5	0,4	0,6	2,0

2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.20 – Технологічні розмірні ланцюги

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$-K_3 + B_1 = 0$	$K_3 = B_1$	B_1
2	$-K_4 + B_4 = 0$	$K_4 = B_4$	B_4
3	$-K_1 + B_9 + B_4 = 0$	$K_1 = B_9 + B_4$	B_9
4	$-K_6 + B_8 = 0$	$K_6 = B_8$	B_8
5	$-B_9 + B_7 + K_5 = 0$	$K_5 = B_9 - B_7$	B_7
6	$-K_2 + B_5 + B_4 = 0$	$K_2 = B_5 + B_4$	B_5
7	$-K_7 + B_6 = 0$	$K_7 = B_6$	B_6
8	$-B_3 + B_4 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_3 - B_4$	B_3
9	$-B_2 + B_3 + Z_4 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_3$	B_2
10	$-K_8 + B_{10} + B_4 = 0$	$K_8 = B_{10} + B_4$	B_{10}
11	$-K_9 + B_{11} + B_4 = 0$	$K_9 = B_{11} + B_4$	B_{11}
12	$-Z_3 + B_2 + Z_5 = 0$	$Z_5 = Z_3 + B_2$	Z_3
13	$-B_3 - Z_3 + Z_2 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_3 + Z_3 - Z_2$	Z_2
14	$-Z_1 + Z_1 + B_9 + Z_3 = 0$	$Z_1 = Z_1 - B_9 - Z_3$	Z_1

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків і ТП

1. $K_3 = B_1$; $B_1 = K_3 = 23 \pm 0,26$ мм; допуск 0,52 мм.

2. $K_4 = B_4$; $B_4 = K_4 = 18 \pm 0,05$ мм; допуск 0,1 мм.

3. $K_1^{\min} = B_9^{\min} + B_4^{\min}$;

$$B_9^{\min} = K_1^{\min} - B_4^{\min} = 44,86 - 17,95 = 26,91 \text{ (мм)};$$

$$B_9^{\max} = 26,91 + 0,26 = 27,17 \text{ (мм)}.$$

Перевірка

$$K_1^{\max} = B_9^{\max} + B_4^{\max} = 27,17 + 18,05 = 45,22 [45,00] \text{ (мм)};$$

$$B_9^{\max} = K_1^{\max} - B_4^{\max} = 45,16 - 18,05 = 27,11 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск } 27,11 - 26,91 = 0,2 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = 27,11_{-0,2} \text{ мм}.$$

$$4. K_6 = B_8; \quad B_8 = K_6 = 5,5 \pm 0,15 \text{ мм}; \quad \text{допуск } 0,3 \text{ мм}.$$

$$5. K_5^{\min} = B_9^{\min} - B_7^{\min};$$

$$B_7^{\max} = B_9^{\min} - K_5^{\min} = 26,91 - 3,35 = 23,56 \text{ (мм)};$$

$$B_7^{\min} = 23,56 - 0,26 = 23,3 \text{ (мм)};$$

$$K_5^{\max} = B_9^{\max} - B_7^{\max} = 27,11 - 23,3 = 3,81 [3,65] \text{ (мм)};$$

$$B_7^{\min} = B_9^{\max} - K_5^{\max} = 27,11 - 3,65 = 23,46 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск } 23,56 - 23,46 = 0,1 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = 23,56_{-0,1} \text{ мм}.$$

$$6. K_2^{\min} = B_5^{\min} + B_4^{\min};$$

$$B_5^{\min} = K_2^{\min} - B_4^{\min} = 24,76 - 17,95 = 6,91 \text{ (мм)};$$

$$B_5^{\max} = 6,91 + 0,26 = 7,17 \text{ (мм)};$$

$$K_2^{\max} = B_5^{\max} + B_4^{\max} = 7,17 + 18,15 = 25,32 \text{ (мм)};$$

$$B_5^{\max} = K_2^{\max} - B_4^{\max} = 25,26 - 18,05 = 7,21 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск } 7,21 - 6,91 = 0,2 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 7,21_{-0,2} \text{ мм}.$$

$$7. K_7 = B_6; \quad B_6 = K_7 = \pm 0,12 \text{ мм}; \quad \text{допуск } 0,24 \text{ мм}.$$

$$8. Z_3^{\min} = B_3^{\min} - B_4^{\max};$$

$$B_3^{\min} = B_4^{\max} + Z_3^{\min} = 18,05 + 0,4 = 18,45 \text{ (мм)};$$

$$B_3^{\max} = 18,45 + 0,15 = 18,6 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 18,6_{-1,2} \text{ мм};$$

$$Z_3^{\max} = B_3^{\max} - B_4^{\min} = 18,6 - 17,95 = 0,65 \text{ (мм)}.$$

$$9. Z_4^{\min} = B_2^{\min} + B_3^{\max};$$

$$B_2^{\min} = B_3^{\max} + Z_4^{\min} = 18,6 + 0,6 = 19,2 \text{ (мм)};$$

$$B_2^{\max} = 19,2 + 0,25 = 19,45 \text{ (мм)};$$

$$B_2 = 19,45_{-0,25} \text{ мм};$$

$$Z_4^{\max} = B_2^{\max} + B_3^{\min} = 19,45 - 18,45 = 1,0 \text{ (MM)}.$$

$$10. K_8^{\min} = B_{10}^{\min} + B_4^{\min};$$

$$B_{10}^{\min} = K_8^{\min} - B_4^{\min} = 24,8 - 17,95 = 6,85 \text{ (MM)};$$

$$B_{10}^{\max} = 6,85 + 0,22 = 7,07 \text{ (MM)};$$

$$K_8^{\max} = B_{10}^{\max} + B_4^{\max} = 7,07 + 18,5 = 25,12 [25,2] \text{ (MM)};$$

$$B_{10}^{\max} = K_8^{\max} - B_4^{\max} = 25,26 - 18,05 = 7,21 \text{ (MM)}.$$

$$\text{Допуск } 7,21 - 6,85 = 0,26 \text{ (MM)};$$

$$B_{10} = 7,21_{-0,26} \text{ MM}.$$

$$11. K_9^{\min} = B_{11}^{\min} - B_4^{\min};$$

$$B_{11}^{\min} = K_9^{\min} - B_4^{\min} = 29,74 - 17,95 = 11,89 \text{ (MM)};$$

$$B_{11}^{\max} = 11,89 + 0,35 = 12,24 \text{ (MM)};$$

$$K_9^{\max} = B_{11}^{\max} + B_4^{\max} = 12,24 + 18,05 = 30,29 [30,26] \text{ (MM)};$$

$$B_{11}^{\max} = K_9^{\max} - B_4^{\max} = 30,26 - 18,05 = 12,26 \text{ (MM)}.$$

$$\text{Допуск } 12,25 - 11,79 = 0,32 \text{ (MM)};$$

$$B_{11} = 12,21_{-0,32} \text{ MM}.$$

$$12. Z_5^{\min} = 3_3^{\min} - B_2^{\max};$$

$$3_3^{\min} = B_2^{\max} + Z_5^{\min} = 19,45 + 2 = 21,45 \text{ (MM)};$$

$$3_3^{\max} = 21,45 + 2,2 = 23,65 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 23,65_{-1,2} \text{ MM};$$

$$Z_5^{\max} = 3_3^{\max} - B_2^{\min} = 23,65 - 19,2 = 4,45 \text{ (MM)}.$$

$$13. Z_2^{\min} = B_3^{\min} + 3_3^{\min} - 3_2^{\max};$$

$$3_2^{\max} = B_3^{\min} + 3_3^{\min} - Z_2^{\min} = 18,45 + 22,65 - 35,2 = 4,05 \text{ (MM)};$$

$$3_2^{\min} = 37,4 - 2,2 = 35,2 \text{ (MM)};$$

$$Z_2^{\max} = B_3^{\max} + 3_3^{\max} - 3_2^{\min} = 18,6 + 22,65 - 35,2 = 4,05 \text{ (MM)}.$$

$$14. = 3_1^{\min} - B_9^{\max} - 3_3^{\max};$$

$$3_1^{\min} = B_9^{\max} + 3_3^{\max} + Z_1^{\min} = 27,11 + 22,65 + 2,1 = 51,86 \text{ (MM)};$$

$$3_1^{\max} = 51,86 + 2,4 = 53,26 \text{ (MM)};$$

$$3_1 = 54,26_{-2,4} \text{ MM};$$

$$Z_1^{\min} = 3_1^{\max} - B_9^{\min} - 3_3^{\min} = 54,26 - 26,91 - 21,45 = 4,9 \text{ (MM)}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.21.

Таблиця 2.21 – Дані розрахунків технологічних розмірів та розмірів заготовки, мм

Технологічні розміри, розміри заготовки	Z_1	Z_2	Z_3	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}
Попередні значення допусків	8,4	8,2	8,2	0,52	0,32	0,25	0,1	0,26	0,24	0,26	0,3	0,26	0,22	0,35
Квалітет	10	10	10	14	12	12	10	12	14	12	14	12	12	12
Остаточні значення допусків	8,4	8,2	8,2	0,52	0,25	0,15	0,1	0,2	0,24	0,1	0,3	0,2	0,26	0,32
Номінальні розміри	54,66	37,4	23,659	16	12	6,8	7,6	8,1	20,28	22,8	5,5	27,11	7,21	12,21

Таблиця 2.22 – Дані розрахунків припусків

Припуски		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Граничні значення	Z_{\min}	2,5	2,5	0,4	0,6	2,0
	Z_{\max}	4,9	4,05	0,65	1,0	4,45

Висновок. Технологічні рівняння складаються з 2-3 ланок за винятком розмірів заготовок Z_1 , Z_2 , Z_3 (3-4 ланок), що є недоліком. В результаті збільшуються максимальні припуски. В цілому ТП механічної обробки є задовільним.

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ [3, 7]

Заготовкою для даної деталі є вилівок. Обробка проводиться в спеціальному пристосуванні при встановленні заготовки на площину і два пальці (циліндричний та зрізаний).

Маршрут механічної обробки при обробці $\varnothing 72\text{H7}^{(+0,03)}$ складається з 4 переходів: розточування попереднє; розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне.

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричної поверхні із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначається за формулою [3, 7]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ei}^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.21)$$

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; ε_{ei} – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Сумарне значення просторових відхилень R_z і h згідно [3] складає 600 мкм. Після першого технологічного переходу h для деталей з чавуну виключається з розрахунків. Згідно [3] вибрано значення R_z і записано до таблиці 2.23.

Сумарне значення просторових відхилень

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – відхилення поверхні вихідної заготовки від правильної геометричної форми (циліндричності), спричинені жолобленням, мкм;

$\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору поверхні вихідної заготовки відносно технологічних баз, мкм.

Таблиця 2.23 – Розраховані припуски на обробку отвору $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 72H7^{(+0,030)}$	Елементи припуска, мм				Розрахункові елементи		Допуск δ , мкм	Граничні значення технолог. розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	ρ	ε_s	$2Z_{\min}$, мкм	d_p , мм		D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}^{sp}$	$2Z_{\max}^{sp}$
Заготовка	600		2248	-	-	65,89	2000	63,89	65,89	-	-
розточування попереднє	50	-	112	103	2·2850	71,59	460	71,13	71,59	2·2850	2·3620
розточування попереднє	30	-	6	5	2·162	71,914	120	71,794	71,914	2·162	2·332
розточування попереднє	20	-	-	-	2·38	71,99	46	71,944	71,99	2·38	2·75
розточування остаточне	3	-	-	-	2·20	72,03	30	72,0	72,03	2·20	2·28
Всього										6140	8110

Жолоблення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому напрямку, тому

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\text{ж}} \cdot D)^2 + (\Delta_{\text{ж}} \cdot L)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

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

D і L – відповідно діаметр та довжина отвору готової деталі.

Згідно [3] $\Delta_{\text{ж}} = 0,7 \dots 1,0$ мкм/мм. Приймаємо $\Delta_{\text{ж}} = 0,7$ мкм/мм.

Таким чином,

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 72)^2 + (0,7 \cdot 26)^2} = 54 \text{ (мкм)}.$$

Для визначення величини $\rho_{\text{жол}}$ розглянемо операційний ескіз механічної обробки заготовки на першій операції. Схема базування на першій операції відповідає розв'язанню задачі забезпечення розмірного зв'язку оброблених поверхонь з необробленими (рис. 2.11).

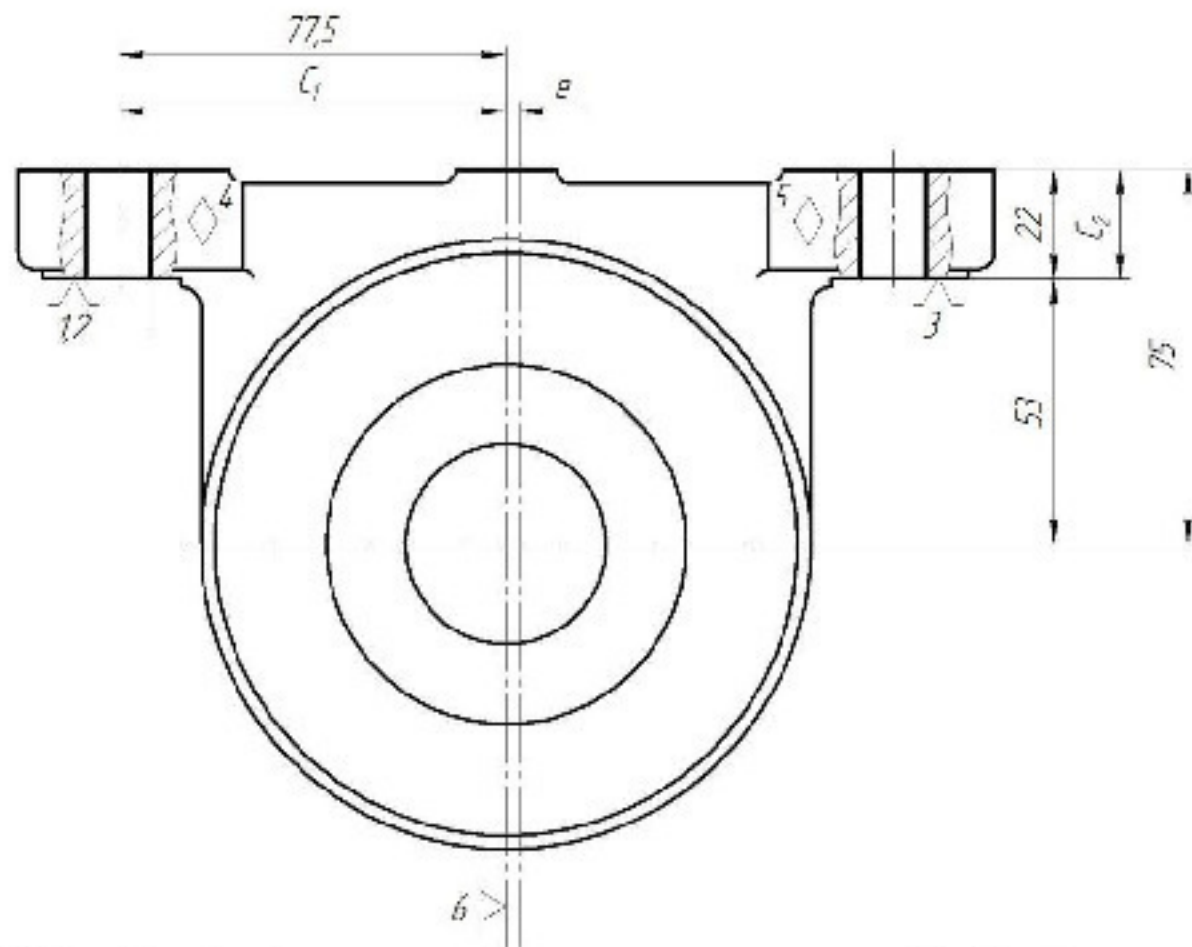


Рисунок 2.11 – Ескіз зі схемою базування на операції обробки чистових баз (перша операція)

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами (площиною основи і розглядуваним отвором) розмірами $(A_{77,5})_{\Sigma}$ і $(A_{75})_{\Sigma}$. Тому знайдемо ρ_{Σ} як середньоквадратичне значення сумарних похибок механічної обробки цих розмірів, тобто

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 77,5})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \text{ [мкм]}. \quad (2.24)$$

Визначимо величини $\varepsilon_{\Sigma 77,5}$ та $\varepsilon_{\Sigma 75}$ за спрощеною формулою визначення сумарної похибки механічної обробки [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \omega^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.25)$$

де ε_{δ} – похибка базування, мкм; ω – середньостатистична точність способу механічної обробки, мкм.

Знайдемо похибки базування на розміри $A_{77,5}$ і A_{75} , побудувавши відповідні розмірні ланцюги (див. рис. 2.11).

Похибка базування на розмір $A_{77,5}$ складе

$$\varepsilon_{677,5} = T(A_e) + T(C_1),$$

де e – ексцентриситет між отвором вилівка і його поверхнею. Ця величина e до 4 мм. Тоді згідно 9 класу розмірної точності вилівка допуск на e складає 1000 мкм.

Оскільки величина $T(C_1)$ є фактично похибкою настроєння і враховується в ω , то можна прийняти $T(C_1) = 0$.

Отже, $\varepsilon_{677,5} = T(A_e) = 1000$ мкм.

Значення $\omega_{77,5}$ (зміщення осі отвору після свердління відносно технологічних баз) згідно з [8, 9] складає 180 мкм (для чавуну).

Таким чином,

$$\varepsilon_{\Sigma 77,5} = \sqrt{1000^2 + 180^2} = 1016 \text{ (мкм)}.$$

Аналогічно знаходимо ε_{675}

$$\varepsilon_{675} = T(A_{53}) + T(C_2)$$

і, відповідно, $T(C_2) = 0$; $\varepsilon_{675} = T(A_{53}) = 2000$ мкм.

Фрезерування площини основи виконується за два переходи, забезпечує 10 квалітет точності [3] (заготовка лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші), точність розміру 75 для 10 квалітету складає 120 мкм.

