

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

Вдосконалення технологічного процесу виготовлення
корпусу 08-36.013.02.004.

Виконав студент 4 курсу групи 1ПМ-216
спеціальності 1ПМ «Прикладна механіка»

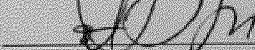
Колісніченко В. Р.

Керівник: проф., зав. каф. ТАМ

 Леонід КОЗЛОВ

« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: д.т.н., проф. директор ІД

 Андрій КАШКАНОВ

« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ Леонід КОЗЛОВ

« 16 » 06 2025 р.

м. Вінниця – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 13 Механічна інженерія
(шифр і назва)

Спеціальність – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Освітньо - професійна програма Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТАМ

Козлов Л.Г.

" 20 " 03 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Колісніченко Владислав Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 08-26.013.02.004

Керівник роботи Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 20 " 03 2025 року № 97

2. Термін подання студентом роботи 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Корпус підшипників

Матеріал: АК7 ГОСТ 1583-93; Програма випуску: 5000 шт.

4. Зміст текстової частини: вступ; аналіз конструкції і технологічності деталі; проектування вихідної заготовки; розробка маршруту механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь; Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів та оптимізація на ЕОМ режимів різання на обробку чистовим розточуванням; визначення технічних норм часу для виконання операцій; визначення завантаження обладнання; охорона праці;

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

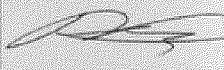
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі

карта намігнення операції 005 технологічного процесу;

6. Консультації розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Леонід КОЗЛОВ проф., зав. кафедри ТАМ	20.03.25р 	06.06.25р 
Охорона праці	Олег БЕРЕЗНИК проф. кафедри БЖДПБ	26.05.25р 	06.06.25р 

7. Дата видачі завдання

20.03.2025р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Приміт
		початок	закінчення	
	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БКР)	18.03.25р	20.03.24р	Вик
	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25р	25.04.25р	
	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25р	28.05.25р	Вик
	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25р	06.06.25р	Вик
	Перевірка на антиплагіат	05.06.25р	09.06.25р	Вик
	Попередній захист БКР	09.06.25р	10.06.25р	Вик
	Нормоконтроль БКР	10.06.25р	11.06.25р	Вик
	Рецензування БКР	12.06.25р	13.06.25р	Вик
	Захист БКР	17.06.25р.	19.06.25р.	Вик

Студент



Владислав КОЛІСНІЧЕНКО

Керівник роботи



Леонід КОЗЛОВ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 69 сторінок формату А4, на яких є 21 рисунок, 18 таблиць, список використаних джерел містить 19 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу Корпус підшипників, що дозволить отримати деталь із вказаними на кресленнями параметрами точності та шорсткості.

У загальній частині роботи визначено тип виробництва, що необхідно для подальших розрахунків та виконано аналіз технологічності конструкції деталі. У технологічній частині виконана розробка маршруту механічної обробки. Для цього розроблено технологічний процес, розраховано режими обробки та норми часу, кількість верстатів для виготовлення заданої програми випуску.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, режими різання, норми часу.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 69 A4 pages, including 21 figures, 18 tables and a list of references containing 19 sources.

The aim of the thesis is to develop a technological process for the machining of a bearing housing-type workpiece, which will ensure the required accuracy and surface roughness parameters specified in the drawings.

The general part of the thesis defines the type of production necessary for further calculations and includes an analysis of the manufacturability of the part's design.

The technological section presents the development of the machining route. For this purpose, the technological process was developed, machining parameters and time standards were calculated, and the required number of machines for the planned production output was determined.

The occupational safety section addresses such issues as the causes, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous industrial factors in the production facility. It also provides recommendations for improving working conditions and considers fire safety regulations.

Keywords: housing, technological process, workpiece, machining, dimensional analysis, cutting parameters, time standards.

ЗМІСТ

Вступ	9
1. Аналіз конструкції і технологічності деталі.	10
2. Проектування вихідної заготовки.	12
3. Розробка маршруту механічної обробки.	19
3.1. Аналіз відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва.	19
3.2. Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø90Н7. Вибір кількості ступенів механічної обробки інших поверхонь з підвищеними вимогами точності. Вибір (з поясненням) способів обробки поверхонь.	21
3.3. Вибір технологічних баз.	23
3.3.1. Вибір чистових технологічних баз (з обґрунтуванням)	23
3.3.2. Вибір чорнових технологічних баз.	23
3.4. Розробка маршруту механічної обробки	27
4. Розмірний аналіз технологічного процесу.	28
4.1. Вибір (з поясненням) розташування технологічних розмірів (крім діаметральних)	28
4.2. Попереднє призначення допусків технологічних розмірів.	28
4.3. Розмірна схема технологічного процесу	29
4.4. Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф.	29
4.5. Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів.	31
4.6. Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)	32
4.7. Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів. ...	33
5. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь.	34
5.1. Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних про-	34

міжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні H7, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.	
5.2.Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь, розрахунок техно- логічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної загото- вки	40
6.Визначення за нормативами режимів різання на обробку конструк- торських баз і кріпильних отворів. Оптимізація на EOM режимів рі- зання на обробку чистовим розточуванням.	43
7.Визначення технічних норм часу для виконання операцій (за емпіри- чними формулами)	47
8.Визначення завантаження обладнання.	50
9.Охорона праці	53
Висновки.	64
Література.	65
Додатки	67

ВСТУП

Обґрунтування теми. Машинобудування — одна з ключових галузей промисловості, яка визначає рівень технічного розвитку країни. Зростання вимог до якості, надійності та економічності продукції потребує постійного вдосконалення виробничих процесів, зокрема механічної обробки деталей. Розробка ефективних технологічних рішень дає змогу скорочувати витрати, підвищувати продуктивність праці та забезпечувати конкурентоспроможність підприємств.

В умовах динамічного розвитку виробництва особливої актуальності набуває оптимізація технологічних процесів виготовлення машинобудівних деталей, які мають складну конструкцію та високі вимоги до точності.

Мета і завдання дослідження.

Метою цієї роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус підшипника».

Завдання, що розглядаються у дослідженні:

- виконання аналізу конструкції та оцінки технологічності деталі;
- проєктування оптимальної форми вихідної заготовки;
- складання маршруту механічної обробки;
- проведення розмірного аналізу технологічного процесу;
- розрахунок припусків і встановлення технологічних розмірів для обробки циліндричних поверхонь;
- визначення нормативних режимів різання для обробки базових поверхонь і кріпильних отворів;
- оптимізація режимів чистового розточування з використанням ЕОМ;
- визначення норм часу на виконання кожної операції;
- аналіз завантаження технологічного обладнання;
- розгляд питань охорони праці в межах проєкту.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

Деталь «Корпус підшипників» є елементом механізму, в який вставляються підшипники та вал, який обертається на них. Деталь базується на дві зовнішні крайні поверхні, на яких є кріпильні отвори. Суміжні деталі, такі, як підшипники, вал, та основа, базуються за внутрішніми діаметрами $\varnothing 90H7$, $\varnothing 80H7$, $\varnothing 60H9$ та поверхню з різьбовими кріпленнями M10-7H відповідно.

Деталь «Корпус підшипників» виконує роль захисту та змащення підшипників, а також їх розташування відносно валу та всього механізму. Деталь забезпечує необхідну точність розташування приєднувальних деталей як в статиці, так і в процесі роботи.

Згідно з розмірами, складністю деталі, програмою випуску процес виготовлення має **середньосерійний характер**.

За своєю формою, конструкції та технологічними ознакам деталь відноситься до класу «Корпусів підшипників». При підготовці до виробництва доцільно орієнтуватися на типові ТП обробки подібних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Креслення деталі має усі необхідні дані про деталь, але його необхідно корегувати згідно вимог ЕСКД і вимог технологічності. В кресленні недостатньо розроблені технічні вимоги та ін. Попередньо зробивши розмірний аналіз, можна зауважити, що деякі лінійні розміри проставлені не від бази. При механічній обробці неможливо сумістити конструкторську і технологічну бази. При цьому збільшується похибка базування (ϵ_6).

Основними поверхнями, якими деталь базується у вузлі є внутрішня поверхня $\varnothing 60H9$ і торець з різьбовими отворами для кріплення.

Допоміжними поверхнями, якими деталь спрягається із суміжними деталями, є поверхні $\varnothing 90H7$, $\varnothing 80H7$, $\varnothing 60H9$, та поверхня $\varnothing 98$ з різьбовими кріпленнями M10-7H. Решта поверхонь є вільними.

Групу конструкторських баз складають основні та допоміжні поверхні, визначені раніше. Бажано, щоб при механічній обробці конструкторські та технологічні бази співпадали. При цьому похибка базування $\varepsilon_6=0$.

Деталь має уніфіковані елементи: отвори, канавки, фаски і т. ін., що дає змогу застосовувати стандартний ріжучий інструмент. Деталь має досить зручні базові, всі поверхні доступні для обробки та контролю.

Матеріал деталі конструкційна сталь АК7 ГОСТ 1583-93 має задовільні якості обробки різанням, штампується і піддається термообробці. Використовується для виготовлення відповідальних деталей.

Таблиця 1.1 – Хімічні характеристики матеріалу:

Al	Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Zn	Ti
92– 94%	6.5- 8.0%	<0.6%	<0.25%	<0.15%	<0.3%	<0.2%	<0.15%

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу:

Твердість, HB	σ_B , МПа	σ_T , МПа	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
70-90	220-260	110-140	1-3	0.5-1	2-3

2 ПРОЄКТУВАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Дана деталь – Корпус підшипників випускається в умовах середньо-серійного виробництва, оскільки маса деталі 1.85 кг, а програма випуску $N = 5000$ шт. Матеріал деталі – АК7 : алюмінієвий ливний сплав, до його складу входять $0,5...0,8\% \text{ Si}$, $...0,6\% \text{ Fe}$, $...0,25\% \text{ Cu}$, $...0,1\% \text{ Mg}$, $...0,3\% \text{ Mn}$, $...0,2\% \text{ Zn}$, $...0,15\% \text{ Ti}$. Заготовку можна виготовити методом лиття. За умовою завдання масою спосіб виготовлення – лиття під тиском, що є досить точним і розповсюдженим способом у серійному виробництві, досягаються досить малі припуски на сторону, що є важливим показником у випадку із деталлю, що розглядається, за технологічними особливостями практично нічим не поступається перед іншими способами. Для більш чіткої характеристики використаємо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика виготовлення заготовок литтям під тиском.

Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
Лиття під тиском — це процес виготовлення заготовок із розплавлених металів чи сплавів, які заливаються в металеву прес-форму під високим тиском. Матеріал швидко заповнює форму, охолоджується,	Висока точність виготовлення деталей, що знижує потребу в додатковій механічній обробці. Гладка поверхня виробів, що зменшує витрати на оздоблення.	Висока вартість обладнання і пресформ. Обмеження щодо типів матеріалів: метод придатний здебільшого для сплавів із низькою темпе-	Автомобілебудування — деталі двигунів, коробок передач, криплень, корпуси. Електроніка — корпуси приладів, роз'єми, елементи електротехніки. Меблева промисловість — декоративні елементи, каркаси. Будівництво — фур-

затвердіває і на- буває потрібної конфігурації. Для цього використо- вуються спеціа- льні машини — ливарні машини (гідравлічні чи механічні).	Швидкість ви- робництва — висока продук- тивність завдя- ки автоматиза- ції процесу. Економія ма- теріалу — мі- німальні від- ходи завдяки точному дозу- ванню. Можливість створення складних форм, вклю- чаючи тонкос- тінні деталі.	ратурою пла- влення (алю- міній, цинк, магній). Неможливість виготовлення дуже великих деталей через обмеження розміру форм тиску маши- ни. Схильність до утворення дефектів, та- ких як порис- тість через потрапляння газів у розп- лав.	нітура, кріпильні елементи, інструмен- ти. Іграшкова промисло- вість — високоточні компоненти та фігур- ки. Цей метод найбільше підходить для масо- вого та великосерій- ного виробництва за- вдяки економічності в довготривалій пер- спективі.
---	--	---	---

Розрахунок розмірів заготовки

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розра-
хунок граничних розмірів заготовок.

Результат визначення необхідних параметрів заносимо у таблицю 2.2
для операції лиття під тиском.

При цьому способі виготовлення заготовка матиме наступну конфі-
гурацію, що зображена на рисунку 2.1.

