

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

**Пояснювальна записка**

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

на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ  
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»  
08-26.МКР.027.00.000 ПЗ

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

Чорноокий В. В. \_\_\_\_\_

Керівник: д.т.н., професор каф. ТАМ

Козлов Л. Г. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Рецензент: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

Вінниця ВНТУ – 2019 рік

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

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

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Чорноокому Віталію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»

керівник МКР Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор,  
(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 19С.008»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 2800 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 19С.008»; вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в заготовці деталі типу «Корпус 19С.008» на настроєних верстатах; розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»; економічна доцільність удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус 19С.008» (А2); 3D-модель деталі (А1); заготовка деталі (виливок) (А2); маршрут механічної обробки (А1); розмірний аналіз технологічного процесу (А1); карта налагоджень на 010 операцію (А1); вплив схеми базування на першій операції на просторове відхилення головного отвору заготовки при розрахунку припусків на його обробку (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	Козлов Л. Г., професор кафедри ТАМ		
Економічна частина	Руда Л. П., доцент кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І. В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Чорноокий В. В.

Керівник МКР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Козлов Л. Г.

**ЗМІСТ**

АНОТАЦІЯ	7
ABSTRACT	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	12
1.1 Сутність технічної проблеми	12
1.2 Характеристика об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення	12
1.3 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	14
1.4 Вибір та критичний аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	15
1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	17
1.6 Економічна доцільність розробки удосконаленого технологічного процесу	18
1.7 Розробка технічного завдання на МКР	20
1.8 Висновки	21
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»	22
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	22
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	27
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	33
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	41
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	43
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	46

	5
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	48
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	50
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	60
2.10 Призначення режимів різання	69
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	72
2.12 Визначення технічних норм часу	73
2.13 Висновки	76
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ	78
3.1 Мета, завдання дослідження	78
3.2 Результати досліджень	79
3.3 Висновки	87
4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»	88
4.1 Розрахунок приведеної програми	88
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	93
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	95
4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	97
4.5 Висновки	99
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»	100
5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки	100
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»	107
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	112
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	116

	6
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	117
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	118
5.7 Висновки	120
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	121
6.1 Аналіз умов праці	121
6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	121
6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	127
6.4 Пожежна безпека	130
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях	131
6.6 Висновки	135
ВИСНОВКИ	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138
ДОДАТКИ	141

## АНОТАЦІЯ

Чорноокий В. В. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» : дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / В. В. Чорноокий. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2019.

Метою роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість 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 19С.008» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено ділянку механічної обробки.

В науковій частині роботи проведено дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень головного отвору при розрахунку припусків на його обробку, що дозволило вибрати найбільш раціональний варіант.

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

Chornookyi V. V. Improvement of the technology of mechanical processing of the workpiece details of the type «Corpus 19C.008» : the dissertation for obtaining the educational and qualification level of master's degree in specialty 131 «Applied Mechanics» / V. V. Chornookyi. – Vinnitsia National Technical University. – Vinnitsia, 2019.

The purpose of the work is to improve the technology of machining workpiece details of the type «Corpus 19C.008» taking into account the modern achievements, advanced technologies and new methods of processing such blanks, which provides the required quality and reduces 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 «Corpus 19C.008» using modern CNC machines and the choice of the best of them at the minimum of the resulted costs are developed; dimensional-accurate modeling of advanced technological process of machining is carried out; cutting modes and time limits are defined; the amount of equipment and workers is calculated; machining section has been improved.

In the scientific part of the study, the influence of the scheme of basing on the first operation of the technological process of machining workpiece workpiece «Corpus 19C.008» on the magnitude of the spatial deviations of the main opening when calculating allowances for its processing, which allowed to choose the most rational option.

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

Occupational health and safety measures have also been developed.

The graphic part illustrates the illustrations in the explanatory note.



## ВСТУП

**Актуальність.** У розвитку технології обробки металів різанням за останні роки відбуваються принципові зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування ріжучих інструментів з нових інструментальних матеріалів, розширення сфери застосування обладнання з ЧПК, створення роботизованих верстатних комплексів і гнучких виробничих систем з керуванням від мікропроцесорної техніки, підвищення розмірної і геометричної точності, що досягається при обробці – такий неповний перелік найважливіших напрямків розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус 19С.008»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;

- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- виконати розрахунок припусків та міжопераційних розмірів;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- вибрати найбільш доцільний варіант схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»;
- 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 19С.008».

**Методи дослідження.** Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Дістала подальший розвиток методика вибору найбільш раціональної схеми базування заготовки корпусної деталі на першій операції технологічного процесу для забезпечення мінімального просторового відхилення головного отвору.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» 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 19С.008» є лиття в кокіль та лиття під тиском. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки при цьому складає 62,34 грн., що менше у порівнянні з литтям під тиском – 67,65 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки розраховано ділянку механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи ділянки в серійному виробництві, яка складає 37877 шт.; ділянка механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 4 чол., всього працюючих на ділянці – 8 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>.

## 1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

### 1.1 Сутність технічної проблеми

Темою роботи є удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008».

Завдання, які поставлені для досягнення мети роботи, допомагають розробити декілька варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки заданої деталі «Корпус 19С.008» і спираючись на сучасні технології, інструмент, оснащення та обране обладнання для заданих умов виробництва (попередньо за масою деталі та заданим обсягом річного виготовлення – це умови середньосерійного типу) обрати найбільш техніко-економічно доцільний варіант і на його базі спроектувати дільницю механічного цеху. Виконання цієї роботи дозволить, в порівнянні з розглянутими прототипами, підвищити продуктивність праці, зменшити собівартість виробу, підвищити його якість, і, зокрема, підвищити гнучкість обладнання, що особливо важливо для умов дрібно- та середньосерійного типу, тому що в ньому, окрім заданої деталі, для забезпечення рекомендованої величини завантаження обладнання будуть оброблятися ще інші, подібні до заданої, деталі – таким обладнанням повинні бути спеціалізовані та багато інструментальні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Все наведене вище і складає сутність технічної проблеми, яка обумовлена темою магістерської кваліфікаційної роботи.

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

Об'єктом виробництва є деталь «Корпус 19С.008» (рис. 1.1), що є базовою деталлю опорних вузлів для валів і трансмісій. Основними конструкторськими базами деталі є горизонтальна поверхня платиків і два паза  $B = 14$  мм. Всі інші точні поверхні є допоміжними конструкторськими базами, які служать для

орієнтації інших деталей ( $\phi 35H7^{(+0,025)}$ ;  $\phi 62H8^{(+0,046)}$ ;  $\phi 75h9_{(-0,074)}$ ; торцеві поверхні отворів; кріпильні отвори M12-7H;  $\phi 9$ ; M6-7H;  $\phi 5$ ).

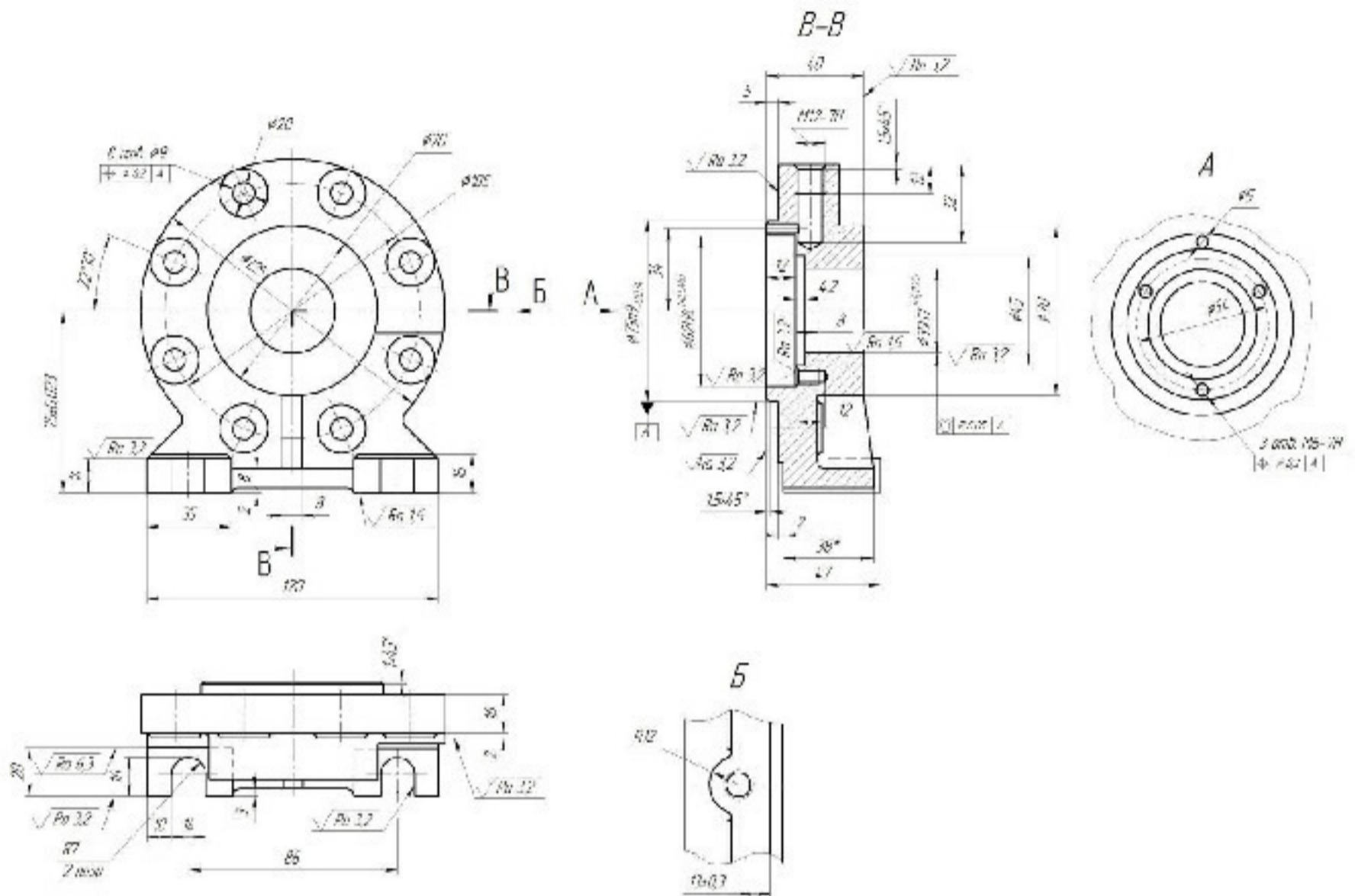


Рисунок 1.1 – Єсіз деталі «Корпус 19С.008»

Вільні поверхні – зовнішня циліндрична  $\phi 125$ , поверхні бобишок  $\phi 20$ , плоскі поверхні, зв'язані розмірами  $38^*$ ,  $120$ .

До найбільш відповідальної поверхні  $\phi 35H7^{(+0,025)}$  поставлена вимога забезпечення співвісності відносно осі поверхні  $\phi 75h9_{(-0,074)}$ .

До кріпильних отворів M6-7H,  $\phi 9$  задана вимога позиційного допуску відносно осі поверхні  $\phi 75h9_{(-0,074)}$ .

Матеріалом деталі вибрано алюміній АК7 ГОСТ 1583-93, який дозволяє одержати заготовку методом лиття. Маса деталі 0,6 кг.

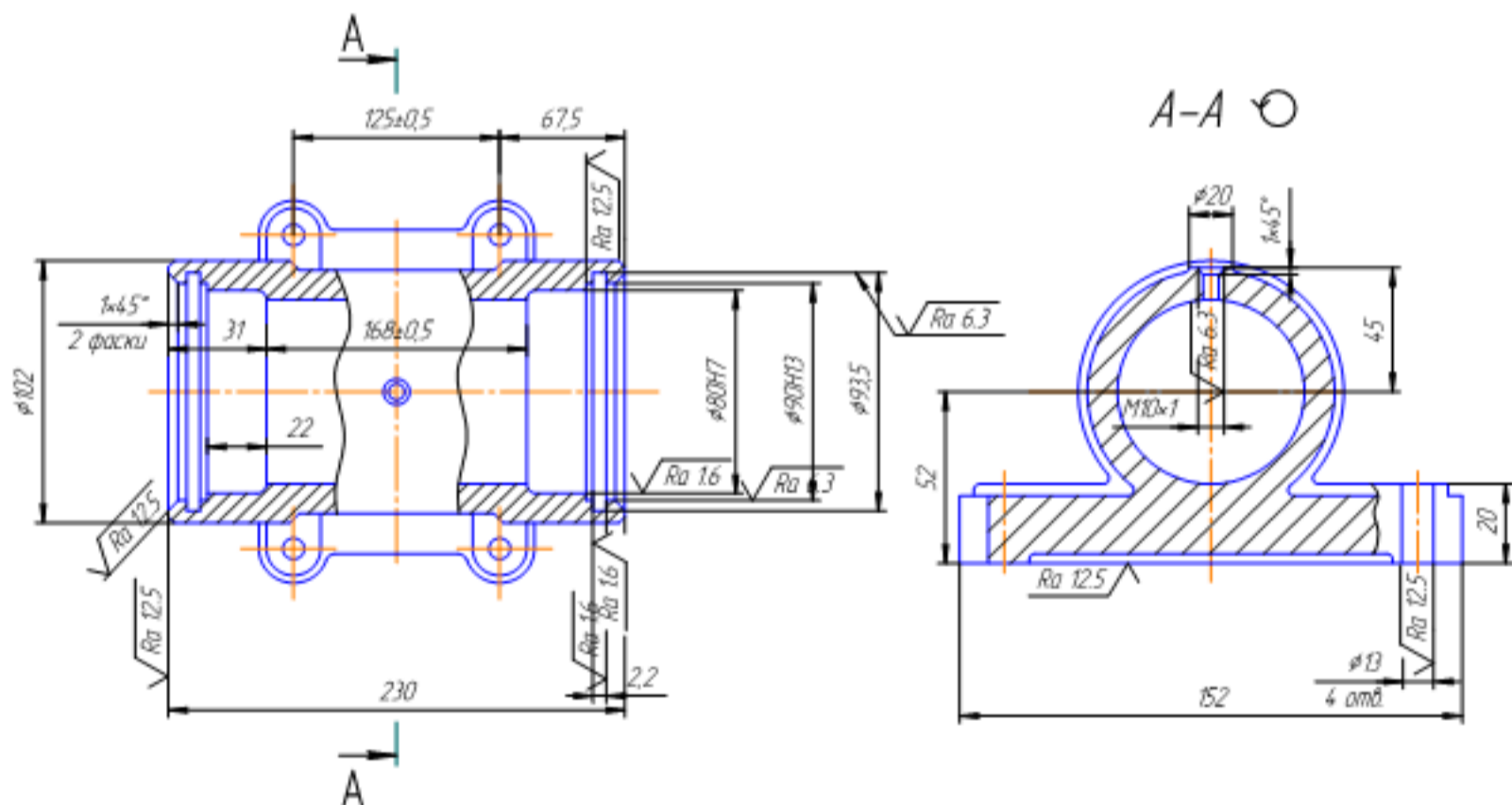
### 1.3 Загальний огляд існуючих ТП обробки деталі типу «Корпус»

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 19С.008» 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].



Заготовка – вилівок.

Матеріал – чавун СЧ 18.

Кількість деталей із заготовки – 1.

Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Корпус»

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес механічної обробки

Операція	Зміст та найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
005	Лиття		
010	Обрубання і очищення виливка		
015	Фрезерувати поверхню основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати поверхню бобишки $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різь М10х1-7Н в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$ , витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$ ; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^0$ попередньо. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ попередньо. Повернути стіл на $180^0$ . 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 ИР500МФ4	Наладка УСПО
020	Технічний контроль.		
025	Нанести антикорозійне покриття.	Верстак	

Для нашої деталі 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.

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

Базовий технологічний процес приведений в таблиці 1.2.

Таблиці 1.2 – Базовий технологічний процес

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Фрезерна	Вертикально-фрезерний консольний верстат 6Р13Б
010	Фрезерна	Вертикально-фрезерний консольний верстат 6Р13Б
015	Фрезерна	Вертикально-фрезерний консольний верстат 6Р13Б
020	Комбінована з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний три координатний верстат ГФ2171М
025	Комбінована з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний три координатний верстат ГФ2171М
030	Комбінована з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний три координатний верстат ГФ2171М

Недоліками базового технологічного процесу є застосування застарілого універсального обладнання (фрезерні верстати 6Р13Б) для підготовки чистових технологічних баз, а також не досить сучасні верстати з ЧПК ГФ2171М для фрезерування площин, обробки отворів під підшипники та кріпильних отворів. Використовується 6 верстатів, що вимагає переустановлення деталі, а значить виникає похибка установлення, знижується точність обробки, збільшується допоміжний час, а значить трудомісткість обробки. На універсальних верстатах 6Р13Б значні втрати пов'язані з переміщенням, зміною інструменту вручну, що також значно збільшує допоміжний час.

Виробництво в даному випадку середньо серійне. Номенклатура деталей не дуже обмежена, програми випуску деталей різних найменувань різні і можуть бути не досить великими. При переході з обробки деталі одного найменування на інше виникають значні втрати часу на переналагодження верстатів. Все це призводить до необхідності мати висококваліфікованих робітників, рівень оплати роботи яких вищий, ніж на автоматизованих верстатах.

Оснащення, що використовується на верстатах в базовому варіанті технологічного процесу з ручним приводом, що також вимагає значно більших витрат часу на установлення та зняття деталей, ніж при використанні механізованих, автоматизованих пристосувань.



Вказані фактори знижують продуктивність процесу обробки, підвищують собівартість продукції.

## 1.5 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

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

Для підвищення точності обробки деталей типу «Корпус» та автоматизації процесу із забезпеченням високої продуктивності праці ефективним рішенням є застосування сучасних моделей верстатів з програмним керуванням. Впровадження верстатів з ЧПК для автоматизації технологічних процесів дозволяє застосувати принцип концентрації операцій, що, відповідно, підвищує точність, якість оброблюваних деталей. Ефективність верстатів з програмним керуванням пояснюється їх високою продуктивністю, підвищенням продуктивності обслуговуючого персоналу, скороченням потреб в спеціалізованому оснащенні, так як можна застосувати універсально-складальні пристосування (УСП), зменшенням кількості необхідних верстатів, а значить і основних робітників, скороченням виробничих площ.

Застосування верстатів з ЧПК дозволяє обробляти з меншими витратами деталі такої ж широкої номенклатури, як і на універсальних верстатах.

Впровадження сучасних верстатів з ЧПК дозволяє проектувати якісно нові технологічні процеси механічної обробки, які забезпечують суттєве скорочення допоміжного часу на переустановлення, вимірювання оброблених деталей, оптимізацію режимів різання, одночасне використання в роботі декількох різальних інструментів, що дає можливість зменшити основний час обробки.

Подальше підвищення ефективності верстатів з ЧПК може бути досягнуто за рахунок застосування промислових роботів, що забезпечують установку та зняття оброблюваних деталей, а значить рівень автоматизації обробки зростає. Особливе значення набувають верстати з ЧПК при організації гнучких

виробничих систем, що особливо важливо для умов серійного, дрібносерійного виробництва.

1.5.2 Основні пропозиції щодо побудови удосконаленого технологічного процесу

Аналіз базового технологічного процесу та виявлені недоліки дозволили сформулювати пропозиції по удосконаленню технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008». Пропонується:

- використати принцип концентрації операцій, що дозволить зменшити їх кількість, а значить і кількість верстатів та основних робітників, виробничу площу;

- застосувати сучасні верстати з ЧПК, бажано багатоцільові;

- використовувати оснащення з механізованим приводом;

- різальний інструмент застосовувати із прогресивних, сучасних матеріалів.

Удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» представлений в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Удосконалений варіант технологічного процесу

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Фрезерна з ЧПК	Вертикально-фрезерний консольний верстат з ЧПК 6Р13РФ3
010	Токарна з ЧПК	Токарний верстат з ЧПК МК6801Ф3
015	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат з ЧПК 6904ВМФ2 з поворотним столом

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]:

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

де  $B_a$  – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці продукції аналога, грн. (основної заробітної плати з нарахуваннями – 9 грн.);

$B_n$  – величина однієї із статей прямих витрат в одиниці нової продукції, грн. (основної заробітної плати з нарахуваннями – 13,6 грн.);

$\Pi$  – питома вага цієї статті витрат в собівартості аналога;

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

Проведемо порівняння за статтею – заробітна плата:

$$\Delta S = (13,6 - 9 \cdot 1,1) \cdot 100 / 10 = 37 \text{ (грн.)}$$

#### 1.6.2 Додаткові капітальні вкладення

Величину додаткових капітальних вкладень ( $\Delta K$ ) 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, дільниці тощо, розширення або організація нового виробництва, грн.

Придбані верстати:

- 1 верстат 6P13PФ3 – 500000 грн.;
- 1 верстат МК6801Ф3 – 650000 грн.;
- 1 верстат 6904ВМФ2 – 850000 грн.;

Всього: 2000000 грн.

Продані верстати:

- 3 верстати ГФ2171М –  $3 \cdot 250000 = 750000$  (грн.);

- 3 верстати 6P13Б –  $3 \cdot 75000 = 225000$  (грн.)

Всього: 975000 грн.

Відповідно додаткові капітальні вкладення складають:

$$K = 2 \cdot (2000000 - 975000) = 2050000 \text{ (грн.)}$$

### 1.6.3 Розрахунок терміну окупності технологічного процесу

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

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

де  $N_2$  – обсяг виробництва нової продукції за рік при застосуванні нового технологічного процесу, шт.

Відповідно:

$$T_o = 2050000 / (37 \cdot 37877) = 1,46 \text{ (років)},$$

що в менше нормативного значення 3-5 років. Тому проведення удосконалення технологічного процесу можна вважати доцільним.

### 1.7 Розробка технічного завдання на МКР

Технічне завдання на МКР наведено у додатку А.

## 1.8 Висновки

В даному розділі сформульовано сутність технічної проблеми, що виникає при удосконаленні технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008». Приведена характеристика деталі, її службове призначення, вказані технічні вимоги взаємного розміщення поверхонь при їх обробці. Виконано аналіз типового, базового технологічних процесів. За результатами аналізу недоліків базового технологічного процесу запропоновано шляхи його удосконалення, а саме використання більш сучасного технологічного обладнання, оснащення, інструменту, що дає можливість підвищення рівня механізації, автоматизації виробництва, скорочення трудомісткості обробки, підвищення продуктивності праці, зменшення технологічної собівартості. Це забезпечує можливість окупити попередньо визначені капітальні вкладення на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» в розмірі 2050000 грн. за 1,46 року за рахунок зниження собівартості одиниці продукції на 37 грн.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»

### 2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

#### 2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі [3, 4]

Деталь «Корпус 19С.008» слугує для установлення вала на підшипнику.

Виконавчою поверхнею є  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  – поверхня самої високої точності в даній деталі. Вона ж є допоміжною конструкторською базою.

Основні, допоміжні конструкторські бази, вільні поверхні вказані в розділі 1.

Деталь не сприймає значні статичні навантаження, тому матеріалом вибрано алюміній АК7 ГОСТ 1583-93, який дозволяє одержати заготовку методом лиття, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при виготовленні заготовки. Формування повинно виконуватися із застосуванням стержней, які утворюють внутрішні порожнини.

Деталь відповідальна і від якості її виготовлення залежить надійність роботи всього вузла.

Креслення деталі має всі необхідні дані про деталь.

До поверхні  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  поставлена вимога співвісності відносно осі поверхні А (розмір  $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$ ), яка є також допоміжною конструкторською базою. Забезпечити виконання цієї вимоги необхідно за рахунок обробки поверхонь з одного установа.

До різьбових отворів М6-7Н,  $\varnothing 9$  задана умова позиційного допуску відносно осі поверхні А (розмір  $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$ ). Ця вимога може бути забезпечена шляхом базування по осі поверхні А при обробленні вказаних отворів або за принципом постійності баз при обробленні отвору А і різьбових отворів.

Деталь порівняно невеликих розмірів, конфігурація її досить складна, але конструкція дозволяє підготувати чистові технологічні бази на першій операції

технологічного процесу і в подальшому їх використовувати при виконанні наступних операцій, тобто дотримуватися принципу постійності технологічних баз.

Деталь має уніфіковані елементи: отвори, різьби, канавку, фаски тощо, отже можна використовувати стандартний різальний інструмент.

Конструкція деталі жорстка, можливе використання підвищених режимів різання. Всі поверхні доступні для обробки, контролю.