Таким чином,

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{2000^2 + 120^2} = 2004 \text{ (мкм)}.$$

Тоді

$$\rho_{зм} = \sqrt{1016^2 + 2004^2} = 2247 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{54^2 + 2247^2} = 2247,65 \text{ (мкм)} \approx 2248 \text{ (мкм)}.$$

Залишкове значення просторового відхилення після попереднього розточування (першого переходу) складе

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 2248 = 112 \text{ (мкм)};$$

- після попереднього розточування (другого переходу)

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 112 = 5,62 \text{ (мкм)} \approx 6 \text{ (мкм)};$$

- після попереднього розточування (третього переходу)

$$\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ (мкм)} \approx 0;$$

- після остаточного розточування

$$\rho_4 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ (мкм)} \approx 0.$$

Похибка встановлення [7]

$$\varepsilon_e = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_z^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.26)$$

де ε_δ – похибка базування, мкм;

ε_z – похибка закріплення, мкм.

Визначимо похибку базування $\varepsilon_{\delta X}$ у напрямку осі X

$$\varepsilon_{\delta X} = \sqrt{\varepsilon_{\delta X}^2 + \varepsilon_{\varepsilon X}^2} \text{ [МКМ]}, \quad (2.27)$$

де $\varepsilon_{\delta X}$ – похибка базування в напрямку осі X , мкм;

$\varepsilon_{\varepsilon X}$ – похибка закріплення в напрямку осі X , мкм.

Так як заготовка деталі при обробленні отвору $\varnothing 72\text{H}7^{(+0,030)}$ встановлюється на два пальці (циліндричний і зрізаний) та площину основи, то похибка базування в напрямку осі X дорівнює максимальному зазору [7]:

$$\varepsilon_{\delta X} = D_{\max} - d_{\min} \text{ [МКМ]}, \quad (2.28)$$

де D_{\max} і d_{\min} – відповідно максимальний діаметр отвору і мінімальний діаметр пальця.

Отвір $11\text{H}8^{(+0,027)}$, круглий палець $\varnothing 11\text{q}7^{(-0,006/-0,024)}$.

Тоді

$$\varepsilon_{\delta X} = 11,027 - 11,976 = 0,051 \text{ (мм)} = 51 \text{ (МКМ)}.$$

Сила закріплення при обробленні отвору $\varnothing 72\text{H}7^{(+0,030)}$ за прийнятої схеми встановлення спрямована у напрямі осі Y , то похибка закріплення у напрямі осі X відсутня, отже

$$\varepsilon_{\delta X} = \varepsilon_{\varepsilon X} = 51 \text{ МКМ}.$$

Похибка встановлення у напрямку осі Y включає похибку базування в напрямку осі Y та похибку закріплення в напрямку осі Y

$$\varepsilon_{\delta Y} = \sqrt{\varepsilon_{\delta Y}^2 + \varepsilon_{\varepsilon Y}^2} \text{ [МКМ]}. \quad (2.29)$$

$\varepsilon_{\delta Y} = 0$, так як вона вже врахована в ρ_{Σ} (сумарна похибка механічної обробки розміру 60).

Оскільки сили закріплення направлені паралельно осі Y , то відповідно до [3] похибка закріплення у напрямі цієї осі складе 90 мкм.

Отже,

$$\varepsilon_{eY} = \varepsilon_{rY} = 90 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення на попередньому розточуванні (перший перехід)

$$\varepsilon_{e1} = \sqrt{51^2 + 90^2} = 103,4 \text{ (мкм)} \approx 103 \text{ (мкм);}$$

- на попередньому розточуванні (другий перехід)

$$\varepsilon_{e2} = 0,05 \cdot 103,4 = 5 \text{ (мкм);}$$

- на попередньому розточуванні (третій перехід)

$$\varepsilon_{e3} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ (мкм)} \approx 0.$$

Мінімальний проміжний припуск при попередньому розточуванні (перший перехід)

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (600 + \sqrt{2248^2 + 103^2}) = 2 \cdot 2850 \text{ (мкм).}$$

При попередньому розточуванні (другий перехід)

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + \sqrt{112^2 + 5^2}) = 2 \cdot 162 \text{ (мкм).}$$

При попередньому розточуванні (третій перехід)

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + \sqrt{6^2 + 0^2}) = 2 \cdot 38 \text{ (мкм).}$$

При остаточному розточуванні

$$2Z_{\min 4} = 2 \cdot (20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 20 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий розмір після останнього переходу (максимальний)

$$D_{p4} = 72,03 \text{ мм.}$$

Для інших переходів отримуємо:

- після розточування попереднього (третього переходу)

$$D_{p3} = 72,03 - 2 \cdot 0,02 = 71,99 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 71,99 - 2 \cdot 0,038 = 71,914 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 71,914 - 2 \cdot 0,162 = 71,59 \text{ (мм);}$$

- для заготовки

$$D_{\text{заг.пых}} = 71,59 - 2 \cdot 2,85 = 65,89 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні розміри:

- після розточування остаточного

$$D_{p4} = 72,03 - 0,03 = 72 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (третього переходу)

$$D_{p3} = 71,99 - 0,046 = 71,944 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 71,914 - 0,12 = 71,794 \text{ (мм)};$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 71,59 - 0,46 = 71,13 \text{ (мм)};$$

- для заготовки

$$D_{\text{заг.мін}} = 65,89 - 2,0 = 63,89 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні проміжні значення припусків

$$Z_{\text{мін}1}^{\text{сп}} = 71,59 - 65,89 = 2 \cdot 2,85 \text{ (мм)} = 2 \cdot 2850 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{мін}2}^{\text{сп}} = 71,914 - 71,59 = 2 \cdot 0,162 \text{ (мм)} = 2 \cdot 162 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{мін}3}^{\text{сп}} = 71,99 - 71,914 = 2 \cdot 0,038 \text{ (мм)} = 2 \cdot 38 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{мін}4}^{\text{сп}} = 72,03 - 71,99 = 2 \cdot 0,02 \text{ (мм)} = 2 \cdot 20 \text{ (мкм)}.$$

Максимальні проміжні значення припусків

$$Z_{\text{макс}1}^{\text{сп}} = 71,13 - 63,89 = 2 \cdot 3,62 \text{ (мм)} = 2 \cdot 3620 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{макс}2}^{\text{сп}} = 71,794 - 71,13 = 2 \cdot 0,332 \text{ (мм)} = 2 \cdot 332 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{макс}3}^{\text{сп}} = 71,944 - 71,794 = 2 \cdot 0,075 \text{ (мм)} = 2 \cdot 75 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\text{макс}4}^{\text{сп}} = 72 - 71,944 = 2 \cdot 0,028 \text{ (мм)} = 2 \cdot 28 \text{ (мкм)}.$$

Перевірка правильності розрахунків припусків:

$$2Z_{\max}^{cp} - 2Z_{\min}^{cp} = \delta_{i-1} - \delta_i;$$

$$2Z_{\max 4}^{cp} - 2Z_{\min 4}^{cp} = 56 - 40 = 16 \text{ (МКМ)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 46 - 30 = 16 \text{ (МКМ)};$$

$$2Z_{\max 3}^{cp} - 2Z_{\min 3}^{cp} = 150 - 76 = 74 \text{ (МКМ)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 120 - 46 = 74 \text{ (МКМ)};$$

$$2Z_{\max 2}^{cp} - 2Z_{\min 2}^{cp} = 664 - 324 = 340 \text{ (МКМ)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 460 - 120 = 340 \text{ (МКМ)};$$

$$2Z_{\max 1}^{cp} - 2Z_{\min 1}^{cp} = 7240 - 5700 = 1540 \text{ (МКМ)};$$

$$\delta_{заг} - \delta_1 = 2000 - 460 = 1540 \text{ (МКМ)}.$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

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 2.24.

Таблиця 2.24 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхні	$2Z_{\min}$, мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Проміжні розміри і допуск, мм
$\varnothing 41H9^{(+0,062)}$				
Заготовка	-	35,462	2,0	33,462
Розточування попереднє	2·1,5	38,462	0,39	38,072
Розточування попереднє	2·1,0	40,462	0,1	40,362
Розточування остаточне	2·0,3	41,062	0,062	41,0

Інші поверхні визначені по 14 квалітету, шорсткість поверхні Ra 6,3 і обробляються за 1 перехід.

2.10 Призначення режимів різання [10-12]

Проведемо табличний вибір режимів різання для різних видів обробки.

Операція 005. Вертикально-фрезерний з ЧПК.

Модель верстата – ЛТ260МФ3.

Пристосування: спеціальне.

Перехід 3.

Фрезерувати поверхню 1 попередньо.

Ріжучий інструмент: фреза торцева.

Глибину різання визначаємо, виходячи із заданої площини, вибору припусків і розрахунку розмірів заготовки

$$t = 2,4 \text{ мм (70\% від загального припуску 3,4 мм).}$$

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для торцевої фрези з заданими параметрами рекомендується подача $S = 0,15-0,3$ мм/об.

Керуючись по паспорту верстата приймаємо $S = 0,2$ мм/об.

Назначаємо період стійкості фрези. Для багатоінструментальної наладки приймаємо $T = 180$ хв.

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями фрези $V_{\text{табл}} = 90$ м/хв.

Матеріал без кірки $K_{\text{nv}} = 1$; матеріал фрези ВК8, $K_{\text{uv}} = 0,85$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} \text{ [м/хв.],} \quad (2.30)$$

$$V_{\text{різ}} = 90 \cdot 1 \cdot 0,85 = 76,5 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.],} \quad (2.31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 76,5}{3,14 \cdot 45} = 541,4 \text{ (об/хв.)}$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо $n = 550$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.],} \quad (2.32)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 550}{1000} = 86,4 \text{ (м/хв.)}$$

Потужність різання при фрезеруванні складає $N_{\text{таб}} = 2,2$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta \text{ [кВт];} \quad (2.33)$$

$$N_{\text{в}} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,5 \text{ (кВт);}$$

$$N_{\text{різ}} = 2,2 \text{ кВт} < N_{\text{в}} = 4,5 \text{ кВт.}$$

Умови по обробці фрезеруванням (потужності) виконуються.

Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = \xi_{\text{р.х.}} \cdot i / n \cdot s = 235 \cdot 1 / 550 \cdot 0,2 = 2,13 \text{ (хв.)}$$

Свердлити 2 отвори $\varnothing 11$.

Ріжучий інструмент: свердло спіральне $2\phi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$. Форма підточки

Глибина різання складає: $t = d/2 = 11/2 = 5,5$ (мм).

Назначаємо подачу для $HB < 190$, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 0,35$ мм/об.

Глибина свердління: $l/d = 22/13 < 3$ $K_1 = 1,0$.

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{1s} = 0,35 \cdot 1,0 = 0,35 \text{ (мм/об.)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0,3$ мм/об.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 8 інструментів, $T = 20$ хв.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45$ мм.

Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{\text{таб}} = 17$ м/хв., $K_{1v} = 1$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{1v} = 17 \cdot 1 = 17 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17}{3,14 \cdot 11} = 454 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 460$ (об/хв.)

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 460}{1000} = 15,9 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання, $N_{\text{таб}} = 1,2$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_B = N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт)};$$

$$N_B = 4,4 \text{ кВт} > N_{таб} = 1,2 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = \xi_{р,х} \cdot i/n \cdot S = 27 \cdot 1/460 \cdot 0,3 = 0,2 \text{ (хв.)};$$

для двох отворів $t_{аб} = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ (хв.)}$

Зенкерувати 2 отвори $\varnothing 12,5$.

Ріжучий інструмент: Зенкер ГОСТ 12489-67; $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi = 60^\circ$,
 $\varphi_0 = 30^\circ$, $\omega = 10^\circ$, $f = 1 \text{ мм}$.

Глибина різання складає:

$$t = (D-d)/2 = (12,5-11)/2 = 0,75 \text{ (мм)}.$$

Назначаємо подачу для $HB < 190$, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 0,6-0,7 \text{ мм/об}$.

Глибина свердління: $l/d = 22/12,5 < 3 K_1 = 1,0$

$$S_0 = S_{таб} \cdot K_{ls} = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7 \text{ (мм/об)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0,6 \text{ мм/об}$.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 8 інструментів, $T = 20 \text{ хв}$.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45 \text{ мм}$.

Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{таб} = 23 \text{ м/хв.}$, $K_{lv} = 1$.

$$V = V_{таб} \cdot K_{lv} = 23 \cdot 1 = 23 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання складає:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23}{3,14 \cdot 12,5} = 585 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 550$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12,5 \cdot 550}{1000} = 21,6 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання,
 $N_{\text{таб}} = 1,8$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт);}$$

$$N_{\text{в}} = 4,4 \text{ кВт} > N_{\text{таб}} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складає:

$$T = \xi_{\text{р.х}} \cdot i / n \cdot S = 27 \cdot 1 / 550 \cdot 0,6 = 0,08 \text{ (хв.)}$$

для двох отворів $t_{\text{аб}} = 0,08 \cdot 2 = 0,16$ (хв.)

Розвернути 2 отвори $\varnothing 13$.

Ріжучий інструмент: розвертка ГОСТ 1672-62; $D = 13$, $L = 180$, $l = 19$.

Глибина різання складає:

$$t = (D-d)/2 = (13-12,5)/2 = 0,25 \text{ (мм).}$$

Назначаємо подачу для HB<190, матеріал СЧ15

I – група подач: $S_0 = 1,3-1,5$ мм/об.

Глибина свердління: $l/d=22/13<3$ $K_f=1.0$

$$S_0 = S_{\text{таб}} \cdot K_{fs} = 1,3 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ (мм/об).}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 1,2$ мм/об.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 1 інструментів, $T = 20$ хв.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3-0,45$ мм.

Визначаємо швидкість різання, допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{\text{таб}} = 17$ м/хв., $K_{fv} = 1$.

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_{fv} = 17 \cdot 1 = 17 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання складас:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17}{3,14 \cdot 13} = 416 \text{ (об/хв.)}$$

Згідно паспортних даних приймаємо $n = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складас:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 400}{1000} = 16,3 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання,
 $N_{\text{таб}} = 1,6$ кВт.

Ефективна потужність на шпинделі верстата складас

$$N_B = N_{дв} \cdot \eta = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ (кВт)};$$

$$N_B = 4,4 \text{ кВт} > N_{таб} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складас:

$$T = \xi_{р,х} \cdot i/n \cdot S = 27 \cdot 1/400 \cdot 1,2 = 0,056 \text{ (хв.)}$$

для двох отворів $T_{таб} = 0,056 \cdot 2 = 0,113 \text{ (хв.)}$

Аналогічно визначимо режими різання для інших операцій.

Дані розрахунків зводимо до таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Режими різання

Операції та переходи	Розрахункові розміри, мм		Припуск t, мм	Режими різання		
	D/B	L		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв
1	2	3	4	5	6	7
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	45	195	2,4	0,2	86,4	550
3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	45	195	1,0	0,1	133,5	850
4. Центрувати 2 отв. 2.	ø5	6,0	2,5	0,3	7,24	460
5. Свердлити 2 отв. 2.	ø11	22	5,5	0,3	15,9	460
6. Зенкерувати 2 отв. 2.	ø12,5	22	0,75	0,6	21,6	550
7. Розвернути 2 отв. 2.	ø13	22	0,25	1,2	16,3	400
010 Токарно-револьверна з ЧПК						
2. Точити торець 1 попередньо.	122	122	3,22	0,4	120	315
3. Точити торець 1 остаточно.	122	122	0,5	0,25	241	630
4. Розточити фаску 2 однократно, отвір 3 попередньо,	ø74	1×45°	1,0	0,4	73	315
торець 4 попередньо,	ø72	26	1,2	0,4	71	315
отвір 5 однократно,	ø72	26	3,25	0,4	71	315
торець 6 однократно,	ø62	6,0	1,1	0,4	61	315
отвір 7 попередньо.	ø62	6,0	5,0	0,4	61	315
	ø41	13	1,5	0,4	41	315
5. Розточити отвір 3 попередньо,	ø72	26	0,3	0,25	142	630
торець 4 остаточно,	ø72	26	0,5	0,25	142	630
отвір 7 попередньо.	ø41	13	1,0	0,25	81	630

Продовження таблиці 2.25

1	2	3	4	5	6	7
6. Розточити отвір 3 попередньо, отвір 7 остаточно.	ø72 ø41	26 13	0,048 0,3	0,15 0,15	180 103	800 800
7. Розточити канавку 8 однократно.	ø73	3	1,5	0,25	72	315
8. Розточити отвір 3 остаточно.	ø72	26	0,024	0,1	283	1250
9. Розточити канавку 9 попередньо.	ø53	5,5	2,0	0,25	52	315
10. Розточити канавку 9 остаточно.	ø53	5,5	0,5	0,25	58	550
11. Переустановити заготовку.	-	-	-	-	-	-
12. Точити торець 10 однократно.	ø64	64	3,5	0,4	138	800
015 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2. Центрувати 3 отв. 1.	ø5	6	2,5	0,16	12,6	800
3. Свердли 3 отв. 1.	ø9	24	4,5	0,16	22,6	800
4. Зенкувати фаску в 3 отв. 1.	ø12	1,0	1,0	0,16	30	800
5. Нарізати різь в 3 отв. 1.	M10-7H	18	1,0	1,0	9,4	300
6. Фрезерувати канавку 2 однократно.	R10; B20	32	10	0,04	25	400
7. Повернути заготовку на 90°.	-	-	-	-	-	-
8. Свердли 3 отв. 3.	ø20	12	10	0,16	49	780
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК						
2. Фрезерувати поверхні бобишок 1, 2 однократно.	22	27,5	2,3	0,2	75	800
3. Фрезерувати поверхню 3 однократно.	ø22	22	2,0	0,2	75	800
4. Центрувати отвір 4.	ø5	6	3,0	0,16	12,6	800
5. Свердли 3 отв. 4.	ø9	24,5	4,5	0,16	22,6	800
6. Зенкувати фаску в отворі 4.	ø12	1,0	1,0	0,16	30	800
7. Нарізати різь в отворі 4.	M10-7H	12	1,0	1,0	9,4	300

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 описуємі процес та оцінювальну функцію (критерій оптимальності).

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

Оптимізацію режимів різання проведено для таких видів механічної обробки:

- точіння поверхні 1 операція 010, перехід 2;
- фрезерування поверхні 1 операція 005, перехід 2.

Виконавши оптимізацію для точіння та фрезерування, виявивши оптимальні області режимів різання, яка обмежена по стійкості різального інструмента, по найменшій та найбільшій частоті обертання шпинделя, по найменшій та найбільшій припустимій подачі, міцності інструмента, по потужності приводу верстата.

Така оптимізація дає можливість збільшити діапазон вибору режимів різання, при якому процес обробки буде найбільш доцільним.