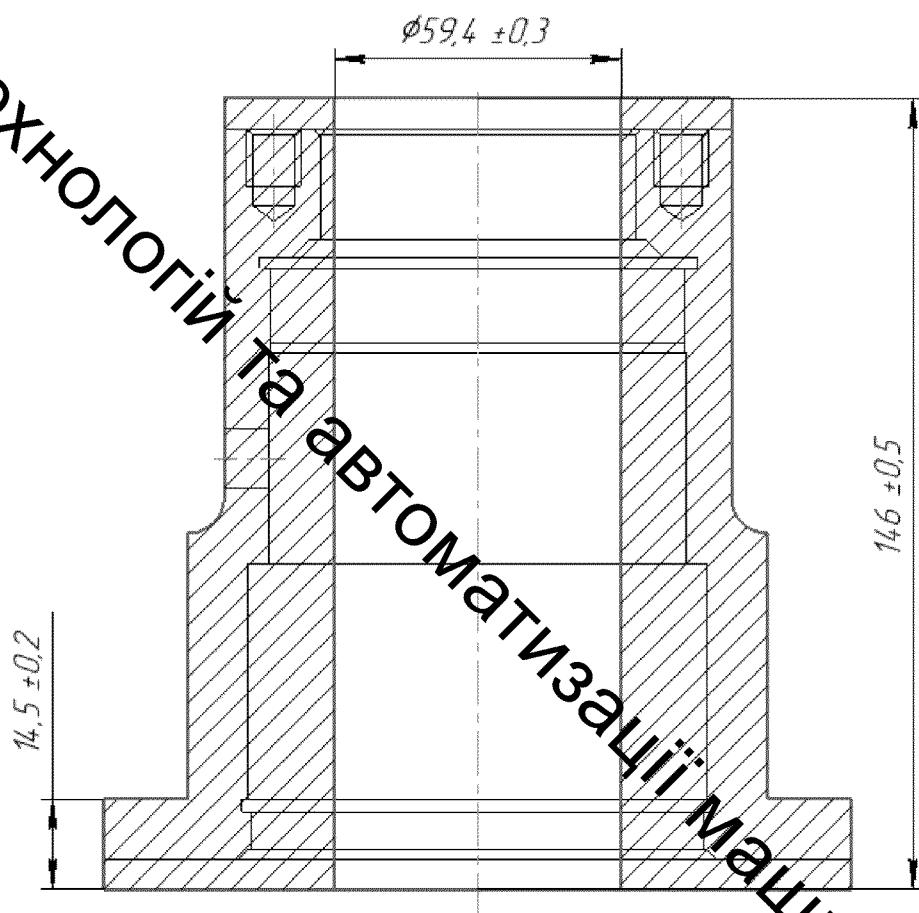


Рисунок 2.1 – Зображення конфігурації заготовки

Клас точності залежить від точності методу лиття. Для лиття під тиском зазвичай досягається IT8–IT11 для ливарних заготовок.

Розрахунок класу точності (лінійний розмір 145 мм):

Поле допуску для лиття під тиском: приблизно 0.7 мм (145.7 - 145.0).

Для IT-класів використовуємо формулу (довідкова формула):

$$IT=10 \times (0.45 \cdot L^3 + 0.001 \cdot L),$$

де L — номінальний розмір у мм.

Для L=145:

$$IT=10 \times (0.45 \cdot 145^3 + 0.001 \cdot 145) \approx 10 \times (1.53 + 0.145) = 16.75 \text{ мкм.}$$

Поле допуску відповідає IT10–IT11.

Марка матеріалу:

AK7 — це алюмінієвий сплав із високою плинністю, що робить його придатним для лиття під тиском. Основні властивості AK7:

- Висока корозійна стійкість.
- Висока міцність при порівняно низькій вазі.
- Придатність для тонкостінних виробів.

Ступінь складності:

Ступінь складності деталей залежить від їхньої геометрії, точності, та додаткових обробок. У даному випадку:

- Присутні як лінійні, так і діаметральні розміри.
- Необхідність дотримання допусків: H9 (точний отвір) і -0.2 (лінійні допуски).
- Типова форма для лиття під тиском, без надмірної складності.

Висновок:

Ступінь складності — 2 (середній), за п'ятибальною шкалою.

Індекс лиття:

Індекс лиття визначається за формулою:

$\text{Інд} = \text{Розмір} + (\text{Ступінь складності} \times 10) + \text{Клас точності}$,
де:

- Розмір — номінальний максимальний розмір (145 мм).
- Ступінь складності: 2.
- Клас точності: 10 (IT10).

$$\text{Інд} = 145 + (2 \times 10) + 10 = 175$$

Таблиця 2.2 – Вихідні дані лиття під тиском.

Вхідні дані	Лиття під тиском
Клас точності	IT10–IT11
Марка матеріалу	AK7
Ступінь складно-	2 (середній)

сті			
Індекс лиття	175		
	Розрахункові розміри, мм		
Припуски:	145 _{-0.2}	14	Ø60H9
Мінімальні	0.4	0.3	0.3
Прийняті	0.5	0.4	0.4
	Розміри заготовки, мм		
Допуски:	145.5	14.4	Ø59.6
Лиття	±0.5	±0.2	± 0.3
	Підміркові розміри заготовки, мм		
	146±0.5	14.5±0.2	59.4±0.3

Вибір припусків

Припуски вибираються в залежності від розміру, шорсткості і індексу, причому якщо розмір пов'язує поверхні з різними шорсткостями то необхідно на ці поверхні призначити різні припуски. При виборі припуску необхідно опиратися на мінімальний припуск на сторону та прийняти припуск, який одночасно дозволить забезпечити можливість виготовлення деталі та зменшити витрати на матеріал.

Допуски розмірів вибираються в залежності від розміру і індексу. При виборі допуску важливо враховувати знос ливарної форми та відхилення, що можуть відбутися у процесі лиття під тиском.

Також припуски та допуски вибираються залежно від серійності виробництва, оскільки чим менше матеріалу буде знято у процесі технологічної обробки, тим менше буде витрат на виробництво деталі.

При розрахунку розміру заготовки типу «Отвір» припуск і допуск віднімається від розміру деталі, оскільки в процесі зняття матеріалу отвір збільшується.

Для розміру $145_{-0.2}$ максимальний розмір заготовки дорівнює $145+0.5+1=146.5$ мм.

Для розміру 14 максимальний розмір заготовки дорівнює $14+0.3+0.4=14.7$ мм.

Для розміру $\varnothing 60H9$ мінімальний розмір заготовки дорівнює $60-0.3-0.6=59.1$ мм.

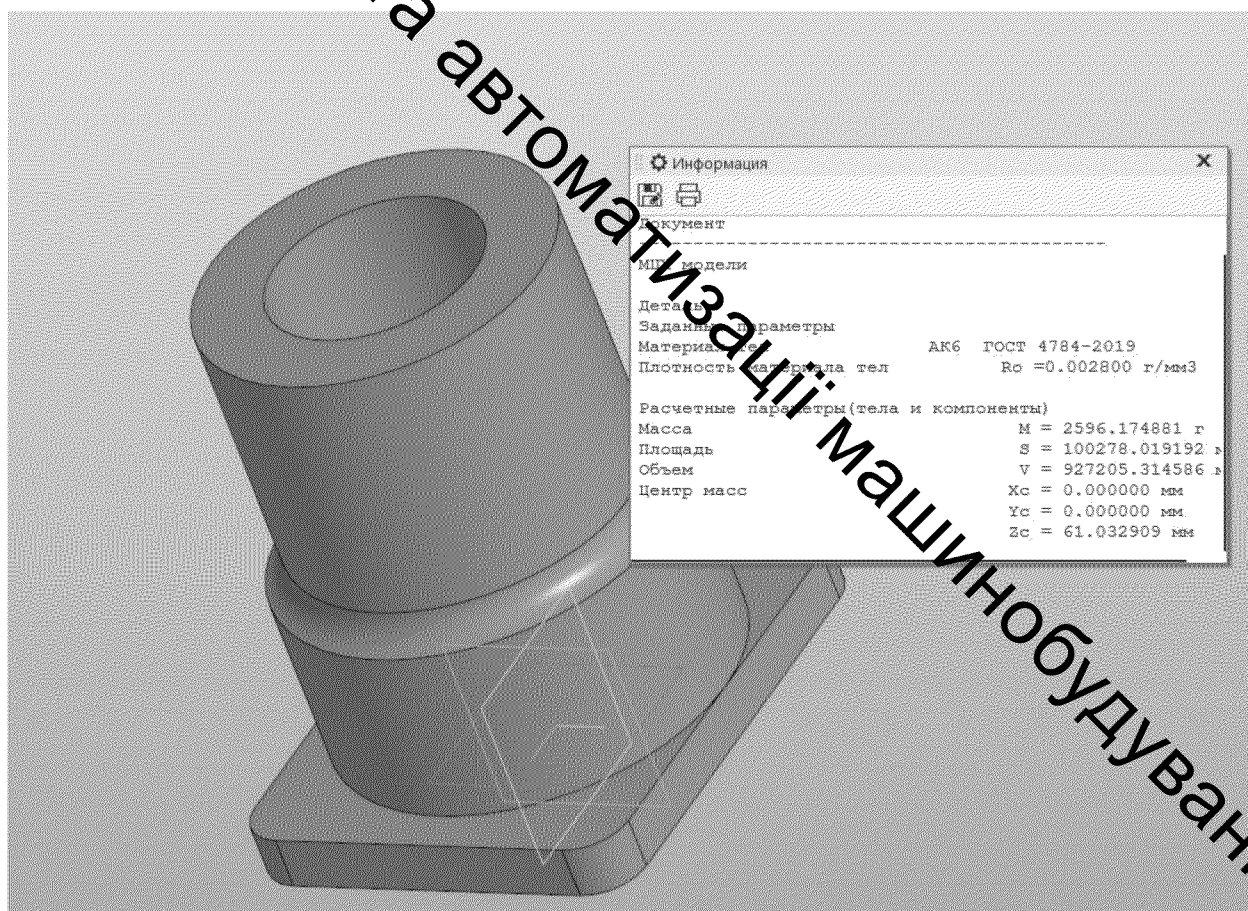


Рисунок 2.2 – 3D-модель заготовки

Технічні вимоги для лиття під тиском:

- Габарити:
 - Лінійний розмір: $14.3 \text{ мм} \leq \text{Розмір} \leq 14.7 \text{ мм}$.
 - Діаметр: $59.1.0\text{мм} \leq \text{Розмір} \leq 59.7\text{мм}$.
 - Лінійний розмір: $145.5 \text{ мм} \leq \text{Розмір} \leq 146.5 \text{ мм}$.
- Товщина стінок:

- Не менше 2–3 мм для забезпечення якісного лиття та уникнення утворення дефектів.
- Радіуси закруглень:
 - Уникати гострих кутів, рекомендовані радіуси: 0.5–1 мм для запобігання концентрації напружень.
- Стіли:
 - Для полегшення вилучення деталі з форми:
 - Для зовнішніх поверхонь: 1–2°.
 - Для внутрішніх поверхонь: 2–3°.

Розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки.

Лиття під тиском:

Площа $S = 100278.019192 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 927205.314586 \text{ мм}^3$

Матеріал Сталь АК7 ГОСТ 1583-93

Густина $R_o = 0,002800 \text{ г/мм}^3$

Маса $G_{\text{заг}} = 2596,174881 \text{ г}$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$M = M_d / M_z = 1.85 / 2.596 = 0.713$$

3. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

1. Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва.

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів «Єдиної системи підготовки виробництва» ЕСТП ГОСТ 14.001-73.

При розробці маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові технологічні процеси обробки подібних деталей. При цьому скорочується строки проектування і покращується якість проекту.

Задана деталь “Корпус підшипників” відноситься до класу корпусних. В серійному виробництві доцільно застосовувати високопродуктивне обладнання, верстати з ЧПК, багатоцільові верстати і т. ін. оснастка може бути стандартною, УСП, і спеціалізована.

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні, які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово з тим щоб уникнути похибки базування на наступних операціях.

Після обробки базових поверхонь здійснюється токарна обробка внутрішніх поверхонь деталі. Установка заготовки може бути в 3-х кулачковому патроні. Найбільш продуктивним способом обробки є точіння або розточування отворів різцевими головками.

Після чистової обробки проводиться доводочні операції: фрезерування поверхонь, свердління отворів, обробка різбових отворів і т.ін. Установка заготовки в призмі дає похибку базування у вигляді зміщення осі заготовки. Різбові отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає $\pm 0,01$ мм

Таблиця 3.1 – Технологічна схема виготовлення деталей типу «Корпус»

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
	2	3
005	Розточування внутрішніх циліндричних поверхонь заготовки. Розточування канавок, фасок та скруглень. Точіння прямокутного торця заготовки. Закріплення у трьохкулачковому патроні за циліндричну поверхню заготовки.	Токарний
010	Фрезерування круглого торця та фрезерування фаски на внутрішньому діаметрі. Свердління 4-х кріпильних отворів у прямокутній поверхні. Свердління та нарізання різьби в отворах на торці, утвореному в операції 005. Технологічні бази – внутрішня поверхня, оброблена на операції 010 та зовнішня поверхня (для накладання в'язі на обертання по осі деталі).	Фрезерний з ЧПУ
015	Свердління та нарізання різьби в отворі у циліндричній поверхні. Технологічні бази – кріпильні отвори, утворені на операції 015 та прямокутна поверхня, утво-	Фрезерний з ЧПУ

	рена на операції 010.	
020	Кінцевий контроль.	

3.2 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні Ø90H7

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів. Характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i$$

де ε - загальне уточнення; ε_i - окремі ступені уточнення, n - число ступенів обробки; T_d , T_3 , T_i - допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадкові заготовкою є виливок, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання наступного методу обробки, що планується.

Відповідно до наведених вище вимог для усіх поверхонь визначена кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки.

Заготовка лиття під тиском – 10 квалітет $T_{зм}=1000$ мм, допуск деталі $T_{дет}= 35$ мм.

Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\epsilon=1,0/0,035 = 28.57$$

Приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\epsilon_1=5;$$

$$\epsilon_2=3;$$

$$\epsilon_3=2;$$

Відповідно тоді ступень уточнення четвертого переходу складатиме:

$$\epsilon_4 = 28.57/5 \cdot 3 \cdot 2 = 1,1428.$$

Допуски після першого, другого та третього переходів складатимуть:

$$T_1 = 1,0/5 = 0,4 \text{ (мм)},$$

$$T_2 = 0,4/3 = 0,133 \text{ (мм)},$$

$$T_3 = 0,133/2 = 0,067 \text{ (мм)}.$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні:

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

Допуск після першого переходу відповідає 13–12 квалітету точності, після другого – 10 –9 квалітету, після третього – 8 квалітету, після четвертого – 7 квалітету.

3.3 Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Відданий деталі конструкторськими базами зовнішня циліндрична поверхня та відповідні торці деталі. Усі ці вимоги точності, що стоять відносно баз можна забезпечити, якщо правильно збазувати деталь під час обробки.