Нетехнологічними є глухі різьбові отвори М12-7Н, М6-7Н, а також наплив R12, який перешкоджає вільній обробці бобишок  $\varnothing 20$ . Але він напевно передбачений як якийсь орієнтовний елемент і визначається конструктивними міркуваннями. Тому замінити його неможливо.

Мала глибина зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$  погіршує технологічність деталі.

В усьому іншому деталь є достатньо технологічна.

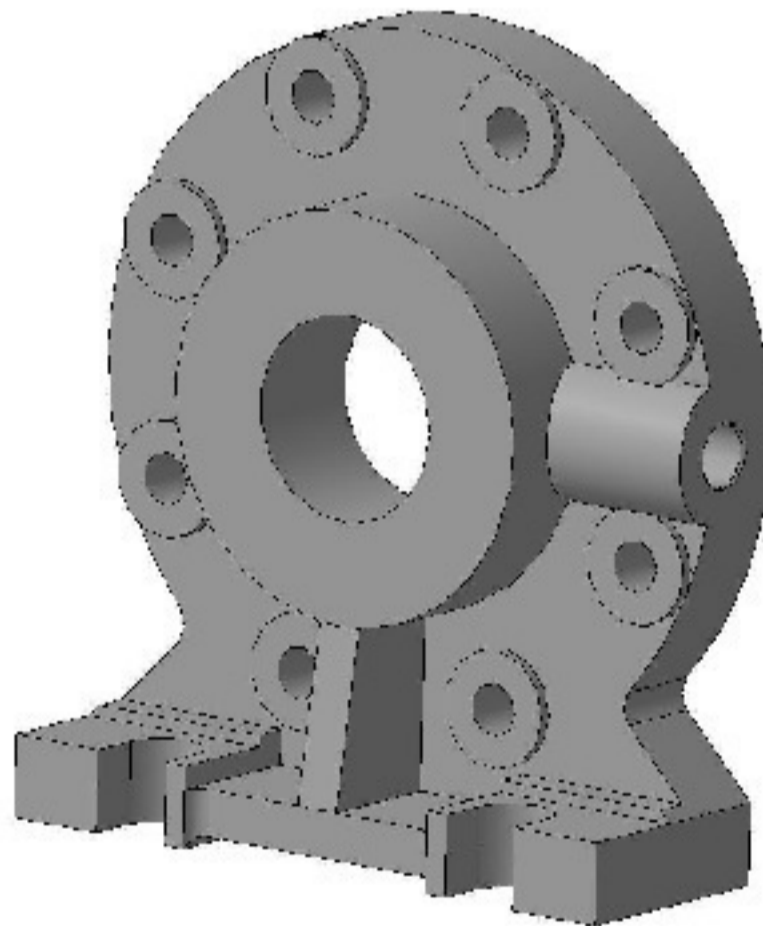


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Корпус 19С.008»

Матеріал АК7 – це силумін, ливарний сплав системи алюміній-кремній-магній. Хімічний склад сплаву та інші важливі властивості і умови описані в ГОСТ 1583-93.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад в % матеріалу АК7

Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Mg	Zn	Домішки
до 1,3	6-8	0,2-0,6	до 0,3	87,6-93,6	до 1,5	0,2-0,5	до 0,5	ВСЬОГО 3,3

Примітка. Процентне співвідношення Al дано приблизно.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості при  $T = 20$  °C матеріалу АК7

Сортамент	Розмір	Напр.	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м <sup>2</sup>
Відливка, ГОСТ 1589-93			127-196		0,5-1		
Твердість, відливка ГОСТ 1589-93					НВ $10^{-1} = 50-75$ МПа		

### 2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховується за формулою:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e} \geq 0,6, \quad (2.1)$$

де  $Q_{ye}$ ,  $Q_e$  – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін.) (табл. 2.3).

Тоді

$$K_y = \frac{97}{109} = 0,89 > 0,6.$$

Так як умова виконується, то можна зробити висновок, що деталь за коефіцієнтом уніфікації технологічна.



Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
1	2	3	4	5
20* (2 розм.) 16* (2 розм.) 10* (2 розм.) 14* (2 розм.) 86 2* (2 розм.) 16* 1* 14* (2 розм.) 16* (2 розм.) 75±0,023* 8* 2* 47 40* 5* 12* 4,2* 1* 12* 32* 8* (3 розм.) 12* (3 розм.) 13±0,3* 34*	ø9* (8 отв.) ø105* ø70 ø45* ø35H7 <sup>(+0,025)*</sup> ø62H8 <sup>(+0,046)*</sup> ø75h9 <sub>(-0,074)*</sub> ø54 ø5* R7* (2 пов.)	22°30' 45°* (10 розм.) 120°* (3 розм.)	Ra 1,6* (2 пов.) Ra 3,2* (25 пов.) Ra 6,3* (2 пов.) Ra 12,5* (25 пов.)	M6-7H* (3 пов.) M12-7H*
Q <sub>заг</sub> = 42 Q <sub>уніф</sub> = 40	Q <sub>заг</sub> = 18 Q <sub>уніф</sub> = 16	Q <sub>заг</sub> = 14 Q <sub>уніф</sub> = 13	Q <sub>заг</sub> = 54 Q <sub>уніф</sub> = 54	Q <sub>заг</sub> = 4 Q <sub>уніф</sub> = 4

Примітка: «\*» – уніфікований розмір.

Розрахунок коефіцієнта точності

$$K_{\tau} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \geq 0,8, \quad (2.2)$$

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 – Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7 – $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$	1	$7 \cdot 1 = 7$
8 – $\varnothing 62H8^{(+0,046)}$	1	$8 \cdot 1 = 8$
9 – $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$	1	$9 \cdot 1 = 9$
14 – всі інші поверхні	51	$14 \cdot 51 = 714$
Сума	54	738

Розраховуємо  $T_{cp}$  :

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 51}{54} = 13,7.$$

Тоді

$$K_T = 1 - 1/13,7 = 0,93 > 0,8.$$

Так як умова виконується, то можна зробити висновок, що деталь за коефіцієнтом точності технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \leq 0,32, \quad (2.4)$$

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 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 – $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$ ; 75 $\pm 0,023$	2	1,6 $\cdot 2 = 3,2$
3,2 – 20 (2 пов.); 14 (4 пов.); 2 (8 пов.); 14 (2 пов.); 40 (2 пов.); 5; 12; $\varnothing 62H8^{(+0,046)}$ ; $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$ ; R7 (2 пов.)	25	3,2 $\cdot 25 = 80$
6,3 – 20 (2 пов.)	2	6,3 $\cdot 2 = 12,6$
12,5 – всі інші 25 пов.	25	12,5 $\cdot 25 = 312,5$
Сума	54	408,3

Розраховуємо

$$Ш_{\text{ф}} = \frac{408,3}{54} = 7,56 \text{ (мкм).}$$

Тоді

$$K_{\text{ш}} = 1/7,56 = 0,13 < 0,32.$$

Так як умова виконується, то можна зробити висновок, що деталь за коефіцієнтом шорсткості технологічна.

Отже,  $K_y = 0,89 > 0,6$ ;  $K_T = 0,93 > 0,8$ ;  $K_{\text{ш}} = 0,13 < 0,32$  – деталь за кількісними показниками є технологічною.

## 2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

### 2.2.1 Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва виконується за коефіцієнтом закріплення операцій [3, 4]:

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

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

$\sum P_i$  – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

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

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

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Корпус 19С.008».

Переходи 1-2 планується виконувати на одному верстаті з одного установа деталі, переходи 3-6 на другому верстаті з другого установа, переходи 7-8 на третьому верстаті з третього установа (верстаті з ЧПК).

Розрахуємо штучно-калькуляційний час за формулою

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

де  $T_o$  – основний час обробки, хв.;

$\varphi_k$  – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей. Вважаємо, що використовуються верстаті з ЧПК.

$$T_{шт.-к.1-2} = 1,4 \cdot 0,914 = 0,58 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт.-к.3-6} = 1,3 \cdot 0,406 = 0,53 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт.-к.7-8} = 1,4 \cdot 1,138 = 1,6 \text{ (хв.)}$$

Усі дані будемо заносити в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	$T_o, \text{хв}$	$\varphi_k$	$T_{\text{шт.-к.}}, \text{хв}$	$C_p$	$P_{np}$	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.м.}$	$O$	$K_{з.о.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Фрезерувати поверхню основи однократно	$0,0059 \cdot \ell =$ $=0,0059 \cdot 38 =$ $=0,224$	1,4	0,58	0,041	1	0,041	0,75	18	15
2. Фрезерувати 2 пази в основи однократно	$2 \cdot 0,0059 \cdot \ell =$ $=2 \cdot 0,0059 \cdot 16 =$ $=0,19$								
3. Розточити отвір $\varnothing 62\text{H}8^{(+0,046)}$ попередньо	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000068 \cdot 62 \cdot 12 =$ $=0,051$	1,3	0,53	0,037	1	0,037	0,75	20	
4. Розточити отвір $\varnothing 62\text{H}8^{(+0,046)}$ остаточно	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00019 \cdot 62 \cdot 12 =$ $=0,14$								
5. Розточити отвір $\varnothing 35\text{H}7^{(+0,025)}$ попередньо	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,000068 \cdot 35 \cdot 23,8 =$ $=0,057$								
6. Розточити отвір $\varnothing 35\text{H}7^{(+0,025)}$ остаточно	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $=0,00019 \cdot 35 \cdot 23,8 =$ $=0,158$								
7. Фрезерувати торець $\varnothing 70$ (розмір 40) однократно	$0,0059 \cdot l =$ $=0,0059 \cdot 70 = 0,413$	1,4	1,6	0,11	1	0,11	0,75	7	
8. Свердлити 8 отв. $\varnothing 9$	$8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell =$ $=8 \cdot 0,00056 \cdot 9 \cdot 18 =$ $=0,725$								

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

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

де  $N = 2800$  шт. – річна програма випуску деталі «Кришка 19С.008»;

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

$F_o$  – дійсний фонд роботи обладнання ( $F_o = 3890$  год. при роботі в 2 зміни);

$\eta_{з.н.}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ( $\eta_{з.н.} = 0,75$  для попередньо визначеного серійного виробництва [4]).

$$C_{p^{1-2}} = \frac{2800 \cdot 0,58}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,041;$$

$$C_{p^{3-6}} = \frac{2800 \cdot 0,53}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,037;$$

$$C_{p^{7-8}} = \frac{2800 \cdot 1,6}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,11.$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість робочих місць:

$$P_{np^{1-2}} = 1; P_{np^{3-6}} = 1; P_{np^{7-8}} = 1.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

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

$$\eta_{з.ф.1-2} = 0,041/1 = 0,041;$$

$$\eta_{з.ф.3-6} = 0,037/1 = 0,037;$$

$$\eta_{з.ф.7-8} = 0,11/1 = 0,11.$$

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

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

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

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

$$O_{1-2} = \frac{0,75}{0,041} = 18,3 \rightarrow 18;$$

$$O_{3-6} = \frac{0,75}{0,037} = 20,3 \rightarrow 20;$$

$$O_{7-8} = \frac{0,75}{0,11} = 6,8 \rightarrow 7.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.6.

Отже, коефіцієнт закріплення:

$$K_{30} = \frac{18 + 20 + 7}{3} = 15.$$

Так як  $10 < K_{30} < 20$ , то тип даного виробництва середньосерійний.

### 2.2.2 Визначення форми організації роботи

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

Заданий добовий випуск виробів

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_o = \frac{2800}{254} = 11,02 \approx 11 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

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

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

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

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

$$T_{шт-к,ср} = \frac{0,58 + 0,53 + 1,6}{3} = 0,9 \text{ (хв.)};$$

$$Q_o = \frac{952}{0,9} \cdot 0,75 = 793,3 \approx 794 \text{ (шт.)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії  $N_o = 11 < Q_o = 794$  шт., то організація потокової лінії недоцільна.

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

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

де  $t$  – періодичність запуску деталей на обробку в днях (для серійного виробництва прийнято 6 днів).

$$n = \frac{2800 \cdot 6}{254} = 66,14 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 66 \text{ шт.}$$



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

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-к_{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{0,9 \cdot 66}{476 \cdot 0,75} = 0,17 \text{ (зміни);}$$

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

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

$$n = \frac{C_{зм} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{шт-к_{ср}}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{0,9} = 396,6 \approx 397 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей в партії  $n = 397$  шт.

Висновок. Тип виробництва – середньосерійний, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 397 шт.

## 2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

### 2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу –  $m = 0,6$  кг, матеріал деталі – АК7, програму випуску –  $N_p = 2800$  шт. та серійність виробництва – середньосерійне, встановлюємо.

Метод одержання заготовки – лиття. Так як матеріал заготовки АК7 має гарні ливарні властивості, а виготовлення деталі за допомогою лиття, в данному випадку, є економічно більш вигідним;

Можливі способи лиття [5]: лиття піщано-глинисті форми; лиття в оболонкові форми; лиття за виплавними моделями; лиття в кокіль; лиття під тиском.

Так як виробництво середньосерійне, то для виготовлення заготовки даної деталі пропонується 2 варіанти виготовлення – це лиття в кокіль та лиття під тиском.

При литті в кокіль – можливо автоматизувати процес, низька шорсткість поверхні, невелика собівартість виливків, висока точність одержуваних виливків.

При литті під тиском забезпечується висока продуктивність, точність, низька шорсткість поверхонь виливка, максимальна наближеність форми заготовки до готової деталі, можливість відливати не один, а декілька виливків, автоматизація процесу.

### 2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Призначення припусків (табличних) на механічну обробку, розрахунок розмірів заготовки. Для виконання цього пункту використовуємо [5, 6].

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність та розрахункові розміри заготовки зводимо в табл. 2.7-2.8.

Таблиця 2.7 – Параметри заготовки при литті в кокіль

Вихідні дані	Лиття в кокіль	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливків	6-10	8
Ступінь жолоблення елементів виливків	4-7	5
Ступінь точності поверхонь виливків	6-11	9
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 12,5 мкм	
Клас точності маси виливків	4-11	8
Ряд припусків на обробку виливків	3-6	4

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розрахункові розміри	ø35H7 (+0,025)	ø62H8 (+0,046)	ø75h9 (-0,074)	ø45	75± 0,023	14	ø70	40	5	16	12
Допуски, мм:											
розмірів	1,1	1,2	1,4	1,2	1,4	0,9	1,4	1,2	0,7	0,9	0,9
форми чи розміщення	0,32										
зміщення по площині	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	1,0	-
роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс	0,64	0,5	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-
стержня	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
нерівностей	0,32										
маси	8,0%										
Загальний допуск	1,4	1,4	1,6	1,6	2,0	1,1	1,6	1,2	0,9	1,6	1,1
Припуски, мм:											
мінімальний	0,4										
	Кількість переходів механічної обробки										
За точністю розмірів	4	4	3	1	4	1	1	1	1	1	1
за відхиленнями форми	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
і взаємного розміщення	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
поверхонь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
прийнята кількість	4	2	2	1	4	1	1	1	1	1	1
переходів	4	2	2	1	4	1	1	1	1	1	1
Загальний припуск	2,2	2,2	2,3	1,5	2,5	1,2	1,5	1,2	1,0	1,2	1,2
Розміри заготовки, мм:											
Розраховані	30,6	57,6	79,6	42	77,5	11,6	73	42,4	5,2	20	12,1

Таблиця 2.8 – Параметри заготовки при литті під тиском

Вихідні дані	Лиття під тиском	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності виливків	4-7	6
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6	4
Ступінь точності поверхонь виливків	4-8	6
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 6,3 мкм	
Клас точності маси виливків	2-8	6
Ряд припусків на обробку виливків	1-4	3

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розрахункові розміри	ø35H7 (+0,025)	ø62H8 (+0,046)	ø75h9 (-0,074)	ø45	75± 0,023	14	ø70	40	5	16	12
Допуски, мм:											
розмірів	0,56	0,64	0,7	0,64	0,7	0,44	0,7	0,56	0,36	0,44	0,44
форми чи розміщення	0,24										
зміщення по площині	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	0,5	-
роз'єму											
зміщення через перекіс	0,32	0,24	-	0,36	-	-	-	-	-	-	-
стержня											
нерівностей	0,16										
маси	4,0%										
Загальний допуск	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0	0,56	0,9	0,7	0,5	0,8	0,56
Припуски, мм:											
мінімальний	0,3										
	Кількість переходів механічної обробки										
За точністю розмірів	4	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1
за відхиленнями форми											
і взаємного розміщення	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
поверхонь											
прийнята кількість	4	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1
переходів											
Загальний припуск	1,4	1,1	1,3	0,8	1,5	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7
Розміри заготовки, мм:											
розраховані	32,2	59,8	77,6	43,4	76,5	12,6	71,8	41,6	5,1	18,3	12,1

Вибираємо за [5, 6] товщину стінок, радіуси заокруглень, нахили та інші конструктивні елементи литої заготовки. Дані зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розміри виливка

Товщина стінок, мм	3-4
Нахили	0°40'
Радіуси заокруглень, мм	1
Мінімальні діаметри отворів, що виливаються, мм	8

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритів заготовки. Зведений габаритний розмір складає:

$$N = \frac{(l+b+h)}{3} = \frac{(120+47+137,5)}{3} = 105,5 \text{ (мм)} = 0,1055 \text{ (м)},$$

де  $l$ ,  $b$ ,  $h$  – габаритні розміри в мм.

Товщину стінок визначаємо по графіку [5]

Мінімальний діаметр отворів:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S \text{ [мм]}, \quad (2.14)$$

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 20 = 7,2 \text{ (мм)}.$$

Для нашої заготовки висота стінок для  $H = 47$  мм,  $\alpha = 0^\circ 45'$ , нахили місцевих невеликих платиків, бобишок слід приймати  $30-45^\circ$ .

Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях в залежності від матеріалу, товщини стінок і кута між ними  $\alpha = 90^\circ$  вибираємо згідно графіків або таблиць [5]  $R = 4 \dots 6$  мм.

### 2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескіз заготовок показаний на рисунку 2.2.

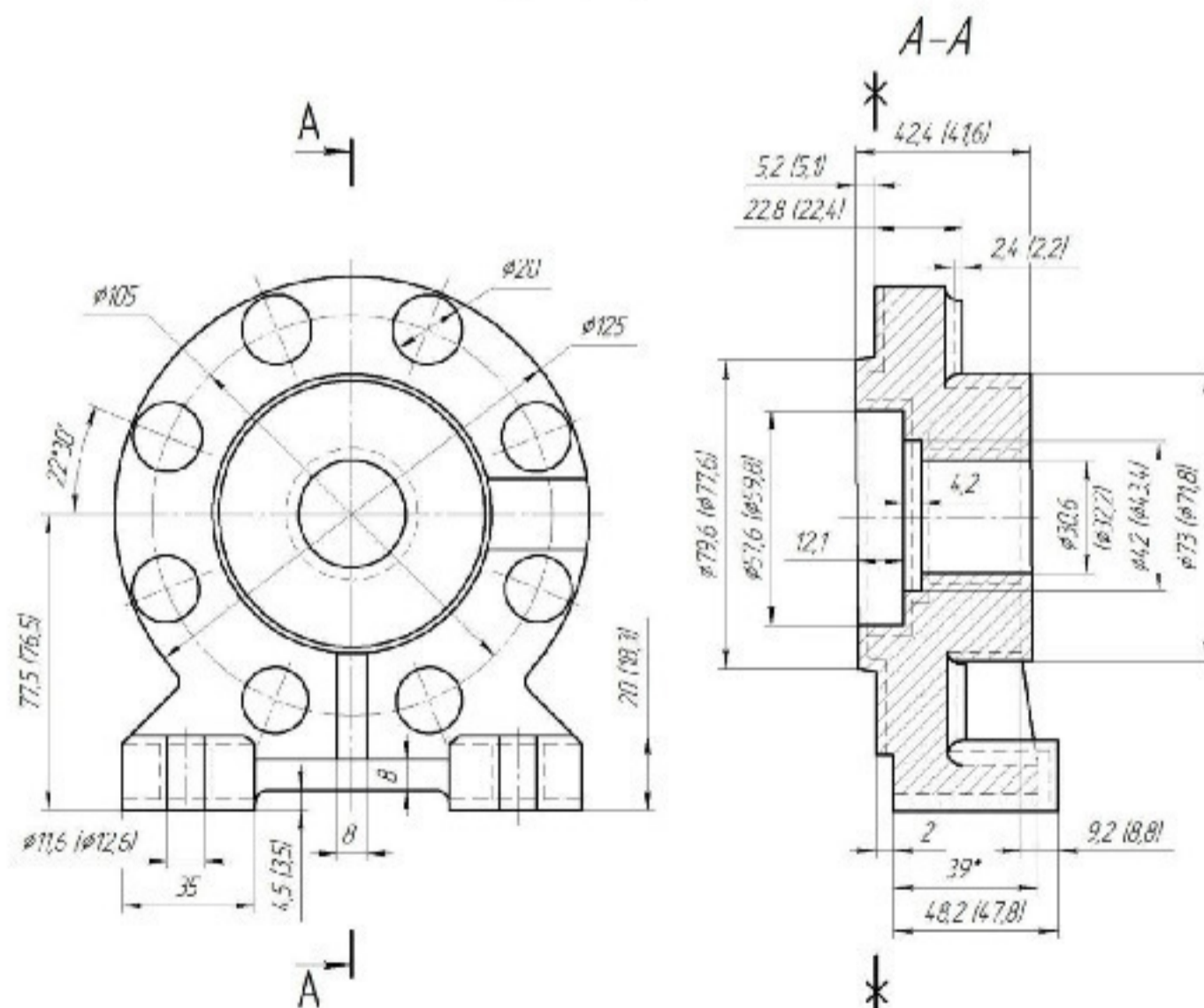


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в кокіль (під тиском)

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

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

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

Масу заготовки визначаємо за допомогою створених 3D-моделей.

При литті в кокіль маса заготовки складає 0,81 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	AK7 ГОСТ 1583-93
Густина матеріалу	$R_0 = 0,002600 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 810,627424 \text{ г}$
Площа	$S = 10031,282482 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 76304,587667 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,720415 \text{ мм}$
	$Y_c = 32,068167 \text{ мм}$
	$Z_c = -1,354085 \text{ мм}$

При відцентровому литті під тиском заготовки складає 0,625 кг.

Масо-центрувальні характеристики

Матеріал	AK7 ГОСТ 1583-93
Густина матеріалу	$R_0 = 0,002600 \text{ г/мм}^3$
Розрахункові параметри	
Маса	$M = 625,160364 \text{ г}$
Площа	$S = 11513,985078 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 81228,2752678 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0,723249 \text{ мм}$
	$Y_c = 42,159240 \text{ мм}$
	$Z_c = -2,581515 \text{ мм}$

Коефіцієнт точності маси при литті в кокіль  $K_{Т.М.1} = \frac{0,6}{0,81} = 0,74$ .

Коефіцієнт точності маси при литті під тиском  $K_{Т.М.2} = \frac{0,6}{0,625} = 0,96$ .

### 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 [5]:

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

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

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

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

При литті в кокіль базова вартість 1 т заготовок складає 62600 грн.

Для 8 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок  $K_T = 1,0$ .

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки  $K_M = 1,23$ .

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки  $K_C = 1,0$ .

Для маси вилівка 0,81 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки  $K_B = 1,02$ .

Для визначення коефіцієнта  $K_{П}$ , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності. Група серійності складає 3, програма випуску 2800 шт.

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок  $K_{II} = 1,0$ .

Вартість відходів  $C_{відх} = 6000$  грн./т.

$$C_{заг.лит1} = \frac{(0,81 \cdot 62600 \cdot 1,0 \cdot 1,23 \cdot 1,0 \cdot 1,02 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(0,81 - 0,6) \cdot 6000}{1000} = 62,34 \text{ (грн.)}$$

При литті під тиском базова вартість 1 т заготовок складає 134000 грн.

Для 6 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок  $K_T = 1,0$ .

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки  $K_M = 1,0$ .

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки  $K_C = 1,0$ .

Для маси вилівка в 0,625 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки  $K_B = 0,81$ .

Для визначення коефіцієнта  $K_{II}$ , що залежить від об'єму виробництва, тобто, розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності. Група серійності складає 3, програма випуску 2800 шт.

Для алюмінієвого сплаву коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок  $K_{II} = 1,0$ .

Вартість відходів  $C_{відх} = 6000$  грн./т.

$$C_{заг.лит2} = \frac{(0,625 \cdot 134000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(0,625 - 0,6) \cdot 6000}{1000} = 67,65 \text{ (грн.)}$$

Аналізуючи дану ситуацію пропоную остаточним методом лиття вибрати лиття в кокіль, адже він є дешевшим за лиття під тиском.