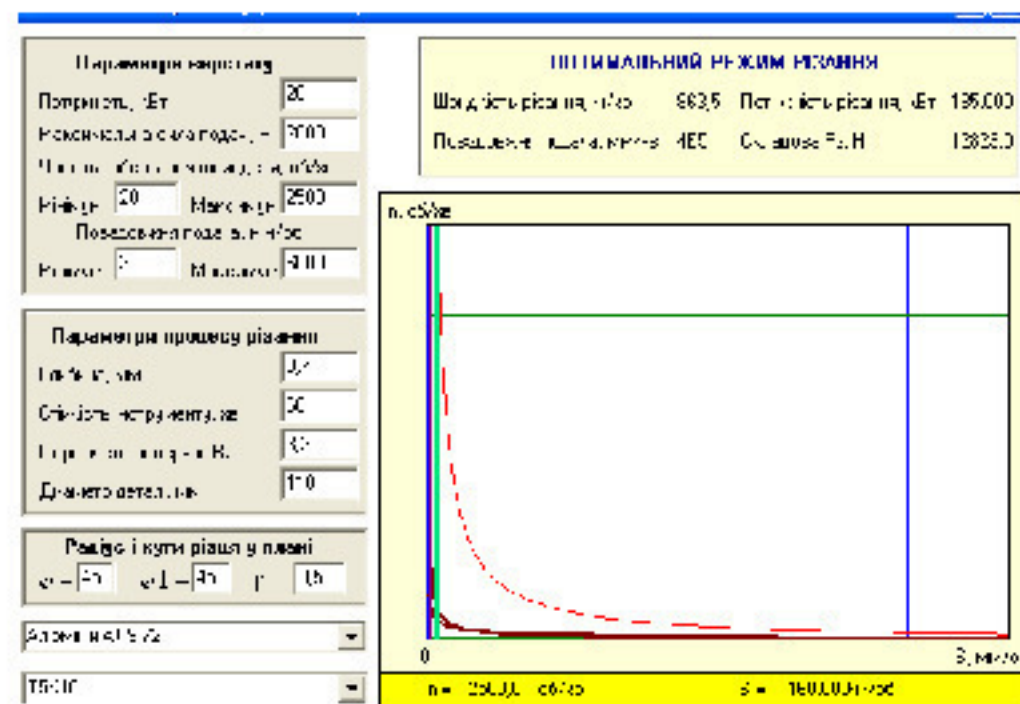


Рисунок 2.12 – Точіння торцю 1 попередня операція 010, перехід 2

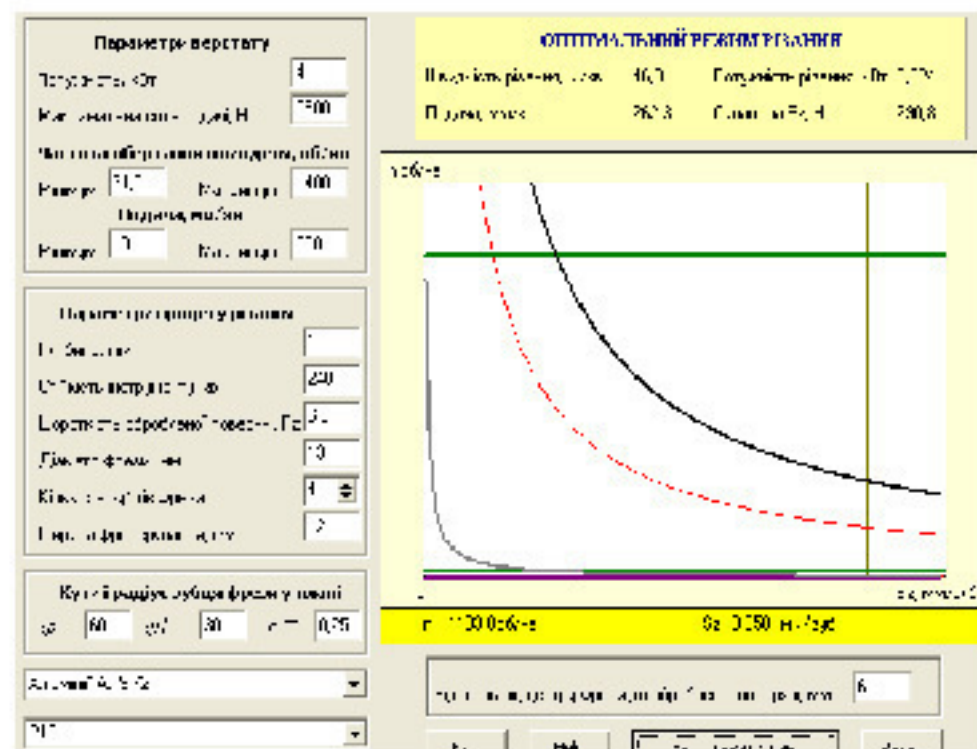


Рисунок 2.13 – Фрезерування лиски 1 операція 005, перехід 2

Результати отримані за допомогою EOM мають незначну розбіжність з

прийнятими режимами різання. Таким чином, максимальна продуктивність обробки на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

2.12 Розрахунок технічних норм часу

Операція 005 Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Модель верстата: ЛТ260МФ3. Пристосування – спеціальне поворотне.

Маса заготовки $m_3 = 5,66$ кг.

Основний час $t_0 = 5,56$ хв.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ [11]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.34)$$

де $T_{шт}$ – штучний час, хв.; $T_{п-з}$ – підготовчо-заключний час, хв.; n – кількість деталей в партії настройки, шт.

Штучний час

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс,відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.35)$$

де T_o – основний час, хв.; T_d – допоміжний час, хв.; $T_{обс,відп}$ – час обслуговування та відпочинку, хв.

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ [хв.]}, \quad (2.36)$$

де L – довжина робочого ходу супорта; i – число перебігу; S – подача; n – частота обертання.

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо: $T_{o2} = \frac{235 \cdot 1}{0,2 \cdot 550} = 2,13$ (хв.)

Перехід 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно: $T_{o3} = \frac{235 \cdot 1}{0,1 \cdot 850} = 2,76$ (хв.)

Перехід 4. Центрувати 2 отв. 2: $T_{o4} = 2 \cdot \frac{27 \cdot 1}{0,3 \cdot 460} = 0,4$ (хв.)

Перехід 5. Свердлити 2 отв. 2: $T_{o5} = 2 \cdot \frac{27 \cdot 1}{0,6 \cdot 550} = 0,16$ (хв.)

Перехід 6. Зенкерувати 2 отв. 2: $T_{o5} = 2 \cdot \frac{26 \cdot 1}{0,8 \cdot 600} = 0,11$ (хв.)

Перехід 7. Розвернути 2 отв. 2: $T_{o5} = 2 \cdot \frac{27 \cdot 1}{1,2 \cdot 400} = 0,113$ (хв.)

Основний час

$$\Sigma T_{o005} = 2,13 + 2,76 + 0,4 + 0,16 + 0,11 + 0,113 = 5,56 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_D = t_{уст.} + t_{закр.} + t_{упр.} \text{ [хв.]}, \quad (2.37)$$

де $t_{уст.} = 0,07$ хв. – час установлення, закріплення, розкріплення, зняття деталі;

$t_{закр.} = 0,024$ хв. – час закріплення, відкріплення заготовки;

$t_{упр.}$ – час на управління верстатом – включення, виключення верстата; підведення, відведення інструменту; заміну інструменту;

$$t_{упр.} = t_{вкл. \dots викл.} + t_{підв. \dots відв.} + t_{зам. \dots інстр.} = 2 \cdot 0,01 + 4 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,01 + 6 \cdot 0,015 = 0,31 \text{ (хв.)}$$

Тоді

$$T_D = 0,07 + 0,024 + 0,31 = 0,4 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_d \text{ [хв.]}, \quad (2.38)$$

$$T_{оп} = 5,56 + 0,4 = 5,96 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування та відпочинок $T_{обс,відп}$ складає 7% від $T_{оп}$

$$T_{обс,відп} = 0,07 \cdot T_{оп} = 0,07 \cdot 5,96 = 0,42 \text{ (хв.)}$$

Штучний час

$$T_{шт} = 5,56 + 0,4 + 0,42 = 6,4 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п-з} = 34$ хв. – час на налагодження інструменту, пристосування; на одержання інструменту, документації, пристосування.

Таким чином

$$T_{шт-к} = 6,4 + 34/430 = 6,5 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$, хв.
005 Вертикально- фрезерна з ЧПК	5,56	1,2 (фактичний) 1,4 (табличний)	6,5
010 Токарно- револьверна з ЧПК	2,8	1,3	3,64
015 Вертикально- фрезерна з ЧПК	1,1	1,4	1,54
020 Вертикально- фрезерна з ЧПК	0,69	1,4	0,97

2.13 Висновки

В даному розділі проведено удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» шляхом застосування принципу концентрації операцій на сучасному технологічному обладнанні, а саме на багатоцільових верстатах з ЧПК із забезпеченням необхідної якості деталей. 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 середньосерійний, форма організації роботи групова;
- варіантним вибором встановлено, що найбільш доцільними способами виготовлення заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» є лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші та лиття в оболонкові форми. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки вартість заготовки при цьому складає 249,6 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 380,6 грн.;
- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Корпус підшипника 420.008-01», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» з використанням високопродуктивних багатоцільових верстатів з ЧПК;
- вибрано кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі;
- проведено розрахунок припусків та міжопераційних розмірів;
- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

3 ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ

3.1 Мета, завдання дослідження

Під час проектування технологічних процесів механічної обробки за умови, що така обробка виконується на настроєних верстатах (в серійному і масовому виробництві), одним з найвідповідальніших етапів є вибір технологічних баз (схем базування заготовок) на всіх технологічних операціях, оскільки від схеми базування значною мірою залежить точність відносного розташування поверхонь деталі.

Початковими даними для вибору технологічних баз є креслення деталі та попередньо розроблений маршрут механічної обробки її заготовки.

Розробляючи технологічний процес механічної обробки, зазвичай спочатку вибирають технологічні бази для другої і подальших операцій (чистові бази), а потім технологічні бази для першої операції (чорнові бази). Такий підхід пояснюється тим, що на першій операції мають бути чисто оброблені саме ті поверхні, які на подальших операціях будуть використовуватися як технологічні бази.

Відомо [15], що під час вибору чистових технологічних баз розв'язується лише одна задача – мінімізація похибки базування.

Під час вибору чорнових технологічних баз зазвичай розв'язується одна з двох задач – або забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями, або ж забезпечення знімання мінімального рівномірного припуску під час першого переходу обробки певної поверхні [16].

Разом з тим, можливими є і комбінації з частковим розв'язанням першої задачі і частковим розв'язанням другої задачі.

Мета роботи – виявлення впливу схеми базування на першій операції

технологічного процесу механічної обробки партії заготовок деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на настроєному верстаті на кількісні значення припуску для розточування головного отвору.

Завдання:

- вибір можливих схем базування деталі «Корпус підшипника 420.008-01» на першій операції технологічного процесу механічної обробки;
- призначення складових мінімального припуску на обробку отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ та визначення їх величини для розглядуваних схем базування;
- визначення максимальних припусків;
- порівняльний аналіз впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки на величину мінімального, максимального припусків для обробки головного отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$, вибір оптимального варіанту схеми базування;
- порівняння максимальних припусків із нормативними значеннями;
- порівняння мінімальних та максимальних припусків із їх значеннями, одержаними розрахунково-аналітичним методом;
- формулювання висновків по вибору найкращого варіанту схеми базування.

3.2 Результати дослідження

Дослідження виконано на прикладі механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» в умовах серійного виробництва [13, 14].

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ18 (ГОСТ 1412-85), маса деталі 3,51 кг. Допуск діаметра отвору у вихідній заготовці складає 2,2 мм.

Спосіб виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші. Клас точності вилівка – 9 [6].

За чистові технологічні бази вибрані площина лап (основна конструкторська база деталі) і два кріпильні отвори $\varnothing 13H9$ мм. Вважалось, що обробка головного отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм за використання цієї схеми базування

виконується за чотири переходи (чорнове, напівчистове, чистове і тонке розточування) з одного установа на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті з ЧПК. Установлення заготовки на цій операції здійснюється на опорні пластини і два пальці (круглий та зрізаний).

Згідно з методом визначення припусків, запропонованим В. М. Кованом [17], мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричних поверхонь визначається за формулою

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{\sigma i}^2}) \text{ [мкм]}, \quad (3.1)$$

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 утворилися на технологічному переході, що передує виконуваному; $\varepsilon_{\sigma i}$ – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Величини R_Z і h визначалися за таблицями [6]. Величина похибки встановлення $\varepsilon_{\sigma i}$ знаходилась за методиками [7] як поле розсіювання розміру між вершиною настроєного на розмір різального інструмента та віссю отвору у вихідній заготовці.

Оскільки отвір, з поверхні якого буде зрізатися припуск, передбачений конструкцією вихідної заготовки деталі «Корпус підшипника 420.008-01», то величину ρ , яка увійде в припуск для першого ступеня (переходу) обробки, визначено за формулою [18]:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.2)$$

де ρ_1 , ρ_2 – просторові відхилення, спричинені відповідно жолобленням і зміщенням отвору у вихідній заготовці.

Величина ρ_1 є відхиленням реальної поверхні отворів у партії вихідних заготовок від циліндричності і досить просто визначається за рекомендаціями [18]. Слід зазначити, що ρ_1 не залежить від схеми базування як на першій, так і на всіх подальших операціях.

Величина ρ_2 , у випадку, що розглядається, є полем розсіювання розташування осі отвору в партії вихідних заготовок відносно чистових технологічних баз. Це розсіювання спричиняється неточністю виготовлення вихідної заготовки, схемою базування на першій операції, а також тими похибками механічної обробки, що виникають під час формоутворення чистових технологічних баз.

Проаналізуємо вплив схеми базування на першій операції на величину ρ_2 . Для цього розглянемо три варіанти найчастіше використовуваних в технологічних процесах механічної обробки заготовок корпусних деталей схем базування (рис. 3.1). Перші два варіанти розв'язують задачу забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями; третій варіант – задачу зняття мінімального рівномірного пропуску з поверхні головного отвору.

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами розмірами: 77,5 мм (у напрямку осі X) і 75 мм (у напрямку осі Y). Тому знайдемо ρ_2 як середнє квадратичне значення сумарних похибок механічної обробки, що виникають під час отримання цих розмірів, тобто вважатимемо, що

$$\rho_{zm} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 77,5})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \text{ [мкм]}. \quad (3.3)$$

Для визначення складових мінімального припуску сумарну похибку обробки визначали за спрощеною формулою [1]

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\omega^2 + \varepsilon_{\delta}^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.4)$$

де ω – середньостатистична точність способу механічної обробки; ε_{δ} – похибка базування.

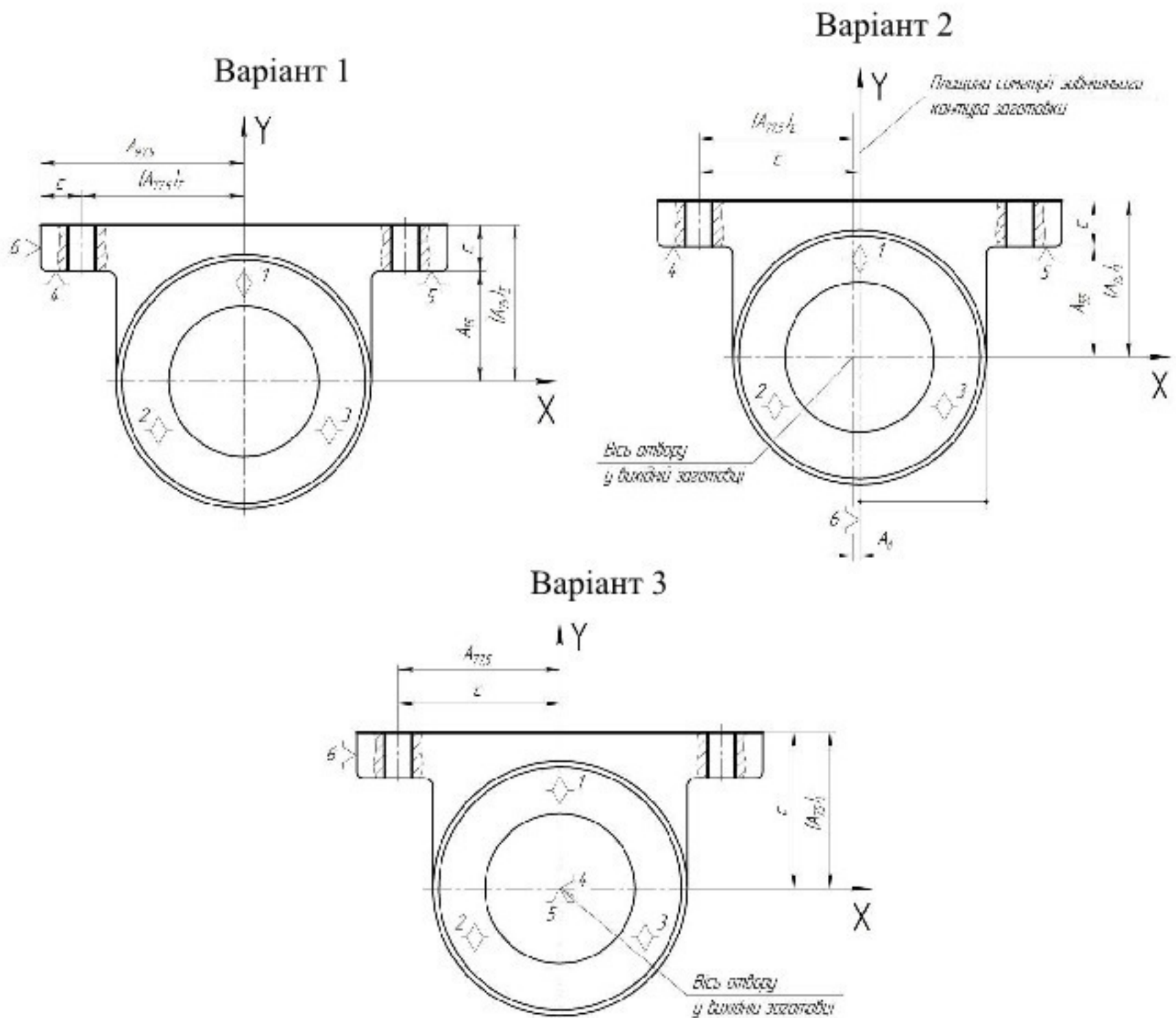


Рисунок 3.1 – Варіанти схеми базування заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на першій операції механічної обробки з технологічними розмірними ланцюгами для визначення похибки базування

Величина ω є сумарною похибкою, яка виникає на певному переході механічної обробки за умови, що похибка базування відсутня. Кількісні значення ω для поширених способів обробки є в довідниковій літературі, наприклад в [8].