Чистовими технологічними базами є торець та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 90H7$ (рис. 3.1.1). На операціях 005-010 вимірювальна база співпадає з технологічною. Внутрішня поверхня оброблюється мірним інструментом. Отже похибку базування можна вважати рівною нулю. Проаналізуємо наявність похибок базування на оброблювані розміри на 010 операції:

$\varepsilon_6(M10-7H) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 11) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(86) = 0$ – за один установ;

$\varepsilon_6(110) = 0$ – за один установ;

$\varepsilon_6(\varnothing 79) = 0$ – за один установ та діаметральний розмір.

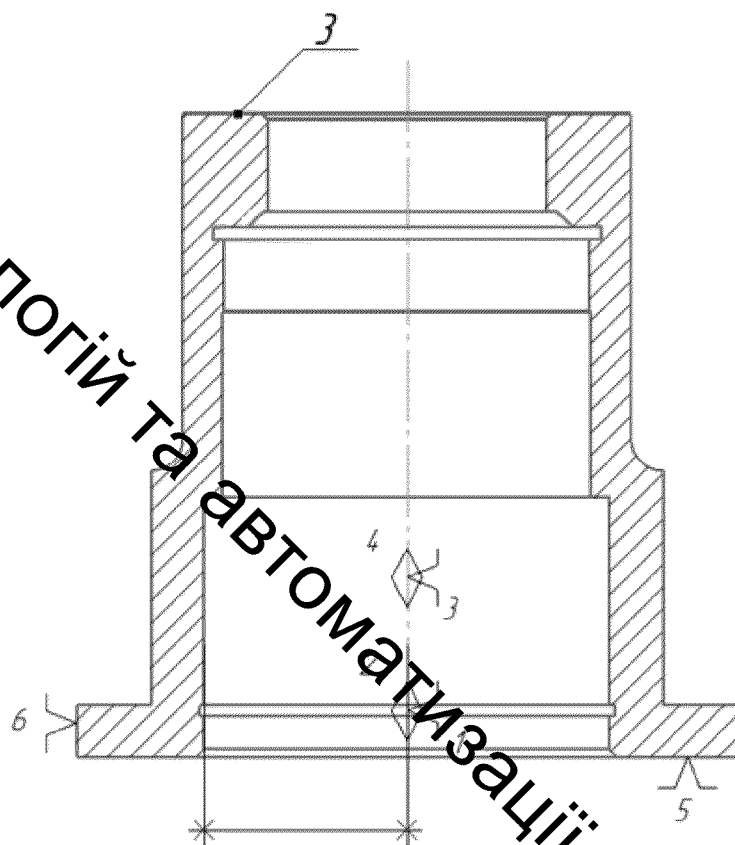


Рисунок 3.1.1 – Схема закріплення (операція 010).

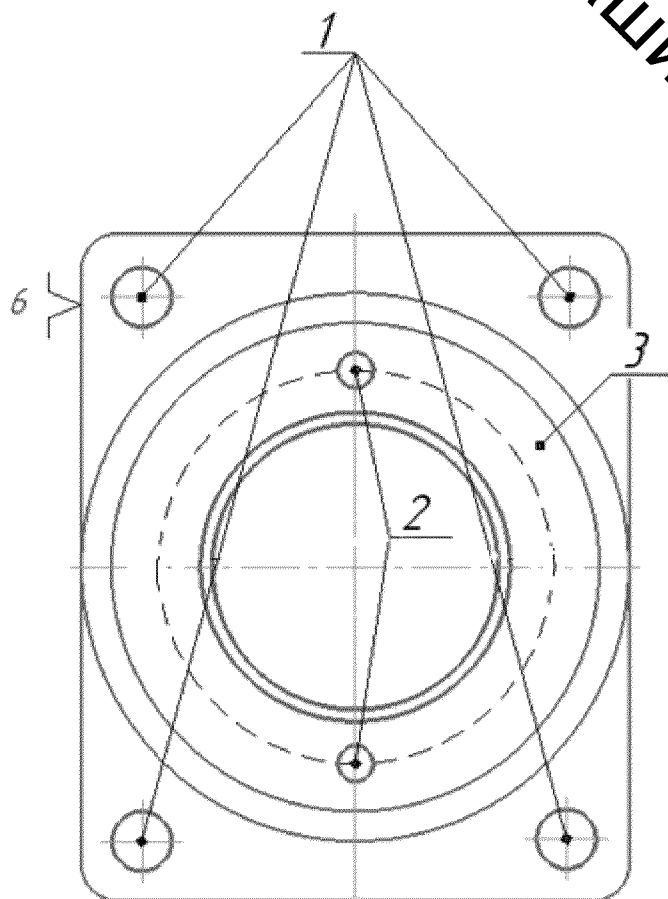


Рисунок 3.1.2 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Розглянемо операцію 005. На цій операції обробляємо чорнові технологічні бази. Заготовку базуємо по необробленим (чорновим) поверхням одноразово з тим, щоб зменшити похибку базування на наступних операціях (рис. 3.2).

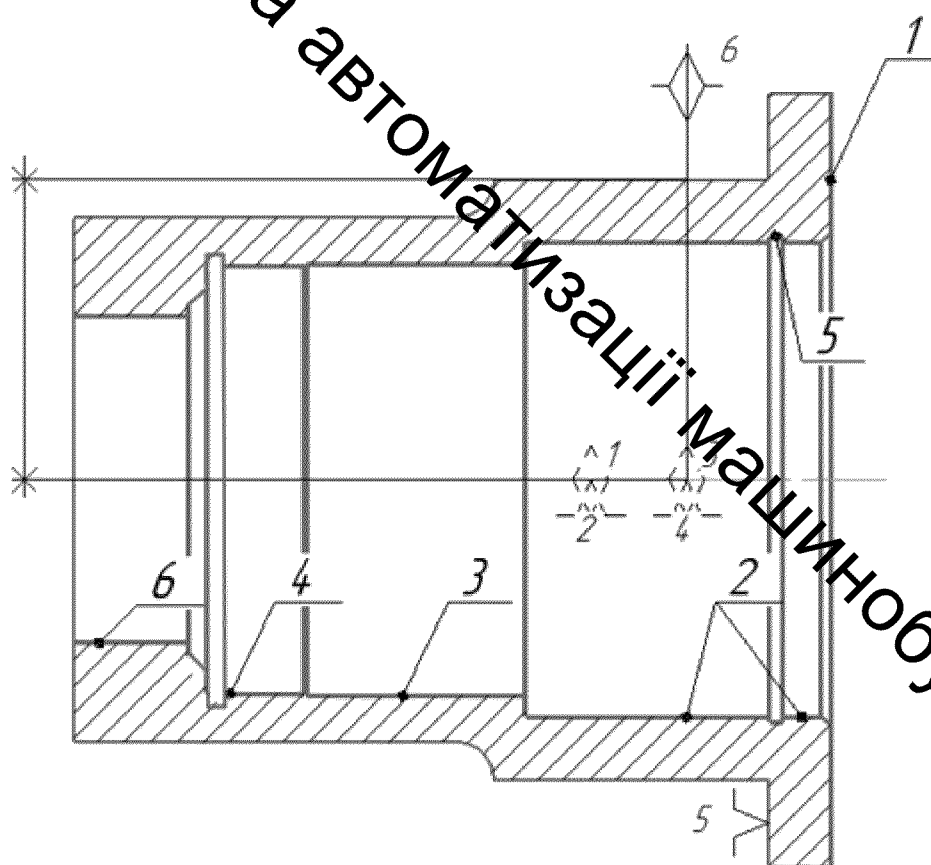


Рисунок 3.2 - Чорнові технологічні бази (операція 005).

Похибка базування на операції 005 складатиме:

$\varepsilon_6(\varnothing 60H9) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 98) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 80H7) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 90H7) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 82) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(\varnothing 93.5) = 0$ – діаметральний розмір;

$\varepsilon_6(2.2^{+0.2}) = 0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(47^{+0.1}) = 0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(58 \pm 0.1) = 0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(100) = 0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(119) = 0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(14) = 0$ – принцип суміщення баз;

$\varepsilon_6(26) = 0$ – виконується принцип суміщення баз.

На 015 операції технологічними базами будуть такі поверхні: кріпильні отвори, утворені на операції 010 та отвір, утворений на операції 005.

$\varepsilon_6(K1/8^-) = 0$ – діаметральний розмір;

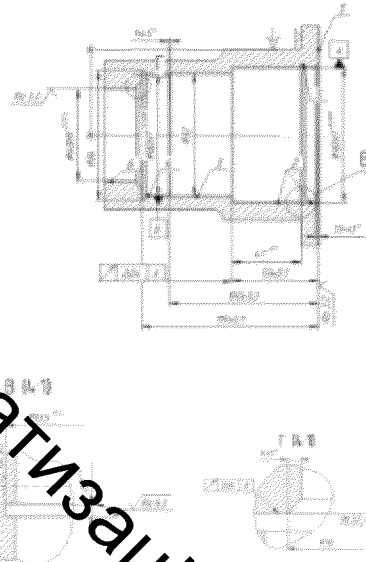
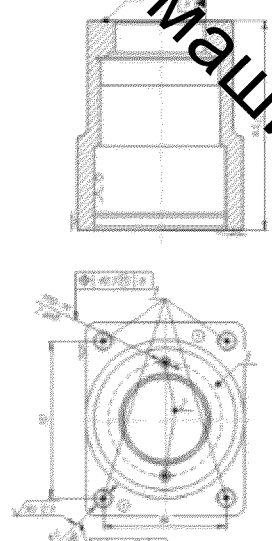
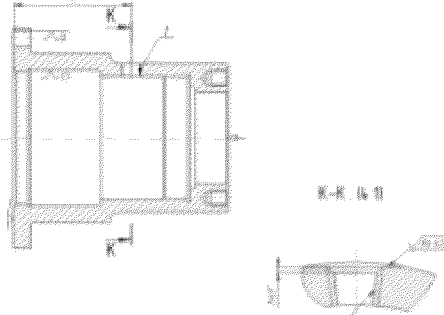
$\varepsilon_6(79) = 0$ – принцип суміщення баз;

3.4 Розробка варіантів маршруту механічної обробки

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з врахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів. При цьому виходять із того, що в кожному із методів остаточної обробки передує один або кілька можливих попередніх (менш точних) методів.

Розробляючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній.

Таблиця 3.1 – Маршрут механічної обробки.

№ п.п.	Назва операції Зміст переходу	Операційний ескіз	Обладнання
005	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1) Закріпити заготовку 2) Проточити тарель, та поверхні 2, 3, 4, 6 попередньо. Проточити тарель 1 остаточно. 3) Проточити поверхні 2, 4, 6 попередньо, поверхні 3 та фаску на поверхні 2 та 3 остаточно 4) Проточити поверхні 2, 6 та 4 попередньо 5) Проточити поверхні 2, 6 та 4 остаточно, зняти фаску на поверхні 4. 6) Виточити канавки 5 8) Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПК ПТ420ПФЗ
010	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1) Закріпити заготовку 2) Фрезерувати поверхню 3 попередньо 3) Зенкувати поверхню 3 остаточно 4) Фрезерувати фаску на поверхні 3 4) Центрувати отвори 1 та 2 5) Свердлити отвори 1 та 2 6) Проточити фаску на отворах 2 7) Нарізати різьбу на отворах 2 8) Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК ПТ260МФЗ
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1) Закріпити заготовку 2) Центрувати отвір 1 3) Свердлити отвір 1 4) Зенкувати фаску на отворі 1 5) Нарізати різьбу на отворі 1 6) Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК ПТ260МФЗ

4 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Вибір (з поясненням) розташування технологічних розмірів (крім діаметральних)

Розташування технологічних розмірів здійснюємо у послідовності, що відображає порядок обробки поверхонь деталі, вказаний попередньо в маршруті механічної обробки даної деталі. Вказане розташування технологічних розмірів у відповідності з порядком обробки розташоване на рисунку 4.1.

4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

У відповідності з механічною обробкою деталі та параметрами точності (квалітетами), допуски на технологічні розміри та розміри заготовки за необхідними даними мають наступне значення:

$$T(З_1) = 1 \text{ мм}; \quad T(З_2) = 0.4 \text{ мм}.$$

$$T(B_1) = 0,8 \text{ мм}; \quad T(B_2) = 0,5 \text{ мм};$$

$$T(B_3) = 0,3 \text{ мм}; \quad T(B_4) = 0,2 \text{ мм};$$

$$T(B_5) = 0,3 \text{ мм}; \quad T(B_6) = 0,2 \text{ мм};$$

$$T(B_7) = 0,3 \text{ мм}; \quad T(B_8) = 0,2 \text{ мм};$$

$$T(B_9) = 0,8 \text{ мм}; \quad T(B_{10}) = 0,5 \text{ мм};$$

При цьому, враховуючи допуски конструкторських розмірів, матимемо наступні мінімальні та максимальні їх значення:

$$K_{1\max} = 145 \text{ мм}, \quad K_{1\min} = 144.8 \text{ мм};$$

$$K_{2\max} = 14.07 \text{ мм}, \quad K_{2\min} = 13.93 \text{ мм};$$

$$K_{3\max} = 119.1 \text{ мм}, \quad K_{3\min} = 118.9 \text{ мм};$$

$K_{4\max} = 100.3 \text{ мм}, K_{4\min} = 99.7 \text{ мм};$

$K_{5\max} = 58.1 \text{ мм}, K_{5\min} = 57.9 \text{ мм};$

4.3 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Дані величини обраємо за допомогою довідників, враховуючи розміри та точність обробки нашої деталі.