Економічний ефект



$$E = (C_{\text{заг.литт2}} - C_{\text{заг.литт1}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.17)$$

$$E = (67,65 - 62,34) \cdot 2800 = 14868 \text{ (грн.)}$$

Висновок. З отриманих розрахунків можна зробити висновок, що при виготовленні даної заготовки деталі доцільно обрати метод лиття в кокіль, так як він є більш економічним для даного типу виробництва.

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

Заготовкою для нашої деталі є литво в металеві форми.

Визначимо кількість ступенів механічної обробки для циліндричної поверхні  $\varnothing 35\text{H7}^{(+0,025)}$ .

Допуск заготовки отриманої литтям в металеві форми  $T_{\text{заг}} = 1100$  мкм.

Допуск деталі по 7 квалітету –  $T_{\text{дет}} = 25$  мкм ( $R_a = 1,6$  мкм).

Так як виробництво деталі середньосерійне, матеріал заготовки АК7, то

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

$$\varepsilon = \frac{1100}{25} = 44,$$

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

Отже, можна прийняти 2 або 3 переходи механічної обробки. Для зменшення трудомісткості приймаємо 2 переходи механічної обробки. Тоді

$$\varepsilon_1 = 6; \varepsilon_2 = 4; \varepsilon_3 = 1,83.$$

Допуски на проміжні технологічні розміри:

$$T_1 = \frac{1100}{6} = 183,3 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 11);$$

$$T_2 = \frac{183,3}{4} = 45,8 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT } 8);$$

$$T_3 = \frac{45,8}{1,83} = 25 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT } 7).$$

Остаточно приймаємо 3 переходи механічної обробки: розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне.

Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності зведені в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Методи обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Поверхні (розміри)	IT	Ra, мкм	$\varepsilon$	T, мкм	Методи обробки
1	2	3	4	5	6
$\varnothing 35\text{H}7^{(+0,025)}$	7	1,6	44	25	Розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 62\text{H}8^{(+0,046)}$	8	3,2	26	46	Розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне
$\varnothing 75\text{h}9^{(-0,074)}$	9	3,2	18,9	74	Точіння попереднє; точіння остаточне
$75 \pm 0,025$		1,6			Фрезерування попереднє; фрезерування остаточне
14		3,2			Фрезерування однократне
торець 12 ( $\varnothing 68\text{H}8$ )		3,2			Точіння однократне

Всі інші поверхні деталі «Корпус 19С.008» обробляються по 12, 14 квалітетах за один перехід, так як заготовка деталі є досить точною.

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

### 2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

При виборі чистових технологічних баз необхідно враховувати наступні рекомендації:

- найбільша точність досягається на всіх операціях механічної обробки одних і тих же комплектів баз, тобто використання принципу постійності баз;

- особливо важливим при чистовій обробці є дотримання принципу співпадання баз, так як при цьому остаточно витримується задана точність деталі. При співпаданні баз технологічної і вимірювальної похибка базування дорівнює нулю;

- бази для остаточної обробки повинні мати високу точність розмірів і геометричної форми, а також невелику шорсткість поверхні. Вони не повинні деформуватись під дією сил різання, затискання та власної ваги заготовки.

Наведена схема базування (рис. 2.3) вирішує задачу зведення до нуля або можливого мінімуму похибок базування за рахунок використання принципу постійності баз.

Основними конструкторськими базами є основа і два паза  $B = 14$  мм.

З метою вибору кращих варіантів чистових баз необхідно проаналізувати схеми базування на всіх операціях механічної обробки.

Похибки базування на принципові розміри:

$\epsilon_{640} = 0$  – виконується обробка з одного установа;

$\epsilon_{65} = 0$  – обробка виконується з одного установа;

$\epsilon_{612} = 0$  – обробка виконується з одного установа;

$\epsilon_{64,2} = 0$  – обробка виконується з одного установа;

$\epsilon_{675 \pm 0,023} = 0$  – виконується принцип співпадання баз;

$\epsilon_{614} = 0$  – виконується принцип співпадання баз;

$\epsilon_{605} = 0$  – обробка мірним інструментом;

$\epsilon_{609} = 0$  – обробка мірним інструментом;

$\epsilon_{6M12-7H} = 0$  – обробка мірним інструментом;

$\epsilon_{6M6-7H} = 0$  – обробка мірним інструментом;

$\epsilon_{6M13\pm 0,3} \neq 0$  – неспівпадання баз;

$\epsilon_{612} \text{ (різь)} \neq 0$  – неспівпадання баз;

$\epsilon_{632} \text{ (різь)} \neq 0$  – неспівпадання баз.

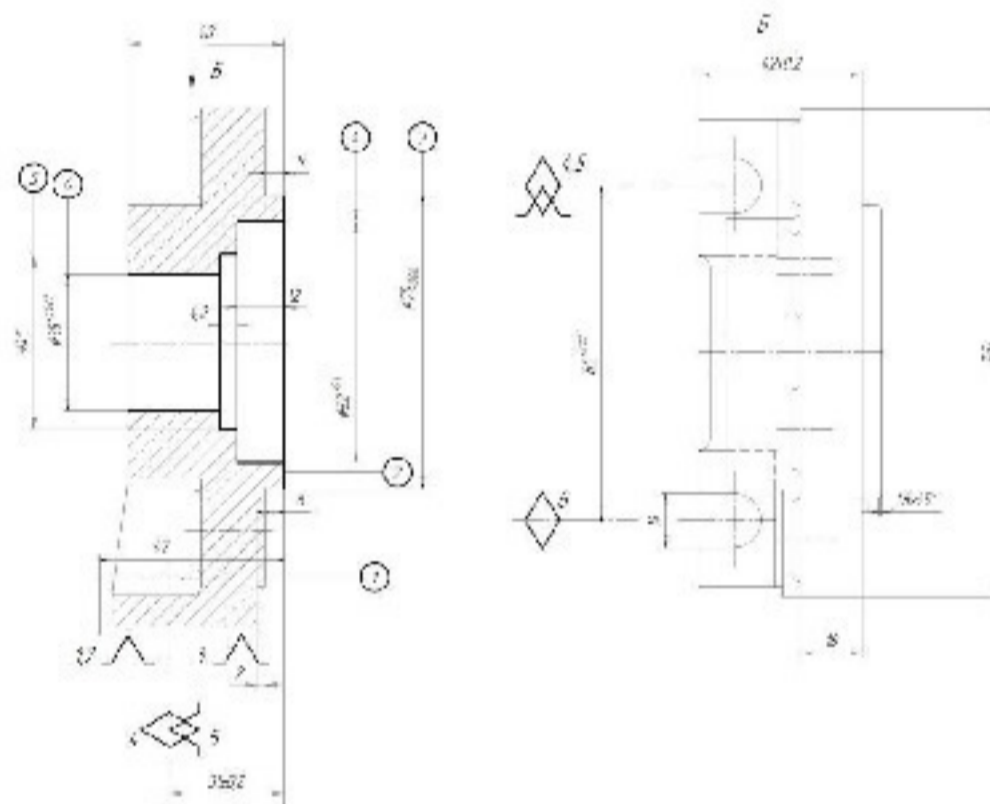


Рисунок 2.3 – Схема базування на чистові технологічні бази

### 2.5.2 Вибір чорнових технологічних баз

При виборі чорнових баз слід користуватись наступними рекомендаціями:

- при обробці заготовок, що отримані литтям, необроблені поверхні слід використовувати тільки на першій операції;

- за технологічні бази необхідно приймати поверхні достатніх розмірів, які мають більш високу точність і невелику шорсткість. Вони не повинні мати ливарних приливів, ліній рознімання, окалин і т. ін. Все це сприяє збільшенню точності базування та закріплення заготовки в пристосуванні;

- у деталей, що не підлягають механічній обробці, технологічними базами на першій операції слід приймати поверхні, які взагалі не обробляються і це забезпечить найменше зміщення оброблених поверхонь відносно необроблених;

- якщо у заготовок обробляються всі поверхні, за чорнові бази доцільно прийняти поверхні з найменшими припусками. Тим самим при подальшій обробці виключається можливість появи “чорнот” на цих поверхнях;

- база для першої операції повинна вибиратись з урахуванням забезпечення кращих умов обробки поверхонь, що приймаються в подальшому за технологічні бази.

На першій (перших) операціях ми обробляємо технологічні бази – основу і 2 пази  $B = 14$  мм. Базування деталі проводимо по необроблених (чорних) базових поверхнях основи фланця і двох боковим сторонам. Похибка базування для розмірів  $\varepsilon_{642} = 0$ ;  $\varepsilon_{616} = 0$ , тому що бази співпадають.

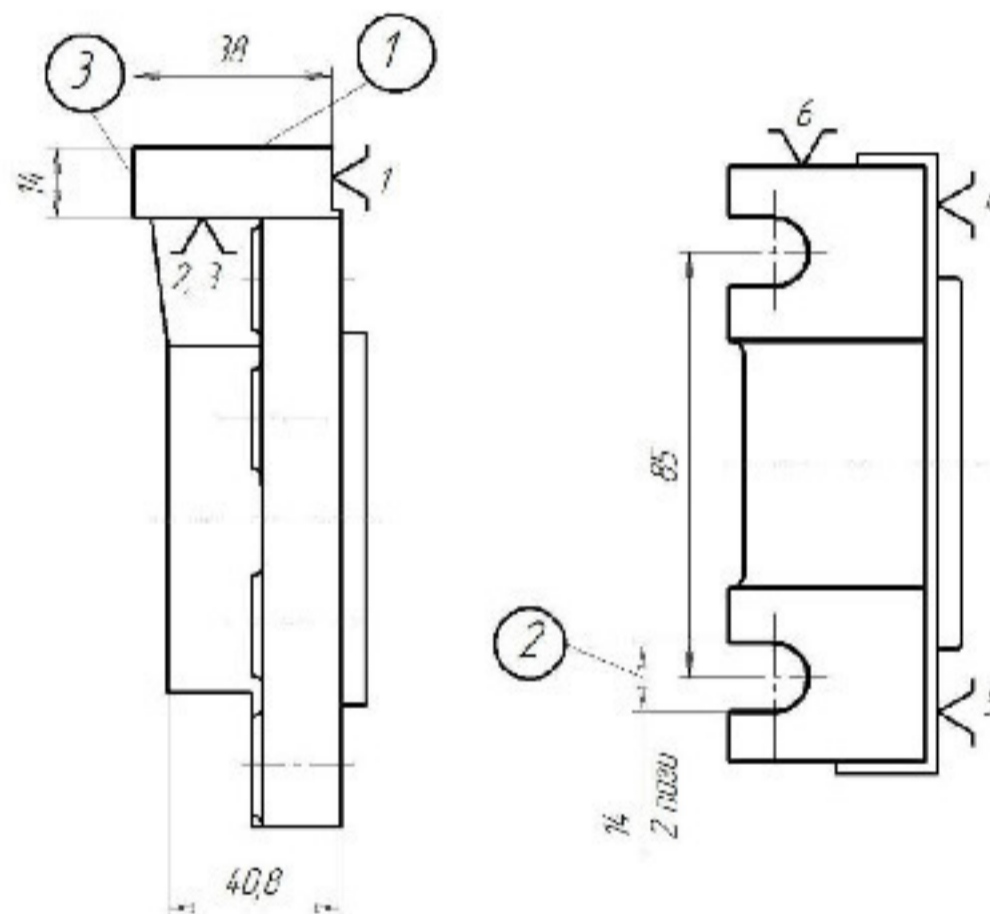
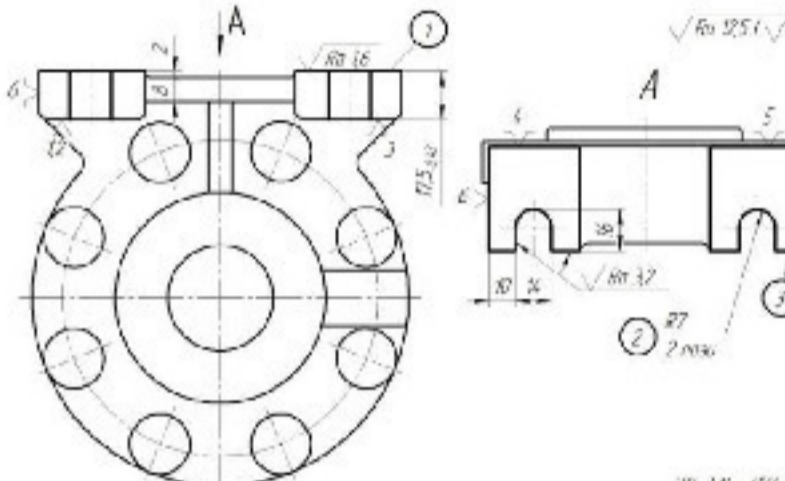
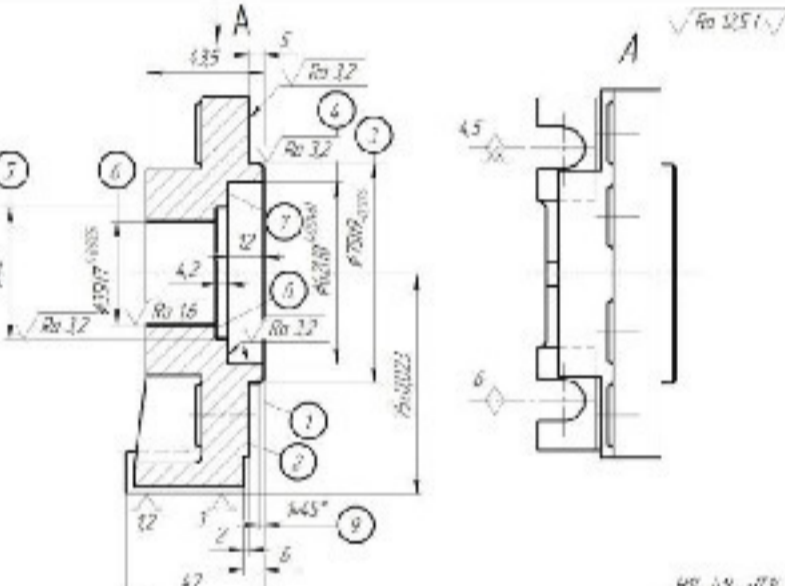
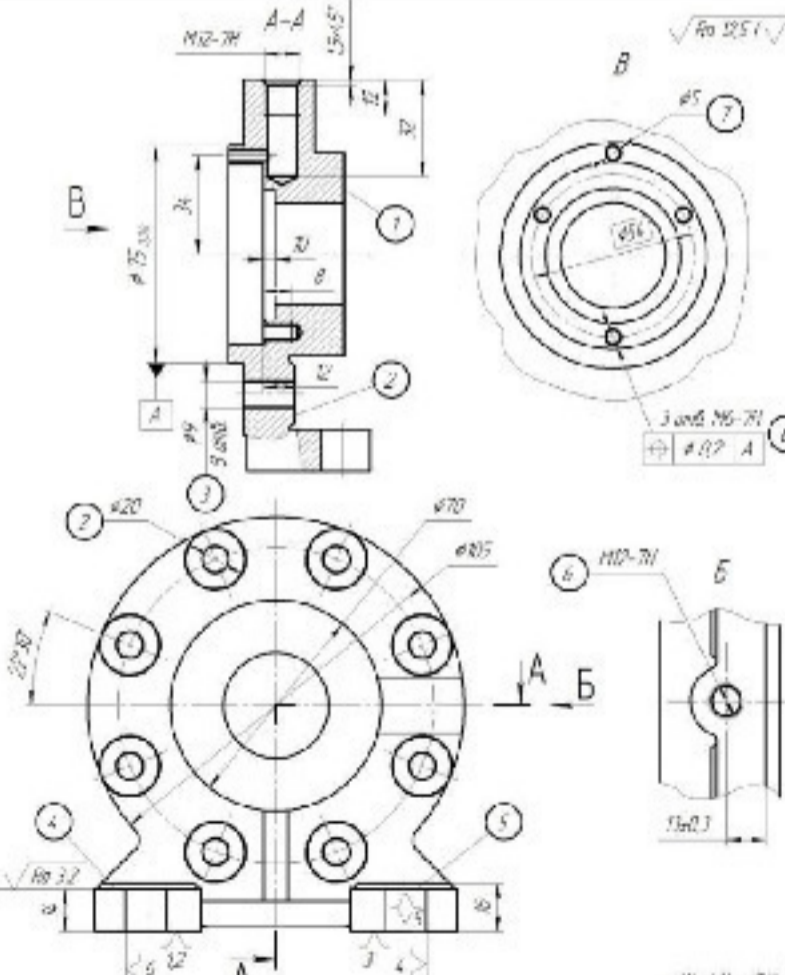


Рисунок 2.4 – Схема базування для обробки технологічних баз

Згідно перерахованим рекомендаціям за чорнові технологічні бази використаємо такі поверхні: основу фланця і дві бокові сторони. При цьому вирішуємо задачу забезпечення розмірної привязки поверхонь, що обробляються, до поверхонь, які не обробляються.

## 2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Таблиця 2.11 – Маршрут механічної обробки (I варіант)

№ операції	Найменування і зміст операції	Ескіз обробки, схема базування	Тип верстата
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо, поверхню 3 однакратно.</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.</li> <li>3. Фрезерувати 2 пази 2 однакратно.</li> <li>4. Зняти заготовку.</li> </ol>	 <p style="text-align: right;">НК, НК, ±TK/2</p>	Верстально-фрезерний з ЧПК БРТУФЗ
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець 1 однакратно, поверхню 3 попередньо, торець 2 однакратно.</li> <li>3. Точити фаску 9, поверхню 3 остаточно.</li> <li>4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 однакратно, отвір 5 з підрізанням торця 8 однакратно, отвір 6 попередньо.</li> <li>5. Розточити отвори 4, 6 попередньо.</li> <li>6. Розточити отвори 4, 6 остаточно.</li> <li>6. Зняти заготовку.</li> </ol>	 <p style="text-align: right;">НК, НК, ±TK/2</p>	Токарний з ЧПК МК6801ФЗ
015	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати торець 1 однакратно.</li> <li>3. Фрезерувати в діюшок 2 почергово однакратно.</li> <li>4. Центрувати в отвір 3.</li> <li>5. Свердлити в отвір 3.</li> <li>6. Фрезерувати плати 4, 5 однакратно.</li> <li>7. Повернути стіл на 90°.</li> <li>8. Центрувати отвір 6.</li> <li>9. Свердлити отвір 6.</li> <li>10. Зенкувати фаску в отвірі 6.</li> <li>11. Нарізати різь в отвірі 6.</li> <li>12. Повернути стіл на 90°.</li> <li>13. Центрувати отвір 7 і 3 отв. 8.</li> <li>14. Свердлити отвір 7.</li> <li>15. Свердлити 3 отв. 8.</li> <li>16. Зенкувати фаску в 3 отв. 8.</li> <li>17. Нарізати різь в 3 отв. 8.</li> <li>18. Зняти деталь.</li> </ol>	 <p style="text-align: right;">НК, НК, ±TK/2</p>	Багатоцільовий з ЧПК 6901БМФ2 з лабораторним столом

Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки (II варіант)

№ операції	Найменування і зміст операції	Ескіз обробки, схема базування	Тип верстата
005	<p><i>Вертикально-фрезерна з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо, поверхню 3 однократно.</li> <li>3. Фрезерувати підтримку 1 штифта.</li> <li>4. Фрезерувати 2 пази 2 однократно.</li> <li>5. Зняти загинувку.</li> </ol>		<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК БР15ФФ3</p>
010	<p><i>Багатошліфова з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець 1 однократно, поверхню 3 попередньо, торець 2 однократно.</li> <li>3. Точити фаску 4, поверхню 5 остаточно.</li> <li>4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 однократно, отвір 5 з підрізанням торця 8 однократно, отвір 6 попередньо.</li> <li>5. Розточити отвори 4, 6 попередньо.</li> <li>6. Розточити отвори 4, 6 остаточно.</li> <li>7. Повернути стіл на 180°.</li> <li>8. Фрезерувати торець 11 однократно.</li> <li>9. Фрезерувати 6 бобишок 12 по чергоду однократно.</li> <li>10. Центрувати в отв. 13.</li> <li>11. Свердлити в отв. 13.</li> <li>12. Фрезерувати платики 14, 15 однократно.</li> <li>13. Повернути стіл на 90°.</li> <li>14. Центрувати отвір 16.</li> <li>15. Свердлити отвір 16.</li> <li>16. Зенкувати фаску в отворі 16.</li> <li>17. Нарізати різь в отворі 16.</li> <li>18. Повернути стіл на 90°.</li> <li>19. Центрувати отвір 17 і 3 отв. 18.</li> <li>20. Свердлити отвір 17.</li> <li>21. Свердлити 3 отв. 18.</li> <li>22. Зенкувати фаску в 3 отв. 18.</li> <li>23. Нарізати різь в 3 отв. 18.</li> <li>24. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Багатошліфова з ЧПК НААС ЕС-1600</p>

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

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є мінімум приведених витрат на одиницю продукції.

Технологічна собівартість механічної обробки розраховується за формулою [3, 7]:

$$C_o = \frac{C_{n-v} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ [грн.],} \quad (2.19)$$

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

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

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

Виконаємо нормування операцій для варіантів маршруту механічної обробки. Результати розрахунку показано в табл. 2.13-2.14.

Таблиця 2.13 – Основний час виконання обробки (I варіант)

Операція, переходи	Основний час виконання переходу $T_o$ , хв.
1	2
<b>Операція 005</b>	
2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо, поверхню 3 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell + 0,0059 \cdot \ell =$ $= 0,0059 \cdot 38 + 0,0059 \cdot 10 = 0,224$
3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	$T_o = 0,0048 \cdot \ell = 0,0048 \cdot 38 = 0,18$
4. Фрезерувати 2 пази 2 однократно.	$T_o = 2 \cdot 0,0059 \cdot \ell = 2 \cdot 0,0059 \cdot 16 = 0,19$
	$\Sigma T_o = 0,596 \text{ хв.}$
<b>Операція 010</b>	
2. Точити торець 1 однократно, поверхню 3 попередньо, торець 2 однократно.	$T_o = 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000075 \cdot D \cdot \ell +$ $+ 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) = 0,000045 \cdot 75 \cdot (75-62) +$ $+ 0,000075 \cdot 75 \cdot 5 + 0,000045 \cdot 125 \cdot (125-75) =$ $= 0,044 + 0,028 + 0,28 = 0,353$
3. Точити фаску 9, поверхню 3 остаточно.	$T_o = 0,000075 \cdot D \cdot \ell + 0,000175 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000075 \cdot 73 \cdot 1 + 0,000175 \cdot 75 \cdot 5 = 0,0055 + 0,066 =$ $= 0,071$
4. Розточити отвір 4 попередньо з підрізанням торця 7 однократно, отвір 5 з підрізанням торця 8 однократно, отвір 6 попередньо.	$T_o = 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) +$ $+ 0,000068 \cdot D \cdot \ell + 0,000045 \cdot D \cdot (D-d) + 0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000068 \cdot 62 \cdot 12 + 0,000045 \cdot 62 \cdot (62-45) +$ $+ 0,000068 \cdot 45 \cdot 4,2 + 0,000045 \cdot 45 \cdot (45-35) +$ $+ 0,000068 \cdot 35 \cdot 23,8 =$ $= 0,05 + 0,047 + 0,013 + 0,02 + 0,057 = 0,187$



Продовження таблиці 2.13

1	2
5. Розточити отвори 4, 6 попередньо.	$T_o = 0,00012 \cdot D \cdot \ell + 0,00012 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,00012 \cdot 62 \cdot 12 + 0,00012 \cdot 35 \cdot 23,8 =$ $= 0,09 + 0,1 = 0,19$
6. Розточити отвори 4, 6 остаточно.	$T_o = 0,00019 \cdot D \cdot \ell + 0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,00019 \cdot 62 \cdot 12 + 0,00019 \cdot 35 \cdot 23,8 =$ $= 0,14 + 0,16 = 0,3$
	$\Sigma T_o = 1,1$ хв.
<b>Операція 015</b>	
2. Фрезерувати торець 1 однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 70 = 0,413$
3. Фрезерувати 8 бобишок 2 почергово однократно.	$T_o = 0,0059 \cdot \ell = 0,0059 \cdot 329,7 = 1,95$
4. Центрувати 8 отворів 3.	$T_o = 8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 0,00056 \cdot 4 \cdot 5 = 0,09$
5. Свердли 8 отворів 3.	$T_o = 8 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 8 \cdot 0,00056 \cdot 9 \cdot 18 = 0,725$
6. Фрезерувати платики 4, 5 однократно.	$T_o = 2 \cdot 0,0059 \cdot \ell = 2 \cdot 0,0059 \cdot 35 = 0,413$
7. Повернути стіл на 90°.	
8. Центрувати отвір 6.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 5 \cdot 6 = 0,017$
9. Свердли отвір 6.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 11 \cdot 32 = 0,2$
10. Зенкувати фаску в отворі 6.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 14 \cdot 1 = 0,008$
11. Нарізати різь в отворі 6.	$T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 12 \cdot 12 = 0,09$
12. Повернути стіл на 90°.	
13. Центрувати отвір 7 і 3 отв. 8.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell + 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,00056 \cdot 3 \cdot 4 + 3 \cdot 0,00056 \cdot 3 \cdot 4 = 0,027$
14. Свердли отвір 7.	$T_o = 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 0,00056 \cdot 5 \cdot 16 = 0,045$
15. Свердли 3 отв. 8.	$T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 5 \cdot 12 = 0,1$
16. Зенкувати фаску в 3 отв. 8.	$T_o = 3 \cdot 0,00056 \cdot D \cdot \ell = 3 \cdot 0,00056 \cdot 8 \cdot 0,6 = 0,003$
17. Нарізати різь в 3 отв. 8.	$T_o = 1/t_p \cdot 0,00063 \cdot D \cdot \ell = 1/1 \cdot 0,00063 \cdot 6 \cdot 8 = 0,03$
	$\Sigma T_o = 4,1$ хв.