Для визначення похибок базування ε_b для кожного з варіантів схем базування на першій операції побудовані відповідні технологічні розмірні ланцюги (див. рис. 3.1). Похибки базування визначалися як поля розсівання δ ланок замикання розмірних ланцюгів з використанням методу максимуму-мінімуму. Рівняння для визначення похибок базування матимуть вигляд.

Варіант 1

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(A_{97,5}) + T(c); \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{55}) + T(c). \quad (3.6)$$

Варіант 2

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(A_{\Delta}) + T(c); \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{55}) + T(c). \quad (3.8)$$

Варіант 3

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(c); \quad (3.9)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(c). \quad (3.10)$$

На рисунку 3.1 і в рівняннях (3.5)–(3.10) використано такі позначення: $T(A_{97,5})$ і $T(A_{55})$ – відповідно допуски ланок $A_{97,5}$ і A_{55} ; $T(c)$ – допуск розміру настроення c ; $T(A_{\Delta})$ – допустиме зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно площини симетрії зовнішньої поверхні (технологічної бази для варіанта 2).

Оскільки величина $T(c)$ є фактично похибкою настроення і повністю враховується в ω , то можна вважати, що $T(c) = 0$ для усіх варіантів схем базування. Ланки $A_{97,5}$, A_{55} і A_{Δ} з'єднують поверхні вихідної заготовки і тому допуски розмірів, що відповідають цим ланкам, визначені за [6]. Для вилівка 9 класу точності: $T(A_{97,5}) = 2200$ мкм, $T(A_{55}) = 2000$ мкм, $T(A_{\Delta}) = 1000$ мкм.

Таким чином:

- для варіанта 1: $\varepsilon_{677,5} = 2200$ мкм, $\varepsilon_{675} = 2000$ мкм;

- для варіанта 2: $\varepsilon_{677,5} = 1000$ мкм, $\varepsilon_{675} = 2000$ мкм;

- для варіанта 3: $\varepsilon_{677,5} = 0$, $\varepsilon_{675} = 0$.

Значення ω для розміру 77,5 мм (зміщення відносно технологічних баз осі

отвору $\varnothing 13H9$ мм після свердління) згідно з [8] складає 180 мкм.

Вважаючи, що фрезерування площини забезпечує 12 квалітет точності, прийmemo, що величина ω для розміру 75 мм складає 250 мкм.

З урахуванням відповідних кількісних значень ω і ε_{δ} і формули (3.4), отримано:

$$\text{- для варіанта 1: } \varepsilon_{\Sigma 77,5} = \sqrt{250^2 + 2200^2} = 2208 \text{ (мкм);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{250^2 + 2000^2} = 2016 \text{ (мкм);}$$

$$\text{- для варіанта 2: } \varepsilon_{\Sigma 77,5} = \sqrt{250^2 + 1000^2} = 1015 \text{ (мкм);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{250^2 + 2000^2} = 2016 \text{ (мкм);}$$

$$\text{- для варіанта 3: } \varepsilon_{\Sigma 77,5} = \sqrt{180^2 + 0^2} = 180 \text{ (мкм);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{250^2 + 0^2} = 250 \text{ (мкм).}$$

За формулою (3.3) визначено величину ρ_{zm} :

$$\text{- для варіанта 1: } \rho_2 = \sqrt{2208^2 + 2016^2} = 2989 \text{ (мкм);}$$

$$\text{- для варіанта 2: } \rho_2 = \sqrt{1015^2 + 2016^2} = 2257 \text{ (мкм);}$$

$$\text{- для варіанта 3: } \rho_2 = \sqrt{180^2 + 250^2} = 308 \text{ (мкм).}$$

Величину ρ_1 розраховано за рекомендаціями [18]. Оскільки ρ_1 отвору у вихідній заготовці не залежить від схеми базування, а визначається тільки розмірами поверхні заготовки і способом її виготовлення, то визначена за рекомендаціями [18] величина ρ_1 склала 77 мкм для усіх варіантів схеми базування на першій операції.

За формулою (3.2) визначимо величину ρ , яка має бути врахована як складова мінімального припуску для першого переходу обробки отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм:

- для варіанта 1: $\rho = \sqrt{77^2 + 2989^2} = 2990$ (мкм);
- для варіанта 2: $\rho = \sqrt{77^2 + 2257^2} = 2259$ (мкм);
- для варіанта 3: $\rho = \sqrt{77^2 + 308^2} = 318$ (мкм).

Отже, особливості схеми базування на першій операції, що реалізована за першим варіантом, спричиняють просторові відхилення ρ отвору у вихідній заготовці майже у десять разів більші за величину ρ , яка відповідає третьому варіанту схеми базування на першій операції.

Похибка встановлення ε_e на операції обробки отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм не залежить від схеми базування на першій операції, є однаковою для усіх трьох варіантів і визначається згідно з рекомендаціями [7]. У випадку, що розглядається, з урахуванням того, що обробка отвору здійснюється з одного установа, на першому переході $\varepsilon_{e1} = 223$ мкм; на другому переході $\varepsilon_{e2} = 0,05 \cdot \varepsilon_{e1} = 11$ (мкм); на третьому і четвертому переходах ця похибка незначна і тому нею знехтувано.

Всі складові мінімального припуску для трьох варіантів схем базування на першій операції, визначені відповідно до рекомендацій [7, 18], показані у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення складових мінімального припуску для трьох варіантів схем базування на першій операції

Переходи розточування $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм	Варіанти схем базування на першій операції											
	1-ий				2-ий				3-ий			
	Складові мінімального припуску, мкм											
	$R_{Z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{ei}	$R_{Z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{ei}	$R_{Z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{ei}
чорнове	600	-	2990	223	600	-	2254	223	600	-	318	223
напівчистове	50	-	150	11	50	-	113	11	50	-	16	11
чистове	20	-	8	-	20	-	6	-	20	-	1	-
тонке	7	-	-	-	6	-	-	-	6	-	-	-

Розраховані за формулою (3.1) значення мінімальних припусків і значення

максимальних припусків, визначені за методикою [6], наведені у таблиці 3.2. Оскільки отримані за формулою (3.1) мінімальні припуски для напівчистового (2 та 3 варіанти), чистового і тонкого розточування (усі варіанти), менші за мінімальну товщину стружки, яку здатен зняти різець, то мінімальні припуски для цих переходів вибрані за нормативними таблицями [19]. Саме ці значення припусків (у табл. 3.2 вказані в дужках) використані для подальших розрахунків.

Таблиця 3.2 – Вплив схеми базування на першій операції на величини граничних (мінімальних і максимальних) припусків для виконання переходів і на загальні припуски

Переходи розточування $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм	Варіанти схем базування на першій операції					
	1-ий		2-ий		3-ий	
	Граничні значення припусків, мкм					
	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
чорнове	2·3600	2·4480	2·2915	2·3685	2·1035	2·1785
напівчистове	2·200	2·370	2·160 (2·200)	2·370	2·78 (2·200)	2·370
чистове	2·28 (2·150)	2·190	2·26 (2·150)	2·190	2·21 (2·150)	2·190
тонке	2·7 (2·50)	2·60	2·6 (2·50)	2·60	2·6 (2·50)	2·60
Загальні припуски	2·4000	2·5100	2·3315	2·4405	2·1435	2·2505

Аналіз результатів розрахунків, наведених у таблицях 3.1 і 3.2, показує, що найсуттєвіший вплив на розмір припуску для першого ступеня (переходу) обробки головних отворів в корпусних деталях має величина ρ . Саме на цей елемент припуску найсуттєвіше впливає схема базування на першій операції, оскільки від неї залежить величина ρ_2 , яка є однією з двох складових ρ .

Становить певний практичний інтерес порівняння величин припусків, що отримані розрахунково-аналітичним методом та нормативним методом, який не враховує схему базування на першій операції.

Зокрема, для прикладу, що розглядається, нормативна величина загального номінального припуску (на радіус) $Z_{\Sigma \text{ном}}$ для обробки отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм,

визначена за методикою [6], склала 3,9 мм (див. табл. 2.10). Загальні мінімальний і максимальний припуски (на діаметр) визначено за співвідношеннями [18]

$$2Z_{\Sigma \min} = 2Z_{\Sigma \text{nom}} + (B_{Db} - B_{Dp}) \text{ [мм]}, \quad (3.11)$$

$$2Z_{\Sigma \max} = 2Z_{\Sigma \min} + (T_b - T_p) \text{ [мм]}, \quad (3.12)$$

де $B_{Db} = 1,1$ мм; $B_{Dp} = 0,03$ мм; $T_b = 2,2$ мм; $T_p = 0,03$ мм – відповідно верхні граничні відхилення розмірів отвору у вихідній заготовці і деталі; допуски розмірів отвору у вихідній заготовці і деталі. Визначені за формулами (3.11) і (3.12) граничні значення припусків склали:

$$2Z_{\Sigma \min} = 2 \cdot 3,365 \text{ мм};$$

$$2Z_{\Sigma \max} = 2 \cdot 4,450 \text{ мм}.$$

З результатів розрахунків випливає, що для всіх переходів розточування отвору нормативного припуску цілком вистачить за умови використання на першій операції схем базування, які відповідають варіантам 3 і 2, але буде дещо замало, якщо на першій операції буде вибрана схема базування за варіантом 1. Отже, якщо на величину мінімального припуску значний вплив чинить величина ρ_2 , то для повного її урахування в конкретних технологічних умовах варто використати розрахунково-аналітичний метод. Варто зазначити, що найточніше величину ρ_2 можна визначити з використанням розмірного аналізу технологічних процесів, як це зроблено в [20].

Діаграми, що показують вплив схеми базування на першій операції на величини загальних мінімального і максимального припусків для обробки головного отвору, показані на рисунку 3.2. Для порівняння на цій же діаграмі показані граничні значення нормативного припуску, визначеного за методикою [6].

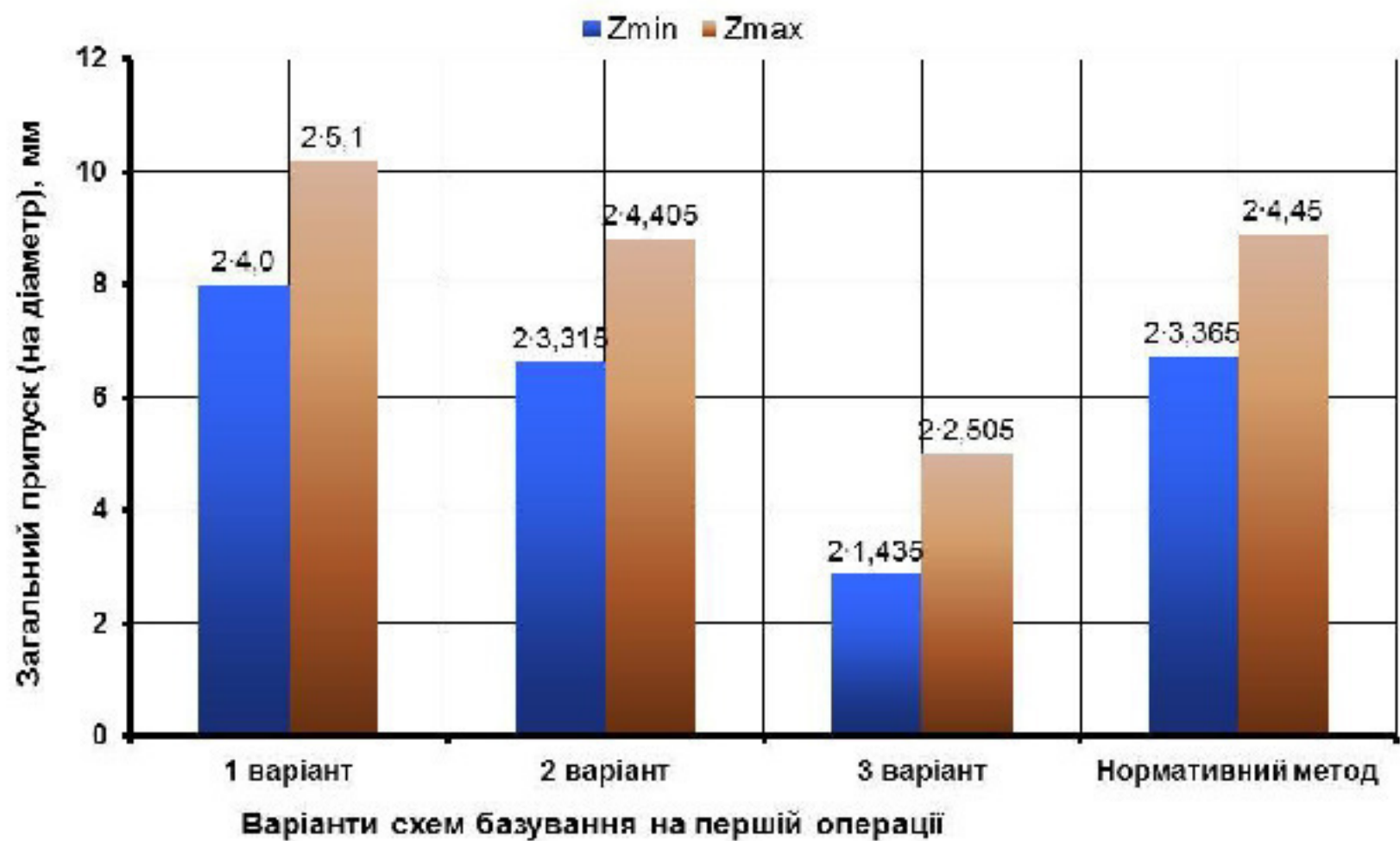


Рисунок 3.2 – Вплив схеми базування на першій операції на величини загальних мінімального і максимального припусків для обробки отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм

Оскільки величини припусків суттєво залежать від схеми базування на першій операції, то і діаметр D (див. рис. 3.2) отвору у вихідній заготовці також залежатиме від варіанта вибраної схеми базування. Розраховані за методикою [18] значення розміру D складатимуть:

- для варіанта 1: $D = 62,9 \pm 1,1$ мм;
- для варіанта 2: $D = 64,3 \pm 1,1$ мм;
- для варіанта 3: $D = 68,1 \pm 1,1$ мм.

3.3 Висновки

1. Розглянуто три поширених в технології машинобудування варіанти схеми базування заготовки деталі «Корпус підшипника 420.008-01» на першій операції її механічної обробки. Перші два варіанти розв'язують задачу забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями; третій варіант – задачу зняття мінімального рівномірного припуску з поверхні

головного отвору.

2. Із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначення припусків встановлено, що використання перших двох варіантів схеми базування спричиняє величину зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз на операції його розточування приблизно в десять разів більшу, ніж використання третього варіанту схеми базування. Величина зміщення осі отвору у вихідній заготовці визначена за допомогою побудови відповідних технологічних розмірних ланцюгів.

3. Виконано оцінювання можливості використання нормативних значень припусків, визначених без урахування схеми базування на першій операції, яке показало, що за умови значного впливу на мінімальний припуск зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз, то для повного врахування цього зміщення в конкретних технологічних умовах варто використати розрахунково-аналітичний метод.

4. Проведено порівняння припусків одержаних розрахунково-аналітичним методом (для другої схеми базування) і визначених за запропонованою методикою, що підтвердило необхідність застосування розглянутої методики розрахунку, так як вона дає більш точні результати.

5. Результати роботи можуть бути використані для аналізу наявних і проектування нових технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві та у навчальному процесі.

4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»

4.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма визначається за формулою [4, 21]

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

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

Коефіцієнт приведення

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.2)$$

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

Коефіцієнт приведення по масі

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2}, \quad (4.3)$$

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

Коефіцієнт приведення по програмі випуску

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^{0.15}, \quad (4.4)$$

де N_i – програма випуску розглядуваної деталі; N_{np} – програма випуску розрахункового представника.

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \left(\frac{R_{ai}}{R_{anp}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{T_i}{T_{np}} \right)^{\alpha_2}, \quad (4.5)$$

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

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма											
			6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Корпус підшипника 420.008-01 (розрахунковий представник)	3,51	7500	-	1	-	3	-	-	3	-	23		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			-	-	1	-	4	14	11	-	-		
Корпус підшипника 420.012-01	1,5	7000	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			-	1	-	3	-	-	5	1	8		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			-	-	1	-	7	4	6	-	-		
Корпус підшипника 420.002-01	7,5	750	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			-	2	2	4	2	-	2	-	26		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			-	-	2	2	6	2	26	-	-		
Корпус підшипника 420.003-01	1,5	75000	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			1	-	3	-	4	-	4	-	18		
			0,63	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-		
			1	-	-	3	4	4	18	-	-		

- Для деталі «Корпус підшипника 420.012-01».

Коефіцієнт приведення по масі $K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{1,5}{3,51}\right)^2} = 0,57$.

Коефіцієнт приведення по програмі випуску $K_2 = \left(\frac{7500}{7000}\right)^{0,15} = 1,002$.

Середня шорсткість розрахункового представника

$$\bar{R}_{a.p.p.} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 11}{30} = 8,0 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розрахункового представника

$$\bar{T}_{p.p.} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 23}{30} = 13,07.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\bar{R}_{a.p.p.} = \frac{1,6 \cdot 1 + 3,2 \cdot 7 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 6}{18} = 6,9 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\bar{T}_{p.p.} = \frac{7 \cdot 1 + 9 \cdot 3 + 12 \cdot 5 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 8}{18} = 12,17.$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(6,9)^{\alpha_1}}{(8,0)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,7)^{\alpha_2}}{(13,07)^{\alpha_2}} = \frac{0,98}{0,97} \cdot \frac{0,898}{0,8} = 1,14.$$

Коефіцієнт приведення $K_{np} = 0,57 \cdot 1,002 \cdot 1,14 = 0,65$.