$z_1 = 0.8 \text{ мм}; z_2 = 0.3 \text{ мм};$

$z_3 = 0.2 \text{ мм}; z_4 = 0.2 \text{ мм};$

$z_5 = 0.2 \text{ мм}; z_6 = 0.2 \text{ мм};$

$z_7 = 0.6 \text{ мм};$

4.4 Розмірна схема технологічного процесу Розмірна схема технологічного процесу розміщена на рисунку 4.1.

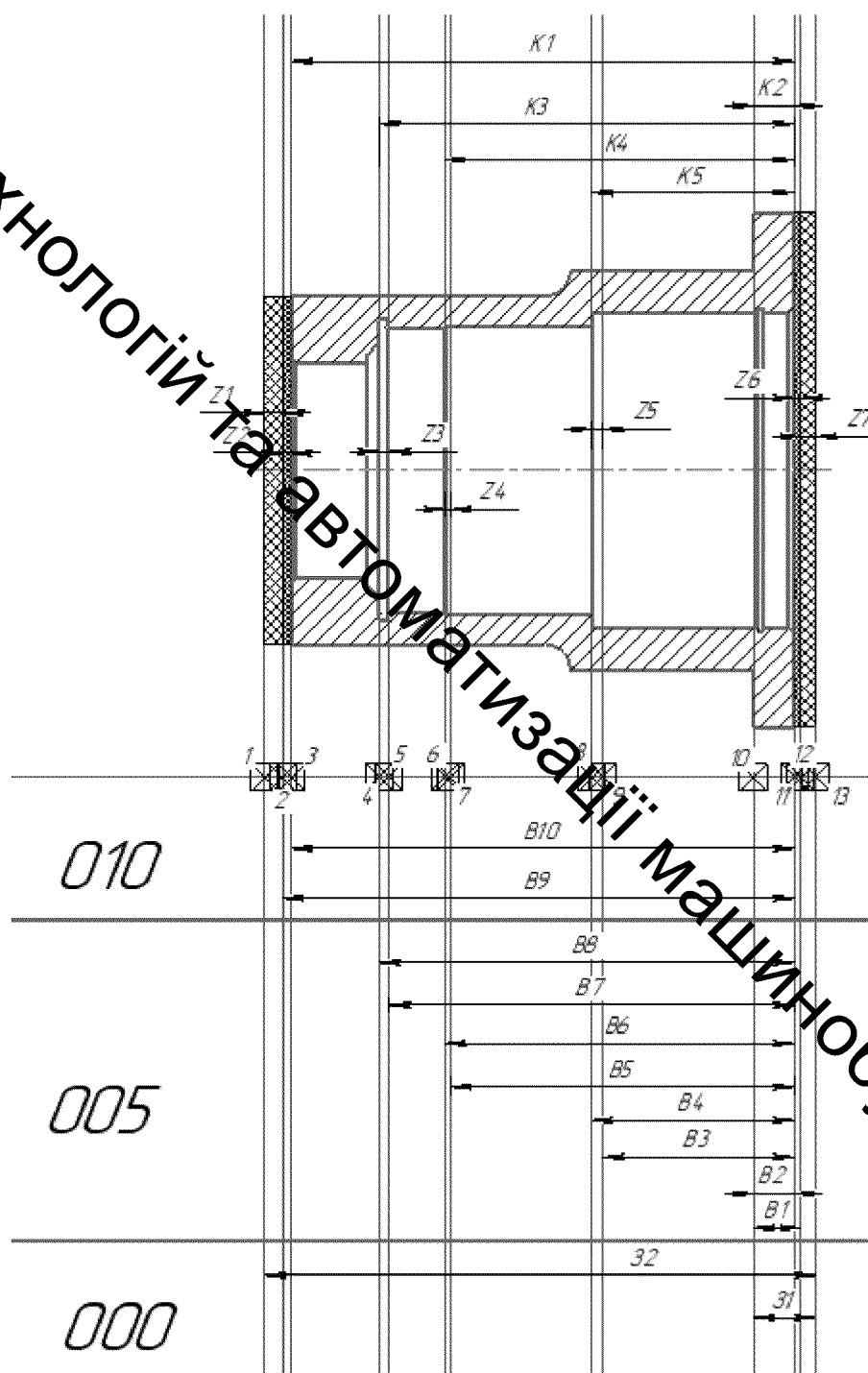


Рисунок 4.1 – Розмірна схема технологічного процесу

4.5 Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф.

Похідний граф розміщений на рисунку 4.2, вихідний граф розміщений на рисунку 4.3, суміщений граф розміщений на рисунку 4.4.

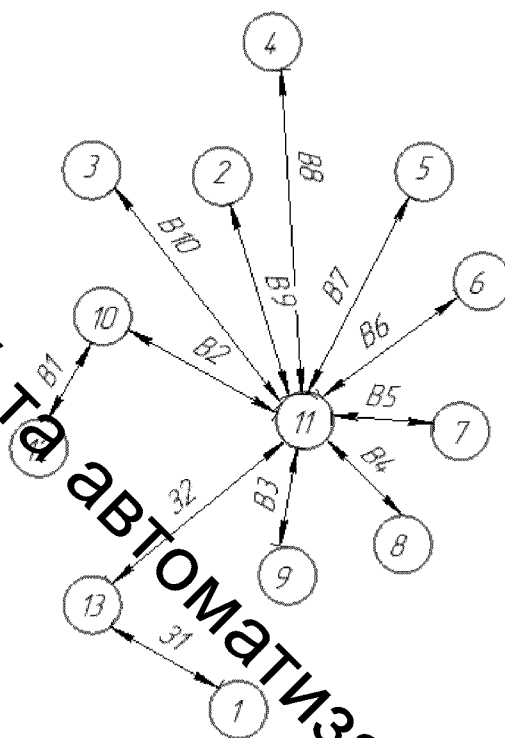


Рисунок 4.2 – Похідний граф.

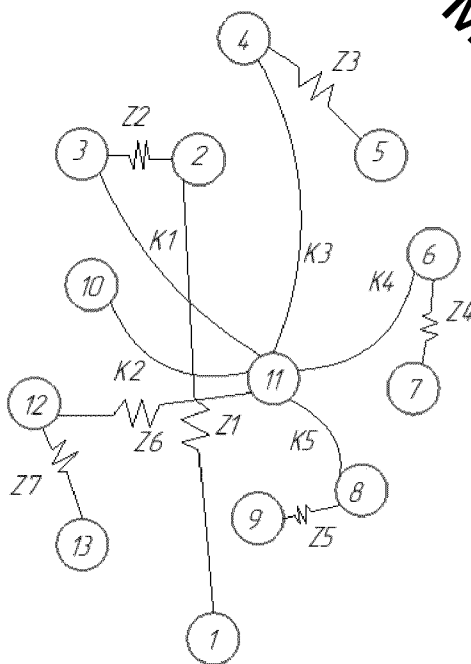


Рисунок 4.3 – Вихідний граф.

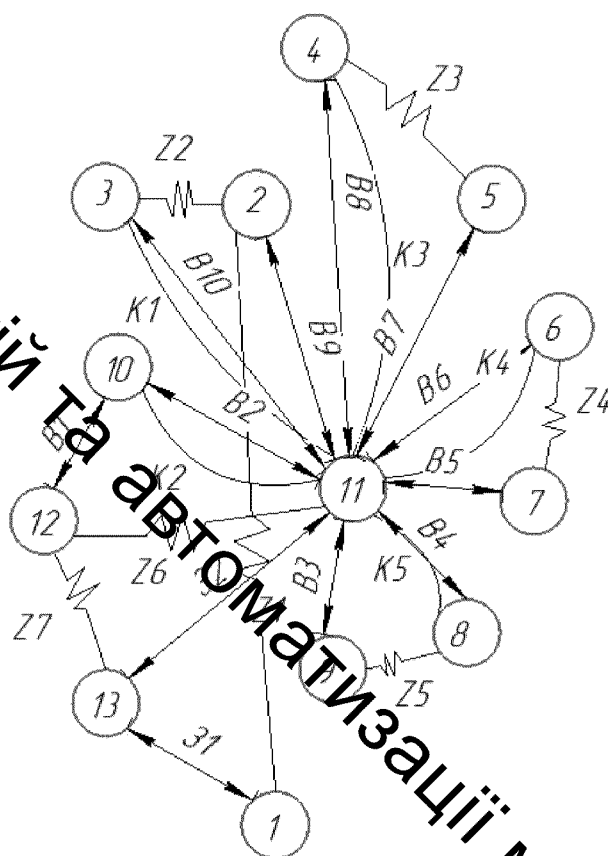


Рисунок 4.4 – Суміщений граф

4.6 Таблица рівнянь технологічних розмірів ланцюгів.

№ п.п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K1+B10=0$	$K1=B10$	B10
2	$-K2+B2=0$	$K2=B2$	B2
3	$-K3+B8=0$	$K3=B8$	B8
4	$-K4+B6=0$	$K4=B6$	B6
5	$-K5+B4=0$	$K5=B4$	B4
6	$-Z6-B2+B1=0$	$B2+Z6=B1$	B1
7	$-Z5+B4-B3=0$	$B4-Z5=B3$	B3
8	$-Z4+B6-B5=0$	$B6-Z4=B5$	B5
9	$-Z3+B8-B7=0$	$B8-Z3=B7$	B7
10	$-Z2-B10+B9=0$	$B10+Z2=B9$	B9

11	$-Z7-B1+31=0$	$Z7+B1=31$	31
	$-Z1-Z6-Z7-B9+32=0$	$Z1+Z6+Z7+B9=32$	32

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

$$K1=B10 \Rightarrow B10=145 \text{ мм}$$

$$K2=B2 \Rightarrow B2=14 \text{ мм}$$

$$K3=B8 \Rightarrow B8=119 \text{ мм}$$

$$K4=B6 \Rightarrow B6=100 \text{ мм}$$

$$K5=B4 \Rightarrow B4=50 \text{ мм}$$

$$B2+Z6=B1 \Rightarrow B1=14+0.2=14.2 \text{ мм}$$

$$B4-Z5=B3 \Rightarrow B3=50-0.2=49.8 \text{ мм}$$

$$B6-Z4=B5 \Rightarrow B5=100-0.2=99.8 \text{ мм}$$

$$B8-Z3=B7 \Rightarrow B7=119-0.2=118.8 \text{ мм}$$

$$B10+Z2=B9 \Rightarrow B9=145+0.3=145.3 \text{ мм}$$

$$Z7+B1=31 \Rightarrow 31=0.6+14.2=14.8 \text{ мм}$$

$$Z1+Z6+Z7+B9=32 \Rightarrow 32=0.8+0.2+0.6+145.3=146.9 \text{ мм}$$

Таблиця 4.7 – Результат розрахунків розмірів.

Розмір	Довжина, мм	Розмір	Довжина, мм	Розмір	Довжина, мм
B1	14.2	B5	99.8	B9	145.3
B2	14	B6	100	B10	145
B3	49.8	B7	118.8	31	14.8
B4	50	B8	119	32	146.9

5 ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗМІРІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

5.1. Визначення розрахунково-аналітичним методом мінімальних проміжних припусків на механічну обробку циліндричної поверхні Ø90H7, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій, враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 150 та 250 мкм відповідно. При попередньому розточуванні приймаємо $RZ = T = 50$ мкм, а на наступному переході відповідно 20 та 20 мкм відповідно, при тонкому розточуванні – $RZ = 10$ мкм, $T = 20$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2},$$

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

Для даної деталі відповідно:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} d)^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2},$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0.7 * 90)^2 + (0.7 * 58)^2} = 74.95 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{зм}} = 0.12 \text{ мм}$$

$$\rho = \sqrt{74.95^2 + 120^2} = 141.48 \text{ мкм}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 141,48 = 8,49 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 8,49 = 0,42 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення, що при установці в самоцентруючому трьохкулачковому патроні складає 110 мкм.

Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 110 \text{ (мкм)}.$$

При повторному попередньому розточуванні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складається:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 110 \cdot 0,05 = 5,5 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий припуск

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

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}).$$

Мінімальний припуск під точіння:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \left(150 + 200 + \sqrt{141.48^2 + 110^2} \right) = 2 \cdot 529 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{8.49^2 + 5.5^2} \right) = 2 \cdot 110 \text{ (мкм)}.$$

остаточне розточування:

$$2Z_{3\min} = 2(50 + 50) = 2 \cdot 100 \text{ (мкм)}.$$

тонке розточування:

$$2Z_{4\min} = 2(20 + 25) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}.$$

При тонкому розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 90,035 \text{ (мм)}$$

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

Таким чином отримуємо:

для тонкого розточування:

$$d_1 = 90,035 - 2 \cdot 0,045 = 89,945 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 89,945 - 2 \cdot 0,100 = 89,745 (\text{мм});$$

для попереднього розточування:

$$d_3 = 89,745 - 2 \cdot 0,110 = 89,525 (\text{мм});$$

для заготовки:

$$d_4 = 89,525 - 2 \cdot 0,529 = 88,467 (\text{мм}).$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки, занесено до таблиці. Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу. Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів. Тобто:

$$88,5 - 1,0 = 87,5 (\text{мм});$$

$$89,52 - 0,25 = 89,27 (\text{мм});$$

$$89,74 - 0,1 = 89,64 (\text{мм});$$

$$89,945 - 0,049 = 89,896 (\text{мм});$$

$$90,035 - 0,035 = 90 (\text{мм}).$$

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

для тонкого розточування:

$$2Z_{\min 4} = 90,035 - 89,945 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4} = 90 - 89,896 = 0,104 \text{ мм} = 104 \text{ (мкм)};$$

для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3} = 89,945 - 89,74 = 0,195 \text{ мм} = 195 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 89,896 - 89,64 = 0,256 \text{ мм} = 256 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 89,74 - 89,52 = 0,22 \text{ мм} = 220 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 89,64 - 89,27 = 0,37 \text{ мм} = 370 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 89,52 - 88,5 = 1,02 \text{ мм} = 1020 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 89,27 - 87,5 = 1,77 \text{ мм} = 1770 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 5.1 Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 1020 + 220 + 195 + 90 = 1525 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 1770 + 370 + 256 + 104 = 2500 \text{ (мкм)}.$$

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм	Розрахунковий	Розрахунковий роз-	Допуск мкм	Граничний розмір, мм	Граничні значення припусків
-----------------------	------------------------	---------------	--------------------	------------	----------------------	-----------------------------

обробки поверхні Ø90	R _z	T	ρ	ε	припуск, Мкм 2Z _{min}	змір, мм d _p	δ	d _{min}	d _{max}	2 Z _{min}	2 Z _{max}
Заготов- ка	15	2	1			88.467	1.0	87.5	88.5		
Розточув. Попере- дне	50	5	8.	1	2*50	88.525	0.25	88.2	88.5	1.02	1.77
Розточув. Попере- дне	50	5	-	5	2*110	89.45	0.1	89.6	89.7	0.22	0.37
Розточув. Остаточ- не	20	2	-		2*100	89.945	0.049	89.8	89.9	0.19	0.25
Тонке Розточув.	10	2	-		2*45	90.035	0.035	90	90.0	0.09	0,10
В підсу- мку										1.52	2

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 0,104 - 0,09 = 0,014 \text{ (мм);}$$

$$\delta_5 - \delta_4 = 0,049 - 0,035 = 0,014 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,256 - 0,195 = 0,061 \text{ (мм);}$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,1 - 0,039 = 0,061 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,37 - 0,22 = 0,15 \text{ (мм);}$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,35 - 0,1 = 0,263 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 1,77 - 1,02 = 0,75 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 1,0 - 0,35 = 0,75 \text{ (мм)}.$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь, розрахунок технологічних розмірів, максимальних припусків і розмірів вихідної заготовки.

1. Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь
- Припуск — це шар матеріалу, який необхідно зняти з заготовки під час механічної обробки, щоб досягти необхідної точності та шорсткості поверхні.
 - Мінімальний припуск — це найменший шар матеріалу, що забезпечує досягнення заданих характеристик обробленої деталі, враховуючи похибки обладнання, інструменту та умов обробки.
 - Визначення проміжних припусків виконується на основі нормативів, які залежать від:
 - типу матеріалу заготовки (сталь, чавун, алюміній тощо);
 - способу попередньої обробки (лиття, кування, штампування тощо);
 - типу механічної обробки (токарна, фрезерна, шліфувальна);
 - вимог до точності та шорсткості кінцевої поверхні.

- Дані беруться з довідників або стандартів (наприклад, ГОСТ 26645-85 або подібних).

2. Розрахунок технологічних розмірів

- Технологічні розміри — це розміри заготовки чи її елементів на кожному етапі обробки.
- Вони визначаються на основі:
 - номінальних розмірів кінцевої деталі;
 - припусків на обробку;
 - допусків на розміри на кожному етапі.
- Алгоритм розрахунку:
 1. Почати з кінцевого розміру обробленої деталі.
 2. Додати мінімальні припуски для кожного етапу обробки, рухаючись від останнього до першого (у зворотному порядку процесу).
 3. Урахувати допуски на обробку на кожному етапі.

3. Розрахунок максимальних припусків

- Максимальний припуск — це верхня межа товщини шару матеріалу, який може бути знятий на певному етапі обробки.
- Він враховує:
 - похибки початкової форми та розмірів заготовки;
 - можливі зміни розмірів через термічну обробку або інші фактори;
 - відхилення обладнання та інструменту.

- Для розрахунку максимальних припусків додаються всі можливі відхилення до мінімального припуску, враховуючи стандартні допуски.

Ф. Розрахунок розмірів вихідної заготовки

- Визначається, виходячи з максимальних припусків і технологічних розмірів.
- Алгоритм:
 1. До технологічного розміру першого етапу обробки додати максимальний припуск.
 2. Урахувати можливі зміни розмірів, пов'язані з методами виготовлення заготовки (наприклад, усадка під час лиття).
- Результат — це розміри заготовки, які забезпечують достатній матеріал для виконання всіх етапів механічної обробки.

6. ВИЗНАЧЕННЯ ЗА НОРМАТИВАМИ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ОБРОБКУ КОНСТРУКТОРСЬКИХ БАЗ І КРІПІЛЬНИХ ОТВОРІВ. ОПТИМІЗАЦІЯ НА ЕОМ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ОБРОБКУ ЧИСТОВИМ РОЗТОЧУВАННЯМ

Визначення режимів різання здійснюємо, використовуючи [6]. При цьому відзначаємо, що конструкторськими та кріпильними поверхнями вважатимемо такі, на які необхідно визначати режими різання: $\varnothing 90H7$, $\varnothing 60H9$. На прикладі покажемо вибір режимів різання для поверхні $\varnothing 90H7$, для всіх інших поверхонь вибрані значення зведемо в таблицю 6.1.

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння зовнішньої поверхні та свердління отворів.

Операція 005. Токарно-револьверна з ЧПК

Модель верстата – 1П420ПФ30

Ескіз механічної обробки див. табл. 3.2

Перехід 5. Точити поверхню 2 остаточно.

Ріжучий інструмент: Різець прохідний Т15К6; переріз державки 16×25 мм. $\gamma=120$; $\lambda=6$; $\phi=45^\circ$; $r=1$ мм.

1. Глибину різання визначаємо, виходячи із заданих розмірів.

$$t=(D-d)/2=(90 - 89.896)/2=0,052 \text{ мм.}$$

2. Подачу визначаємо за нормативами. Для різців Т15К6 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [8]. Керуючись по паспорту верстата приймаємо $S=0,3$ мм/об. Допустиме зусилля супорта $P_{\text{доп}}=600 \text{ Кґс}$;

Зусилля різання при заданих режимах різання $P_x=135...240 \text{ Кґс}$;
 $P_x < P_{\text{доп}}$.

3. Назначаємо період стійкості різців. Для багато інструментальної наладки приймаємо $T=90$ хв. Допустиме зношення $h_3=0,9-1,5$ мм;

4. Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}}=84$ м/хв.[8]. Матеріал без корки $K_{nv}=1$; матеріал різців Т15К6, $K_{uv}=1$;

5. Частота обертання шпинделя складає

$$n=1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 71,4 / 3,14 \cdot 89,896 = 252,94 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n=255$ об/хв. Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 89,896 \cdot 255 / 1000 = 71,98 \text{ м/хв.}$$

6. Потужність різання при заданій точності складає $N_{\text{таб}}=1,3$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_B = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,4 \text{ кВт}; N_{\text{різ}} < N_B.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = \xi_{p.x} \cdot i / n \cdot s = 5,5 \cdot 1 / 255 \cdot 0,3 = 0,071 \text{ хв.}$$

де $\xi_{p.x} = l_g + y + \Delta = 2,5 + 3 + 0 = 5,5$ мм.

Всі отримані дані зводимо до таблиці 6.1, де розміщуємо величини режимів різання і на інші конструкторські бази й кріпильні поверхні, що вибираємо аналогічним способом.

Оптимізація на ЕОМ режимів різання на поверхні чвого точіння Ø60H9 мм здійснюємо за допомогою ПЕОМ. Результат розрахунків показано на рис 6.1.

Таблиця 6.1 – Режими різання

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
Операція 005					
2	Проточити торець 1, та поверхні 2, 3, 4, 6 попередньо.	1,2	0,35	630	25,61
3	Проточити поверхні 2, 4, 6 попередньо, поверхню 3 та торець 1 остаточно	0,8	0,09	1250	16,51
4	Проточити поверхні 2, 6 та 4 попередньо	0,4	0,2	800	26,53
5	Проточити поверхні 2, 6 та 4 остаточно, зняти заокруглення на поверхні 4	0,2	0,2	1200	21,3
6	Зняти фаску на поверхні 2 та 3.	1,5	0,09	1250	28,27
7	Виточити канавку 5	1,2	0,2	630	18,4
Операція 010					
2	Фрезерувати поверхню 3 попередньо	1,2	0,25	400	7,29
3	Фрезерувати поверхню 3 остаточно	0,6	0,2	650	9,74
4	Зенкувати фаску на поверхні 3	1,5	0,2	400	24,6
5	Центрувати отвори 1 та 2	2	0,2	400	42,16
6	Свердлити отвори 1 та 2	14	0,25	400	53,9
7	Проточити фаску на отворах 2	1,5	0,2	400	24,6
8	Нарізати різьбу на отворах 2	7	0,2	400	17,3

Операція 015					
	Центрувати отвір 1	2	0.2	400	42.16
3	Свердлити отвір 1	14	0.25	400	53.9
4	Зенкувати фаску на отворі 1	1.5	0.2	400	24.6
5	Нарізати різьбу на отворі 1	4	0.2	400	11.5

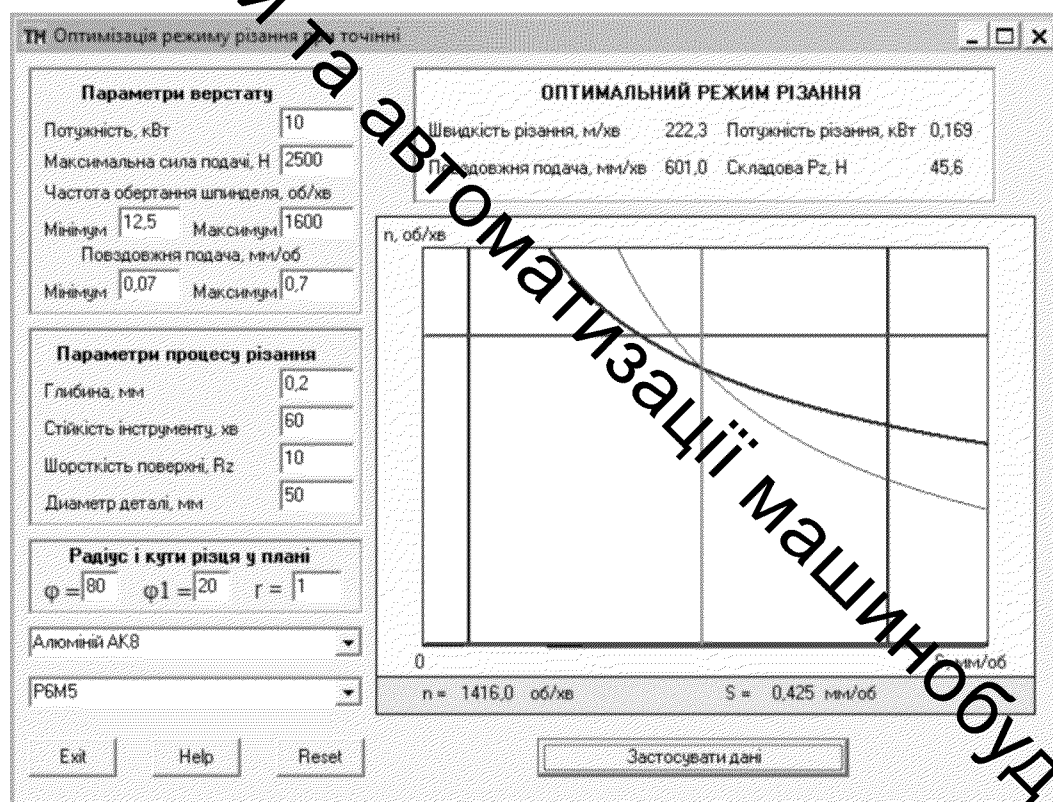


Рисунок 6.1 – Результат вибору оптимальних режимів різання для чистого розточування поверхні Ø60H9

7. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ (ЗА ЕМПІРИЧНИМИ ФОРМУЛАМИ)

Визначення технічних норм часу на операції. Для операції 015 детальне визначення норми часу. Для решти операцій норми часу і їх складові зведені у підсумковій таблиці.

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва визначається як норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт-к} = T_{п-з} + T_{шт}$$

де $T_{п-з}$ - підготовчо-заклучний час, що для операції 015 в умовах середньосерійного типу виробництва за [3] рівний сумі часу на налагодження верстату та на додаткові прийоми: $T_{п-з} = 14 + 2 + 2 + 3 + 3 = 18$ хв; n - кількість деталей в настоюваній партії, що рівне визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi},$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 10000$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 1$ день;

Φ – кількість робочих днів в року, $\Phi = 252$ дні;

Тоді $(10000 \cdot 1) / 252 = 39.68 = 40$ деталей;

$T_{шт}$ - норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от}$$

де T_0 - основний час, що рівний для операції 015 за формулами з [3]:

$$T_0 \cdot 10^{-3} = 0,3 \cdot d \cdot l + 0,52 \cdot d \cdot l + 0,52 \cdot d \cdot l + 0,4 \cdot d \cdot l = \\ = 0,3 \cdot 18 \cdot 39 + 0,52 \cdot 2 \cdot 2 + 0,52 \cdot 12 \cdot 18 + 0,4 \cdot 14 \cdot 18 = 0,426 \text{ хв.};$$

T_b - допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_e = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{из},$$

де $T_{y.c}$ - час на установку і зняття деталі, що рівний 0,25 хв.;

$T_{z.o}$ - час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} - час на прийоми управління, що рівний 0,4 хв.;

$T_{из}$ - час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

Тоді $= 0,25 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 0,95 T_b$ хв.;

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (0,426 + 0,95) = 0,096 \text{ хв.};$$

$T_{от}$ - час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{от} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (0,426 + 0,95) = 0,069 \text{ хв.};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 0,426 + 0,95 + 0,096 + 0,069 = 1,541 \text{ хв.};$$

Штучно-калькуляційний час матиме значення:

$$T_{шт-к}=(18/40)+1.541=1.991 \text{ хв.}$$

Аналогічним способом визначаємо норми часу на інші поверхні деталі та отриманий результат заносимо до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Звідна таблиця технічних норм часу по операціям

Номер і найменування операції	T_0 , хв	T_s , хв			$T_{об}$, хв	$T_{от}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{п-з}$, хв	n	$T_{шт-к}$, хв
		$T_{у.с}+T_{з.о}$	$T_{уп}$	$T_{из}$						
Токарно-револьверна з ЧПК 005	4.067	0.6	0.4	0.1	0.352	0.251	5.62	18	40	6.07
Вертикально-свердлильна з ЧПК 010	2.147	0.45	0.4	0.1	0.251	0.173	3.531	18	40	3.981
Вертикально-свердлильна з ЧПК 015	0.426	0.45	0.4	0.1	0.096	0.069	1.541	18	40	1.991

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг}=6.07+3.981+1.991=12.042 \text{ хв.}$$

8 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Кількість верстатів при непотоковій формі організації роботи:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_d \cdot m}$$

F_d - річний дійсний фонд часу роботи верстата, год [7].