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

Операції, переходи	$T_o$ , хв.	$\varphi_k$	$T_{шт-к}$ , хв.
1	2	3	4
I варіант			
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,596	1,4	0,835
010 Токарна з ЧПК	1,1	1,3	1,43
015 Багатоцільова з ЧПК	4,1	1,4	5,744
II варіант			
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,596	1,4	0,835
010 Багатоцільова з ЧПК	1,1+4,1 = 5,2	1,4	7,28

Результати розрахунку технологічної собівартості операцій заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	$T_{\text{шт-к}}$ , хв	$C_{\text{н-в}}$ , грн./хв.	$C_o$ , грн.
І варіант ТП			
6Р13РФ3	0,835	83,1	0,89
МК6801Ф3	1,43	48,6	0,89
6904ВМФ2	5,744	85	6,26
Всього			8,04
ІІ варіант ТП			
6Р13РФ3	0,835	83,1	0,89
НААС ЕС-1600	7,28	80,5	7,51
Всього			8,4

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:

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

$$E = (8,4 - 8,51) \cdot 2800 = 1008,1 \text{ (грн.)}$$

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 [7]

### 2.8.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів залежить від вибраної схеми базування. При виборі схеми базування деталі намагаються звести похибку базування до нуля. Це досягається при умові суміщення технологічної і конструкторської баз, а також при обробці поверхонь з одного установа.

### 2.8.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Після завершення побудови розмірної схеми виділяються розмірні ланцюги для розрахунків невідомих розмірів.

Значення і точність замикаючої ланки  $K_1, K_2, \dots$  залежить від значень і точності складових розмірів ланцюга  $B_1, B_2, B_3, \dots$ .

Суть розрахунків розмірного ланцюга заключається в установленні допусків і граничних відхилень всіх її ланок.

Допуски розмірів регламентуються стандартом ГОСТ 25346-82. При чорновій обробці ми отримуємо 15 квалітет точності, при чистовій 11-12 квалітет. За величиною встановленого допуску та його розташування визначають номінальний розмір.

Призначені допуски на технологічні розміри і розміри заготовки зводимо до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Призначені допуски на технологічні розміри

Розмір	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$
Квалітет	15	15	15	15	15	15	12	12	12	10	12	10	12	14	12	12	14	12	12	14
Попередні допуски	1,8	1,8	1,2	1,9	1,7	1,2	0,3	0,3	0,35	0,3	0,35	0,25	0,3	0,25	0,2	0,3	0,2	0,2	0,25	0,2
Прийнятий допуск	1,8	1,8	1,2	1,9	1,7	1,2	0,26	0,62	0,3	0,1	0,3	0,1	0,25	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Номінальне значення	46,2	42,36	14,5	49,26	16,95	12	42	36,06	38,8	37,9	33,8	32,9	26,8	25,95	21,65	15	1,0	13,9	16,75	2,0

## 2.8.3 Розмірна схема технологічного процесу

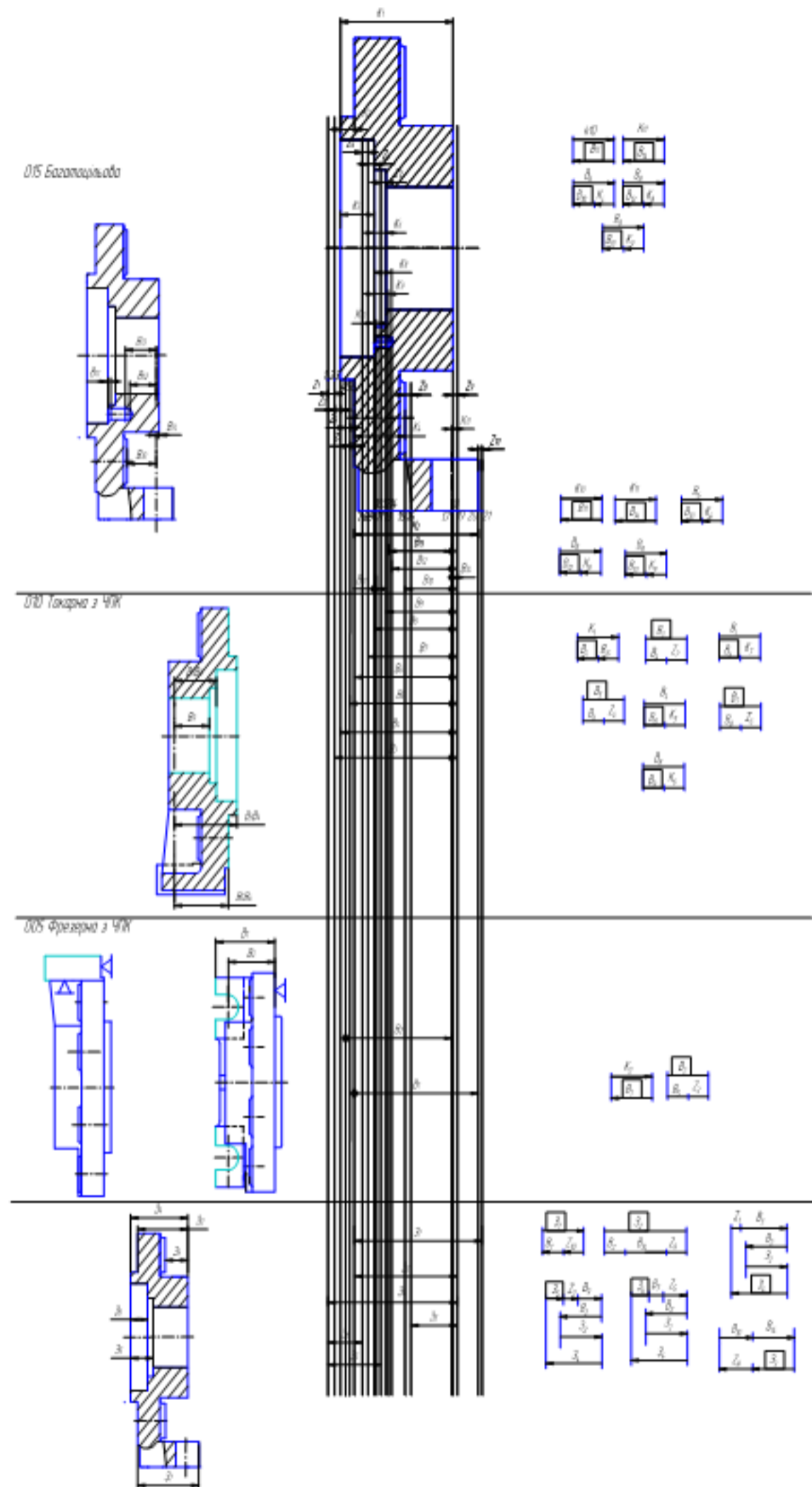


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

## 2.8.4 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

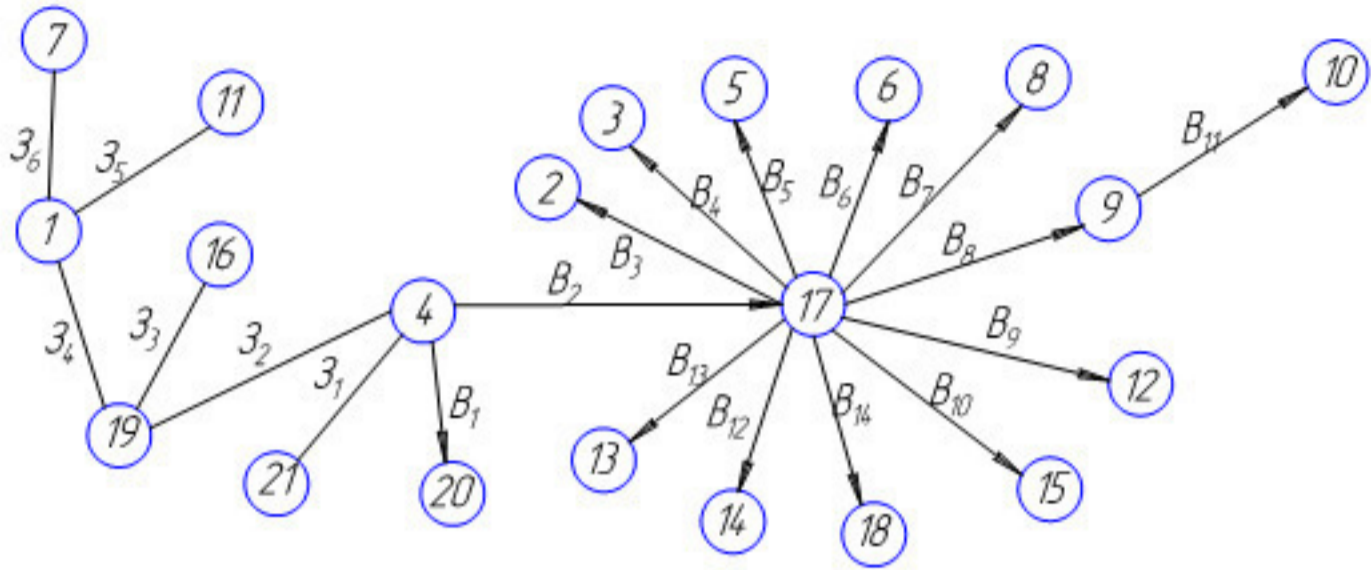


Рисунок 2.6 – Похідний граф-дерево

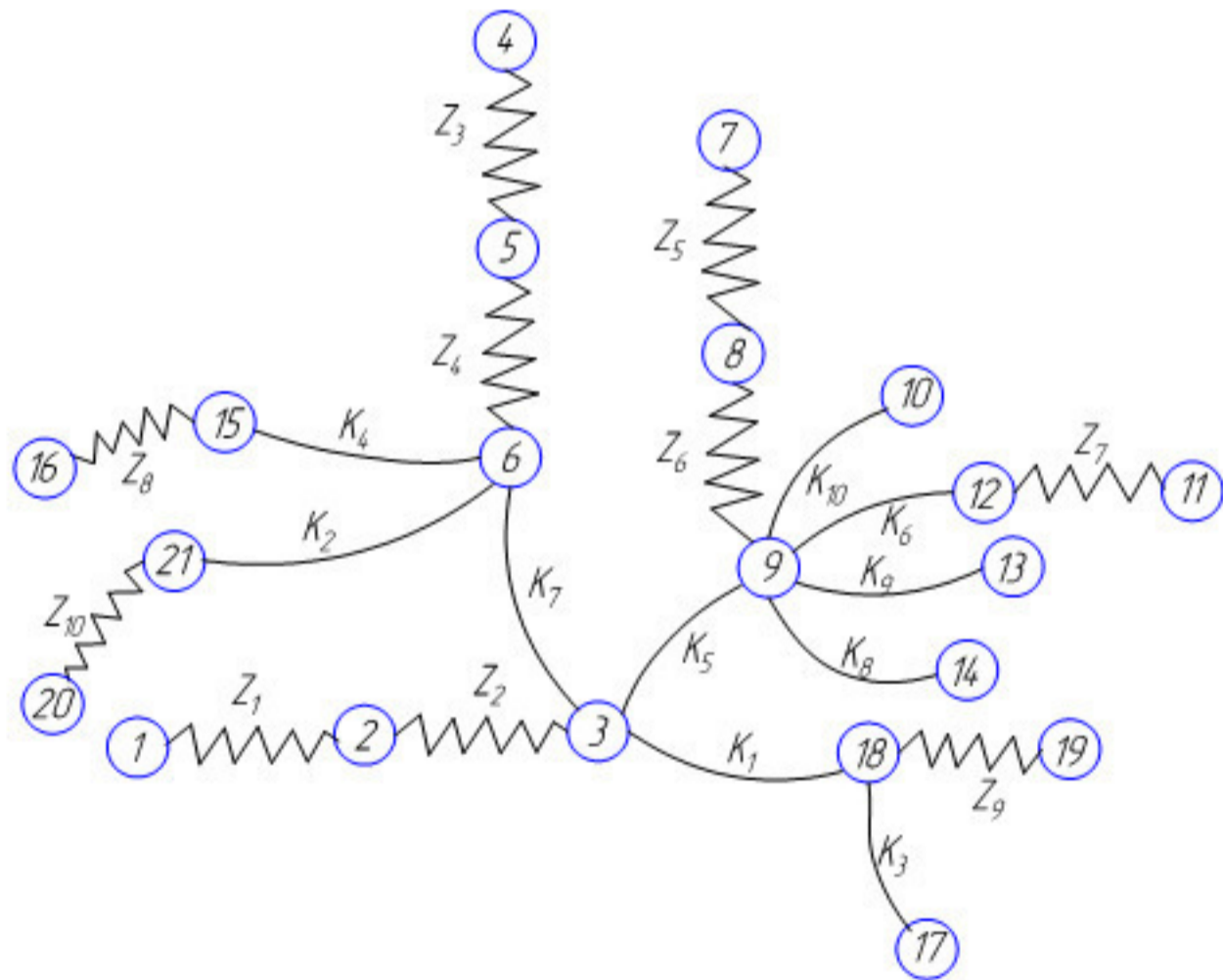


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

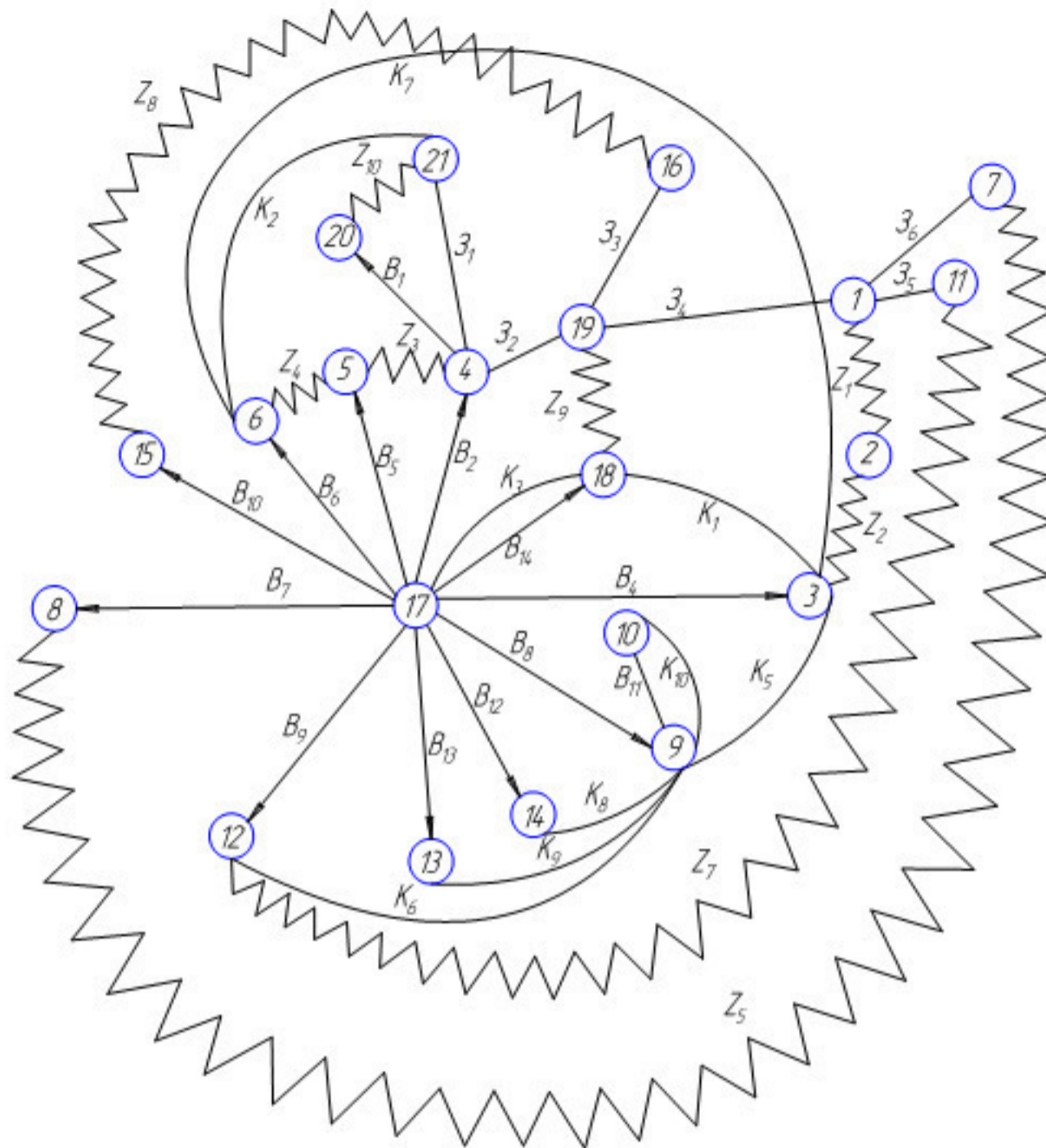


Рисунок 2.8 – Суміщений граф-дереву

2.8.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні припуски можна визначити аналітичним або табличним способом.

Згідно [8] визначаємо мінімальні припуски і записуємо їх в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Мінімальні припуски

Припуски	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$Z_{10}$
$Z_{\min}$	2,0	0,6	2	0,6	2	0,6	2,2	2,2	2,4	2,4

### 2.8.6 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Технологічний розмірний ланцюг розбиваємо на ланки, складаємо для кожної ланки рівняння і визначаємо технологічні розміри  $B_1, B_2, \dots$ . Замикаючими ланками являються конструкторські розміри  $K_1, K_2, \dots$ , або припуски  $Z_1, Z_2, \dots$ .

Таблиця 2.18 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
1	$-K_3 + B_{14} = 0$	$K_3 = B_{14}$	$B_{14}$
2	$-K_{10} + B_{11} = 0$	$K_{10} = B_{11}$	$B_{11}$
3	$-K_1 + B_4 + B_{14} = 0$	$K_1 = B_4 + B_{14}$	$B_4$
4	$-B_4 + B_8 + K_5 = 0$	$K_5 = B_4 - B_8$	$B_8$
5	$-B_4 + B_6 + K_7 = 0$	$K_7 = B_4 - B_6$	$B_6$
6	$-B_6 + B_{10} + K_4 = 0$	$K_4 = B_6 - B_{10}$	$B_{10}$
7	$-B_8 + B_{12} + K_8 = 0$	$K_8 = B_8 - B_{12}$	$B_{12}$
8	$-B_8 + B_{13} + K_9 = 0$	$K_9 = B_8 - B_{13}$	$B_{13}$
9	$-B_3 + B_4 + Z_2 = 0$	$Z_2 = B_3 - B_4$	$B_3$
10	$-B_5 + B_6 + Z_4 = 0$	$Z_4 = B_5 - B_6$	$B_5$
11	$-B_7 + B_8 + Z_6 = 0$	$Z_6 = B_7 - B_8$	$B_7$
12	$-B_8 + B_9 + K_6 = 0$	$K_6 = B_8 - B_9$	$B_9$
13	$-K_2 + B_1 = 0$	$K_2 = B_1$	$B_1$
14	$-B_2 + B_5 + Z_3 = 0$	$Z_3 = B_2 - B_5$	$B_2$
15	$-31 + B_1 + Z_{10} = 0$	$Z_{10} = 31 - B_1$	$31$
16	$-32 + B_2 + B_{14} + Z_9 = 0$	$Z_9 = 32 - B_2 - B_{14}$	$32$
17	$-Z_1 - B_3 + B_2 - 32 + 34 = 0$	$Z_1 = B_2 - B_3 - 32 + 34$	$34$
18	$-Z_7 - 35 - B_9 + B_2 - 32 + 34 = 0$	$Z_7 = B_2 - 35 - B_9 - 32 + 34$	$35$
19	$36 - B_7 - Z_5 + B_2 - 32 + 34 = 0$	$Z_5 = B_2 - 36 - B_7 - 32 + 34$	$36$
20	$-B_{10} - B_{14} + Z_8 + 33 = 0$	$Z_8 = B_{10} + B_{14} - 33$	$33$

2.8.7 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів і маршрута механічної обробки

$$K_1 = 40_{-0.3} \quad K_2 = 42_{-0.3} \quad K_4 = 18_{\pm 0.1}$$

$$K_3 = 2_{\pm 0.1} \quad K_5 = 12_{\pm 0.15}$$

$$K_6 = 4.2_{\pm 0.1} \quad K_7 = 5_{\pm 0.1}$$

$$K_8 = 12_{\pm 0.15} \quad K_9 = 9_{\pm 0.2}$$

$$K_{10} = 1_{\pm 0.1} \quad K_{11} = 2_{\pm 0.1}$$

Ланцюгові рівняння починаємо розв'язувати з кінця т.п. Рівняння повинні бути з одним невідомим, замикаючою ланкою яких є конструкторські розміри  $K_1, K_2 \dots$  або  $Z_1, Z_2 \dots$