- Для деталі «Корпус підшипника 420.002-01».

$$\text{Коефіцієнт приведення по масі } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{7,5}{3,5}\right)^2} = 1,56.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення по програмі випуску } K_2 = \left(\frac{7500}{750}\right)^{0,15} = 1,41.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\bar{R}_{a2} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 26}{38} = 9,6 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\bar{T}_2 = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 26}{38} = 12,47.$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,6)^{\alpha_1}}{(8,0)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,47)^{\alpha_2}}{(13,07)^{\alpha_2}} = \frac{0,97}{0,97} \cdot \frac{0,847}{0,8} = 1,06.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення } K_{np} = 1,56 \cdot 1,41 \cdot 1,06 = 2,33.$$

- Для деталі «Корпус підшипника 420.003-01».

$$\text{Коефіцієнт приведення по масі } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{1,5}{3,51}\right)^2} = 0,53.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення по програмі випуску } K_2 = \left(\frac{7500}{75000}\right)^{0,15} = 0,708.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі

$$\bar{R}_{a3} = \frac{0,63 \cdot 1 + 2,5 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 18}{30} = 9,04 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі

$$\bar{T}_3 = \frac{6 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 18}{30} = 12,13.$$

Коефіцієнт приведення по складності

$$K_3 = \frac{(9,04)^{\alpha_1}}{(8,0)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,13)^{\alpha_2}}{(13,07)^{\alpha_2}} = \frac{0,94}{0,97} \cdot \frac{0,89}{0,8} = 1,08.$$

Коефіцієнт приведення $K_{пр} = 0,53 \cdot 0,708 \cdot 1,08 = 0,4$.

Отже, приведена програма

$$N_{прив} = 7500 + 7000 \cdot 0,65 + 750 \cdot 2,33 + 75000 \cdot 0,4 = 41139 \approx 41140 \text{ (шт.)}$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Корпус підшипника 420.008-01	7500	3,51	1,0	1,0	1,0	1,0	7500
Корпус підшипника 420.012-01	7000	1,5	0,57	1,002	1,14	0,65	4550
Корпус підшипника 420.002-01	750	7,5	1,56	1,41	1,06	2,33	1748
Корпус підшипника 420.003-01	75000	1,5	0,53	0,708	1,08	0,4	30341
Всього							Σ41140 шт.

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься 4 подібних деталі. При цьому вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Згідно [4, 21] розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot \Phi_0}, \quad (4.6)$$

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

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

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{6,5 \cdot 7500}{60 \cdot 3890} = 0,3;$$

$$\text{операція 010} \quad C_{p010} = \frac{3,64 \cdot 7500}{60 \cdot 3890} = 0,16;$$

$$\text{операція 015} \quad C_{p015} = \frac{1,54 \cdot 7500}{60 \cdot 3890} = 0,07;$$

$$\text{операція 020} \quad C_{p020} = \frac{0,97 \cdot 7500}{60 \cdot 3890} = 0,04.$$

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

$$\text{операція 005} \quad C_{p005} = \frac{6,5 \cdot 44140}{60 \cdot 3890} = 1,23; \quad C_{np005} = 2;$$

$$\begin{aligned} \text{операція 010} \quad C_{p010} &= \frac{3,64 \cdot 44140}{60 \cdot 3890} = 0,69; & C_{np010} &= 1; \\ \text{операція 015} \quad C_{p015} &= \frac{1,54 \cdot 44140}{60 \cdot 3890} = 0,3; & C_{np015} &= 1; \\ \text{операція 020} \quad C_{p020} &= \frac{0,97 \cdot 44140}{60 \cdot 3890} = 0,18; & C_{np020} &= 1. \end{aligned}$$

Так як на операціях 015 та 020 використовується одна і та ж модель верстата і верстати не завантажені в достатній мірі, то ці операції можуть виконуватися на одному верстаті. Тому $C_{np015-020} = 1$.

Тоді коефіцієнти завантаження відповідно складатимуть (з урахуванням приведеної програми):

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (4.7)$$

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

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{3005} = \frac{1,23}{2} = 0,615.$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{3010} = \frac{0,69}{1} = 0,69.$$

$$\text{Операція 015-020:} \quad \eta_{3015} = \frac{0,3 + 0,18}{1} = 0,48.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{зсер} = \frac{0,615 + 0,69 + 0,48}{3} = 0,6.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається для кожного верстату за формулою для серійного виробництва:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{ном-к}}}. \quad (4.8)$$

Операція 005: $\eta_{0005} = \frac{5,56}{6,5} = 0,86.$

Операція 010: $\eta_{0010} = \frac{2,8}{3,64} = 0,77.$

Операція 015: $\eta_{0015-020} = \frac{1,1 + 0,69}{1,54 + 0,97} = 0,71.$

Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{серед}} = \frac{0,86 + 0,77 + 0,71}{3} = 0,78.$$

4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рисунку 4.1, графік використання обладнання за основним часом на рисунку 4.2.

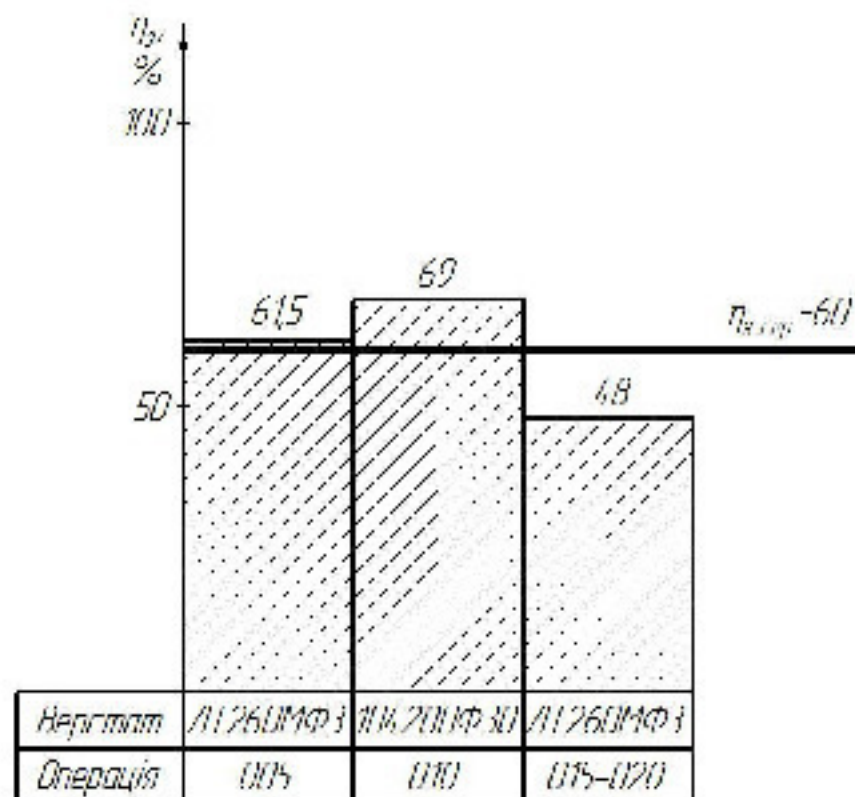


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

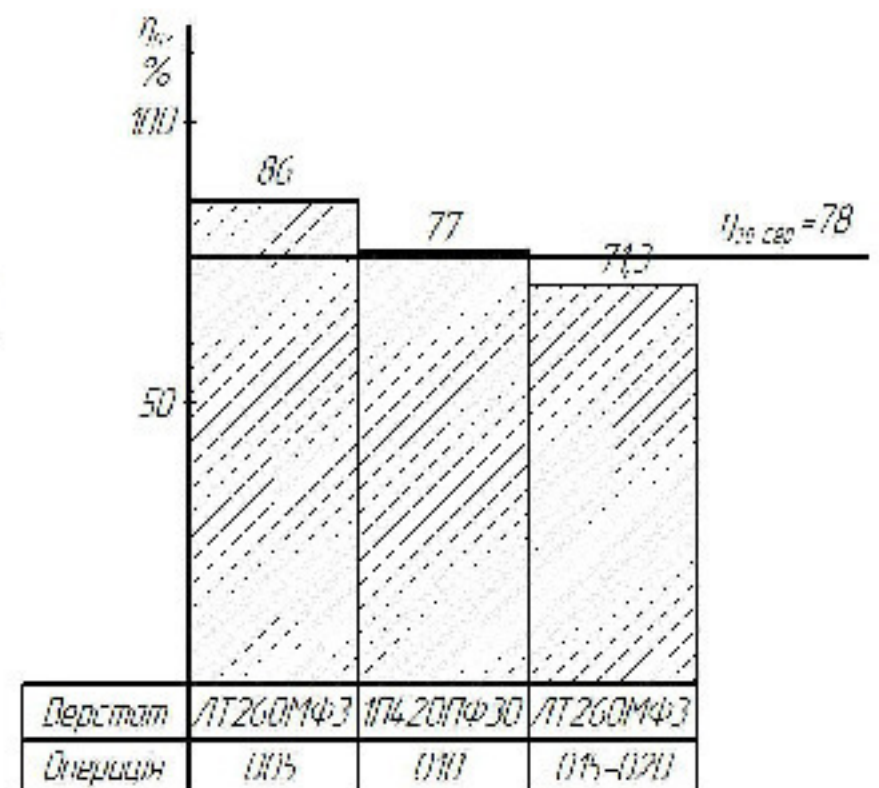


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Коефіцієнт завантаження обладнання є нижчим нормативного рекомендованого значення для серійного виробництва (0,75-0,85) за рахунок заниженого завантаження верстатів на операціях. Верстати можуть бути довантажені обробкою інших деталей (крім врахованих у приведеній програмі), що дасть можливість підвищити коефіцієнт завантаження. Можливо також операції 005, 015, 020 виконувати не на 3 верстатах, а прийняти їх на дільниці лише 2, так як це одна і та ж модель ЛТ260МФ3. Виконання операції 005, 015, 020 на 2 верстатах дасть можливість підвищити коефіцієнт їх завантаження до 0,855. Тоді середній коефіцієнт завантаження обладнання буде рівним 0,77, що відповідає вимогам серійного виробництва, середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом 0,78.

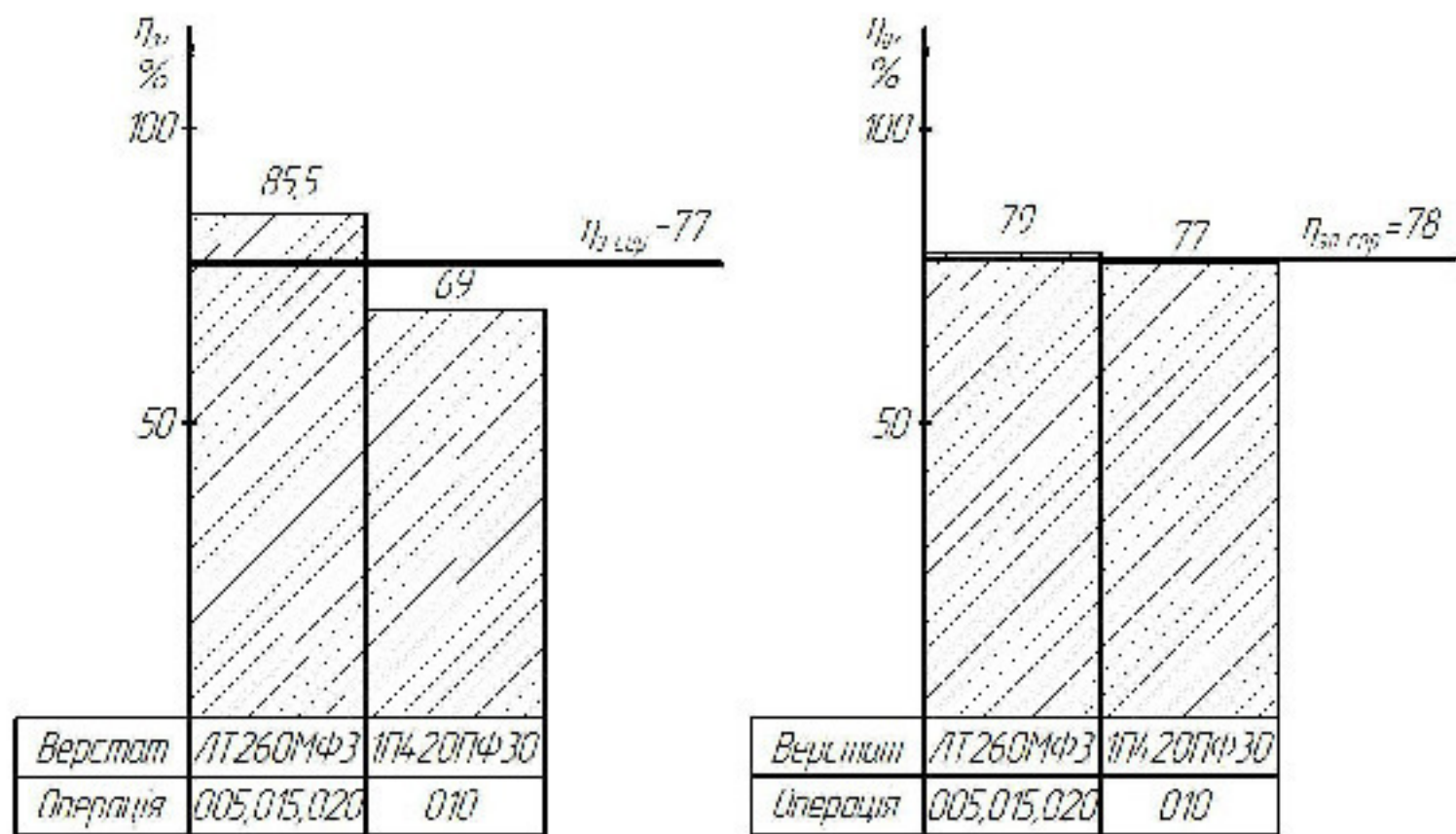


Рисунок 4.3 – Графіки завантаження обладнання

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

4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [4, 21]:

$$P_i = \frac{\Phi_{\partial} \cdot C_{np} \cdot \eta_3 \cdot \eta_o}{\Phi_{\epsilon} \cdot K_m}, \quad (4.9)$$

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

Φ_{ϵ} – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\epsilon} = 1840$ год.;

Φ_{∂} – ефективний фонд роботи верстата, $\Phi_{\partial} = 3890$ год.;

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

η_3, η_o – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005,015,020} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,855 \cdot 0,78}{1840 \cdot 1} = 2,8; \quad P_{np005} = 3;$$

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,69 \cdot 0,77}{1840 \cdot 1} = 1,12; \quad P_{np010} = 2.$$

Кількість основних робітників складає 5 чоловік.

На операціях 005, 015, 020 в першу зміну працює 2 робітники, в другу – 1.

На операції 010 2 робітники працюють в дві зміни.

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

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

Приймаємо 2 допоміжних робітника, які обслуговують ще інші дільниці.

При серійному виробництві кількість ІТР складає 16-22% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 3 = 0,48 \dots 0,66.$$

Приймаємо 1 чоловіка ІТР (з можливістю довантаження роботою ще й на іншій дільниці).

Кількість службовців при серійному виробництві складає 0,9-1,9% від

кількості основних робітників, отримаємо:

$$P_{скп} = (0,009...0,019) \cdot 5 = 0,045...0,095.$$

Приймаємо 1 чоловіка, який має обслуговувати ще ряд інших дільниць (наприклад бухгалтер).

МОП приймаємо в межах 1-2% від загальної кількості працюючих

$$P_{моп} = (0,01...0,02) \cdot 9 = 0,09...0,18.$$

Приймаємо 1 чоловіка (з обслуговуванням інших дільниць).

Отримані дані занесемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	3,92	5
Допоміжні робітники	20...25%	1,0...1,25	2
ІТР	16...22%	0,48...0,66	1
СКП	0,9...1,9%	0,045...0,095	1
МОП	1-2%	0,09...0,18	1

4.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленої технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01». При цьому розраховано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в серійному виробництві, яка складає 41140 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працюючих на дільниці – 10 чол. Всі працюючі (крім основних робітників-верстатників) не завантажені роботою на даній дільниці і вони обслуговують ще інші дільниці.

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки [2]

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1.

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

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

Продовження таблиці 5.1

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

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

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	2	1	1
3	2	1	2
4	1	2	1
5	3	3	2
6	1	2	2
7	3	3	4
8	1	2	2
9	4	3	3
10	3	2	2
11	4	4	2
12	4	2	3
Сума балів	СБ ₁ = 30	СБ ₂ = 28	СБ ₃ = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{30 + 28 + 26}{3} = 28$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

зору, варіанту інженерного рішення.

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

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

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

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

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	5	3	1,67	0,4
Кількість основних робітників, чол.	10	5	2	0,2
Середній розряд робітників	4	3	1,33	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,58	0,77	1,33	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,52	0,78	1,5	0,15
Собівартість заготовки, грн.	380,6	249,6	-	-

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

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

або

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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{я.с.} = 1,67 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,2 + 1,33 \cdot 0,1 + 1,33 \cdot 0,15 + 1,5 \cdot 0,15 = 1,63.$$

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:

$$K = \frac{I_{т.п.}}{I_{е.п.}}, \quad (5.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

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

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,63. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{249,6}{380,6} = 0,66.$$

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

$$K = \frac{1,63}{0,66} = 2,47.$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус підшипника 420.008-01» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу [2]

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

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_n + B_{бyд} + B_{обл} + B_{тp} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пy} + B_{пс} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

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

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,8	10	4318	
Інженер-технолог	9000	409,1	8	3272,73	
Інженер-конструктор	9000	409,1	8	3272,73	
Економіст	9000	409,1	2	818,18	
Всього				3 _о	11681,64

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11681,64 = 1168,164 \text{ (грн.)}$$

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_{\text{н}} = (Z_{\text{о}} + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

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

$$Z_{\text{н}} = (11681,64 + 1168,164) \cdot 0,22 = 2826,96 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 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:

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

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.

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 85 = 51000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
1	Багатоцільовий вертикальний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	550000	2	1,1	1210000
2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	750000	1	1,1	825000
Всього					2035000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 2 верстати ГФ2171М4 – $2 \cdot 250000 = 500000$ (грн.);

- 3 верстати 6Р13РФ3 – $3 \cdot 150000 = 450000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 950000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 2035000 - 950000 = 1085000 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

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

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

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

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 1085000 \cdot 0,10 = 108500 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{овв} = 108500 \cdot 0,25 = 27125 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{ксп} = 0,1 \cdot 108500 = 10850 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{осн} = 108500 + 27125 + 10850 = 146475 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до

удосконалення.