$m = 1$ – кількість робочих змін;

$N = 10000$ – річна програма випуску деталей.

$$C_{p005} = (10000 \cdot 6.07) / (60 \cdot 3890 \cdot 1) = 0.26, \quad C_{\text{пр}} = 1$$

$$C_{p010} = (10000 \cdot 3.981) / (60 \cdot 3890 \cdot 1) = 0.171, \quad C_{\text{пр}} = 2$$

$$C_{p015} = (10000 \cdot 1.991) / (60 \cdot 3890 \cdot 1) = 0.085, \quad C_{\text{пр}} = 2$$

Усі верстати потрібно завантажити деталями з інших цільниць.

Побудова графіків завантаження обладнання.

Коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}},$$

$$\eta_{z005} = 0.26 / 1 = 0.26$$

$$\eta_{z010} = 0.171 / 2 = 0.0855$$

$$\eta_{z015} = 0.085 / 2 = 0.0425$$

Коефіцієнт використання за основним часом:

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{шт.к}}},$$

$$\eta_{\text{осн}005}=4.067/6.07=0.67$$

$$\eta_{\text{осн}010}=2.147/3.981=0.539$$

$$\eta_{\text{осн}015}=0.426/1.991=0.213$$

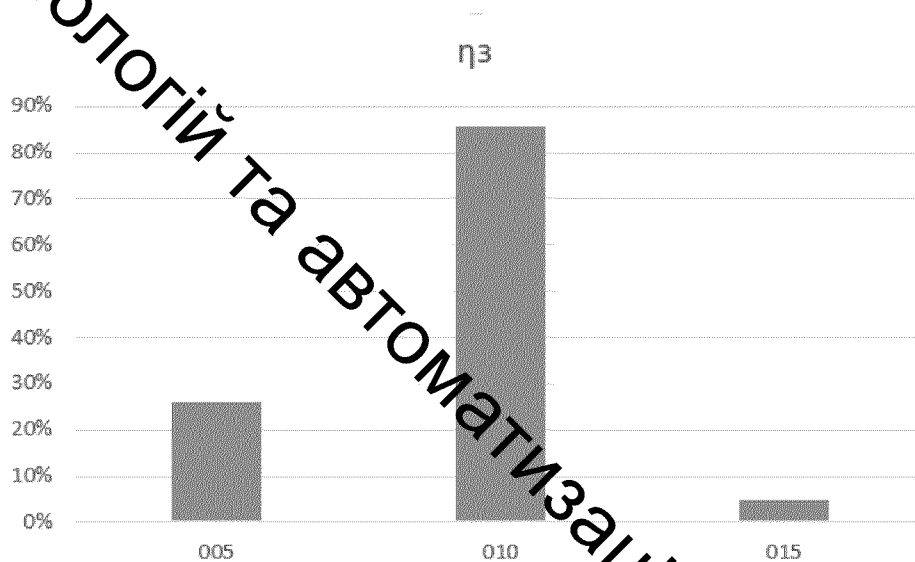


Рисунок 8.1 – Графік завантаження обладнання

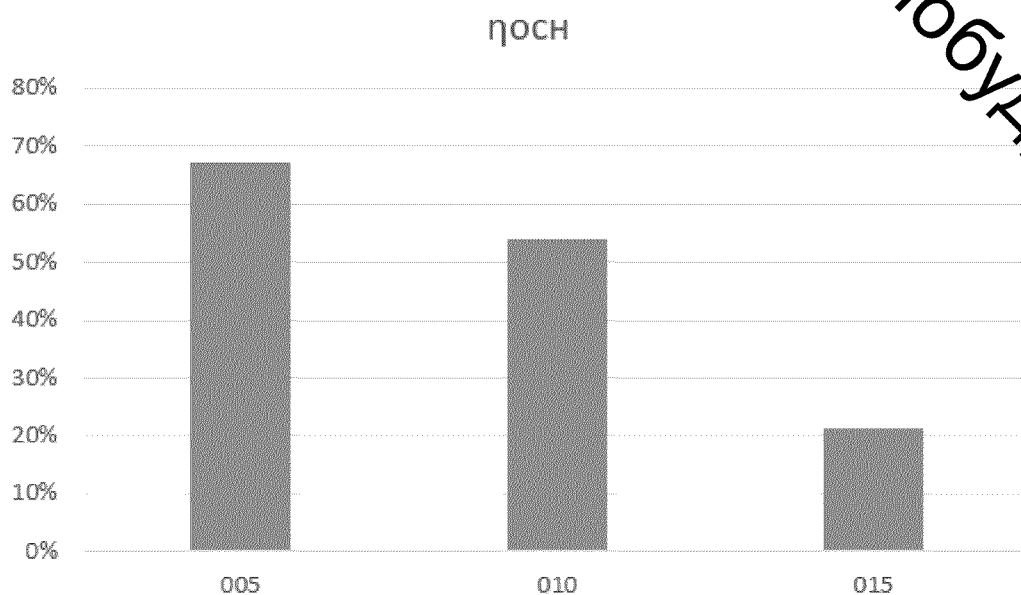


Рисунок 8.2 – Графік завантаження обладнання за основним часом

Для середньосерійного виробництва коефіцієнт завантаження обладнання $0,7 \dots 0,8$ $\eta_{з.ср} = [*]$. В даному випадку $\eta_{з.ср} = 0,37$, тому необхідно планувати обробку інших деталей на верстатах дільниці з метою їх повного завантаження. Коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом $\eta_{осн.ср} = 0,47$ свідчить про суттєві втрати часу на допоміжні роботи: встановлення і зняття заготовок, налагодження і зміну інструмента та ін.

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

важливим компонентом підготовки майбутніх спеціалістів з вищою освітою є виконання випускних робіт, в процесі чого закріплюються, поглиблюються та узагальнюються знання, одержані протягом часу навчання. Застосовуючи ці знання до вирішення конкретного фахової задачі, студент набуває практичних навичок та досвіду самостійного вирішення інженерних завдань, уміння застосовувати в роботі сучасні досягнення техніки і науки.

У даному розділі з використанням нормативної літератури проводиться аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні; заповнюється карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих чинників, оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); вказуються заходи стосовно поліпшення умов праці, а також розглядаються норми пожежної безпеки.

9.1 Причини виникнення, дія на організм людини та нормування небезпечних та шкідливих виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які класифікуються за [1].

Дане приміщення характеризується небезпечними та шкідливими виробничими факторами фізичної, хімічної, біологічної та психофізіологічної груп [1, 2], які розподіляються так:

1) Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: високий рівень інфразвуку, шуму, ультразвуку та вібрації; високий рівень електромагніт-

них випромінювань; понижена або підвищена температура, вологість і швидкість руху повітря робочої зони; підвищена інтенсивність теплового випромінювання; відсутність або недостатність природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони.

2) Хімічні небезпечні і шкідливі фактори – шкідливі хімічні речовини.

3) Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори – відсутні.

4) Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні перевантаження – відсутні.

б) нервово-психічні перевантаження: перенапруження аналізаторів; монотонність праці.

Вкажемо імовірні підстави виникнення цих чинників і стисло опишемо їхню дію на організм працівника, оформивши їх в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 – Причини виникнення НШВФ та їхня дія на організм людини

НШВФ	Причини виникнення	Дія на організм людини
Високий рівень шуму і вібрації	робота таких елементів комп'ютерів, як жорсткий диск, вентилятори блоку живлення, охолодження мікропроцесора, швидкісні пристрої для зчитування та запису інформації з оптичних носіїв, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера	психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність і створюють передумови для загальних та професійних захворювань і виробничого травматизму
Високий рівень інфразвуку	вентилятори та інші рухомі елементи обладнання з	може викликати нездужання типу морської хвороби,

	частотою рухів менше 20 Гц або 1200 об/хв	нервову втому
Високий рівень ультразвуку	обладнанням, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічних операцій, а також обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як побічний фактор	функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміну тиску, складу і властивостей крові, втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність
Високий рівень електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону	вимірювальні та контролюючі пристрої, дослідницькі установки, також ЕОМ	може спровокувати при постійному впливові стійкі функціональні зміни у центральній нервовій та серцево-судинній системах, а при тривалому впливі – підвищену стомлюваність, дратівливість, головний біль та інше
Високий рівень електромагнітних випромінювань промислової частоти	струмоведучі частини працюючих електроустановок	може спровокувати злоякісні пухлини. Найбільш сильна дія цих полів виявляється на відстані до 30 см від екрана. Не меншої інтенсивності досягають ці поля із задньої сторони дисплея (джерело рядковий трансформатор) – їхній шкідливий вплив поширюється на відстань до

		0,7-1 м
Понижена або підвищена температура повітря робочої зони	спричиняється різкою зміною температури повітря навколишнього середовища, наявністю або відсутністю опалення робочого приміщення тощо.	перегрів або переохолодження організму працівника
Понижена або підвищена відносна вологість повітря робочої зони	при роботі ПК утворене тепле повітря видують назовні із системного блоку спеціальні вентилятори, що приводить до зниження вологості повітря	зменшення або збільшення тепловіддачі організмом працівника, що сприяє його перегріванню або переохолодженню
Понижена або підвищена швидкість руху повітря робочої зони	нерациональні параметри системи вентиляції або її відсутність	порушення реакції терморегуляції організму працівника
Підвищена інтенсивність теплового випромінювання	тепло, яке надходить до приміщення від системи опалювання, в результаті сонячної радіації та від інших джерел	підвищення температури повітря в приміщенні вище допустимих меж
Відсутність або недостатність природного освітлення	наявність конфронтуючих будинків та споруд	ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворюванню органів зору працюючого

Недостатня освітленість робочих зон	відсутність або недостатність природного освітлення, мала потужність світильників та ламп штучного освітлення тощо	низька продуктивність праці, оскільки очі працівника перенапружуються, при цьому стає складно відрізнити оброблювані предмети
Шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони	імовірним джерелом оксидів азоту на робочому місці є вихлопи автомобільного транспорту, які можуть потрапити в приміщення через відкриті квартирки, вікна тощо.	оксиди азоту викликають подразливу дію на органи дихання, спричиняючи кашель, блювоту, іноді біль в голови
Перенапруження аналізаторів	інтенсивна робота за ЕОМ	різка втома очей працюючого, а часом погіршення зору
Монотонність праці	розвиток напівавтоматичного виробництва і автоматизованих систем керування, оскільки основними функціями працівника за таких умов стають нескладні, одноманітні рухи, які повторюються тисячі разів за зміну, або функції спостереження, керування і	призводить до швидкого розвитку втоми в зв'язку з локалізацією м'язових нервових навантажень, незадоволення роботою і зниження творчої активності працівника

	контролю за роботою системи	
--	-----------------------------	--

Обґрунтуємо вибір нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Згідно [3] для такої шкідливої речовини, як оксид азоту, встановлюємо, що вона відноситься до 2-го класу небезпеки, а її ГДК = 5 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – локальна, встановлюємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 76 дБ [4].

Після врахування призначення приміщення – виготовлення і вид шуму – постійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 80 дБА [5].

Згідно рекомендацій [9] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

При частоті електричного поля радіочастотного діапазону 275,327 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня становить 10 В/м згідно з [6].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня становить 5 кВ/м [6].

За величиною енерговитрат 234 Вт згідно з [7] встановлюємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Пб, для якої в холодний період року для постійних робочих місць допустима температура повітря становить 15...21 °С, допустима швидкість руху повітря 0,4 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 75 %. Інтенсивність теплового випромінювання допускається не більше ніж 140 Вт/м².

За найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,58 мм, вибираємо розряд зорових робіт – 4, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,5 % [8].

Оскільки приміщення знаходиться в м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові проєкти розташовані за азимутом 126° , то для таких умов нормоване КПО визначатиметься за формулою [8]:

$$e_N = e_n m_N [\%]; \quad (9.1)$$

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%),$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За співвідношенням контрасту (великий) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – IV в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 200 лк.

9.2 Карта умов праці

Карта умов праці потрібна з метою проведення атестації робочого місця за умовами праці. Атестацію робочих місць проводять за наслідками комплексного обстеження і оцінки характеру та умов праці.

9.2.1 Оцінка чинників трудового та виробничого процесів

Оцінку стану робочого місця за умовами праці виконують з урахуванням впливу на працюючих усього комплексу чинників виробничого середовища і трудового процесу, передбачених Гігієнічною класифікацією праці [9].

В таблиці 9.2 наведено оцінку факторів трудового та виробничого процесів.