Розв'язуємо рівняння технологічних ланцюгів:

$$1. \quad K_3 = B_{14} \quad B_{14} = K_3 = 2_{\pm 0.1} \text{ мм} \quad \text{допуск } 0,2 \text{ мм.}$$

$$2. \quad K_{10} = B_{11} \quad B_{11} = K_{10} = 1_{\pm 0.1} \text{ мм} \quad \text{допуск } 0,2 \text{ мм.}$$

$$3. \quad K_{1\text{мін}} = B_{4\text{мін}} - B_{14\text{мін}};$$

$$B_{4\text{мін}} = K_{1\text{мін}} - B_{14\text{мін}} = 39,7 - 1,9 = 37,8 \text{ (мм);}$$

$$B_{4\text{макс}} = 37,8 + 0,3 = 38,1 \text{ (мм).}$$

$$\text{Перевірка: } K_{1\text{макс}} = B_{4\text{макс}} + B_{14\text{макс}} = 38,1 + 2,1 = 40,2 \text{ (мм);}$$

$$B_{4\text{макс}} = K_{1\text{макс}} - B_{14\text{макс}} = 40,0 - 2,1 = 37,9 \text{ (мм);}$$

$$\text{Допуск } 37,9 - 37,8 = 0,1 \text{ (мм); } B_4 = 37,9_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$4. \quad K_{5\text{мін}} = B_{4\text{мін}} - B_{8\text{макс}};$$

$$B_{8\text{макс}} = B_{4\text{мін}} - K_{5\text{мін}} = 37,8 - 11,85 = 25,95 \text{ (мм);}$$

$$B_{8\text{мін}} = 25,95 - 0,25 = 25,7 \text{ (мм).}$$

$$\text{Перевірка: } K_{5\text{макс}} = B_{4\text{макс}} - B_{8\text{мін}} = 37,9 - 25,7 = 12,2 \text{ (мм);}$$

$$B_{8\text{мін}} = B_{4\text{макс}} - K_{5\text{макс}} = 37,9 - 12,15 = 25,75 \text{ (мм);}$$

$$\text{Допуск } 25,95 - 25,75 = 0,2 \text{ (мм); } B_8 = 25,95_{-0,2} \text{ мм.}$$

$$5. \quad K_{7\text{мін}} = B_{4\text{мін}} - B_{6\text{макс}};$$

$$B_{6\text{макс}} = B_{4\text{мін}} - K_{7\text{мін}} = 37,8 - 4,9 = 32,9 \text{ (мм);}$$

$$B_{6\text{мін}} = 32,9 - 0,25 = 32,65 \text{ (мм).}$$

$$\text{Перевірка: } K_{7\text{макс}} = B_{4\text{макс}} - B_{6\text{мін}} = 37,9 - 32,65 = 5,25 \text{ (мм);}$$

$$B_{6\text{мін}} = B_{4\text{макс}} - K_{7\text{макс}} = 37,9 - 5,1 = 32,8 \text{ (мм);}$$

$$\text{Допуск } 32,9 - 32,8 = 0,1 \text{ (мм); } B_6 = 32,9_{-0,1} \text{ мм.}$$

$$6. \quad K_{4\text{мін}} = B_{6\text{мін}} - B_{10\text{макс}};$$

$$B_{10\text{макс}} = B_{6\text{мін}} - K_{4\text{мін}} = 32,8 - 17,8 = 15 \text{ (мм);}$$

$$B_{10\text{мін}} = 15 - 0,3 = 14,7 \text{ (мм).}$$

$$\text{Перевірка: } K_{4\text{макс}} = B_{6\text{макс}} - B_{10\text{мін}} = 32,9 - 14,7 = 18,2 \text{ (мм);}$$



$$B_{10\text{min}} = B_{6\text{max}} - K_{4\text{max}} = 32,9 - 18,1 = 14,8 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск} \quad 15 - 14,8 = 0,2 \text{ (мм)}; \quad B_{10} = 15_{-0,2} \text{ мм}.$$

$$7. K_{8\text{min}} = B_{8\text{min}} - B_{12\text{max}};$$

$$B_{12\text{max}} = B_{8\text{min}} - K_{8\text{min}} = 25,75 - 11,85 = 13,9 \text{ (мм)};$$

$$B_{12\text{min}} = 13,9 - 0,2 = 13,7 \text{ (мм)}.$$

$$K_{8\text{max}} = B_{8\text{max}} - B_{12\text{min}} = 25,95 - 13,7 = 12,25 \text{ (мм)};$$

$$B_{12\text{min}} = B_{8\text{max}} - K_{8\text{max}} = 25,95 - 12,15 = 13,8 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск} \quad 13,9 - 13,8 = 0,1 \text{ (мм)}; \quad B_{12} = 13,9_{-0,1} \text{ мм}.$$

$$8. K_{9\text{min}} = B_{8\text{min}} - B_{13\text{max}};$$

$$B_{13\text{max}} = B_{8\text{min}} - K_{9\text{min}} = 25,75 - 9 = 16,75 \text{ (мм)};$$

$$B_{13\text{min}} = 16,75 - 0,25 = 16,5 \text{ (мм)}.$$

$$K_{9\text{max}} = B_{8\text{max}} - B_{13\text{min}} = 25,95 - 16,5 = 9,45 \text{ (мм)};$$

$$B_{13\text{min}} = B_{8\text{max}} - K_{9\text{max}} = 25,95 - 9,3 = 16,65 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск} \quad 16,75 - 16,65 = 0,1 \text{ (мм)}; \quad B_{13} = 16,75_{-0,1} \text{ мм}.$$

$$9. Z_{2\text{min}} = B_{3\text{min}} - B_{4\text{max}};$$

$$B_{3\text{min}} = B_{4\text{max}} + Z_{2\text{min}} = 37,9 + 0,6 = 38,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\text{max}} = 38,5 + 0,3 = 38,8 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 38,8_{-0,3} \text{ мм};$$

$$Z_{2\text{max}} = B_{3\text{max}} - B_{4\text{min}} = 38,8 - 37,8 = 1,0 \text{ (мм)}.$$

$$10. Z_{4\text{min}} = B_{5\text{min}} - B_{6\text{max}};$$

$$B_{5\text{min}} = B_{6\text{max}} + Z_{4\text{min}} = 32,9 + 0,6 = 33,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\text{max}} = 33,5 + 0,3 = 33,8 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 33,8_{-0,3} \text{ мм};$$

$$Z_{4\text{max}} = B_{5\text{max}} - B_{6\text{min}} = 33,8 - 32,8 = 1,0 \text{ (мм)}.$$

$$11. Z_{6\text{min}} = B_{7\text{min}} - B_{8\text{max}};$$

$$B_{7\text{min}} = B_{8\text{max}} + Z_{6\text{min}} = 25,95 + 0,6 = 26,55 \text{ (мм)};$$

$$B_{7\text{max}} = 26,55 + 0,25 = 26,8 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = 26,8_{-0,25} \text{ мм};$$

$$Z_{6\text{max}} = B_{7\text{max}} - B_{8\text{min}} = 26,8 - 25,75 = 1,05 \text{ (мм)}.$$

$$12. K_{6\text{min}} = B_{8\text{min}} - B_{9\text{max}};$$

$$B_{9\text{max}} = B_{8\text{min}} - K_{6\text{min}} = 25,75 - 4,1 = 21,65 \text{ (мм)};$$

$$B_{9\text{min}} = 21,65 - 0,2 = 21,45 \text{ (мм)};$$

$$K_{6\text{max}} = B_{8\text{max}} - B_{9\text{min}} = 25,95 - 21,45 = 4,5 \text{ (мм)};$$

$$B_{9\text{мін}} = B_{8\text{маx}} - K_{6\text{маx}} = 25,95 - 4,4 = 21,55 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Допуск } 21,65 - 21,55 = 0,1 \text{ (мм); } \quad B_9 = 21,65_{-0,1} \text{ мм}.$$

$$13. K_2 = B_1; \quad B_1 = K_2 = 42_{-0,3} \text{ мм; } \quad \text{допуск } 0,3 \text{ мм}.$$

$$14. \quad Z_{3\text{мін}} = B_{2\text{мін}} - B_{5\text{маx}};$$

$$B_{2\text{мін}} = B_{5\text{маx}} + Z_{3\text{мін}} = 33,8 + 2 = 35,8 \text{ (мм)};$$

$$B_{2\text{маx}} = 35,8 + 0,26 = 36,06 \text{ (мм); } \quad B_2 = 36,06_{-0,26} \text{ мм};$$

$$Z_{3\text{маx}} = B_{2\text{маx}} - B_{5\text{мін}} = 36,06 - 33,5 = 2,56 \text{ (мм)}.$$

$$15. \quad Z_{10\text{мін}} = Z_{1\text{мін}} - B_{1\text{маx}};$$

$$Z_{1\text{мін}} = B_{1\text{маx}} + Z_{10\text{мін}} = 42 + 2,4 = 44,4 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\text{маx}} = 44,4 + 1,8 = 46,2 \text{ (мм); } \quad Z_1 = 46,2_{-1,8} \text{ мм};$$

$$Z_{10\text{маx}} = Z_{1\text{маx}} - B_{1\text{мін}} = 46,2 - 41,7 = 4,5 \text{ (мм)}.$$

$$16. \quad Z_{9\text{мін}} = Z_{2\text{мін}} - B_{2\text{маx}} - B_{14\text{маx}};$$

$$Z_{2\text{мін}} = B_{2\text{маx}} + B_{14\text{маx}} + Z_{9\text{мін}} = 36,06 + 2,1 + 2,4 = 40,56 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2\text{маx}} = 40,56 + 1,8 = 42,36 \text{ (мм); } \quad Z_2 = 42,36_{-1,8} \text{ мм};$$

$$Z_{9\text{маx}} = Z_{2\text{маx}} - B_{2\text{мін}} - B_{14\text{мін}} = 42,36 - 35,8 - 1,9 = 4,66 \text{ (мм)}.$$

$$17. \quad Z_{1\text{мін}} = B_{2\text{мін}} - B_{3\text{маx}} - Z_{2\text{маx}} + Z_{4\text{мін}};$$

$$Z_{4\text{мін}} = B_{3\text{маx}} + Z_{2\text{маx}} - B_{2\text{мін}} + Z_{1\text{мін}} = 38,8 + 42,36 - 35,8 + 2 = 47,36 \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\text{маx}} = 47,36 + 1,9 = 49,26 \text{ (мм); } \quad Z_4 = 49,26_{-1,9} \text{ мм};$$

$$Z_{1\text{маx}} = B_{2\text{маx}} - B_{3\text{мін}} - Z_{2\text{мін}} + Z_{4\text{маx}} = 36,06 - 35,8 - 40,56 + 49,26 = 7,96 \text{ (мм)}.$$

$$18. \quad Z_{7\text{мін}} = B_{2\text{мін}} - Z_{5\text{маx}} - B_{9\text{маx}} - Z_{2\text{маx}} + Z_{4\text{мін}};$$

$$Z_{5\text{маx}} = B_{2\text{мін}} - B_{9\text{маx}} - Z_{2\text{маx}} + Z_{4\text{мін}} - Z_{7\text{мін}} = 35,8 - 21,65 - 42,36 + 47,36 - 2,2 = \\ = 16,95 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\text{мін}} = 16,95 - 1,7 = 15,25 \text{ (мм); } \quad Z_5 = 16,95_{-1,7} \text{ мм};$$

$$Z_{7\text{маx}} = B_{2\text{маx}} - Z_{5\text{мін}} - B_{9\text{мін}} - Z_{2\text{мін}} + Z_{4\text{маx}} = 36,06 - 15,25 - 21,55 - 40,56 + 49,26 = \\ = 6,9 \text{ (мм)}.$$

$$19. \quad Z_{5\text{мін}} = B_{2\text{мін}} - Z_{6\text{маx}} - B_{7\text{маx}} - Z_{2\text{маx}} + Z_{4\text{мін}};$$

$$Z_{6\text{маx}} = B_{2\text{мін}} - B_{7\text{маx}} - Z_{2\text{маx}} + Z_{4\text{мін}} - Z_{5\text{мін}} = 35,8 - 26,8 - 42,36 + 47,36 - 2 = 12 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\text{мін}} = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ (мм); } \quad Z_6 = 12_{-1,2} \text{ мм};$$

$$Z_{5\text{маx}} = B_{2\text{маx}} - Z_{6\text{мін}} - B_{7\text{мін}} - Z_{2\text{мін}} + Z_{4\text{маx}} = 36,06 - 10,8 - 26,55 - 40,56 + 49,26 = \\ = 7,4 \text{ (мм)}.$$

$$20. \quad Z_{8\text{мін}} = B_{10\text{мін}} + B_{14\text{мін}} - Z_{3\text{мак}};$$

$$Z_{3\text{мак}} = B_{10\text{мін}} + B_{14\text{мін}} - Z_{8\text{мін}} = 14,8 + 1,9 - 2,2 = 14,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\text{мін}} = 14,5 - 1,2 = 13,3 \text{ (мм)}; \quad Z_3 = 14,5_{-1,2} \text{ мм};$$

$$Z_{8\text{мак}} = B_{10\text{мак}} + B_{14\text{мак}} - Z_{3\text{мін}} = 15 + 2,1 - 13,3 = 3,8 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.19 – Розраховані припуски

Припуски		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>9</sub>	Z <sub>10</sub>
Граничні значення	Z <sub>мін</sub>	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2,2	2,2	2,4	2,4
	Z <sub>мак</sub>	7,96	1,0	2,56	1,0	7,4	1,05	6,9	3,8	4,66	4,5

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

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мін	мак				
B <sub>1</sub>	41,7	42	0,3	42	42 <sub>-0,3</sub>	-
B <sub>2</sub>	35,8	36,06	0,26	36,06	36,06 <sub>-0,26</sub>	-
B <sub>3</sub>	38,5	38,8	0,3	38,8	38,8 <sub>-0,3</sub>	-
B <sub>4</sub>	37,8	37,9	0,1	37,9	37,9 <sub>-0,1</sub>	-
B <sub>5</sub>	33,5	33,8	0,3	33,8	33,8 <sub>-0,3</sub>	-
B <sub>6</sub>	32,8	32,9	0,1	32,9	32,9 <sub>-0,1</sub>	-
B <sub>7</sub>	26,55	26,8	0,25	26,8	26,8 <sub>-0,25</sub>	-
B <sub>8</sub>	25,75	25,95	0,2	25,95	25,95 <sub>-0,2</sub>	-
B <sub>9</sub>	21,55	21,65	0,1	21,65	21,65 <sub>-0,1</sub>	-
B <sub>10</sub>	14,8	15	0,2	15	15 <sub>-0,2</sub>	-
B <sub>11</sub>	0,9	1,1	0,2	1	1±0,1	-
B <sub>12</sub>	13,8	13,9	0,1	13,9	13,9 <sub>-0,1</sub>	-
B <sub>13</sub>	16,65	16,75	0,1	16,75	16,75 <sub>-0,1</sub>	-
B <sub>14</sub>	1,9	2,1	0,2	2	2±0,1	-
Z <sub>1</sub>	44,4	46,2	1,8	46,2	-	46,2 <sub>-1,8</sub>
Z <sub>2</sub>	40,56	42,36	1,8	42,36	-	42,36 <sub>-1,8</sub>
Z <sub>3</sub>	13,3	14,5	1,2	14,5	-	14,5 <sub>-1,2</sub>
Z <sub>4</sub>	47,36	49,26	1,9	49,26	-	49,26 <sub>-1,9</sub>
Z <sub>5</sub>	15,25	16,95	1,7	16,95	-	16,95 <sub>-1,7</sub>
Z <sub>6</sub>	10,8	12	1,2	12	-	12 <sub>-1,2</sub>

Висновок. Деякі розрахункові рівняння складаються з 5-6 ланок. Це є недоліком, тому що конструкторські розміри проставлені нераціонально, тобто при механічній обробці не співпадають бази, зростає похибка базування. Припуски  $Z_{1\max}$ ;  $Z_{5\max}$ ;  $Z_{7\max}$  збільшені в результаті розрахунку рівнянь з 6-ма ланками.

Можливий варіант міняти першочерговість операції 010 і 015. В цілому технологічний процес механічної обробки є оптимальним.

## 2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  [3, 7]

Заготовкою для данної деталі є вилівок. Технологічний маршрут обробки отвора  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  складається з трьох переходів (розточування попереднє, розточування попереднє і розточування остаточне), що виконуються з одного установа при обробці деталі.

Сумарне значення  $R_z$  і  $h$ , що характеризує якість поверхні литих заготовок, складає 200 мкм та 200 мкм відповідно [5, 6]. Після першого технологічного переходу значення  $R_z$  і  $h$  для подальших переходів вибираємо за [3] і записуємо їх до розрахункової таблиці 2.21.

Величина просторових відхилень отвору оброблюваної поверхні визначається за формулою [7]:

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

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

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

Таблиця 2.21 – Розраховані припуски на обробку отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$	Елементи припуска, мм				Розрахункові елементи		Допуск $\delta$ , мкм	Граничні значення технолог. розмірів, мм		Граничні значення припусків, мкм		
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\varepsilon_s$	$2Z_{min}$ , мкм	$d_p$ , мм		$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{min}^{cp}$	$2Z_{max}^{cp}$	
Заготовка	200	200	1709	-	-	30,33	1100	29,23	30,33	-	-	
розточування попереднє	50	50	86	103	2·2112	34,553	160	34,393	34,553	2·2112	2·2582	
розточування попереднє	20	25	4	5	2·186	34,925	39	34,886	34,925	2·186	2·246,5	
розточування остаточне	3	-	-	-	2·50	35,025	25	35	35,025	2·50	2·57	
Всього											2·2351	2·2886

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

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_{жс} \cdot D)^2 + (\Delta_{жс} \cdot L)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.22)$$

де  $\Delta_{жс}$  – питоме жолоблення;

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

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

Таким чином,

$$\rho_{жол} = \sqrt{(0,7 \cdot 35)^2 + (0,7 \cdot 23,8)^2} = 29,63 \text{ (мкм)} \approx 30 \text{ (мкм)}.$$

Для визначення величини  $\rho_{zm}$  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. 2.9).

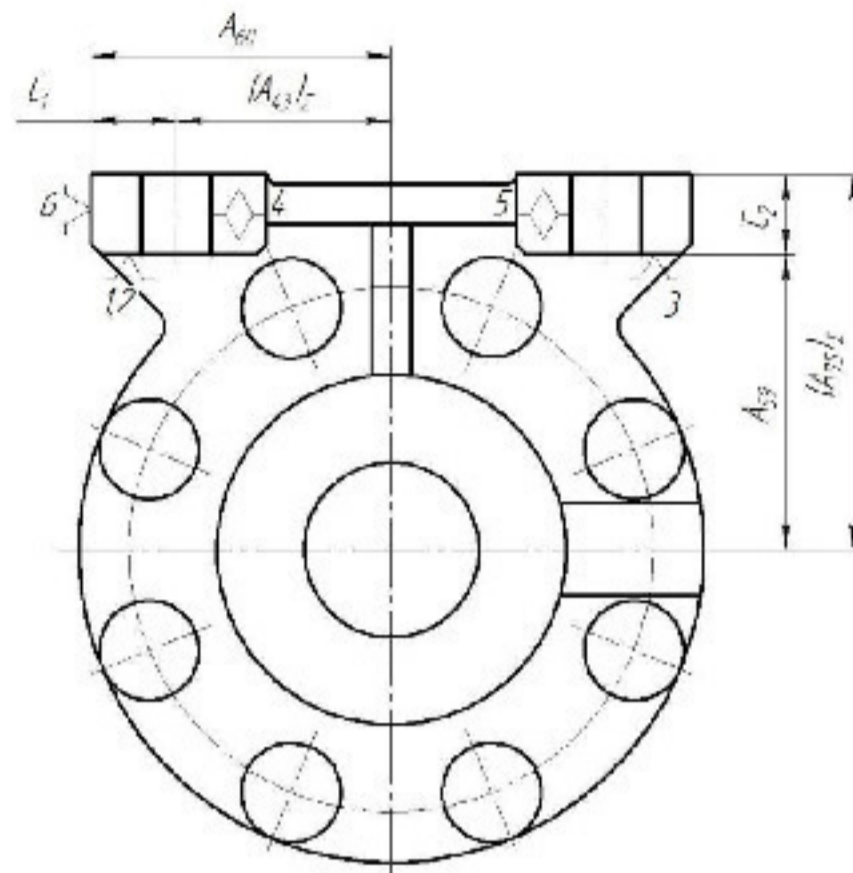


Рисунок 2.9 – Ескіз зі схемою базування на операції обробки чистових баз (перша операція)

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами (площиною основи і розглядуваним отвором) розмірами  $(A_{43})_{\Sigma}$  і  $(A_{75})_{\Sigma}$ . Тому знайдемо  $\rho_{\Sigma}$  як середньоквадратичне значення сумарних похибок механічної обробки цих розмірів, тобто

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 43})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \text{ [МКМ]}. \quad (2.23)$$

Визначимо величини  $\varepsilon_{\Sigma 43}$  та  $\varepsilon_{\Sigma 75}$  за спрощеною формулою визначення сумарної похибки механічної обробки [7]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \omega^2} \text{ [МКМ]}, \quad (2.24)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування, мкм;  $\omega$  – середньостатистична точність способу механічної обробки, мкм.

Знайдемо похибки базування на розміри  $A_{43}$  і  $A_{75}$ , побудувавши відповідні розмірні ланцюги (див. рис. 5.1).

Похибка базування на розмір  $A_{43}$  складе

$$\varepsilon_{\delta 43} = T(A_{60}) + T(C_1).$$

Оскільки величина  $T(C_1)$  є фактично похибкою настроєння і враховується в  $\omega$ , то можна прийняти  $T(C_1) = 0$ . Розмір  $A_{60}$  з'єднує необроблені поверхні і тому величину допуску цього розміру визначаємо за [6]. Для заготовки 8 класу розмірної точності  $T(A_{60}) = 1200$  мкм.

Отже,  $\varepsilon_{\delta 43} = T(A_{60}) = 1200$  мкм.

Аналогічно знаходимо  $\varepsilon_{\delta 75}$

$$\varepsilon_{\delta 75} = T(A_{59}) + T(C_2)$$

і, відповідно,  $\varepsilon_{\delta 75} = T(A_{59}) = 1200$  мкм.

Значення  $\omega_{43}$  (зміщення осі отвору після свердління відносно технологічних баз) згідно з [8] складає 180 мкм.

Фрезерування площини основи виконується дворазово, забезпечує 10 квалітет точності [3] (заготовка лиття в кокіль – 14 квалітет точності), точність розміру 75 для 10 квалітету складає 120 мкм.

Таким чином,

$$\varepsilon_{\Sigma 43} = \sqrt{1200^2 + 180^2} = 1213 \text{ (мкм);}$$

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{1200^2 + 120^2} = 1206 \text{ (мкм).}$$

Тоді

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{1213^2 + 1206^2} = 1709 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{30^2 + 1709^2} = 1709,3 \text{ (мкм)} \approx 1709 \text{ (мкм)}.$$

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

$$\rho_1 = 0,05 \cdot 1709,3 = 85,5 \text{ (мкм)} \approx 86 \text{ (мкм)};$$

після попереднього розточування (другого переходу)

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 85,5 = 4 \text{ (мкм)};$$

після остаточного розточування

$$\rho_3 = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ (мкм)} \approx 0.$$

Похибка встановлення [7]

$$\varepsilon_{\delta} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.25)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування, мкм;  $\varepsilon_3$  – похибка закріплення, мкм.

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

$$\varepsilon_{\delta X} = \sqrt{\varepsilon_{\delta X}^2 + \varepsilon_{3X}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.26)$$

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

$\varepsilon_{3X}$  – похибка закріплення в напрямку осі  $X$ , мкм.

Так як заготовка деталі при обробленні отвору  $\varnothing 35\text{H7}^{(+0,025)}$  встановлюється на два пальці (циліндричний і зрізаний) та площину основи, то похибка базування в напрямку осі  $X$  дорівнює максимальному зазору [7]:



$$\varepsilon_{\delta X} = D_{\max} - d_{\min} \text{ [мкм]}, \quad (2.27)$$

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

Паз (отвір) 14H8<sup>(+0,027)</sup>, круглий палець  $\varnothing 14q7$ <sup>(-0,006 / -0,024)</sup>.

Тоді

$$\varepsilon_{\delta X} = 14,027 - 13,976 = 51 \text{ (мкм)}.$$

Сила закріплення при обробленні отвору  $\varnothing 35H7$ <sup>(+0,025)</sup> за прийнятої схеми встановлення спрямована у напрямі осі  $Y$ , то похибка закріплення у напрямі осі  $X$  відсутня, отже

$$\varepsilon_{\delta X} = \varepsilon_{\delta X} = 51 \text{ мкм}.$$

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

$$\varepsilon_{\delta Y} = \sqrt{\varepsilon_{\delta Y}^2 + \varepsilon_{\delta Y}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.28)$$

$\varepsilon_{\delta Y} = 0$ , так як вона вже врахована в  $\rho_{\text{зм}}$  (сумарна похибка механічної обробки розміру 75).

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

Отже,

$$\varepsilon_{\delta Y} = \varepsilon_{\delta Y} = 90 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення на попередньому розточуванні (перший перехід)

$$\varepsilon_{\varepsilon 1} = \sqrt{51^2 + 90^2} = 103,4 \text{ (мкм)} \approx 103 \text{ (мкм)};$$

на попередньому розточуванні (другий перехід)

$$\varepsilon_{\varepsilon 2} = 0,05 \cdot 103,4 = 5 \text{ (мкм)};$$

на остаточному розточуванні

$$\varepsilon_{\varepsilon 3} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ (мкм)} \approx 0.$$

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

$$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{\varepsilon i}^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.29)$$

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

Мінімальний проміжний припуск при попередньому розточуванні (перший перехід)

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (200 + 200 + \sqrt{1709^2 + 103^2}) = 2 \cdot 2112 \text{ (мкм)}.$$

При попередньому розточуванні (другий перехід)

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{86^2 + 5^2}) = 2 \cdot 186 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному розточуванні

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (20 + 25 + \sqrt{4^2 + 0^2}) = 2 \cdot 50 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий розмір після останнього переходу (максимальний)

$$D_{p3} = 35,025 \text{ мм.}$$

Для інших переходів отримуємо:

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 35,025 - 2 \cdot 0,05 = 34,925 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 34,25 - 2 \cdot 0,186 = 34,553 \text{ (мм);}$$

- для заготовки

$$D_{\text{загмак}} = 34,553 - 2 \cdot 2,112 = 30,33 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні розміри:

- після розточування остаточного

$$D_{p3} = 35,025 - 0,025 = 35 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (другого переходу)

$$D_{p2} = 34,925 - 0,039 = 34,886 \text{ (мм);}$$

- після розточування попереднього (першого переходу)

$$D_{p1} = 34,553 - 0,16 = 34,393 \text{ (мм)};$$

- для заготовки

$$D_{заг.мин} = 30,33 - 1,1 = 29,23 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні проміжні значення припусків

$$Z_{мин 1}^{zp} = 34,553 - 30,33 = 2 \cdot 2,115 \text{ (мм)} = 2 \cdot 2115 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{мин 2}^{zp} = 34,925 - 34,553 = 2 \cdot 0,186 \text{ (мм)} = 2 \cdot 186 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{мин 3}^{zp} = 35,025 - 34,925 = 2 \cdot 0,05 \text{ (мм)} = 2 \cdot 50 \text{ (мкм)}.$$

Максимальні проміжні значення припусків

$$Z_{max 1}^{zp} = 34,393 - 29,23 = 2 \cdot 2,582 \text{ (мм)} = 2 \cdot 2582 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{max 2}^{zp} = 34,886 - 34,393 = 2 \cdot 0,247 \text{ (мм)} = 2 \cdot 247 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{max 3}^{zp} = 35 - 34,886 = 2 \cdot 0,057 \text{ (мм)} = 2 \cdot 57 \text{ (мкм)}.$$

Перевірка правильності розрахунків припусків:

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

$$2Z_{max 3}^{zp} - 2Z_{min 3}^{zp} = 114 - 100 = 14 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 39 - 25 = 14 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max 2}^{zp} - 2Z_{min 2}^{zp} = 493 - 372 = 121 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 160 - 39 = 121 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{max 1}^{zp} - 2Z_{min 1}^{zp} = 5164 - 4224 = 940 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{заг} - \delta_1 = 1100 - 160 = 940 \text{ (мкм)};$$

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 2.22.