5.2.10 Вартість програм керування

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

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

$$B_{ny} = 0,1 \cdot 1085000 = 108500 \text{ (грн.)}$$

5.2.11 Величина передвиробничих витрат

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

5.2.12 Величина оборотних засобів

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

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 11681,64 + 1168,164 + 2826,96 + 51000 + 1085000 + 146475 = 1298151,7 \text{ (грн.)}$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно

мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» складає 249,6 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

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 зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 015, 020 Багатоцільовий вертикальний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	5,5	0,123	1,58
010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	22	0,05	2,57
Всього			Σ 4,15

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

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

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

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

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

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

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

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 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005, 015, 020 Багатоцільовий вертикальний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	0,15	3	1,35	48	7,2
010 Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1П420ПФ30	0,06	3	1,35	48	2,88
Всього					Σ 10,08

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 10,08 = 1,008 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

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

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

$$Z_n = (10,08 + 1,008) \cdot 0,22 = 2,44 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 10,08 = 25,2 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	249,6	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	4,15	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	Z_p	10,08	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	1,008	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{н}}$	2,44	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	25,2	
Всього	S_e	292,78	

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

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

де $C_{\text{нмр}}$ – 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 01.01.2019 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.

$$C_{\text{впр}} = 292,78 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 421,6 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 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 $C_{\text{впр}} = 421,6$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

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

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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[421,6 - \frac{(421,6 - 249,6) \cdot 16,67}{100} - 292,78 - \frac{10 \cdot 292,78}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 41140 = \\ &= 2426948,9 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

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

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

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

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

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

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

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

$$NPV = \frac{2426948,9}{(1+0,2)^1} + \frac{2426948,9}{(1+0,2)^2} + \frac{2426948,9}{(1+0,2)^3} + \frac{2426948,9}{(1+0,2)^4} - 1298151,7 = 4984574,6 \text{ (грн.)}$$

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

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

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

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

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

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

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

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[3]{\frac{2426948,9 + 2426948,9 + 2426948,9 + 2426948,9}{1298151,7}} - 1 = 0,65.$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

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

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.

$$T_o = \frac{1298151,7}{2426948,9} = 0,54 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01», 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 1298151,7 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 2426948,9 грн., термін окупності 0,54 року.

Отже, удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з діючою класифікацією ГОСТ 12.0.003-74) поділяються на такі групи: фізичні; хімічні; психологічні; біологічні.

На дільниці обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори [22, 23]:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатнє природне освітлення;

- хімічні: загально токсичні (CO_2 – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перенавантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово-психічні перенавантаження (викликаються монотонністю праці).

6.2 Організаційні рішення щодо безпечної праці

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам СНіП II-2-80, СНіП II-89-80. Згідно ГОСТ 12.2.003-74, обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем при зберіганні повинно бути пожежо-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинні бути менше 15 м^2 , а площа – $4,5 \text{ м}^2$.

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температура повітря t , °C; відносною вологістю ϕ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці V , м/с; атмосферним тиском p , мм.рт.ст.

ГОСТ 12.1.005-88 встановлює оптимальні та доступні параметри мікроклімату для різних категорій робіт, пори року, типів робочих місць. Для категорії робіт II б – роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, t °C					Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб. місці
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост	непост	пост	непост				
Холодний	II б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	<0,4
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(t=25°C)	0,3	0,2...0,5

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації.

У механічному цеху застосовують промислову витяжну загальну обмінну вентиляцію.

Розрахунок місцевої витяжки.

Витяжка приєднується до циклону за допомогою гнучкого шлангу.

Розраховуємо кількість повітря, яке видаляється з робочої зони через витяжку.

$$L = 3600 \cdot V \cdot F_n = 3600 \cdot 15 \cdot 0,096 = 618,4 \text{ (м}^3\text{/год.)}, \quad (6.1)$$

де F_n – площа відкритого проїому, м²;

V (при ГДК 10 мг/м³ = 1,1...1,5 м/с).

$$F_n = A \cdot B = 0,4 \cdot 0,24 = 0,096 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$A = d + 0,8h = 0,08 + 0,8 \cdot 0,2 = 0,24 \text{ (м)};$$

$$B = 0,16 \cdot 2 + 0,08 = 0,4 \text{ (м)}.$$

Визначаємо потрібну потужність вентилятора

$$W = \frac{1000 \cdot G}{dy - d\Pi} \text{ [м}^3\text{/год.]}, \quad (6.2)$$

де dy – кількість вологи, що виділяється в приміщенні;

$d\Pi$ – кількість водяної пари, що виділяється в приміщеннях;

G – кількість водяної пари, що поступає в приміщення;

$$G = 20 \text{ л/м}^3; \quad dy = 23,112; \quad d\Pi = 17,352;$$

$$W = \frac{1000 \cdot 20}{23,11 - 17,35} = 3472,2 \text{ (м}^3\text{/год.)}$$

Вибираємо вентилятор АБ 100-1 з діаметром колеса 100 і відповідно двигун 4А80А з $N = 0,75$ кВт, $n = 930$ об/хв.

6.2.2 Освітлення

У механічному цеху використовується комбіноване освітлення – природне і штучне (верхнє – загальне та бокове – місцеве).

Згідно СНіП II-4-79 зорова робота на розробляємій ділянці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Згідно СНіП II-4-79 роботи на механічній дільниці відносяться до розряду 2.

Таблиця 6.2 – 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

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела місцевого освітлення. Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються повинно складати 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк. Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати: порушення норм обслуговування обладнання, тривале порушення технічного процесу.

6.2.3 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Допустимі рівні шуму нормуються у СНіП 3223-85.

Джерелами шуму на розглядаємій дільниці є працююче обладнання, шум з сусідніх дільниць.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

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.

6.2.4 Виробничі вібрації

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання неврівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На дільниці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. Згідно ГОСТ 12.1012-90 на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 6.4) для категорії вібрації 3 тип «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Санітарні норми одно чисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. Наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації

Вид вібрації	Категорії вібрації по СН	Направлення дії	Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-прискорення	Рівень віброприскорення	Вібро-швидкість	Рівень віброшвидкості
			м с ⁻¹	дБ	М с ⁻¹ 10 ⁻²	дБ
загальна	3 типа «а»	z0, y0, x0	0.1	100	0,2	92

Технічні заходи полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

6.3 Техніка безпеки

Виробниче обладнання повинно відповідати ГОСТ 12.2.003-74. Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися устрій, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для фрезерних верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрій; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попаданням робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці обробку різання повинні проводити згідно ГОСТ 12.3.025-80, мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття, які повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

6.3.1 Електробезпека

Проектуєма дільниця по небезпеці ураження людей електричним струмом віднесена до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують

струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечуються засобами захисту.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання ділянці.

На ділянці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

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

6.4 Пожежна безпека

Ділянка по небезпеці виникнення пожежі відноситься до категорії «Д» – виробництво, яке пов'язане з обробкою незгораємих речовин і матеріалів у холодному стані.

Ступінь вогнестійкості будівлі – III – будівля з несучими і відгороджуючими конструкціями з природних та штучних матеріалів, несучі конструкції важкозгораємі.

Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) та максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) по СНиП 2.01.02-85 див. таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Мінімальні межі розповсюдження та максимальні межі розповсюдження вогню

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Драбинні площадки	Плити, настили, інш.	Плити, настили, Балки, ферми	
	несучі	Само-несучі	Зовні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили	Балки, ферми
III	2 0	1 0	0,25...0,5 0...40	0,25 40	2 0	1 0	0,75 0	0,25 н.н.	н.н. н.н.

Примітка: н.н. – не нормується.

Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку.

Таблиця 6.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку

Категорія виробництва	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа в межах пожежного відсіку, м ²		
			Одноповерхові	Багатоповерхові	
				2 повери	3 і більше
Д	3	III	7800	6500	4500

Таблиця 6.7 – Типи пожежних перешкод

Ступінь вогнестійкості будівлі	Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод	Мінімальні межі вогнестійкості перешкод, год
III	Протипожежні стіни	1	0,25
	Протипожежні перешкоди	2	0,25
	Протипожежні перекриття	2	1

На випадок виникнення пожежі повинна бути передбачена евакуація людей. Кількість евакоходів – не менше 2.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакоходу для виробництва категорії Д не нормується.

Заходи проти виникнення пожежі, застосовані на ділянці: зберігання промаслених ганчірок, стружки у спеціально встановлених скриньках і захист провідників від короткого замикання та перевантаження – плавкі запобіжники.

Засоби пожежогасіння: протипожежний щит з ящиком з піском та лопатою; пінний вогнегасник ОВП-5; порошковий вогнегасник ОП-5; багри; ломи; сокири; пожежні відра; пожежні крани.

6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

6.5.1 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних та іонізуючих випромінювань

Дія електромагнітних та іонізуючих випромінювань на електронні пристрої.

Дія електромагнітного імпульсу характеризується генерацією дуже

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

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

Джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивні елементи і їх ізотопи, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок та ін. Рентгенівські установки і високовольтні джерела постійного струму відносяться до джерел рентгенівського випромінювання.

Дія іонізуючих випромінювань на елементну базу радіоелектронних пристроїв та інформаційних систем як правило викликає зміну практично всіх електричних і експлуатаційних характеристик їх елементів. Цей процес залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів зі зміною перехідних струмів в р-п переходах транзисторів, вольт-амперних характеристик напівпровідникових діодів, опорів транзисторів, ємностей конденсаторів, тощо.

Наслідком дії іонізуючих випромінювань на електронні системи може бути миттєва втрата працездатності при критичних рівнях радіації або розвиток відновлюваних чи невідновлюваних змін через деякий час після початку опромінення при рівнях радіації значно нижчих від критичних.

Сучасне обладнання загального та промислового призначення містить в собі значну кількість електронного обладнання, тому необхідно приділяти

достатньо уваги питанням збереження його функціональності в умовах дії іонізуючого та електромагнітного випромінювань.

6.5.2 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань

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

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

де U_D – допустиме коливання напруги живлення системи, В;

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

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

Допустиме коливання напруги живлення для системи ЧПК складає

$$U_D = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 2 = 18,36(\text{В}),$$

де $U_{\text{ж}} = 18$ В – номінальна напруга живлення системи;

$N = 5\%$ – допустимі відхилення напруги.

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

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

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

Тоді

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

$$U_r = \frac{U_d}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,36}{100} = 0,1836(\text{В})$$

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_r}{l_r} = \frac{0,1836}{0,5} = 0,3672 \text{ В/м}$$

Таким чином безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 0,3672 В/м.

6.5.3 Оцінка безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань.

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

Аналіз принципової схеми системи ЧПК показав, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, транзистори, конденсатори, резистори, діоди, діелектричні матеріали, індуктивності та напівпровідники.

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

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

$$p_{zp} = p_{zv} \cdot K_{noc} \cdot K_{над} = 10^4 \cdot 10 \cdot 0,95 = 9,5 \cdot 10^4 \text{ (Р/с)},$$

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

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

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

Таблиця 6.8 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для системи ЧПК верстатного обладнання

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

Проведений розрахунок показав, що безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечена, якщо в умовах експлуатації потужність дози іонізуючих випромінювань не перевищуватиме $9,5 \cdot 10^4$ Р/с.

Висновок. Проведені розрахунки з оцінки безпеки роботи системи верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань дають змогу зробити висновок, що система працюватиме безпечно в умовах дії цих уражаючих факторів надзвичайних ситуацій, якщо інтенсивності впливу іонізуючого та електромагнітного випромінювань не перевищуватимуть, відповідно, $9,5 \cdot 10^4$ Р/с і $0,3672$ В/м.

6.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01», розглянуті питання з виробничої санітарії, техніки безпеки, пожежної безпеки та проведено оцінку безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних та іонізуючих випромінювань.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – багатоцільові верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки, 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 «Корпус підшипника 420.008-01» 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 «Корпус підшипника 420.008-01», а саме лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші та лиття в оболонкові форми. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки вартість заготовки при цьому складає 249,6 грн., що менше у порівнянні з литтям в оболонкові форми – 380,6 грн.

Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» з використанням високопродуктивних багатоцільових 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 розраховано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в

серійному виробництві, яка складає 41140 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 5 чол., всього працюючих на дільниці – 10 чол.

В науковій частині роботи виконано дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки партії заготовок корпусної деталі на величину припуску при обробленні найбільш відповідальної (виконавчої) поверхні, а саме головного отвору для встановлення підшипника.

Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус підшипника 420.008-01», визначені капітальні вкладення – 1298151,7 грн., одержаний прибуток – 2426948,9 грн., термін окупності вкладень – 0,54 року.

В МКР також розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
2. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
3. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
4. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
5. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
6. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01] М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
7. 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. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в корпусних деталях [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Д. А. Боровський, В. В. Черноокій // 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/4958>.

14. Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в заготовках корпусних деталей на настроєних верстатах / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, Д. А. Боровський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – № 6(141). – С. 95–103.

15. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.

16. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. – Москва : Машиностроение, 1969. – 558 с.

17. Кован В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении. Москва: Машгиз, 1953. – 208 с.

18. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В. В. Бабук и др. – Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 255 с.

19. Харламов Г. А. Припуски на механическую обработку, справочник. / Г. А. Харламов, А. С. Тарапанов. – М. : Машиностроение, 2006. – 256 с.

20. Дерібо О. В. Застосування розмірного аналізу у визначенні мінімального проміжного припуску на механічну обробку отворів у корпусних деталях / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, Т. М. Горук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 77-80.

21. 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.

22. 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.

23. Охорона праці: навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. – Львів : Оріяна-Нова, 2007. – 368 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

ВНТУ

ПОГОДЖЕНО

Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

Підпис Ініціали та прізвище

« ____ » _____ 201_ р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри _____ ТАМ
Назва кафедри (скорочено)

Підпис д.т.н., проф. Л. Г. Козлов
Науковий ступінь, наукове звання
ініціали та прізвище

« ____ » _____ 201_ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01»

08-26.МКР.006.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Репінський С. В. _____

« ____ » _____ 201_ р.

Виконавець: ст. гр. 2ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Боровський Д. А. _____

« ____ » _____ 201_ р.

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 технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» шляхом використанні принципу концентрації операцій та реалізації його на багатоцільових верстатах, що дає можливість забезпечити необхідну точність, якість оброблених деталей, скорочення часу обробки, кількості необхідного обладнання, інструменту, оснащення, виробничих площ, витрат електроенергії і відповідно технологічну собівартість виконання операцій механічної обробки, собівартість продукції;

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 «Корпус підшипника 420.008-01»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 7500 шт.;
- приведена програма – 41140 шт.;
- матеріал деталі – СЧ15 ГОСТ 1412-85;
- серійність виробництва – середньосерійне;
- необхідність розгляду альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі та вибору найбільш оптимальної;
- необхідність проектування альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус підшипника 420.008-01» 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 «Корпус»	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Спеціальна частина Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01». Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отвору в заготовці деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на настроєних верстатах. Розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01»	04.10.19 р.	28.11.19 р.	розділ 2, 3, 4 публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 5, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 6
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

_____ Репінський С. В.

« ____ » _____ 201_ р.

Технічне завдання

на удосконалення технології та дільниці механічної обробки

Найменування та область застосування

Удосконалена технологія та дільниця механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» 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 «Корпус підшипника 420.008-01» 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 «Корпус підшипника 420.008-01».
- 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 «Корпус підшипника 420.008-01»:

- річний об'єм випуску деталей – $N_p = 7500$ шт.;
- маса деталі – $m_d = 3,51$ кг;
- матеріал заготовки – сірий чавун СЧ15 ГОСТ 1412-85.

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.

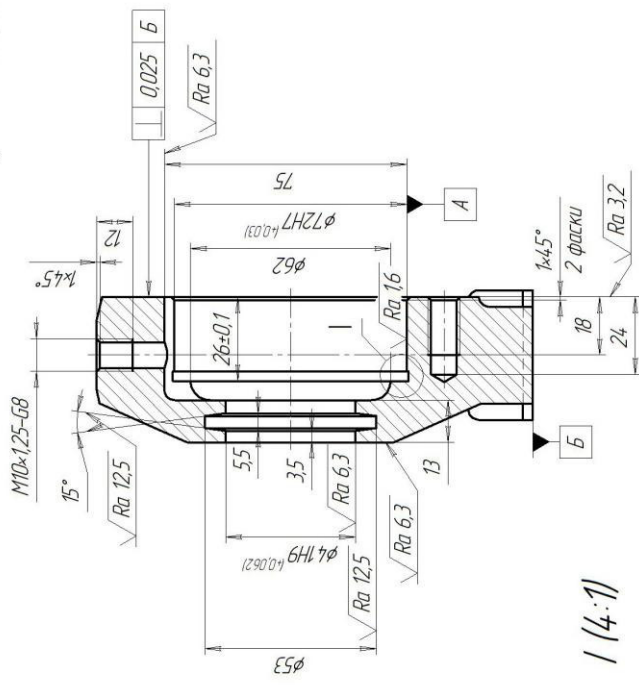
Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