Таблиця 9.2 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступені 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		ни-жнє	вер-хнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпеки		—	—			
	2-й клас небезпеки		5	13,5	+		
	3-й, 4-й класи небезпеки		—	—			
2	Вібрація		76	19			
3	Шум		80	55			
4	Інфразвук		110	77			
5	Ультразвук		110	91			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон		10	23	+		
	- діапазон промислової частоти		5	6,1	+		
	- оптичний діапазон		0	0			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря, °С	15	21	14	+		
	- швидкість руху повітря, м/с		0,4	1,1	+		
	- відносна вологість повітря, %		75	44			
	- інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	2566		+	
8	Виробниче освітлення:						
	- розряд зорових робіт	4		4			
	- КПО для природного освітлення, %	1,28		2,1			
	- освітленість для штучного освітлення, лк	200		669			
	Кількість факторів	—	—	—	5	1	0

9.2.2 Гігієнічна оцінка умов праці

Підвищена концентрація шкідливої хімічної речовини 2-го класу безпеки – 1 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону – 1 ст. Підвищений рівень неіонізуючих випромінювань промислової частоти – 1 ст. Знижена температура в холодний період року – 1 ст. Підвищена швидкість руху повітря в холодний період року – 1 ст. Підвищена інтенсивність теплового випромінювання – 2 ст.

9.2.3 Оцінка технічного й організаційного рівня

Технічний рівень робочого місця не відповідає нормативним вимогам.

9.2.4 Атестація робочого місця

Робоче місце атестовано за другим ступенем шкідливості.

9.2.5 Рекомендації щодо покращення умов праці

З метою забезпечення чистоти повітря робочої зони потрібно доповнити природну вентиляцію механічною.

Для забезпечення допустимих параметрів неіонізуючих випромінювань радіочастотного діапазону в приміщенні потрібно екранувати джерела випромінювання.

З метою забезпечення нормованих параметрів неіонізуючих випромінювань промислової частоти в приміщенні необхідно застосувати захист відстанню.

З метою забезпечення допустимих параметрів температури повітря в приміщенні доцільно застосувати нагрівальні прилади.

З метою забезпечення допустимих параметрів інтенсивності теплового випромінювання в приміщенні доцільно застосувати механічну загальнообмінну вентиляцію.

9.3 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці X.3. В таблиці X.4 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 9.3 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [10]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
1	REI 150 M0	REI 75 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь; M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Таблиця 9.4 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [11]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для кількості поверхів		
		до 1	2-3	4		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	1	40	25	15	9	9	12	6	н.о.	н.о.	н.о.

Примітки: н.о. – не обмежується.

ВИСНОВОК

У цій роботі повністю враховано сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Використовуючи їх, а також задані початкові параметри, було розроблено технологічний маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус підшипників» для умов середньосерійного виробництва. У процесі виконання роботи вирішено такі завдання: розроблено маршрут механічної обробки деталі, що базується на новітніх досягненнях технології машинобудування; технічно обґрунтовано вибір обладнання та оснащення; проведено розмірний аналіз для оптимізації технологічного маршруту; розраховано та призначено припуски на заготовку й режими різання. Усі проектні роботи виконано із застосуванням САПР технологічних процесів і комп'ютерної графіки.

Результатом виконання БДР став повний розрахунок, необхідний для виготовлення зазначеної деталі. Отримані дані можуть бути використані у виробництві для підвищення ефективності діяльності машинобудівних підприємств.

Також розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці; рекомендації стосовно покращення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування :навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
3. Дерібо О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с. Електронний ресурс:
https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?name=5927.pdf&card_id=1949&id=59
4. Мельничук П. П. Технологія машинобудування: підручник / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с.
5. Якимов О. В., Гусарев В. С., Якимов О. О., Лінчевський П. А. Технологія автоматизованого машинобудування. – К. 1994. – 400 с.
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
7. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин / Ж. П. Дусанюк, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 90 с.
9. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / [Ж. П.Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
11. Куценко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. / Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
12. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
13. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні/ Ж.П. Дусанюк, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський, О. В. Сердюк. — Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.
14. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. І. Боровик. — К. : Кондор. 2008. — 728 с.
15. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси и припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981 : 2020. — 53 с.
16. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни і визначення.
17. Віштак І. В. Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту : навчальний посібник / І. В. Віштак, О. В. Березюк. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 195 с.
18. МОЗ України. Наказ № 1596 від 14.07.2020 "Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони". — 81 с.
19. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
20. ДСН 3.3.6-037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
21. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

22.ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

23.ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

24.Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Атестація робочих місць за умовами праці" з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей / Уклад. О.В. Березюк, М.С. Лемешев. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 21 с.

25.ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

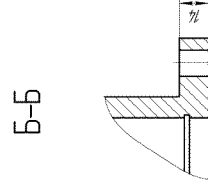
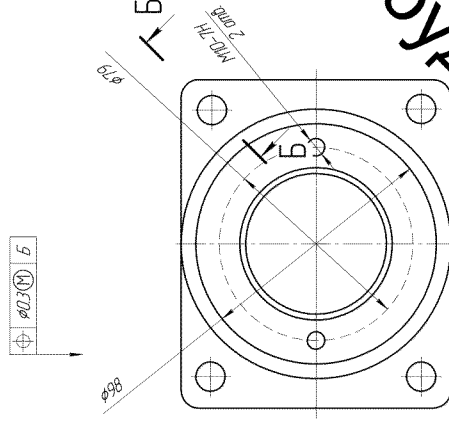
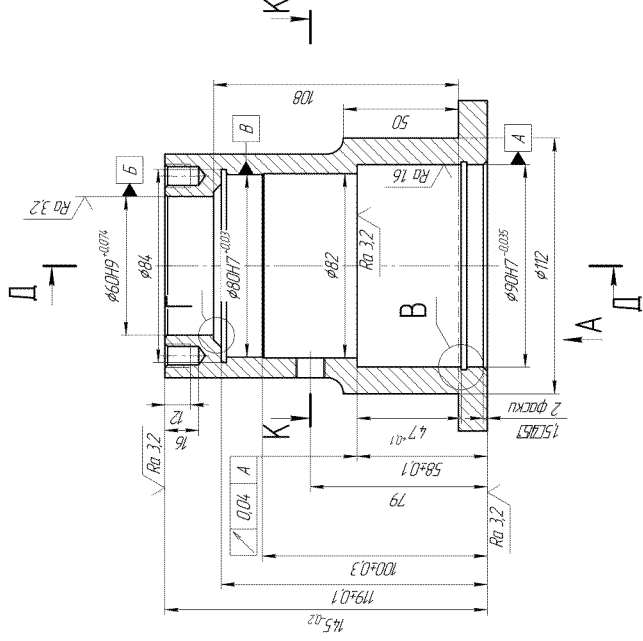
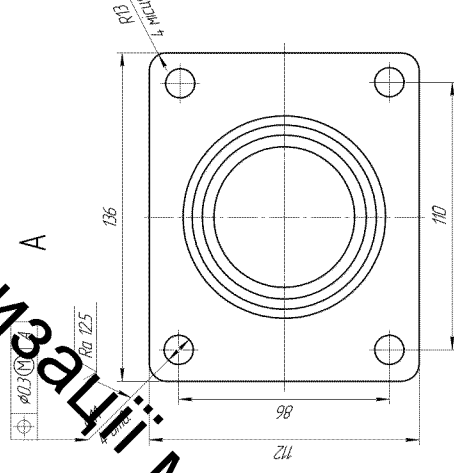
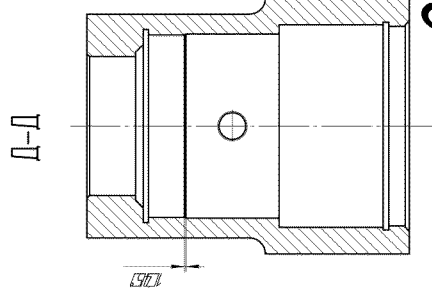
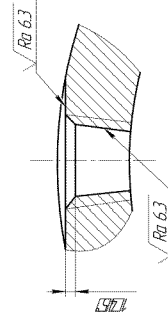
26.СНиП 2.09.02-85. Протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

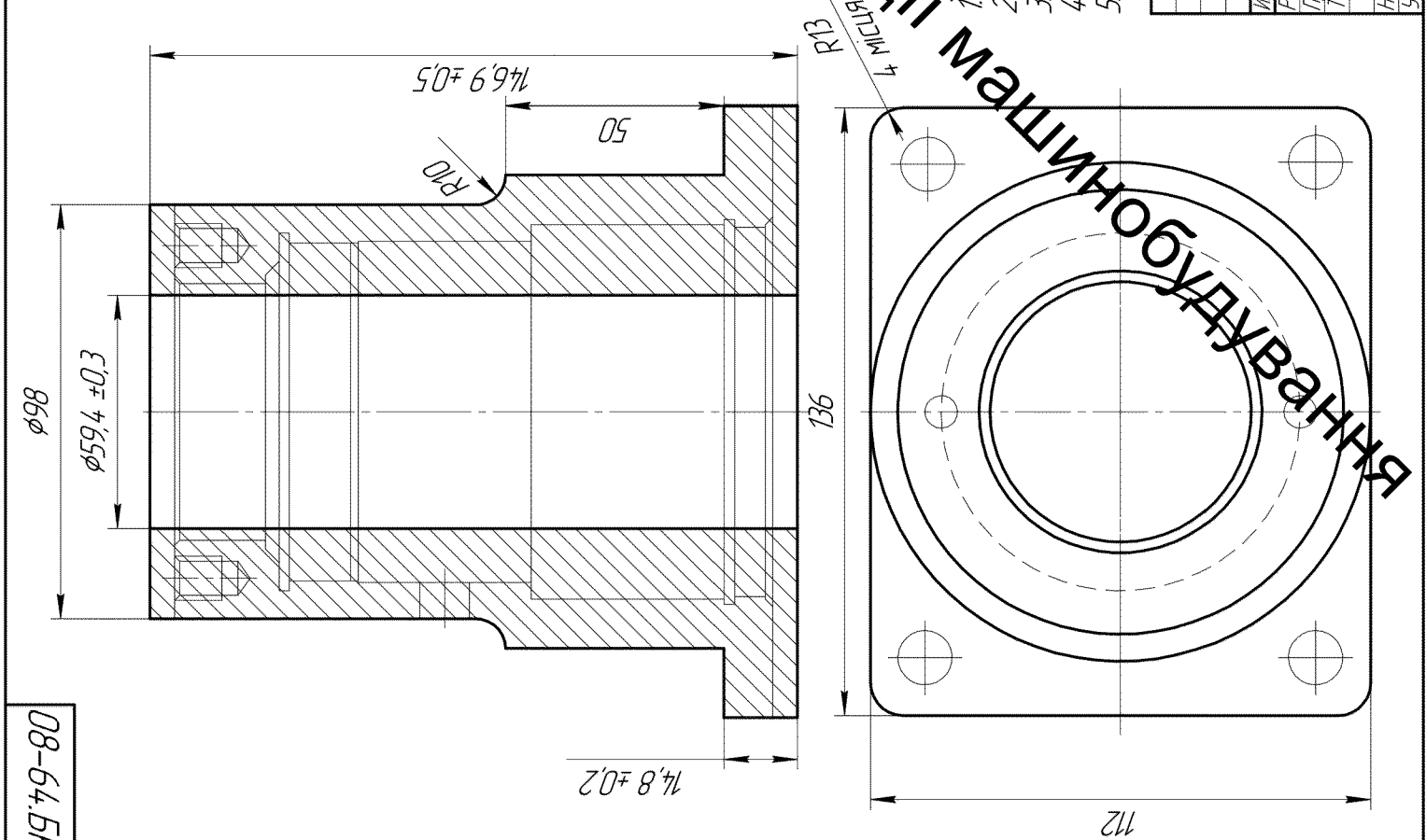
Графічна частина

[illegible]

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

08-64.БКР.014.00.002

Імб. [підвд]	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]	Імб. [підвд]



✓ Ra 12.5

- 1. Клас точності Т10-Т11
- 2. Ступінь складності С2
- 3. Індекс 175
- 4. Нахил поверхонь 1.3°
- 5. Не вказані ливарні радіуси 0.5...1 мм

08-64.БКР.014.00.002		Корпус підшипників (вилубок)		ВНТУ ст. гр. ПМ-21Б	
Лист	Маса	Лист	Маса	Лист	Маса
	26		11		1
08-64.БКР.014.00.002		Корпус підшипників (вилубок)		ВНТУ ст. гр. ПМ-21Б	
Імб. [підвд]	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Взам. чинб. [підвд]	Імб. [підвд]	Взам. чинб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]
Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]	Підвд. у дата	Взам. чинб. [підвд]

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

005

010

015

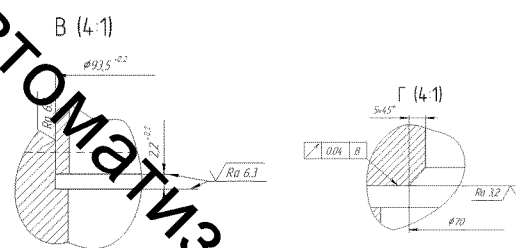
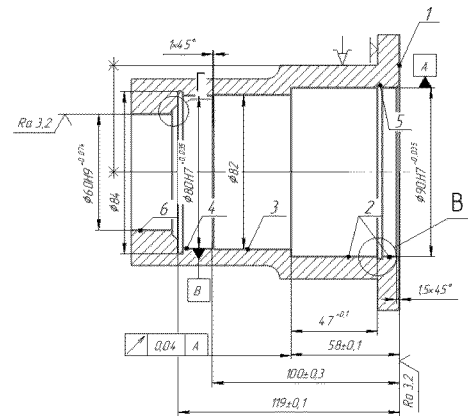
Назва операції
Зміст переходу