Таблиця 2.22 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші діаметральні поверхні

Поверхні	$2Z_{\min}$ , мм	Розрах. розмір, мм	Допуск, мм	Граничні значення технолог. розмірів, мм		Граничні значення припусків, мм	
				Dmin	Dmax	$2Z_{\min}^{zp}$	$2Z_{\max}^{zp}$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\phi 75h9_{(-0,074)}$							
Заготовка		79,526	1,4	79,526	80,926	-	-
Точіння попереднє	2·2,0	75,526	0,19	75,526	75,716	2·2,0	2·2,6
Точіння остаточне	2·0,3	74,926	0,074	74,926	75,0	2·0,3	2·0,358
$\phi 62H8^{(+0,046)}$							
Заготовка		58,646	1,2	57,446	58,646	-	-
Розточування попереднє	2·1,0	60,646	0,19	60,456	60,646	2·1,0	2·1,55
Розточування попереднє	2·0,5	61,646	0,074	61,572	61,646	2·0,5	2·0,558
Розточування остаточне	2·0,2	62,046	0,046	62,0	62,046	2·0,2	2·0,214

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

## 2.10 Призначення режимів різання [10-12]

Операція 010. Модель верстата МК6801Ф3.

Пристосування спеціальне з планшайбою.

Ескіз механічної обробки дивись маршрут механічної обробки.

Перехід 1. Підрізати торці 1, 2 однократно, поверхню 3 попередньо згідно ескізу. Вибираємо різець підрізний Т15К6 ГОСТ18882-83, державка 16×25 мм  $\varphi = 60^\circ$ ,  $r = 0,5$  мм.

- Глибину різання визначаємо, виходячи із розмірного аналізу

$$t = (Z_{\min} + Z_{\max})/2 \text{ [мм]}, \quad (2.30)$$

$$t = (2+7,96)/2 = 4,98 \text{ (мм)}.$$

Припуск знімаємо за один перехід.

- Призначаємо подачу [8].

При глибинні різання  $t = 4,98$  мм  $S_0 = 0,45-0,6$  мм/об. Поправковий коефіцієнт  $K_S = 1,0$ .

Приймаємо  $S_0 = 0,5$  мм/об.

Допустиме зусилля супорта  $P_{\text{доп}} = 600$  кГс. Зусилля різання при заданих режимах різання  $P_X = 135..240$  кГс:  $P_X < P_{\text{доп}}$ .

- Призначаємо стійкість різця при наладці 6 інструментів  $T = 120$  хв. Допустимий знос  $h_3 = 0,8-1,2$  мм.

- Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різців  $V_{\text{таб}} = 123$  м/хв [8]. Матеріал без корки  $K_{MV} = 1,0$ ;  $K_{UV} = 1,0$ ;  $K_{NV} = 1,0$

$$V_{\text{РІЗ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{NV} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.31)$$

$$V_{\text{РІЗ}} = 123 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 123 \text{ (м/хв.)}$$

- Визначаємо частоту обертання шпинделя

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

$$n = \frac{1000 \cdot 123}{3,14 \cdot 125} = 313 \text{ (об/хв.)}$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо  $n = 315$  об/хв.

- Дійсна швидкість різця складає

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.33)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 315}{1000} = 123 \text{ (м/хв.)}$$

- Потужність різання при заданих режимах різання  $N = 2,8$  кВт.

Ефективна потужність верстата складає

$$N_b = N_{дв} \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ (кВт)}; \quad N_b > N_{риз}$$

Умови обробки по потужності виконуються

Аналогічно визначаємо для інших операцій. Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.23.

Таблиця 2.23 – Режими різання

Операції, переходи	Розрахункові дані		Припуск t, мм	Режими різання		
	D/B	Lр.х.		S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв
1	2	3	4	5	6	7
<b>005 Вертикально-фрезерна з ЧПК</b>						
2. Фрезерувати пов. 1 попередньо,	v=42	135	2,0	1,6	65	400
фрезерувати пов. 3 однократно.	v=34	125	2,4	1,6	65	400
3. Фрезерувати пов. 1 остаточно.	v=42	135	0,5	1,2	125	800
4. Фрезерувати 2 пази однократно.	v=14	16	7	0,4	44,3	400
<b>010 Токарна з ЧПК</b>						
2. Точити торець 1 однократно,	Ø75 (40)	39	5,0	0,5	75	315
поверхню 3 попередньо,	Ø75,6	5	1,9	0,25	75	315
торець 2 однократно.	Ø125	25	1,0	0,5	75	315

Продовження таблиці 2.23

1	2	3	4	5	6	7
3. Точити фаску 9, поверхню 3 остаточно.	Ø75	5	0,3	0,1	294	1250
4. Розточити отв.4 попередньо,	Ø60,5	12	1,0	0,25	60	315
підрізати торець 7 однократно,	Ø62	16,2	2,4	0,25	123,6	315
розточити отв. 5 однократно,	Ø45	4,2	1,5	0,25	45	315
підрізати торець 8 однократно,	Ø62	16,2	2,4	0,25	123,6	315
розточити отв. 6 попередньо.	Ø34,4	23,8	2,3	0,25	34	315
5. Розточити отв. 4 попередньо,	Ø61,57	12	0,5	0,15	174	900
розточити отв. 6 попередньо.	Ø34,89	23,8	0,2	0,15	98	900
6. Розточити отв. 4 остаточно,	Ø62	12	0,2	0,1	243	1250
розточити отв. 6 остаточно.	Ø35	23,8	0,05	0,1	137	1250
015 Багатоцільова з ЧПК						
2. Фрезерувати торець 1.	Ø70	Ø90	2,6	160	200,2	400
3. Фрезерувати 8 бобишок 2.	Ø20	40	1,5	160	125	400
4. Центрувати 8 отв. 3.	Ø4	6	2,0	0,15	6,2	500
5. Свердли 8 отв. 3.	Ø9	20	2,5	0,2	22,6	800
6. Фрезерувати платики 4, 5.	B=34	13	2,6	160	125	400
7. Повернути стіл на 90°.	-	-	-	-	-	-
8. Центрувати отв. 6.	Ø4	6	2	0,15	6,2	500
9. Сверлити отв. 6.	Ø10,2	35	5,1	0,2	32,8	800
10. Зенкувати фаску в отв. 6.	1,5	1,5	1,5	0,2	8,6	800
11. Нарізати різь в отв.6 M12-7H.	M12	15	-	1,5	3,4	90
12. Повернути стіл на 90°.	-	-	-	-	-	-
13. Центрувати 4 отв. 7 і 3 отв. 8.	Ø4	4	0,15	0,15	6,2	500
14. Сверлити отв. 7.	Ø5	18	0,15	0,2	11,3	800
15. Сверлити 3 отв. 8.	Ø5	15	0,15	0,2	11,3	800
16. Зенкувати фаски в 3 отв. 8.	1,5	1,5	1,5	0,2	8,6	800
17. Нарізати різь в отв. 8 M6-7H.	M6-7H	13	-	1,0	1,6	90

### 2.11 Математичне моделювання ТП та оптимізація режимів різання

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

Розрахунок оптимального режиму різання виконаний і показаний на рисунку 2.10.



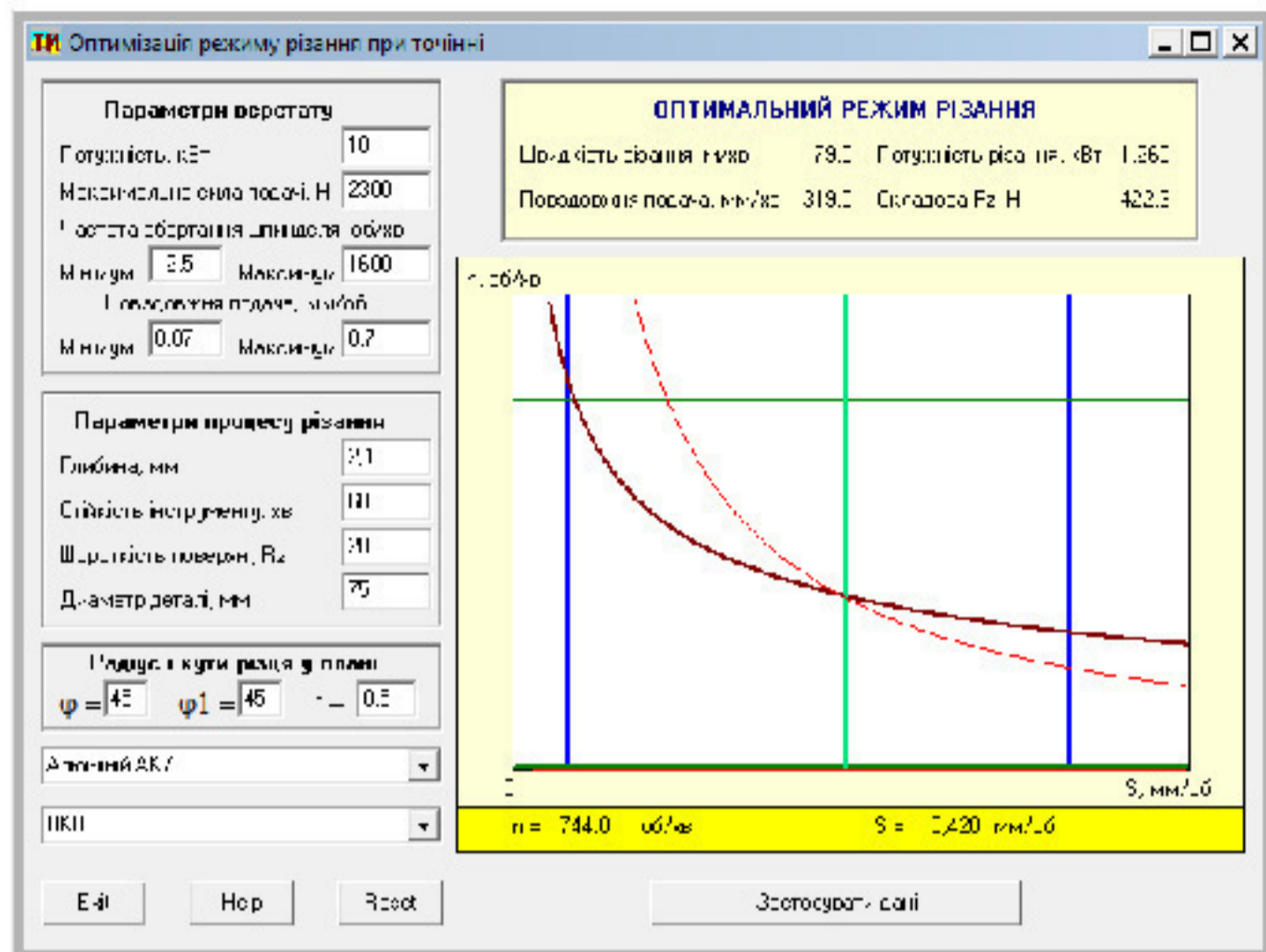


Рисунок 2.10 – Оптимізація режимів різання для точіння попереднього  $\varnothing 75h9_{(-0,074)}$

Оптимальні режими різання отримані за допомогою комп'ютерної програми (рис. 2.10) мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином, максимальна продуктивність обробки на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

## 2.12 Визначення технічних норм часу

Розраховуємо норму штучного часу для токарної операції, що виконується на верстаті з ЧПК (операція 005) за залежністю:

$$T_{шт-к} = T_o + T_{дон} + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.34)$$

де  $T_o$  – основний час, хв;

$T_{дон}$  – допоміжний час, хв;

$T_{обс}$  – час обслуговування робочого місця, хв;

$T_{відп}$  – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Основний час  $T_o$  розраховуємо на основі прийнятих режимів різання:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \text{ [хв.]}, \quad (2.35)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу супорта, мм;  $i$  – число перебігу;  $S$  – подача, мм/об.;  $n$  – частота обертання, об/хв.

$$T_{o2} = \frac{135 \cdot 1}{1,6 \cdot 400} = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o3} = \frac{125 \cdot 1}{1,6 \cdot 400} = 0,195 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o4} = \frac{16 \cdot 2}{0,4 \cdot 400} = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$$T_{o5} = \frac{135 \cdot 1}{1,2 \cdot 800} = 0,14 \text{ (хв.)}$$

Основний час  $\Sigma T_{o010} = 0,735$  хв.

Допоміжний час визначаємо за нормативами [11].

Допоміжний час включає такі складові:

$$T_{доп} = T_{ус} + T_{упр} + T_{з.і.} + T_{вим} \text{ [хв.]}, \quad (2.36)$$

де  $T_{ус} = 0,051$  хв – час на установку і знімання деталі;

$T_{упр} = 0,17$  хв – час, зв'язаний з переходом і управлінням;

$T_{з.і.} = 0,07$  хв – час на зміну режиму роботи верстату і на зміну інструменту;

$T_{вим} = 0,21$  хв – час на контрольні вимірювання.

Отже

$$T_{доп} = 0,051 + 0,17 + 0,07 + 0,21/5 = 0,33 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця  $T_{обс}$  складається з часу на організаційне обслуговування і часу на технічне обслуговування робочого місця;

$$T_{обс} = T_{тех} + T_{орг} \text{ [хв.],} \quad (2.37)$$

Час на організаційне обслуговування і час відпочинку визначається в відсотках від оперативного часу [3], де

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 0,735 + 0,33 = 1,065 \text{ (хв.)}$$

Тоді,

$$T_{тех} = 2\% T_{оп} = 0,02 \cdot 1,065 = 0,014 \text{ (хв.);}$$

$$T_{орг} = 1,5\% T_{оп} = 0,015 \cdot 1,065 = 0,01 \text{ (хв.);}$$

$$T_{відп} = 5\% T_{оп} = 0,05 \cdot 1,065 = 0,035 \text{ (хв.)}$$

Отже

$$T_{шт} = 0,735 + 0,33 + 0,014 + 0,01 + 0,035 = 1,124 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо час виконання операції (штучно-калькуляційний час) за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт} \text{ [хв.],} \quad (2.38)$$

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

Підготовчо-заклучний час складається з таких складових:

- встановлення державки 4 хв.;
- встановлення різців 6 хв.;
- отримання інструменту до початку роботи і здача їх після завершення роботи 7 хв.

Отже

$$T_{н.з.} = 4+6+7 = 24 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо  $T_{шт-к}$ :

$$T_{шт-к} = \frac{24}{397} + 1,124 = 1,184 \text{ (хв.)}$$

Нормативи часу на інші операції записуємо в зведену таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 – Технічні норми часу по операціях

№ і назва операції	Основний час $T_o$ , хв.	Коефіцієнт $\varphi_k$	Штучно- калькуляційний час $T_{шт-к}$ , хв.
005 Вертикально- фрезерна з ЧПК	0,735	1,6 (фактичний) 1,4 (табличний)	1,184
010 Токарна з ЧПК	1,1	1,3	1,43
015 Багатоцільова з ЧПК	4,1	1,4	5,744

### 2.13 Висновки

В даному розділі проведено удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» шляхом застосування принципу концентрації операцій на сучасному технологічному обладнанні, а саме на 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 19С.008» є лиття в кокіль та лиття

під тиском. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки при цьому складає 62,34 грн., що менше у порівнянні з литтям під тиском – 67,65 грн.;

- вибрано методи обробки поверхонь деталі «Корпус 19С.008», обґрунтовано вибір чистових та чорнових технологічних баз та розроблено два удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» 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;

- виконано розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом та за нормативами;

- розраховано режими різання і виконано нормування операцій технологічного процесу.

### **3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ**

#### **3.1 Мета, завдання дослідження**

При проектування технологічних процесів механічної обробки деталей одним із найбільш відповідальних етапів є призначення технологічних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів, правильність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок [13-16]. Основні положення теорії базування упорядковуються [17].

Початковими даними для вибору технологічних баз є креслення деталі та попередньо розроблений маршрут її механічної обробки [15, 16].

Проектуючи технологічний процес механічної обробки спочатку вирішують питання щодо вибору чистових технологічних баз, а потім – чорнових.

Чорнові бази, що використовуються на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі є найбільш відповідальними, так як при їх правильному виборі на наступних операціях забезпечується мінімальність, рівномірність припусків та якість поверхні.

Задачі, що вирішуються при виборі чорнових технологічних баз та рекомендації по їх вибору приведені в [7, 16, 17].

Однією із важливих складових припуску на механічну обробку є величина просторових відхилень, що спричинені жолобленням, зміщенням осі отвору у заготовці та по переходах.

Мета роботи – дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень заготовки при розрахунку припуску

на обробку головного отвору та вибір найбільш раціонального варіанту, що забезпечує одержання мінімального припуску.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- вибір методу, способу виготовлення заготовки;
- вибір можливих схем базування при підготовці чистових технологічних баз, тобто на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008»;
- встановлення складових елементів мінімального припуску;
- визначення числових значень складових елементів мінімального припуску;
- розрахунок величини просторового відхилення поверхні головного отвору у вихідній заготовці при різних схемах базування заготовки деталі на першій операції технологічного процесу;
- вибір найбільш доцільного варіанту схеми базування на першій операції механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» для досягнення мінімального просторового відхилення отвору.

### 3.2 Результати досліджень

Деталь «Корпус 19С.008» виготовляється в умовах серійного виробництва, матеріал – алюмінієвий сплав АК7 ГОСТ 1583-93, маса деталі – 0,6 кг.

Метод виготовлення заготовки деталі – лиття, спосіб – лиття в кокіль.

На першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» виконується підготовка чистових технологічних баз (площини та 2 пазів  $B = 14$  мм).

До розгляду пропонується 3 варіанти схем базування на першій операції технологічного процесу (рис. 3.1).

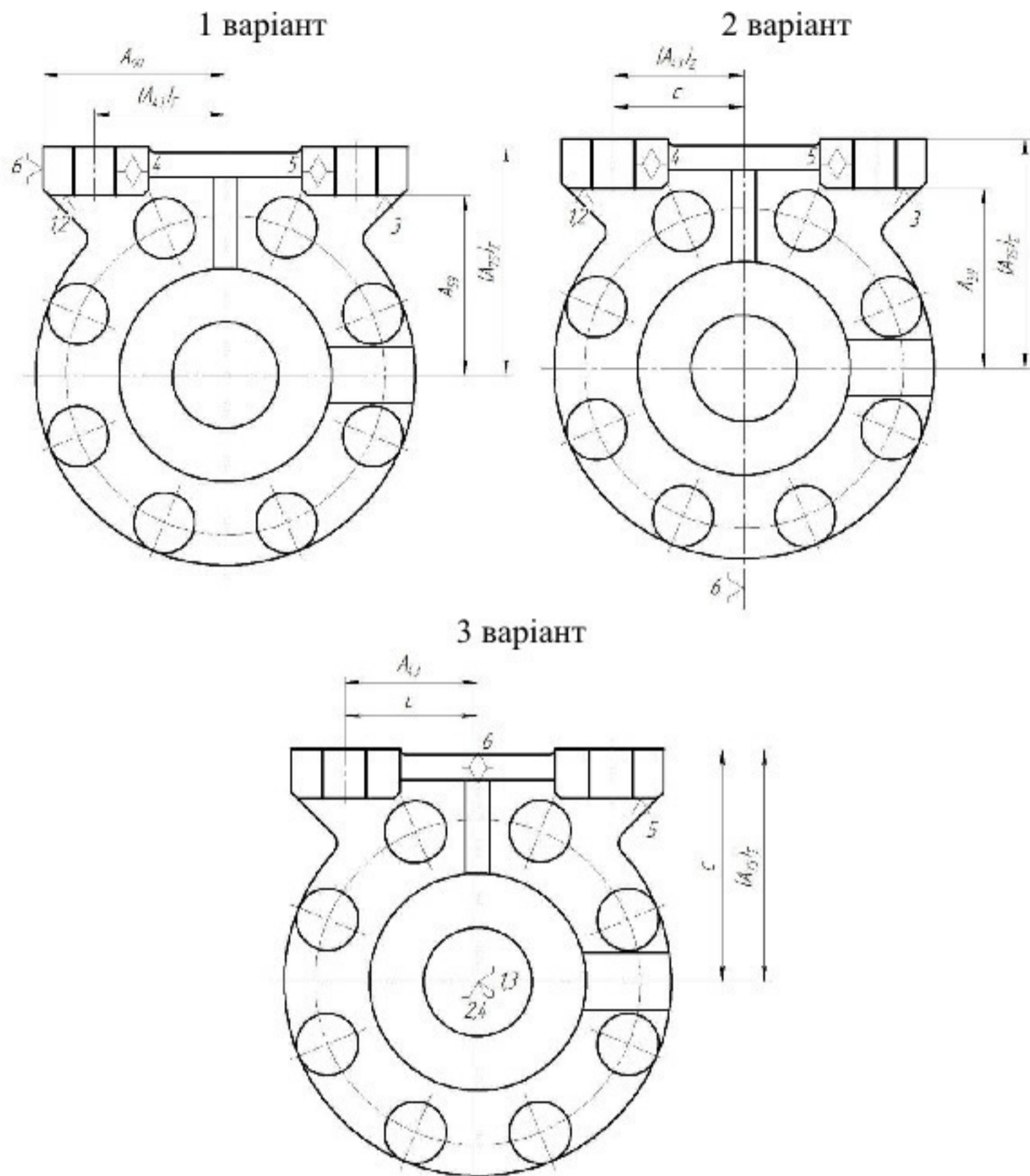


Рисунок 3.1 – Варіанти схем базування деталі «Корпус 19С.008» на першій операції технологічного процесу (при підготовці чистових технологічних баз) з технологічними розмірними ланцюгами для визначення похибки базування

Згідно технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» головний отвір  $\varnothing 35\text{H}7^{(+0,025)}$  обробляється за 3 переходи (розточування попереднє, розточування попереднє, розточування остаточне).

Найбільше значення припуску на механічну обробку головного отвору призначається на першому переході.



Згідно з методом визначення припусків, запропонованим В. М. Кованом [18], мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричних поверхонь визначається за формулою

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

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

Величини  $R_Z$  і  $h$  визначалися за таблицями [6], їх сумарна величина складає 400 мкм. Величина похибки встановлення  $\varepsilon_{\varepsilon i}$  знаходились 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 19С.008», то величину  $\rho$ , яка увійде в припуск для першого ступеня (переходу) обробки, визначено за формулою [19]:

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

де  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – просторові відхилення, спричинені відповідно жолобленням і зміщенням отвору у вихідній заготовці.

Величина  $\rho_1$  є відхиленням реальної поверхні отворів у партії вихідних заготовок від циліндричності і досить просто визначається за рекомендаціями [19]. Слід зазначити, що  $\rho_1$  не залежить від схеми базування як на першій, так і на всіх подальших операціях.