Додаток Б

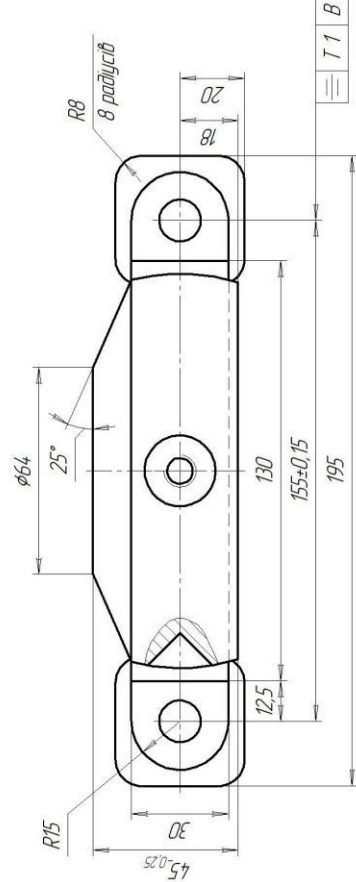
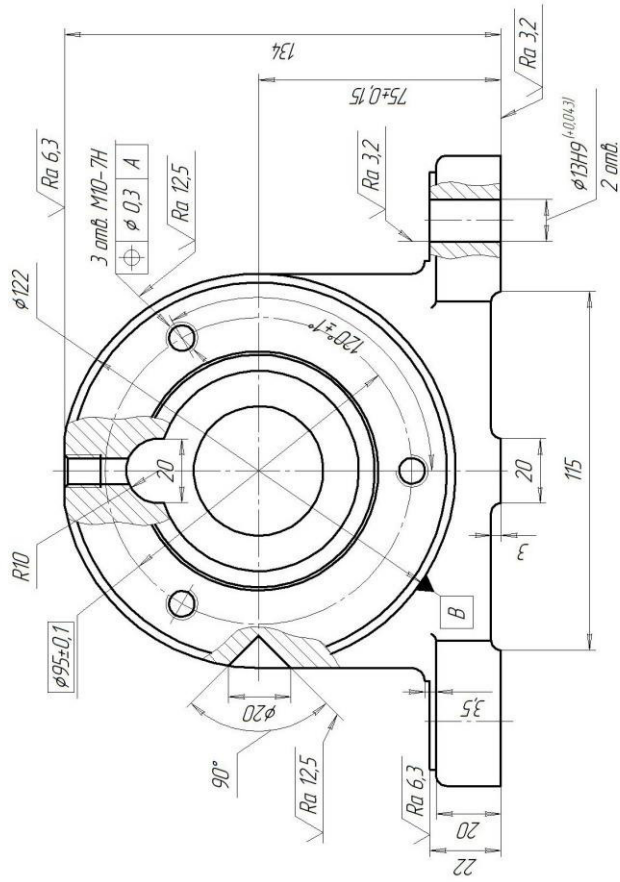
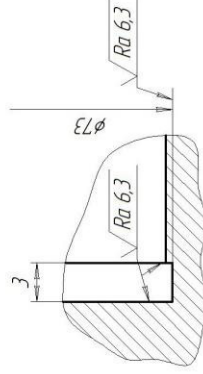
Графічна частина

08-28.МКР.006.00.0001

Ra 3.2



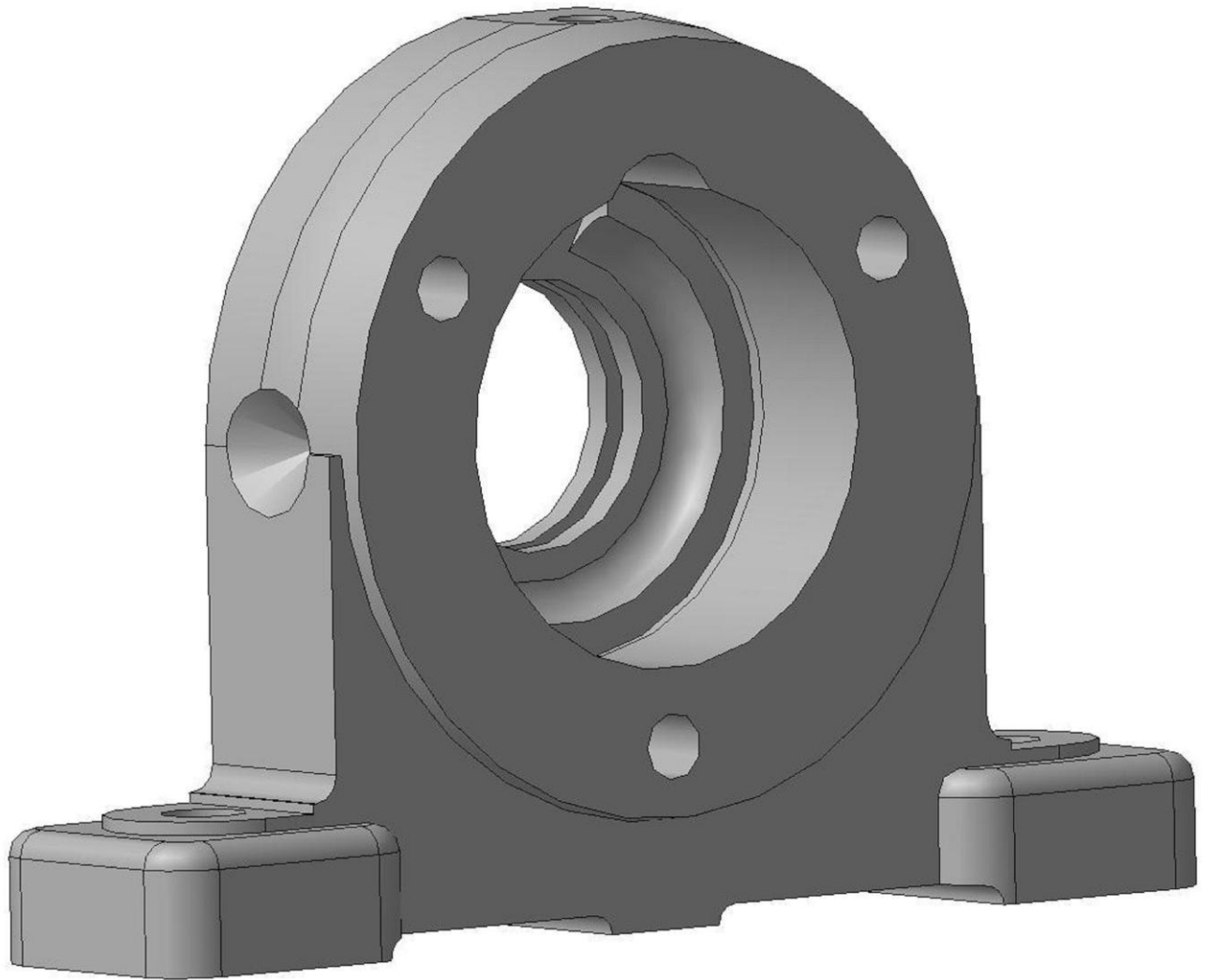
1 (4:1)



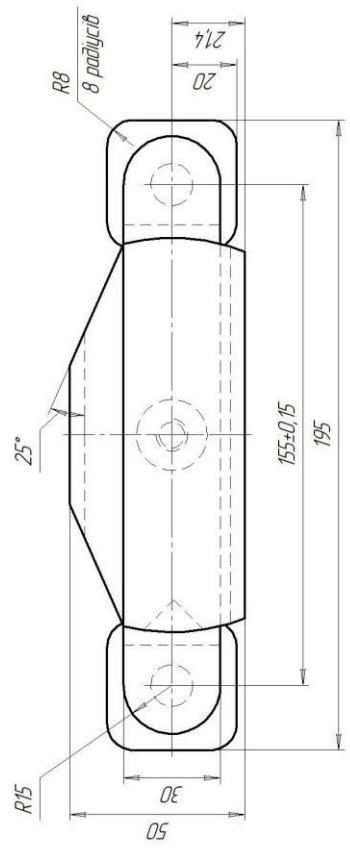
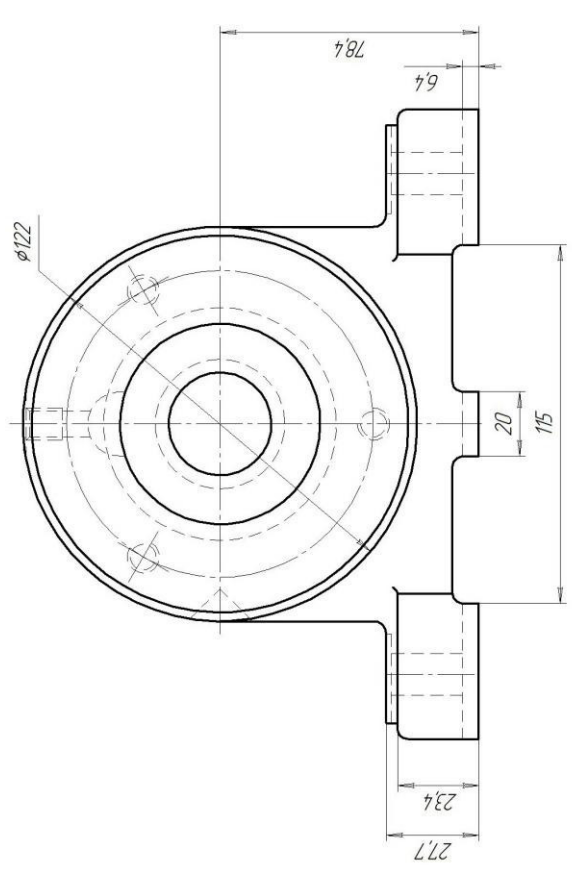
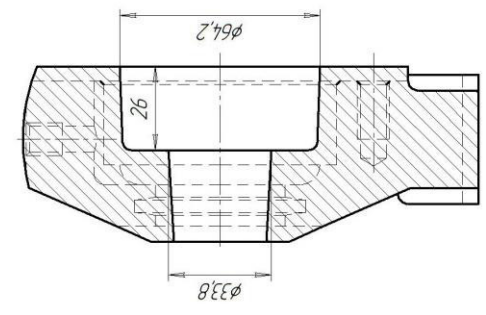
- Невказані лінійні радіуси 3.5 мм. нахили 0°19'
- Невказані допустимі відхилення розмірів h14, H14, ±IT14/2.

08-28.МКР.006.00.0001	
Корпус підшипника	420.008-01
СЧ15 ГОСТ 14.12-85	ВНТУ
ст. зр. 2711-18м	Формат А2

3D-модель деталі "Корпус підшипника 420.008-01"



$\sqrt{Ra\ 32}$



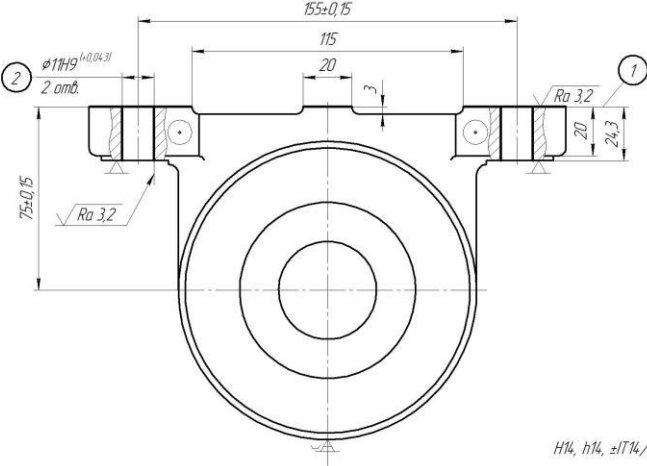
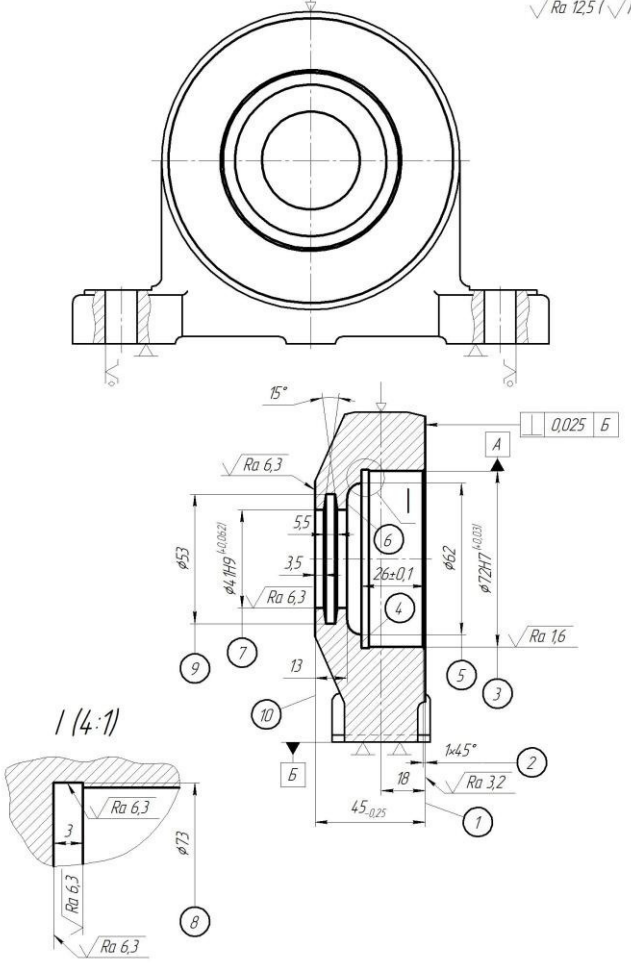
1. Точність вилітка 9-6-13-9 зм 1.9 ГОСТ 26645-85.
2. Маса 3.51-102-113-566 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані лінійні радіуси - R 3.5 мм, нахили - 0°19'.
4. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 2,1$ мм на глибини 2,3 мм.

08-28.МКР.006.00.002		Корпус підшипника 4.20.008-01 (виліток)		Маса	5,66	1:1
СЧ15 ГОСТ 14.12-85		ВНТУ		ст. зр. 2711-18м		
Контра. Сервіс ОВ		Контра. Сервіс ОВ		Формат А2		
Лист		Лист		Лист		
№ докум.		№ докум.		№ докум.		
Розроб.		Розроб.		Розроб.		
Лист		Лист		Лист		
Г. конст.		Г. конст.		Г. конст.		
Лист		Лист		Лист		

08-28.МКР.006.00.002

Лист № розд. / Лист у відро. / Взам. штаб. № / Лист № відр. / Лист у відро. / Лист № розд. / Лист у відро.

Маршрут механічної обробки

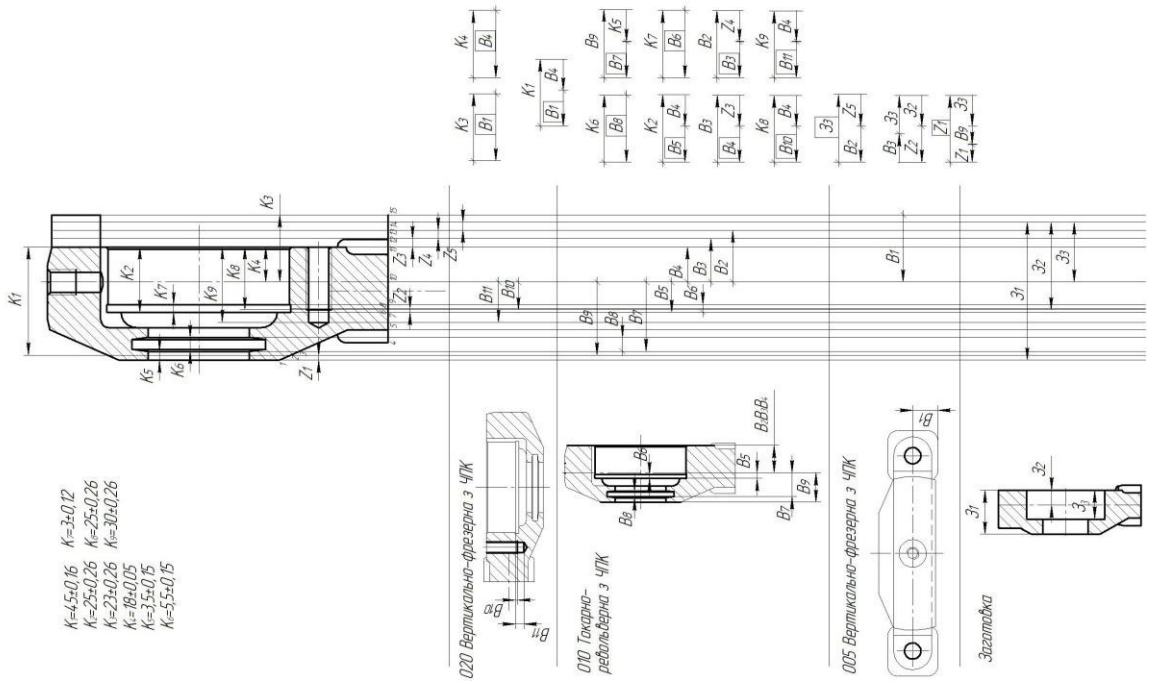
№ опер.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в розміри $25,3 \pm 0,26$ мм; $76 \pm 0,37$ мм. 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно в розміри згідно ескізу. 4. Центрувати 2 отв. 2 в розміри $\phi 5$ мм; $l=4$ мм. 5. Свердлити 2 отв. 2 в розмір $\phi 11H12^{+0,181}$ мм. 6. Зенкерувати 2 отв. 2 в розмір $\phi 12,5H10^{+0,071}$ мм. 7. Розвернути 2 отв. 2 згідно ескізу. 8. Зняти заготовку. 	 <p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ, спеціальне пристосування
010	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <p style="text-align: center;">Установ 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1 попередньо в розміри $18,5 \pm 0,26$ мм; $45,5_{-0,62}$ мм. 3. Точити торець 1 остаточно згідно ескізу. 4. Розточити фаску 2 однократно згідно ескізу, отвір 3 в розмір $\phi 7,13^{+0,46}$ мм, торець 4 попередньо в розмір $24 \pm 0,26$ мм, отвір 5, торець 6 однократно згідно ескізу, отвір 7 попередньо в розмір $\phi 38,072^{-0,39}$ мм. 5. Розточити отвір 3 попередньо в розмір $\phi 7,1794^{+0,12}$ мм, торець 4 остаточно згідно ескізу, отвір 7 попередньо в розмір $\phi 40,362^{+0,1}$ мм. 6. Розточити отвір 3 попередньо в розмір $\phi 7,1944^{+0,046}$ мм, отвір 7 остаточно згідно ескізу. 7. Розточити канавку 8 однократно згідно ескізу. 8. Розточити отвір 3 остаточно згідно ескізу. 9. Розточити канавку 9 попередньо в розмір $\phi 52,2^{+0,74}$ мм. 10. Розточити канавку 9 остаточно згідно ескізу. 11. Переустановити заготовку. <p style="text-align: center;">Установ 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 12. Точити торець 10 однократно згідно ескізу. 13. Зняти заготовку. 	 <p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Токарно-револьверний з ЧПК ЛП4.201Ф30, спеціальне пристосування

Маршрут механічної обробки (продовження)

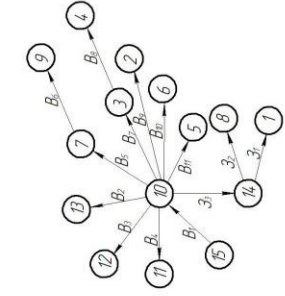
№ опер.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема установки	Тип обладнання
015	<p style="text-align: center;">Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Центрувати 3 отв. 1 в розміри $\phi 5$ мм; $l=4$ мм. 3. Свердлити 3 отв. 1 в розмір $\phi 9$ мм. 4. Зенкувати фаску в 3 отв. 1 згідно ескізу. 5. Нарізати різь в 3 отв. 1 згідно ескізу. 6. Фрезерувати канавку 2 однократно згідно ескізу. 7. Повернути заготовку на 90°. 8. Свердлити отвір 3 згідно ескізу. 9. Зняти заготовку. 	<p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ, спеціальне пристосування
020	<p style="text-align: center;">Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхні 1, 2 однократно згідно ескізу. 3. Фрезерувати поверхню 3 однократно згідно ескізу. 4. Центрувати отвір 4 в розміри $\phi 5$ мм; $l=4$ мм. 5. Свердлити отвір 4 в розмір $\phi 8,5$ мм. 6. Зенкувати фаску в отворі 4 згідно ескізу. 7. Нарізати різь в отворі 4 згідно ескізу. 8. Зняти деталь. 	<p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФЗ, спеціальне пристосування