Операційний ескіз

Обладнання

Токарно-револьверна з ЧПК

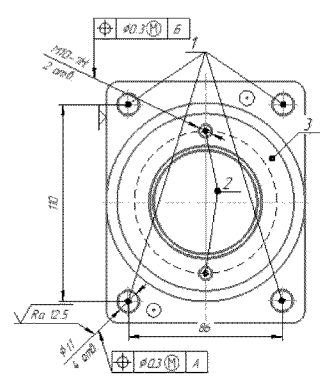
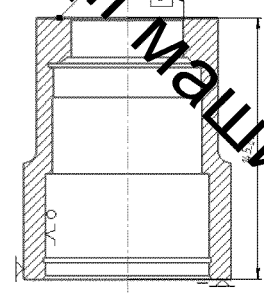
- 1) Закріпити заготовку
- 2) Проточити торці 1, та поверхні 2, 3, 4, 6 попередньо. Проточити торець 1 остаточно.
- 3) Проточити поверхні 2, 4, 6 попередньо, поверхню 3 та фаску на поверхні 2 та 3 остаточно
- 4) Проточити поверхні 2, 6 та 4 попередньо
- 5) Проточити поверхні 2, 6 та 4 остаточно, зняти фаску на поверхні 4.
- 6) Виточити канавки 5
- 8) Зняти заготовку



Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ГФ30

Вертикально-фрезерна з ЧПК

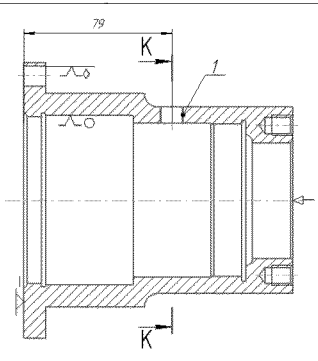
- 1) Закріпити заготовку
- 2) Фрезерувати поверхню 3 попередньо
- 3) Зенкувати поверхню 3 остаточно
- 4) Фрезерувати фаску на поверхні 3
- 4) Центрувати отвори 1 та 2
- 5) Свердлити отвори 1 та 2
- 6) Проточити фаску на отворах 2
- 7) Нарізати різьбу на отворах 2
- 8) Зняти заготовку



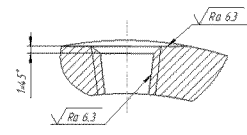
Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3

Вертикально-фрезерна з ЧПК

- 1) Закріпити заготовку
- 2) Центрувати отвір 1
- 3) Свердлити отвір 1
- 4) Зенкувати фаску на отворі 1
- 5) Нарізати різьбу на отворі 1
- 6) Зняти заготовку



K-K (4:1)

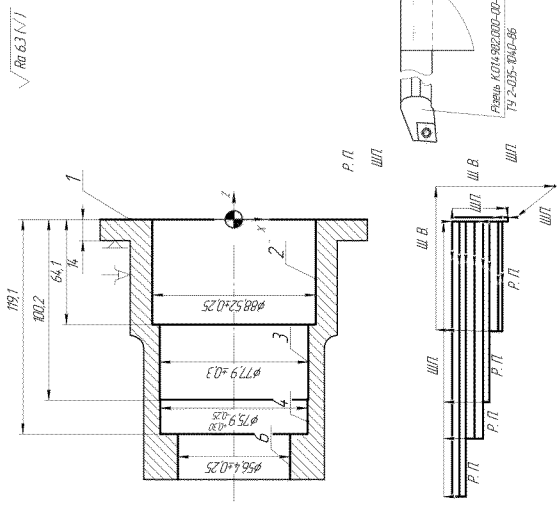


Вертикально-фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3

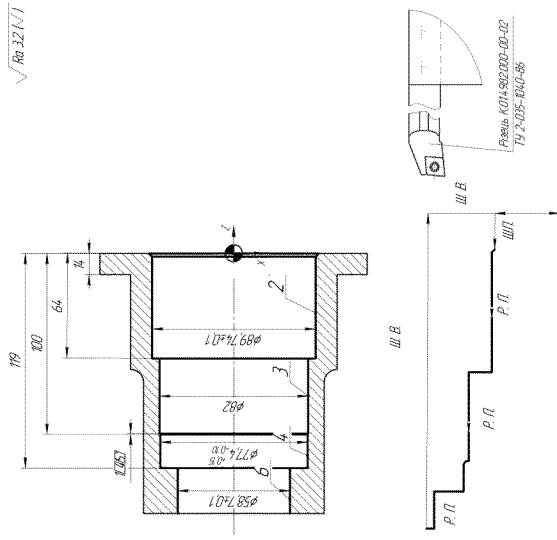
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Карта налагодження на операцію 005

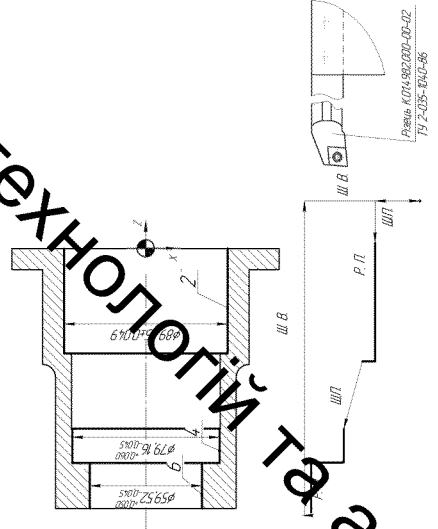
Перехід 2



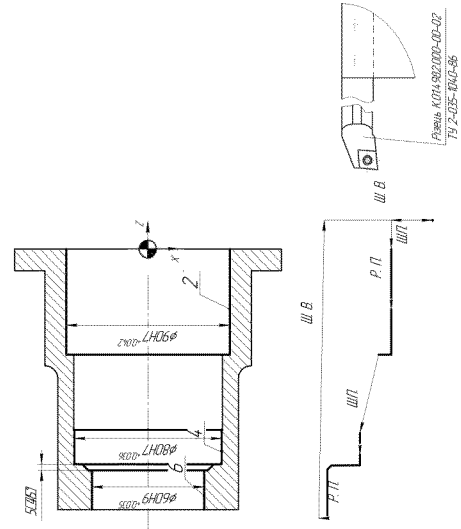
Перехід 3



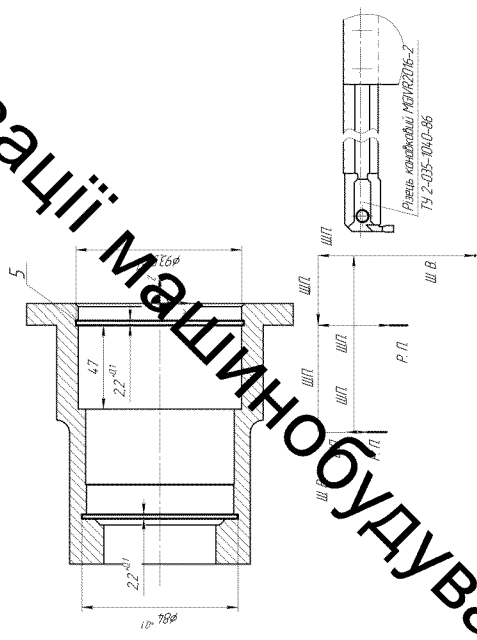
Перехід 4



Перехід 5

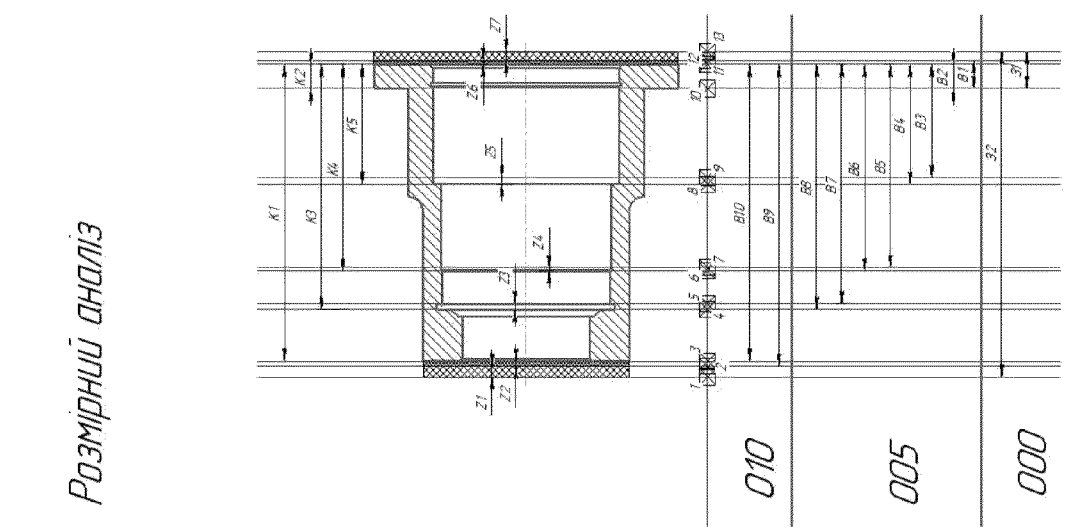


Перехід 6

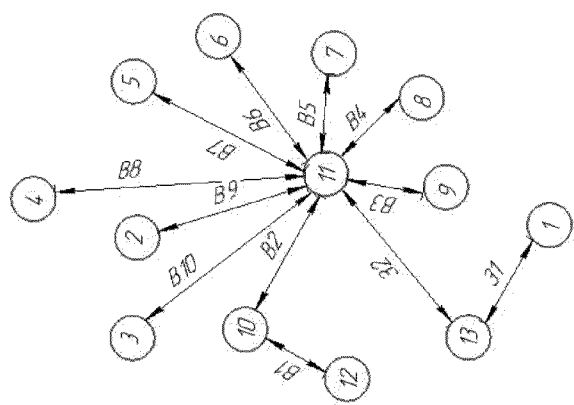


7	Діаметри кваліфікації 5	12	0.2	630	84.6
6	Діаметри кваліфікації 2 та 3	15	0.09	1280	28.27
5	Діаметри кваліфікації 2 та 4	0.2	0.2	1280	213
4	Діаметри кваліфікації 2 та 5	0.4	0.3	800	26.53
3	Діаметри кваліфікації 2 та 6	0.8	0.09	1280	8.51
2	Діаметри кваліфікації 2 та 7	12	0.35	630	25.61
0.05	Діаметри кваліфікації 2 та 8	1.2	0.05	630	25.61
0.01	Діаметри кваліфікації 2 та 9	1.2	0.01	630	25.61

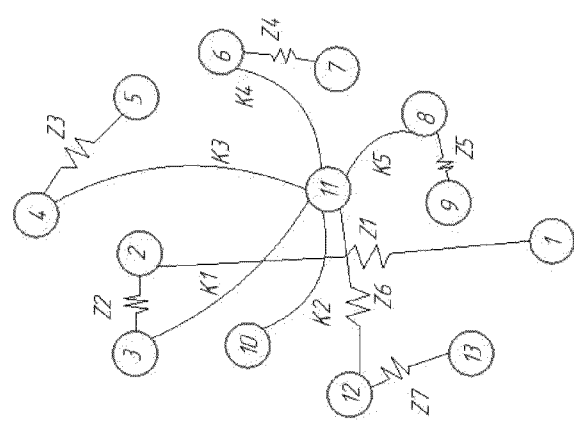
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



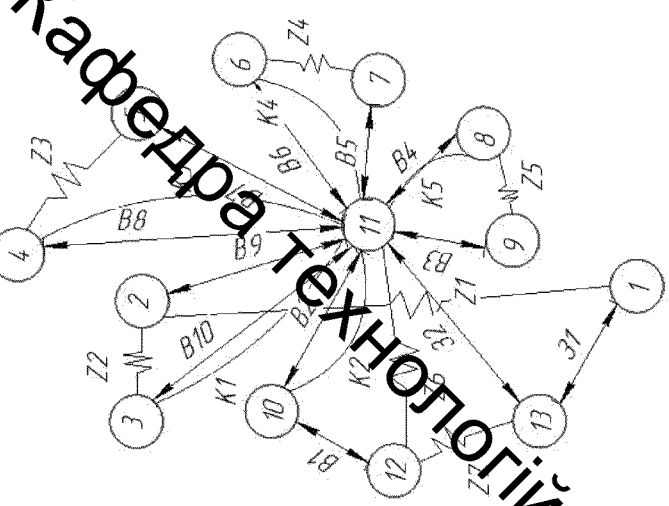
Розмірна схема технологічного процесу



Похідний граф



Вихідний граф



Суміщений граф

Таблиця рівнянь технологічних розмірів ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідні значення	Розмір, що визначається
1	$-K1+B10=0$	$K1=B10$	$B10$
2	$-K2+B2=0$	$K2=B2$	$B2$
3	$-K3+B8=0$	$K3=B8$	$B8$
4	$-K4+B6=0$	$K4=B6$	$B6$
5	$-K5+B4=0$	$K5=B4$	$B4$
6	$-Z6-B2+B1=0$	$B2+Z6=B1$	$B1$
7	$-Z5+B4-B3=0$	$B4-Z5=B3$	$B3$
8	$-Z4+B6-B5=0$	$B6-Z4=B5$	$B5$
9	$-Z3+B8-B7=0$	$B8-Z3=B7$	$B7$
10	$-Z2-B10+B9=0$	$B10+Z2=B9$	$B9$
11	$-Z7-B1+31=0$	$Z7+B1=31$	31
12	$-Z1-Z6-Z7-B9+32=0$	$Z1+Z6+Z7+B9=32$	32

ДОДАТОК Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи
на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 08.06.013.02.004»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, факультет МТ

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 38,42%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Роботу до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП

(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ

(ім'я, прізвище, посада)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений

Керівник _____
(підпис)

Леонід КОЗЛОВ, професор каф. ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач _____
(підпис)

Владислав КОЛІСНІЧЕНКО
(ім'я, прізвище)