Величина  $\rho_2$ , 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  $\rho_2$ . Для цього розглянемо три варіанти найчастіше використовуваних в технологічних процесах механічної обробки заготовок корпусних деталей схем базування (див. 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: 43 мм (у напрямку осі  $X$ ) і 75 мм (у напрямку осі  $Y$ ). Тому знайдемо  $\rho_2$  як середнє квадратичне значення сумарних похибок механічної обробки, що виникають під час отримання цих розмірів, тобто вважатимемо, що

$$\rho_{zm} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 43})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \text{ [мкм]}. \quad (3.3)$$

Для визначення складових мінімального припуску сумарну похибку обробки визначали за спрощеною формулою [7]

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

де  $\omega$  – середньостатистична точність способу механічної обробки;  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування.

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

Для визначення похибок базування  $\varepsilon_{\delta}$  для кожного з варіантів схем базування на першій операції побудовані відповідні технологічні розмірні ланцюги (див. рис. 3.1). Похибки базування визначалися як поля розсівання  $\delta$  ланок замикання розмірних ланцюгів з використання методу максимуму-мінімуму. Рівняння для визначення похибок базування матимуть вигляд.

Варіант 1

$$\varepsilon_{\delta 43} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c); \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_{\delta 75} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c). \quad (3.6)$$

Варіант 2

$$\varepsilon_{\delta 43} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(A_{\Delta}) + T(c); \quad (3.7)$$

$$\varepsilon_{\delta 75} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c). \quad (3.8)$$

Варіант 3

$$\varepsilon_{\delta 43} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(c); \quad (3.9)$$

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

На рисунку 3.1 і в рівняннях (3.5)–(3.10) використано такі позначення:  $T(A_{60})$  і  $T(A_{59})$  – відповідно допуски ланок  $A_{60}$  і  $A_{59}$ ;  $T(c)$  – допуск розміру настроєння  $c$ ;  $T(A_{\Delta})$  – допустиме зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно площини симетрії зовнішньої поверхні (технологічної бази для варіанта 2).

Оскільки величина  $T(c)$  є фактично похибкою настроєння і повністю враховується в  $\omega$ , то можна вважати, що  $T(c) = 0$  для усіх варіантів схем базування. Ланки  $A_{60}$ ,  $A_{59}$  і  $A_{\Delta}$  з'єднують поверхні вихідної заготовки і тому допуски розмірів, що відповідають цим ланкам, визначені за [6]. Для вилівка 8 класу точності:  $T(A_{60}) = 1200$  мкм,  $T(A_{59}) = 1200$  мкм,  $T(A_{\Delta}) = 640$  мкм.

Таким чином:

- для варіанта 1:  $\varepsilon_{\delta 43} = 1200$  мкм,  $\varepsilon_{\delta 59} = 1200$  мкм;

- для варіанта 2:  $\varepsilon_{\delta 43} = 640$  мкм,  $\varepsilon_{\delta 59} = 1200$  мкм;

- для варіанта 3:  $\varepsilon_{\delta 43} = 0$ ,  $\varepsilon_{\delta 75} = 0$ .

Значення  $\omega$  для розміру 43 мм (зміщення відносно технологічних баз осі паза  $B = 14$  мм після фрезерування) згідно з [8] складає 180 мкм.

Вважаючи, що фрезерування площини забезпечує 12 квалітет точності, приймемо, що величина  $\omega$  для розміру 75 мм складає 250 мкм.

З урахуванням відповідних кількісних значень  $\omega$  і  $\varepsilon_{\delta}$  і формули (3.4), отримано:

- для варіанта 1:  $\varepsilon_{\Sigma 43} = \sqrt{250^2 + 1200^2} = 1226$  (мкм);

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{250^2 + 1200^2} = 1226 \text{ (мкм);}$$

- для варіанта 2:  $\varepsilon_{\Sigma 43} = \sqrt{250^2 + 640^2} = 687$  (мкм);

$$\varepsilon_{\Sigma 75} = \sqrt{250^2 + 1200^2} = 1226 \text{ (мкм);}$$

- для варіанта 3:  $\varepsilon_{\Sigma 43} = \sqrt{180^2 + 0^2} = 180$  (мкм);

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

За формулою (3.3) визначено величину  $\rho_{zm}$ :

- для варіанта 1:  $\rho_2 = \sqrt{1226^2 + 1226^2} = 1734$  (мкм);

- для варіанта 2:  $\rho_2 = \sqrt{687^2 + 1226^2} = 1405$  (мкм);

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

Величину  $\rho_1$  розраховано за рекомендаціями [19]. Оскільки  $\rho_1$  отвору у вихідній заготовці не залежить від схеми базування, а визначається тільки розмірами поверхні заготовки і способом її виготовлення, то визначена за рекомендаціями [19] величина

$$\rho_1 = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot \ell)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.11)$$

де  $d$  і  $\ell$  – діаметр, довжина оброблюваного отвору;  $\Delta_k$  – питома кривизна для виливків [3] 0,7 мкм. Приймаємо  $\Delta_{\text{ж}} = 0,7$  мкм/мм;

$$\rho_1 = \sqrt{(0,7 \cdot 35)^2 + (0,7 \cdot 26,1)^2} = 31 \text{ (мкм)}.$$

За формулою (3.2) визначимо величину  $\rho$ , яка має бути врахована як складова мінімального припуску для першого переходу обробки отвору  $\emptyset 35\text{H7}^{(+0,025)}$  мм:

- для варіанта 1:  $\rho = \sqrt{31^2 + 1734^2} = 1734,3$  (мкм);

- для варіанта 2:  $\rho = \sqrt{31^2 + 1405^2} = 1405,3$  (мкм);

- для варіанта 3:  $\rho = \sqrt{31^2 + 308^2} = 309,6$  (мкм).

Отже, особливості схеми базування на першій операції, що реалізована за першим варіантом, спричиняють просторові відхилення  $\rho$  отвору у вихідній заготовці у 5,6 разів більші за величину  $\rho$ , яка відповідає 3-му варіанту схеми базування на першій операції, за 2-м варіантом – у 4,5 рази.

При розрахунку мінімального припуску на механічну обробку головного отвору похибка встановлення  $\varepsilon_s$  на операції обробки отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  мм не залежить від схеми базування на першій операції, є однаковою для усіх трьох варіантів і визначається згідно [7].

Таким чином, найбільший вплив на величину мінімального припуску на механічну обробку головного отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  проявляє величина просторових відхилень заготовки деталі  $\rho$ .

На рисунку 3.2 зображена діаграма, що показує вплив схеми базування на першій операції на величину просторових відхилень головного отвору заготовки деталі «Корпус 19С.008».

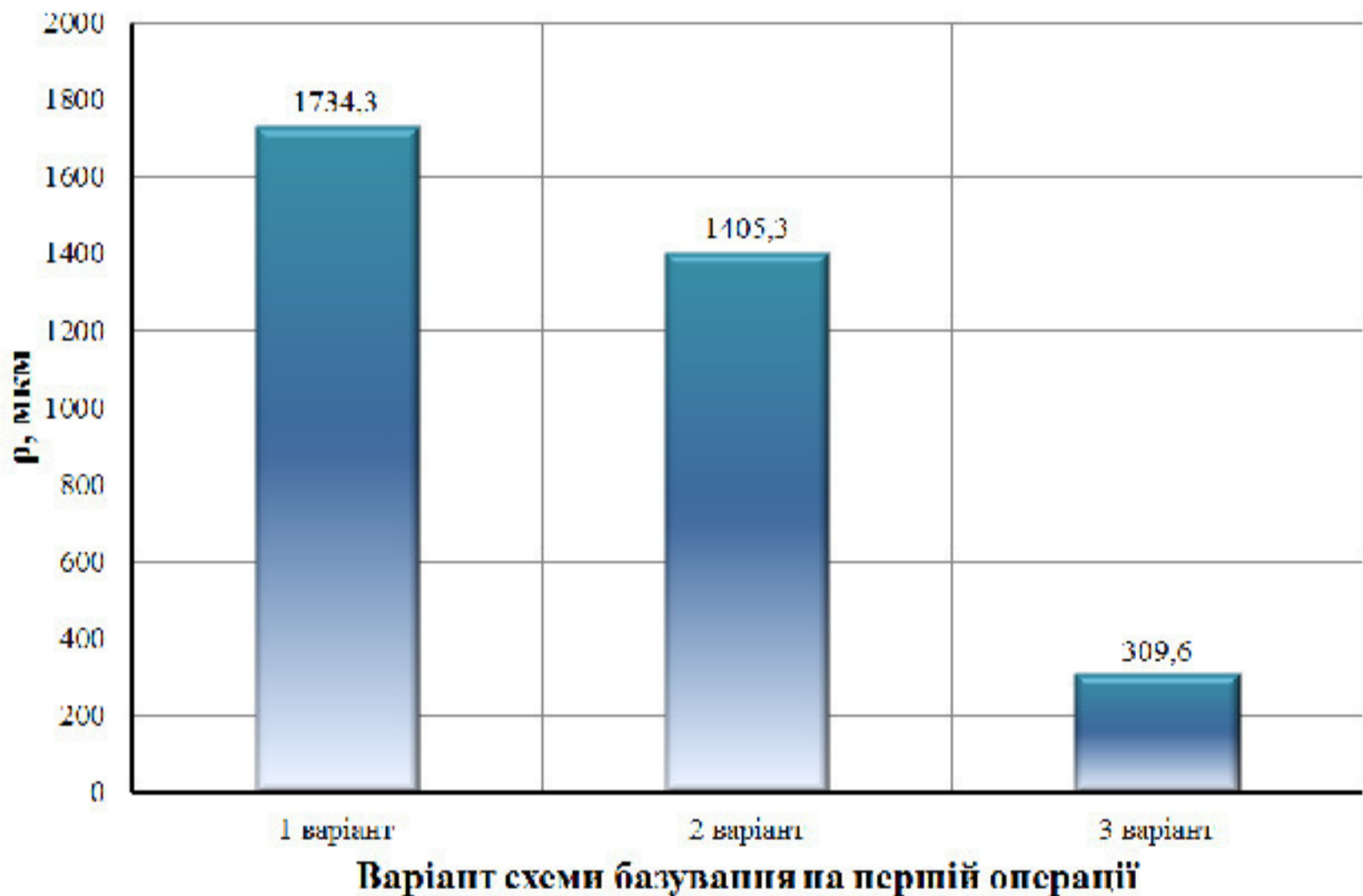


Рисунок 3.2 – Вплив схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень головного отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  мм

### 3.3 Висновки

1. Розглянуто три поширених в технології машинобудування варіанти схеми базування заготовки деталі «Корпус 19С.008» 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 способу визначення припусків встановлено, що використання 1-го варіанта схеми базування спричиняє величину просторового зміщення отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз на операції його розточування в 5,6 разі більше, ніж для 3-го варіанту, а при 2-гій схемі базування – у 4,5 рази. Величина зміщення осі отвору (складова  $\rho_2$ ) у вихідній заготовці визначена за допомогою побудови відповідних технологічних розмірних ланцюгів.

3. Складові мінімального припуску  $R_z$ ,  $h$ ,  $\varepsilon_e$  при розточуванні головного отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  при всіх схемах базування є однаковими.

4. Найбільш доцільним є варіант використання 3-ої схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008», що забезпечить мінімальний припуск на обробку, так як просторові відхилення отвору в даному варіанті мінімальні.

#### 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС 19С.008»

##### 4.1 Розрахунок приведеної програми [4, 20]

Приведена програма визначається за формулою:

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

де  $N_{пред}$  – програма випуску представника;  $N_i$  – програма випуску деталей, якими довантажуються верстати;  $K_{при}$  – 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



$$K_2 = \left( \frac{N_i}{N_{np}} \right)^{0,18}, \quad (4.4)$$

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;  $\alpha_1, \alpha_2$  – коефіцієнти.

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус 19С.008 (розрахунковий представник)	0,6	2800	-	1	1	1	-	-	-	-	51
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	-	25	2	25	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус 1	1,2	500	-	2	3	-	4	2	6	-	35
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	3	4	6	35	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус 2	0,3	28000	2	4	2	-	6	-	4	-	38
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	6	2	6	4	38	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корпус 3	0,9	5600	-	2	2	-	3	-	4	-	48
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	2	-	5	4	48	-	-
			6	7	8	9	10	11	12	13	14

Корпус 1.

$$\text{Коефіцієнт приведення по масі } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{1,2}{0,6}\right)^2} = 1,6.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення по програмі випуску } K_2 = \left(\frac{500}{2800}\right)^{0,15} = 0,78.$$

Середня шорсткість розрахункового представника

$$\bar{R}_{a \text{ p. пр.}} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 25 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 25}{54} = 7,56 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розрахункового представника

$$\bar{T}_{\text{p. пр.}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 51}{54} = 13,7.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі «Корпус 1»

$$\bar{R}_{a1} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 3 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 35}{50} = 9,98 \text{ (мкм)}.$$

Середня точність розглядуваної деталі «Корпус 1»

$$\bar{T}_1 = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 4 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 35}{50} = 12,8.$$

Коефіцієнт приведення по складності для деталі «Корпус 1»

$$K_3 = \frac{(9,98)^{\alpha_1}}{(7,56)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,8)^{\alpha_2}}{(13,7)^{\alpha_2}} = \frac{0,958}{0,96} \cdot \frac{0,82}{0,795} = 1,02.$$

Коефіцієнт приведення загальний для деталі «Корпус 1»

$$K_{np1} = 1,6 \cdot 0,78 \cdot 1,02 = 1,27.$$

Деталь «Корпус 2».

$$\text{Коефіцієнт приведення по масі } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{0,3}{0,6}\right)^2} = 0,63.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення по програмі випуску } K_2 = \left(\frac{28000}{2800}\right)^{0,15} = 1,41.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі «Корпус 2»

$$\bar{R}_{a2} = \frac{1,6 \cdot 6 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 38}{56} = 9,54 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розглядуваної деталі «Корпус 2»

$$\bar{T}_2 = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 4 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 6 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 38}{56} = 12,43.$$

Коефіцієнт приведення по складності для деталі «Корпус 2»

$$K_3 = \frac{(9,54)^{\alpha_1}}{(7,56)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(12,43)^{\alpha_2}}{(13,7)^{\alpha_2}} = \frac{0,965}{0,96} \cdot \frac{0,84}{0,795} = 1,055.$$

Коефіцієнт приведення загальний для деталі «Корпус 2»

$$K_{np2} = 0,63 \cdot 1,41 \cdot 1,055 = 0,94.$$

Деталь «Корпус 3».

$$\text{Коефіцієнт приведення по масі } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{0,9}{0,6}\right)^2} = 1,31.$$

$$\text{Коефіцієнт приведення по програмі випуску } K_2 = \left(\frac{5600}{2800}\right)^{0,15} = 1,11.$$

Середня шорсткість розглядуваної деталі «Корпус 3»

$$\bar{R}_{a3} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 5 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 48}{59} = 10,92 \text{ (мкм).}$$

Середня точність розглядуваної деталі «Корпус 3»

$$\bar{T}_3 = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 48}{59} = 13,22.$$

Коефіцієнт приведення по складності для деталі «Корпус 3»

$$K_3 = \frac{(10,92)^{\alpha_1}}{(7,56)^{\alpha_1}} \cdot \frac{(13,22)^{\alpha_2}}{(13,7)^{\alpha_2}} = \frac{0,95}{0,96} \cdot \frac{0,8}{0,795} = 0,996.$$

Коефіцієнт приведення загальний для деталі «Корпус 3»

$$K_{np3} = 1,31 \cdot 1,11 \cdot 0,996 = 1,45.$$

Дані розрахунків приведеної програми заносимо до таблиці 4.2.

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 19С.008	2800	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	2800
Корпус 1	500	1,2	1,6	0,78	1,02	1,27	637
Корпус 2	28000	0,3	0,3	0,63	1,055	0,94	26320
Корпус 3	5600	0,9	1,31	1,11	0,996	1,45	8120

Таким чином, приведена програма

$$N_{\text{прив}} = 2800 + 500 \cdot 1,27 + 28000 \cdot 0,94 + 5600 \cdot 1,45 = 37877 \text{ (шт.)}$$

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, 20] розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою:

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

де  $T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляційний час, хв.;  $N$  – програми випуску, шт.;  $\Phi_0$  – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

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

$$\text{операція 005: } C_{p005} = \frac{1,184 \cdot 2800}{60 \cdot 3890} = 0,014; C_{np005} = 1;$$

$$\text{операція 010: } C_{p010} = \frac{1,43 \cdot 2800}{60 \cdot 3890} = 0,02; C_{np010} = 1;$$

$$\text{операція 015: } C_{p015} = \frac{5,744 \cdot 2800}{60 \cdot 3890} = 0,07; C_{np015} = 1.$$

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

$$\text{операція 005: } C_{p005} = \frac{1,184 \cdot 37877}{60 \cdot 3890} = 0,19; C_{np005} = 1;$$

$$\text{операція 010: } C_{p010} = \frac{1,43 \cdot 37877}{60 \cdot 3890} = 0,23; C_{np010} = 1;$$

$$\text{операція 015: } C_{p015} = \frac{5,744 \cdot 37877}{60 \cdot 3890} = 0,93; C_{np015} = 1.$$

Тоді коефіцієнти завантаження обладнання 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.

$$\text{Операція 005: } \eta_{z005} = \frac{0,19}{1} = 0,19.$$

$$\text{Операція 010: } \eta_{z010} = \frac{0,23}{1} = 0,23;$$

$$\text{Операція 015: } \eta_{z015} = \frac{0,93}{1} = 0,93.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,19 + 0,23 + 0,93}{3} = 0,45.$$

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

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

Операція 005:  $\eta_{o005} = \frac{0,735}{1,184} = 0,62.$

Операція 010:  $\eta_{o010} = \frac{1,1}{1,43} = 0,77.$

Операція 015:  $\eta_{o015} = \frac{4,1}{5,744} = 0,71.$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{сер}} = \frac{0,62 + 0,77 + 0,71}{3} = 0,7.$$

#### 4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

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

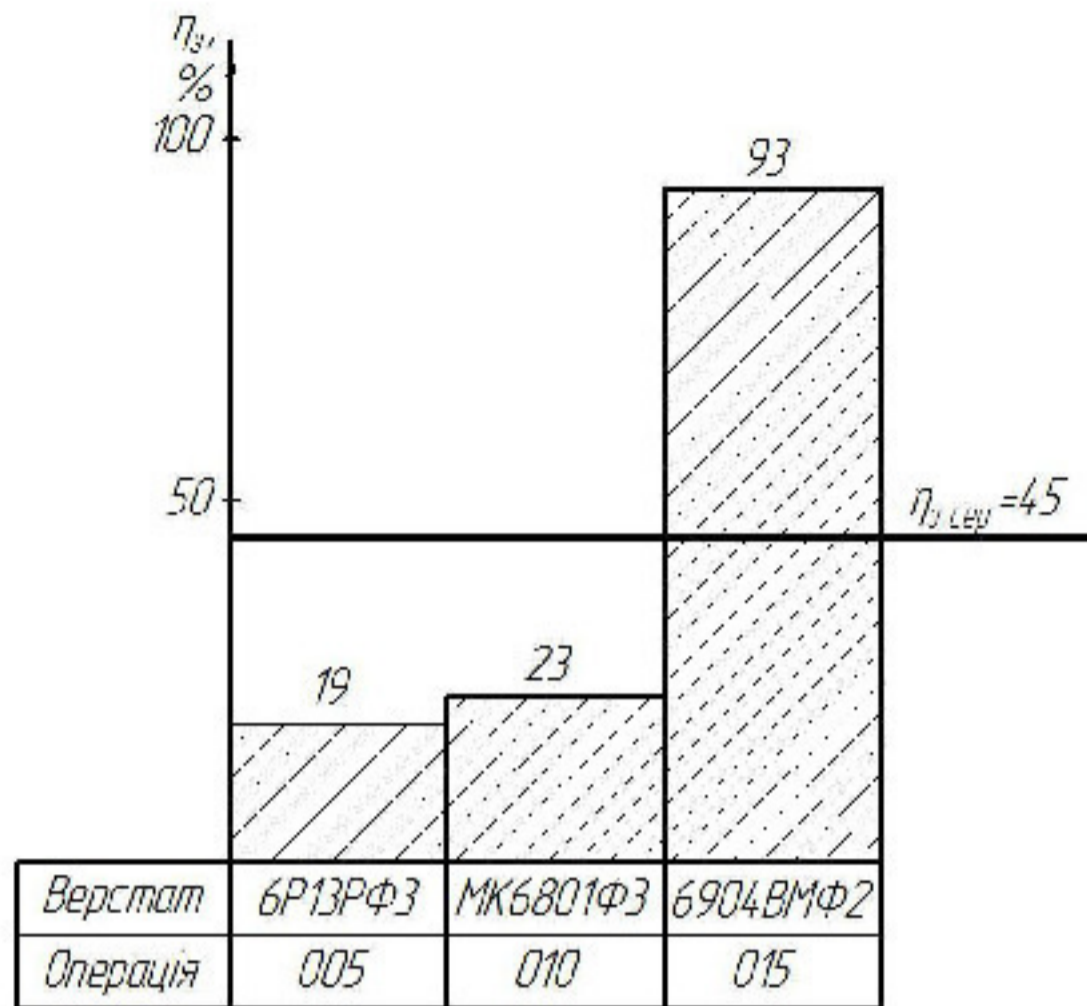


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

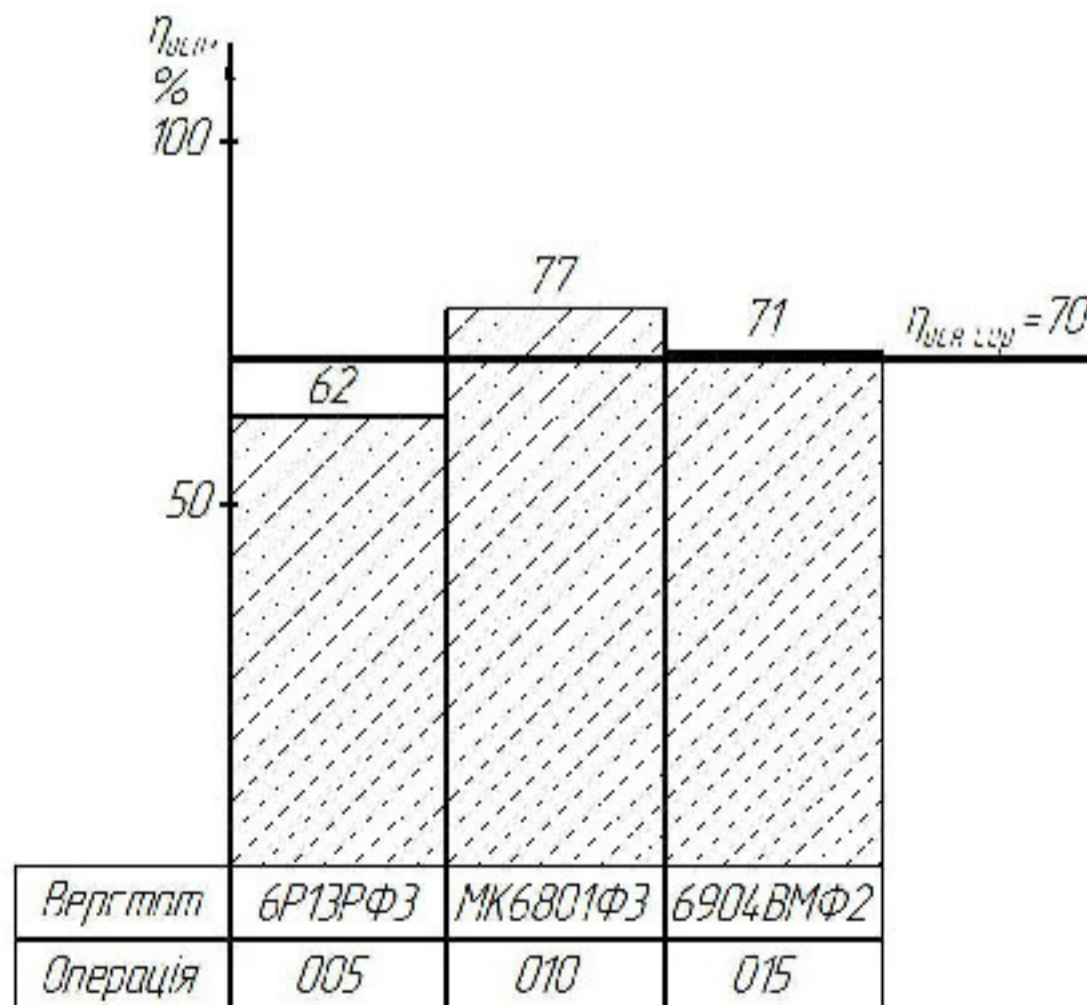


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом



Висновок. Коефіцієнт завантаження обладнання є низьким, що не відповідає умовам серійного виробництва (0,75-0,85). Верстати на операціях 005 та 010 необхідно довантажити обробкою інших деталей.