Розмірний аналіз технологічного процесу

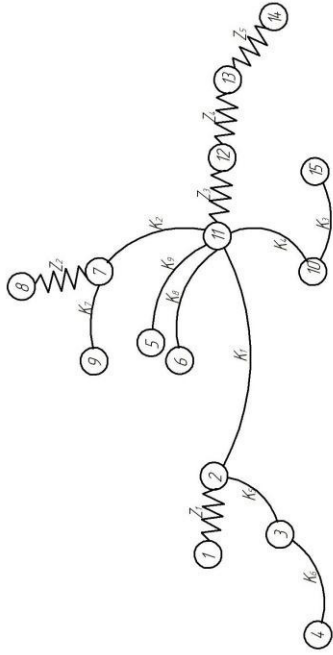
Розмірна схема технологічного процесу



- $K_1=45 \pm 0,16$ $K_2=3 \pm 0,12$
- $K_3=25 \pm 0,26$ $K_4=25 \pm 0,26$
- $K_5=23 \pm 0,26$ $K_6=20 \pm 0,26$
- $K_7=18 \pm 0,05$
- $K_8=3,5 \pm 0,15$
- $K_9=5,5 \pm 0,15$



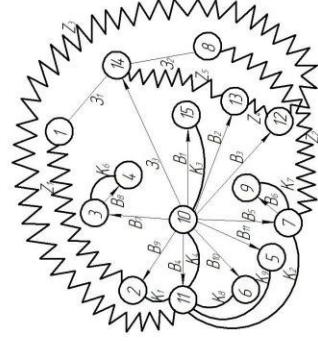
Початковий граф-дерево



Вихідний граф-дерево

Технологічні розміри, розміри заготовки	3_1	3_2	3_3	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}
Попередні значення допусків	8,4	8,2	8,2	0,52	0,32	0,25	0,1	0,26	0,24	0,26	0,3	0,26	0,22	0,35
Остаточні значення допусків	10	10	10	14	12	12	10	12	14	12	14	12	12	12
Номинальні розміри	54,66	37,4	23,659	16	12	6,8	7,6	8,1	20,28	22,8	5,5	27,11	7,21	12,21

Значення технологічних розмірних розмірів заготовки

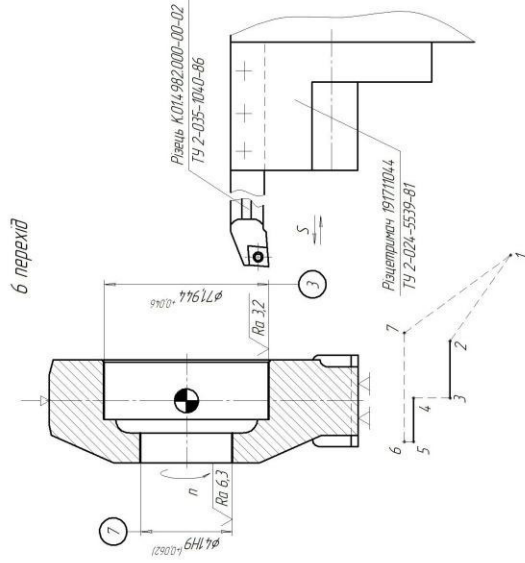
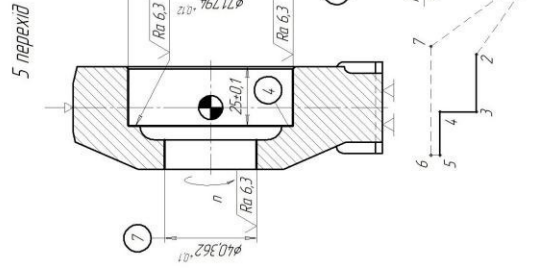
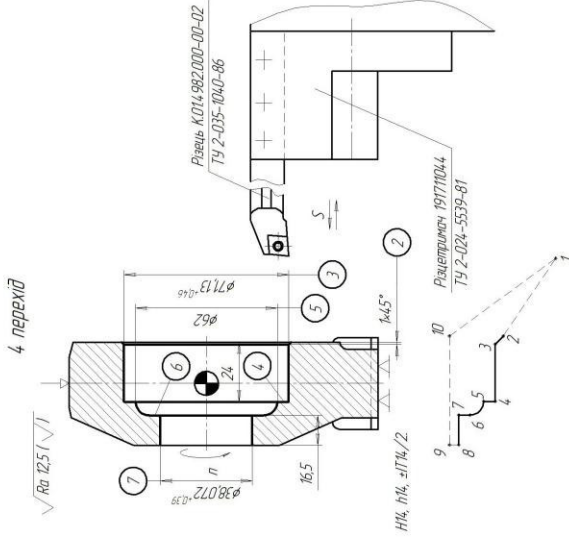
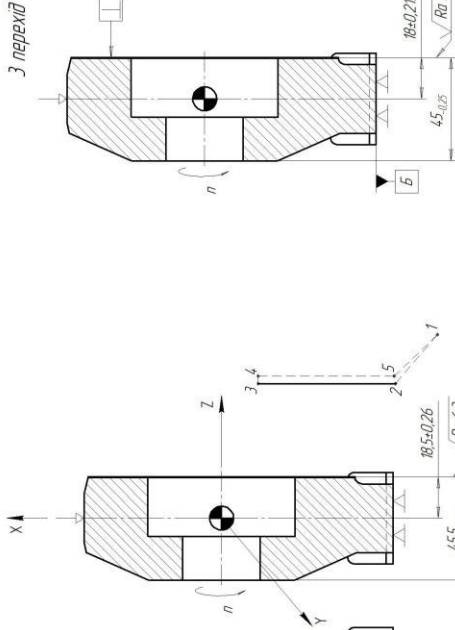
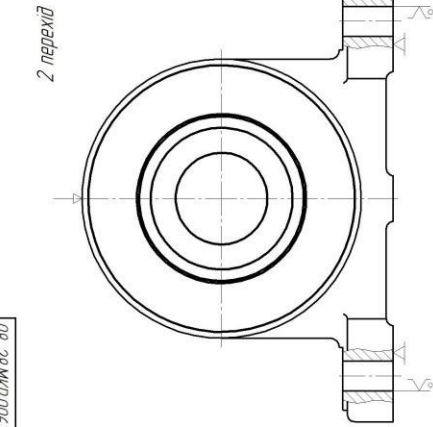


Суміщений граф

Значення припусків, мм

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Граничні значення	18	2,5	0,4	0,6	2,0
Значення	4,9	4,05	0,65	7,0	4,45

08-28 МКР.006.001.400



12) Точки торцев 10 однократно	138	3.5	800	0.4
11) Перецкостодити застаточу	-	-	550	0.25
10) Різальцати канавку 9 асталочна	58	0.5	315	0.25
9) Різальцати канавку 9 попередньо	52	2.0	315	0.25
8) Різальцати отвір 3 асталочна	283	0.024	1250	0.1
7) Різальцати канавку 8 однократно	72	1.5	315	0.25
6) Різальцати отвір 3 попередньо	180	0.048	800	0.15
5) торцев 4 асталочна	14.2	0.5	630	0.25
4) отвір 7 попередньо	14.2	0.5	800	0.15
3) Точки торцев 1 асталочна	81	1.0	630	0.25
2) Точки торцев 2 однократно	73	1.0	315	0.4
1) отвір 3 торцев 4 попередньо	71	1.2	315	0.4
1) отвір 5 торцев 6 однократно	61	1.1	315	0.4
1) отвір 7 попередньо	41	1.5	315	0.4
2) Точки торцев 1 асталочна	241	0.5	630	0.25
1) отвір 1 попередньо	120	3.22	315	0.4
№ 1	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 2	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 3	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 4	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 5	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 6	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 7	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 8	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 9	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 10	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 11	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм
№ 12	Об'єднання	1. мм	1. мм	1. мм

08-28 МКР.006.001.400	
Карта наладочень	
№ 1	11
№ 2	2
№ 3	184
№ 4	184
№ 5	184
№ 6	184
№ 7	184
№ 8	184
№ 9	184
№ 10	184
№ 11	184
№ 12	184

Кваліфікація: -
 Ст. зв.: 2014, 184
 Підпис: -
 Дата: -

ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ

Мета роботи – виявлення впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки партії заготовок деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на настроєному верстаці на кількісні значення припуску для розточування головного отвору $\varnothing 72\text{H}7^{(+0,03)}$ мм.

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричних поверхонь визначається за формулою

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

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 обробленої поверхні (відносно технологічних баз), які утворилися на технологічному переході, що передувало виконуваному; ε_{ei} – похибка встановлення заготовки у верстатний пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Просторові відхилення обробленої поверхні:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2} \text{ [мкм]}, \quad (2)$$

де ρ_1 ; ρ_2 – просторові відхилення, спричинені відповідно жолобленням і зміщенням отвору у вихідній заготовці.

Просторове відхилення, спричинене жолобленням отвору у вихідній заготовці не залежить від схеми базування, а визначається тільки розмірами поверхні заготовки і способом її виготовлення

$$\rho_1 = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot \ell)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3)$$

де d і ℓ – діаметр, довжина оброблюваного отвору; Δ_k – питома кривизна вилівка.

ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ

(продовження)

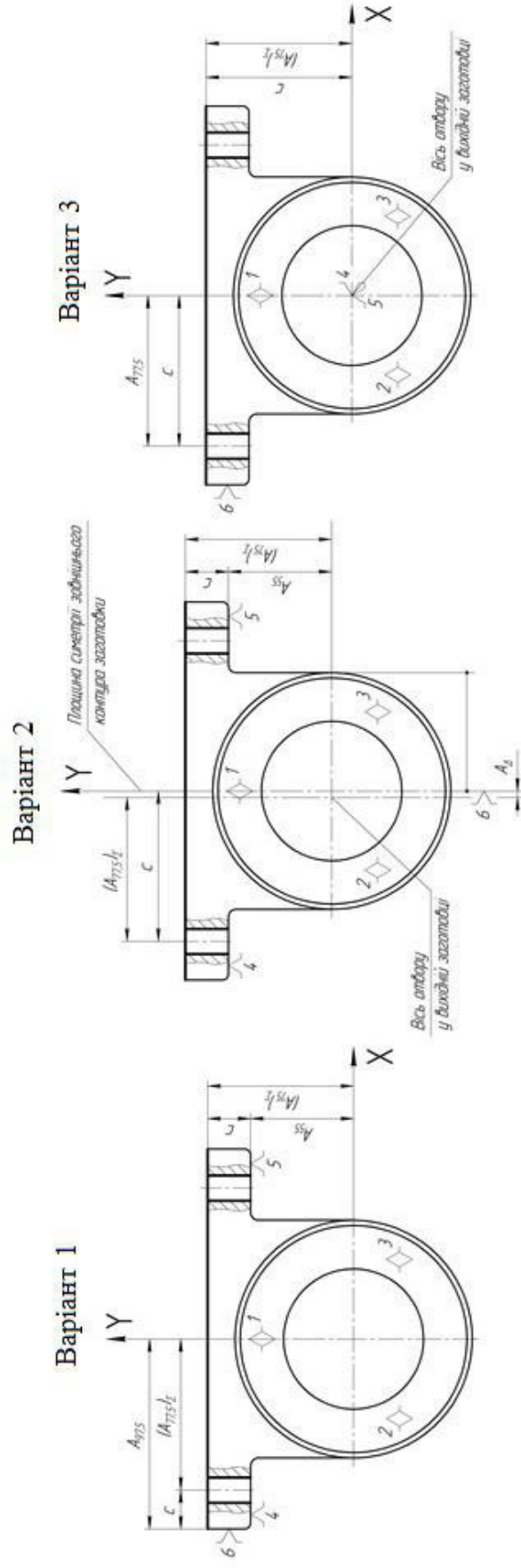


Рисунок 1 – Варіанти схеми базування заготовки деталі типу «Корпус підшипника 420.008-01» на першій операції механічної обробки з технологічними розмірними ланцюгами для визначення похибки базування

ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ

(продовження)

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами розмірами: 77,5 мм (у напрямку осі X) і 75 мм (у напрямку осі Y). Тому знайдемо ρ_2 як середнє квадратичне значення сумарних похибок механічної обробки, що виникають під час отримання цих розмірів, тобто вважатимемо, що

$$\rho_{zm} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 77,5})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \quad [\text{мкм}]. \quad (4)$$

Сумарна похибка обробки визначається за спрощеною формулою

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\omega^2 + \varepsilon_{\theta}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (5)$$

де ω – середньостатистична точність способу механічної обробки; ε_{θ} – похибка базування.

Рівняння для визначення похибок базування матимуть вигляд.

Варіант 1

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(A_{97,5}) + T(c); \quad (6)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{55}) + T(c). \quad (7)$$

Варіант 2

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(A_d) + T(c); \quad (8)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{55}) + T(c). \quad (9)$$

Варіант 3

$$\varepsilon_{677,5} = \delta(A_{77,5})_{\Sigma} = T(c); \quad (10)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(c). \quad (11)$$

ВПЛИВ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРИПУСКУ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРУ В ЗАГОТОВЦІ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС ПІДШИПНИКА 420.008-01» НА НАСТРОЄНИХ ВЕРСТАТАХ

(продовження)

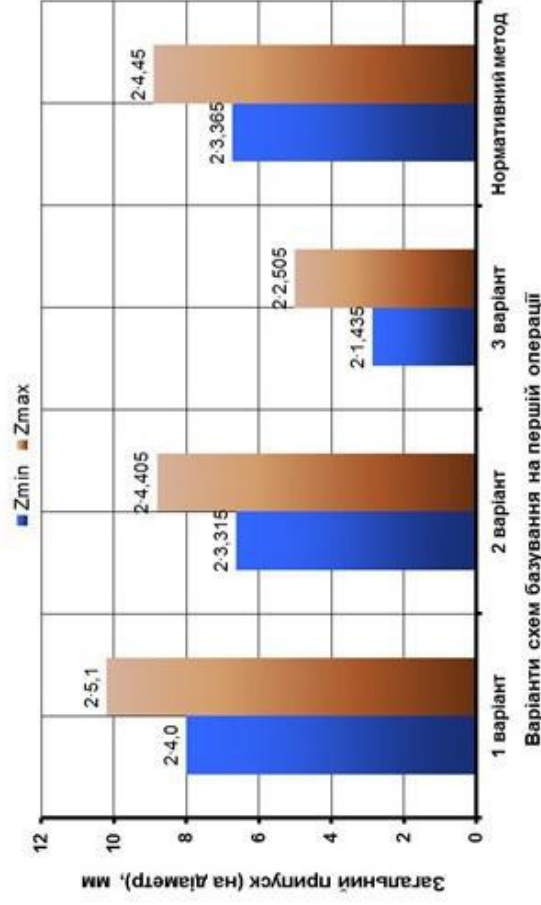


Рисунок 3.2 – Вплив схеми базування на першій операції на величини загальних мінімального і максимального припусків для обробки отвору $\varnothing 72H7^{(+0,03)}$ мм

Висновки.

1. Розглянуто три поширені в технології машинобудування варіанти схеми базування заготовки деталі «Корпус підшипника 420.008-01» на першій операції її механічної обробки. Перші два варіанти розв'язують задачу забезпечення розмірного зв'язку між обробленими і необробленими поверхнями; третій варіант – задачу зняття мінімального рівномірного припуску з поверхні головного отвору.

2. Із застосуванням розрахунково-аналітичного методу визначення припусків встановлено, що використання перших двох варіантів схеми базування спричиняє величину зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз на операції його розточування приблизно в десять разів більшу, ніж використання третього варіанту схеми базування. Величина зміщення осі отвору у вихідній заготовці визначена за допомогою побудови відповідних технологічних розмірних ланцюгів.

3. Виконано оцінювання можливості використання схеми базування на першій операції, яке показало, що за умови значного впливу на мінімальний припуск зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз, то для повного врахування цього зміщення в конкретних технологічних умовах варто використати розрахунково-аналітичний метод.

4. Проведено порівняння припусків одержаних розрахунково-аналітичним методом (для другої схеми базування) і визначених за запропонованою методикою, що підтвердило необхідність застосування розглянутої методики розрахунку, так як вона дає більш точні результати.

5. Результати роботи можуть бути використані для аналізу наявних і проектування нових технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві та у навчальному процесі.

Техніко-економічні показники

<i>Техніко-економічні показники</i>	<i>Базовий маршрут</i>	<i>Удосконалений маршрут</i>
<i>Маса деталі, кг</i>	<i>3,51</i>	<i>3,51</i>
<i>Програма випуску, шт.</i>	<i>7500</i>	<i>7500</i>
<i>Маса заготовки, кг</i>	<i>5,85</i>	<i>5,66</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	<i>0,6</i>	<i>0,61</i>
<i>Содівартість заготовки, грн.</i>	<i>380,6</i>	<i>249,6</i>
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	<i>5</i>	<i>3</i>
<i>Середня потужність верстатів, кВт</i>	<i>13,25</i>	<i>11</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_{зсер}$</i>	<i>58%</i>	<i>77%</i>
<i>Середній коефіцієнт завантаження за основним часом, $\eta_{зосер}$</i>	<i>52%</i>	<i>78%</i>
<i>Кількість основних робітників</i>	<i>10</i>	<i>5</i>
<i>Середній розряд робітників</i>	<i>4</i>	<i>3</i>
<i>Виробнича площа, м²</i>	<i>135</i>	<i>85</i>
<i>Содівартість одиниці продукції, грн</i>	<i>348,92</i>	<i>292,78</i>
<i>Капітальні вкладання, грн.</i>	<i>–</i>	<i>1298151,7</i>
<i>Економічний ефект, грн.</i>	<i>–</i>	<i>2426948,9</i>
<i>Термін окупності, років</i>	<i>–</i>	<i>0,54</i>