Коефіцієнт використання за основним є досить високий, що свідчить про правильність розробленого технологічного процесу, більша частина штучно-калькуляційного часу використовується на процес різання.

#### 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, 20]:

$$P_i = \frac{\Phi_o \cdot C_{np} \cdot \eta_3 \cdot \eta_o}{\Phi_s \cdot K_m}, \quad (4.9)$$

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

$\Phi_s$  – ефективний річний фонд роботи верстатника,  $\Phi_s = 1840$  год.;

$\Phi_o$  – ефективний фонд роботи верстата,  $\Phi_o = 3890$  год.;

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

$\eta_3, \eta_o$  – коефіцієнти завантаження.

$$P_{005} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,19 \cdot 0,62}{1840 \cdot 1} = 0,25; \quad P_{np005} = 1;$$

$$P_{010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,23 \cdot 0,77}{1840 \cdot 1} = 0,37; \quad P_{np010} = 1;$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,93 \cdot 0,71}{1840 \cdot 1} = 1,4; \quad P_{np015} = 2.$$

Кількість основних робітників складає 4 чоловіка. На всіх операціях можливе довантаження основних робітників обробкою інших деталей, так як вони не в повній мірі завантажені роботою.

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

$$P_{доп} = (0,2...0,25) \cdot 4 = 0,8...1,0.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

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

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

Приймаємо 1 чоловіка ІТР, який має неповне завантаження на даній дільниці і тому має обслуговувати інші дільниці.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 0,9-1,9% від кількості основних робітників, отримаємо:

$$P_{СКП} = (0,009...0,019) \cdot 4 = 0,035...0,076.$$

Приймаємо 1 службовця, який має неповне завантаження на даній дільниці і тому має обслуговувати ще ряд інших дільниць (наприклад бухгалтер).

МОП приймається в межах 1-2% від загальної кількості працівників

$$P_{МОП} = (0,01...0,02) \cdot 7 = 0,07...0,14.$$

Приймаємо 1 людину МОП (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	2,02	4
Допоміжні робітники	20...25%	0,8...1,0	1
ІТР	16...22%	0,48...0,66	1
СКП	0,9...1,9%	0,035...0,076	1
МОП	1-2%	0,07...0,14	1

#### 4.5 Висновки

В даному розділі виконано проектування елементів дільниці для реалізації удосконаленої технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008». При цьому розраховано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в серійному виробництві, яка складає 37877 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 4 чол., всього працюючих на дільниці – 8 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 19С.008»

### 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	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

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

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	3	1
2	3	1	2
3	2	1	1
4	1	2	2
5	3	4	2
6	1	2	2
7	3	3	4
8	1	2	3
9	2	3	2
10	3	2	2
11	3	3	2
12	3	2	3
Сума балів	СБ <sub>1</sub> = 28	СБ <sub>2</sub> = 28	СБ <sub>3</sub> = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{28+28+26}{3} = 27,3$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

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

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

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

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

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	6	3	2	0,4
Кількість основних робітників, чол.	12	4	3	0,2
Середній розряд робітників	5	3,5	1,43	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,35	0,45	1,29	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,52	0,70	1,35	0,15
Собівартість заготовки, грн.	67,65	62,34	-	-

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

$$q_i = \frac{P_{ni}}{P_{bi}}, \quad (5.2)$$

або



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

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{я.в.} = 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,2 + 1,43 \cdot 0,1 + 1,29 \cdot 0,15 + 1,35 \cdot 0,15 = 1,94.$$

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 1,94. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{e.n.} = \frac{62,34}{67,65} = 0,92.$$

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

$$K = \frac{1,94}{0,92} = 2,11.$$

Оскільки  $K > 1$ , то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус 19С.008» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

## 5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» [2]

### 5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

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

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

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

### 5.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де  $k$  – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

$t_i$  – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9000	409,1	10	4091	
Інженер-технолог	8500	386,36	8	3090,1	
Інженер-конструктор	8500	386,36	8	3090,1	
Економіст	8500	363,64	2	772,72	
Всього				$3_o$	11043,92

### 5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11043,92 = 1104,392 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

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

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

$$Z_n = (11043,92 + 1104,392) \cdot 0,22 = 2672,63 \text{ (грн.)}$$

### 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 м<sup>2</sup> власних приміщень ( $C_{\text{пл}} \approx 200 \dots 1000$  грн./м<sup>2</sup>);

$S_{\text{заг}}$  – загальна площа виробничої ділянки, м<sup>2</sup>.

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 112 = 67200 \text{ (грн.)}$$

### 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	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3	500000	1	1,1	55000
2	Токарний верстат з ЧПК МК6801Ф3	650000	1	1,1	715000
3	Багатоцільовий верстат з ЧПК 6904BMФ2	750000	1	1,1	935000
Всього					2200000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 3 верстати 2627ПМФ4М –  $3 \cdot 250000 = 750000$  (грн.)

- 3 верстати 6P13Б –  $3 \cdot 75000 = 225000$  (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 975000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$O = 2200000 - 975000 = 1225000 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

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

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

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

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

$K_n$  – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{то} = 1225000 \cdot 0,10 = 122500 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{овв} = 122500 \cdot 0,25 = 30625 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{квт} = 0,1 \cdot 122500 = 12250 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{осн} = 122500 + 30625 + 12250 = 165375 \text{ (грн.)}$$

### 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:

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

$$B_{ny} = 0,1 \cdot 1225000 = 122500 \text{ (грн.)}$$

### 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:

$$K = 11043,92 + 1104,392 + 2672,63 + 67200 + 1225000 + 165875 = 1472395,9 \text{ (грн.)}$$

## 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 19С.008» складає 62,34 грн. (див. розділ 2).

### 5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

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

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.;

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

$\eta_i$  – 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 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3	7,5	0,0123	0,2155
010 Токарна з ЧПК, МК6801Ф3	11	0,0183	0,47
015 Багатоцільова з ЧПК, 6904ВМФ2	4,5	0,0683	0,72
Всього			Σ 1,4

### 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	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6P13PФ3	0,0197	3	1,35	48	0,95
010 Токарна з ЧПК, МК6801Ф3	0,024	3	1,35	48	1,152
015 Багатоцільова з ЧПК, 6904ВМФ2	0,096	3	1,35	48	4,6
Всього					Σ 6,7

#### 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.

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 6,7 = 0,67 \text{ (грн.)}$$

#### 5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок робітників  $Z_{\text{н}}$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Z_{\text{н}} = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зн}} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

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

$$Z_{\text{н}} = (6,7 + 0,67) \cdot 0,22 = 1,62 \text{ (грн.)}$$

### 5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{заг}} = 2,5 \cdot 6,7 = 16,75 \text{ (грн.)}$$

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.	$M$	62,34	
Витрати на силову електроенергію, грн.	$B_e$	1,4	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$Z_p$	6,7	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{дод}}$	0,67	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{н}}$	1,62	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{заг}}$	16,75	
Всього	$S_e$	89,48	

### 5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

#### 5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

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

де  $Ц_{\text{ниж}}$  – 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.

$$C_{\text{впр}} = 89,48 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 128,85 \text{ (грн.)}$$

#### 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  $C_{\text{впр}} = 128,85$  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.

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[ 128,85 - \frac{(128,85 - 62,34) \cdot 16,67}{100} - 89,48 - \frac{10 \cdot 89,48}{100} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 37877 = \\ &= 600435,3 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

## 5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

### 5.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

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

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

де  $\Pi_t$  – 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.

$$NPV = \frac{600435,3}{(1+0,2)^1} + \frac{600435,3}{(1+0,2)^2} + \frac{600435,3}{(1+0,2)^3} + \frac{600435,3}{(1+0,2)^4} - 1472395,9 =$$

$$= 818269 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

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

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{600435,3 + 600435,3 + 600435,3 + 600435,3}{1472395,9}} - 1 = 0,13.$$

### 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.;

$\Delta K$  – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.;

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

$$T_o = \frac{1472395,9}{600435,3} = 2,45 \text{ (року)}.$$

## 5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008», 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 1472395,9 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 600435,3 грн., термін окупності 2,45 року.

Отже, удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» доцільне для впровадження, так як термін окупності капітальних вкладень навіть менше рекомендованого 3-5 років.



## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці

На дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» діють небезпечні та шкідливі фактори фізичної, хімічної та психологічної груп.

В процесі механічної обробки деталі виділяється стружка, туман мінеральних мастил, ЗОР, які видаляються через вентиляційну систему. При цьому можливий вплив на робітників шкідливих і небезпечних факторів [21, 22]:

- підвищений вплив шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- рухомі машини і механізми, рухомі частини верстатів;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищена температура робочої зони;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини;
- гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання; недостатня освітленість робочої зони.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: токсичні; подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруень.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

### 6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Обладнання на дільниці пофарбовано відповідно нормам машинобудування НОВ-2 «Кольори фарбування металорізальних верстатів». Станини верстатів пофарбовані у світлозелені кольори, рухомі частини – у кремовий, внутрішні частини огорожень рухомих частин верстатів, лампи, сигналізуючі про

порушення технічного процесу, кнопки, рукоятки вимикачів, а також аварійні кнопки – у червоний. Переплетіння світлових прийомів, стіни над рівнем 2,5-3 м пофарбовані у білий колір, так як біла поверхня відбиває більше 80% падаючого світла, створюючи добру освітленість. Панелі пофарбовані у світлозелений колір.

### 6.2.1 Повітря робочої зони

Показниками, які характеризують мікроклімат виробничих приміщень є температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Мікроклімат на підприємстві вимірюють в виробничих приміщеннях, де знаходяться працівники на постійних і непостійних робочих місцях. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону, допустимі – встановлюються диференціально для робочих місць. Згідно ГОСТ 12.1.005-88 на даній ділянці проводяться роботи категорії Пб – середньої важкості, пов'язані з постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги. В таблиці 6.1 наведені допустимі норми вологості температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми вологості температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні

Період року	Категорії робіт	Температура, °С				Відносна вологість		Швидкість руху, м/с		
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост, і непост.	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях пост, і непост.
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
пост.	непост.	пост.	непост.	Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост, і непост.	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях пост, і непост.			
Холодний	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0,4
Теплий	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Вимірювання показників мікроклімату необхідно проводити на початку, всередині і в кінці холодного та теплого періодів року. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати  $100 \text{ Вт/м}^2$  при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Допустимі показники мікроклімату потрібно підтримувати.

В даному цеху внаслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій механічної обробки виникає виробничий пил, який може викликати професійні захворювання. Крім захворювань запиленість викликає підвищення зношування поверхонь тертя. Головним засобом боротьби з пилом та шкідливими речовинами є вентиляція. В нашому цеху використовуємо природну та механічну вентиляцію.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія, а також типи нагрівальних пристроїв передбачаються з урахуванням теплової енергії навколишніх конструкцій у відповідності з характером і призначенням СНіП 27.04.05-84. в приміщенні даного цеху передбачені система опалення, внутрішнього водопроводу, гарячого водопостачання, каналізації. Система опалення використовується з умови забезпечення температури повітря в приміщеннях в холодний і перехідний періоди року на рівні  $16^\circ\text{C}$ . Опалення – центральне, водяне і парове з радіаторами і ребристими трубами. Нагріваючі прилади встановлюються біля зовнішніх вікон.

### 6.2.2 Освітленість

Роботи по механічній обробці відносяться до розряду Пб.

При виконанні в приміщенні робіт Пб розряду слід приймати систему комбінованого освітлення  $E = 2000 \text{ лк}$ .

Характеристика зорової роботи – високої точності; найменший розмір об'єкту від 0,15 мм до 0,3 мм. В таблиці 6.2 наведені нормативні значення КПО при природному і штучному освітленні для нашого цеху.

Таблиця 6.2 – Нормативні значення для природного і штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Мінімальний розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Штучне освітлення		Природне освітлення
					Освітленість, лк		КЕО $e_n^{III}$ , %
					При комбінованому освітленні	При загальному освітленні	При поверхневому і боковому освітленні
Високої точності	0,15-0,3	II	в	серед.	2000	500	2,5

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot C_k, \% \quad (6.1)$$

де  $e_n^{III}$  – нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату;

$C_k$  – коефіцієнт сонячності клімату;

$$e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,7\%.$$

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 Шум

На дільниці має місце шум, джерелами якого є робота обладнання, інструменту, ударні процеси, що виникають внаслідок руху деталей із змінним прискоренням. Характеристикою шуму на робочих місцях являються рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах. В таблиці 6.3 наведені допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні на робочих місцях виробничих приміщень та на території підприємства згідно ГОСТ 12.1.003-83. Для установок вентиляції, кондиціонування повітря та повітряного опалення допустимі рівні шуму необхідно приймати на 5 дБ менше рівнів, вказаних у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Значення рівнів звукового тиску

Рівні звукового тиску в Дб у октавних смугах із середньо геометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Дія шуму на людину може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональний розлад. Довготривала дія інтенсивного шуму може призвести до патологічного стану слухового апарату, до його перевтоми і виникнення професійного захворювання. Шум викликає зміни серцево-судинної системи.

Заходи по зниженню шуму: на нашій дільниці механічної обробки верстати оснащені приводними двигунами, які розташовані в нішах станин, стінки яких покриті звукоізолюючими матеріалами.

### 6.2.4 Вібрація

Причиною виникнення вібрації на дільниці механічної обробки деталі на верстатах являються виникаючі при роботі машин і агрегатів неврівноважені силові дії. Згідно ГОСТ 12.1.012-90 вибираємо категорію вібрації по санітарним нормам та критерій оцінки – 3 тип «а» – межа зниження продуктивності. Санітарні

норми одночислових показників вібраційного навантаження до оператора для довготривалості зміни 8 годин наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Значення норм вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні, кореговані по частоті і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м·с <sup>-1</sup>	дБ	м·с <sup>-1</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Загальна	3 тип «а»	$X_o, Y_o, Z_o$	0,2	92	0,1	100

Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора наведено в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Значення норм локального вібраційного навантаження

Середньо геометричні частоти у октавних полос, Гц	Нормативні значення			
	Віброприскорення		Віброшвидкість	
	м/с <sup>2</sup>	рівень, дБ	м/с × 10 <sup>-2</sup>	рівень, дБ
8	1,4	123	2,8	105
16	1,4	123	1,4	109
31,5	27	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	153	1,4	109
500	42,5	159	1,4	109
1000	85,0	163	1,4	109

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення

вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

### 6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 6.3.1 Електробезпека

Живлення обладнання від мережі змінного струму напругою 220/380 В.

Приміщення відноситься до особливо небезпечних умов враження людей електричним струмом:

- 1) наявність одночасно двох чи більше умов підвищеної небезпеки;
- 2) наявність струмопровідних основ (залізних, цегляних, залізобетонних);
- 3) наявність можливості одночасного дотику людини до наявних з'єднань з землею, механізмам, а також до металічних корпусів електрообладнання.

В електричних схемах обладнання повинно бути передбачено блокуючі пристосування на випадок падіння чи збільшення напруги в електричній мережі, яке відключає електроустановку.

Розрахунок занулення.

Початкові дані:  $P_{\text{нв}} = 20,75$  кВт;  $U_{\text{н}} = 380$  В. Умови праці з особливою небезпекою ураження людей електричним струмом.

- Вибір перерізу проводів.

Призначення нульового проводу в мережі із заземленою нейтраллю – забезпечення необхідної для включення електрообладнання величини струму короткого замикання шляхом створення для цього ланцюга з малим опором.

Визначимо розрахунковий струм верстата:

$$I_B = P_{NB} / \sqrt{3 \cdot U_H} = 20750 / \sqrt{3 \cdot 380} = 31,526 \text{ (A)},$$

де  $P_{NB}$  – номінальна потужність верстата, Вт;

$U_H$  – номінальна напруга живлення, В.

Вибираємо 3 одножильних провoda перерізом  $S_N = 4 \text{ мм}^2$ , проложених в одній трубі, для яких допустиме струмове навантаження складає 32 А.

- Вибір струмового захисту (СЗ)

Вибираємо струмові захисні запобіжники. Визначаємо номінальний струм плавких вставок запобіжників (СЗ/1).

Пусковий струм електродвигуна  $I_p/I_n = 5,5$ :

$$I_p = 5,5 \cdot I_n = 5,5 \cdot 31,526 = 173,39 \text{ (A)}.$$

Номінальний струм плавкої вставки СЗ (1) при  $\alpha = 2,5$ :

$$I_{ni} = I_p / 2,5 = 173,39 / 2,5 = 69,36 \text{ (A)}.$$

Із стандартного ряду вибираємо плавку вставку для запобіжника СЗ (1) з номінальним струмом % А.

- Розрахунок на відключаючу здатність

$$P_{но} = 22 \text{ кВА}; l_1 = 200 \text{ м}, l_2 = 6 \text{ м}.$$

Для живлення лінії 1 вибираємо масляний трансформатор потужністю  $P_T = 25 \text{ кВт}$  з первинною напругою 6-10 В, розрахований опір  $Z_T/3 = 0,302 \text{ Ом}$ .

Визначаємо робочий струм лінії 1 за формулою:

$$I_P = P_T / \sqrt{3 \cdot U_{л}} = 25 \cdot 10^3 / \sqrt{1,73 \cdot 380} = 38,03 \text{ (A)}.$$



Вибираємо чотирьохжильний алюмінієвий кабель. Перетином жили  $S_{1\phi} = 10 \text{ мм}^2$ , для якого допустиме струмове навантаження складає 45 А.

Визначимо значення активних опорів фазових проводів ліній 1 і 2 за формулою:

$$R_{\phi} = r_{\text{п}} \cdot (l_1/S_{1\phi} + l_2/S_{2\phi}) = 0,028 \cdot (200/10 + 6/4) = 0,266 \text{ (Ом)}.$$

Приймаємо значення індуктивного опору повітряної лінії  $X_1 = 0,6 \text{ Ом/км}$  і внутрішньої  $X_2 = 0,3 \text{ Ом/км}$ , тоді індуктивний опір петлі "фаза-нуль":

$$X_{\text{п}} = 2X_1 l_1 + 2X_2 l_2 = 2 \cdot (0,6 \cdot 0,2) + 2 \cdot (0,3 \cdot 0,006) = 0,24 \text{ (Ом)}.$$

Приймаємо перерізи нульових проводів для ліній 1 і 2:  $S_{\text{Н1}} = 35 \text{ мм}^2$ ;  $S_{\text{Н2}} = 2,5 \text{ мм}^2$ , виконаних з алюмінію. Значення активного опору нульових проводів:

$$R_{\text{н}} = r_{\text{л}} \cdot (l_1/S_{\text{Н1}} + l_2/S_{\text{Н2}}) = 0,028 \cdot (200/35 + 6/2,5) = 0,23 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо комплексний опір петлі «фаза-нуль»:

$$Z_{\text{н}} = \sqrt{(R_{\text{н}} + R_{\phi})^2 + X_{\text{н}}^2} = \sqrt{(0,23 + 0,266)^2 + 0,24^2} = 0,55 \text{ (Ом)}.$$

Струм короткого замикання:

$$I_{\text{кз}} = U_{\phi} / (Z_{\text{Т}}/3 + Z_{\text{н}}) = 220 / (0,302 + 0,55) = 258,22 \text{ (А)}.$$

Перевіримо виконання умови  $I_{\text{зк}} > K I_{\text{н}}$ .

$$I_{\text{н3}}/I_{\text{н1}} = 258,22/75 = 3,4.$$

Умова виконується, так як  $3,4 > 3$ , що гарантує спрацювання захисту.

#### 6.4 Пожежна безпека

Більшість приміщень віднесені до категорії В (пожежо-небезпечні виробництва), а будівля, де вони розміщуються, має 1-й ступінь вогнестійкості – незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менше 1 години табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, год.							
	Стіни				Колони	Плити, настили, перекриття	Елементи покриттів	
	Несучі клітини сходи	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі			Плоти настили	Балки, ферми
1	2,5	2,0	2,5	2,5	1,5	2,0	2,0	2,0

Основними причинами виникнення пожеж, є коротке замикання в електропровідниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики, ящики з кришками та цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах,

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та з'єднані із землею дротом. Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі

максимальної дії ДІЛ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

6.5.1 Дослідження 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 засобів не порушуючи їх працездатність в цілому.

Аналіз структурної схеми системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, транзистори, конденсатори, резистори, мікросхеми, діоди, діелектричні матеріали та напівпровідники.

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

Таблиця 6.7 – Визначення граничного рівня радіації для системи ЧПК

Елементи і матеріали	Границі стійкості елементів системи ЧПК, $p_{гр,i}$ , Р/с	Границя стійкості системи ЧПК, $p_{гр}$ , Р/с
Транзистори	$10^5$	10 <sup>4</sup>
Інтегральні схеми	$10^4$	
Конденсатори	$10^5$	
Резистори	$10^6$	
Діелектричні матеріали	$10^4$	
Мікросхеми	$10^4$	
Діоди	$10^4$	
Текстоліт	$10^{10}$	

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання визначається за формулою

$$P_{сп} = P_{зв} \cdot K_{нос} \cdot K_{над} = 10^4 \cdot 5 \cdot 0,95 = 4,75 \cdot 10^4 \text{ P/c},$$

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

$K_{нос} = 5$  – коефіцієнт послаблення радіації;

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

За довідниковими даними мінімально допустима доза опромінення для системи ЧПК складає  $10^4$  Р (границя стійкості роботи інтегральних схем). Середній рівень радіації на території України 25...30 мкР/год. Розрахуємо допустимий термін експлуатації системи в заданих умовах:

$$t_{\partial} = t_k = \left( \frac{D_{сп} \cdot K_{нос} + 2P_{1\max} \sqrt[2]{t_n}}{2P_{1\max}} \right)^2 = \left( \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt[2]{1}}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} \right)^2 \approx 2,8 \cdot 10^{18} \text{ (год)}.$$

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  $4,75 \cdot 10^4$  P/c.

6.5.2 Дослідження безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного імпульсу

Оцінити безпеку роботи системи ЧПК в умовах дії електромагнітного імпульсу можна за допомогою коефіцієнта безпеки

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

де  $U_{д}$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  – напруга створена електромагнітним імпульсом, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Безпечною робота системи ЧПК в умовах дії електромагнітного імпульсу буде у випадку, коли  $K_{\text{Бmin}} \geq 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення для системи складає

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N = 24 + \frac{24}{100} \cdot 5 = 25,2 \text{ (В)},$$

де  $U_{ж} = 24$  В – номінальна напруга живлення системи ЧПК;

$N = 10\%$  – допустимі коливання напруги.

Основна частина струмопровідних елементів системи ЧПК розміщена в горизонтальній площині, їх максимальна довжина між елементами становить близько 0,4 м.

Допустима величина наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи

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

Тоді

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

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

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{д}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{25,2}{100} = 0,252 \text{ (В)}.$$

Звідки максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_r}{l_r} = \frac{0,252}{0,4} = 0,63 \text{ (В/м)}.$$

Таким чином безпечна робота системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена, якщо значення вертикальної складової напруженості електричного поля не перевищуватиме 0,63 В/м.

### 6.5.3 Розробка заходів захисту системи ЧПК верстатного обладнання від дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Характер дії іонізуючих випромінювань на елементну базу електронних пристроїв та систем розглянуто в першому підрозділі. Оскільки стовідсотково запобігти можливість їх впливу на обладнання неможливо, то необхідним є введення в дію заходів захисту, які якщо не усунуть можливі наслідки взагалі, то принаймні зменшать їх масштаби.

Ефективним заходом захисту електронної техніки від іонізуючих випромінювань може стати екранування покриттями чи безпосередньо різними екранами, що екранують високочастотні і низькочастотні випромінювання працюючих вузлів і блоків обладнання. Оскільки практично всі матеріали мають певну поглинальну здатність при дії радіації. Ці ж заходи можуть бути ефективними і для захисту від дії електромагнітного імпульсу.

Крім того, для захисту системи ЧПК верстатного обладнання можна вжити такі заходи:

- використання в апаратурі стійких до радіації елементів і матеріалів;
- застосування різних загальних екранів за рахунок будівельних конструкцій та оздоблення
- застосування активного захисту від дії радіації;
- використання схем малочутливих до зміни електричних параметрів;
- зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення;

- зниження напруги живлення до мінімально необхідного для функціонування приладу;
- застосування пристроїв та елементів схем, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації або стрибків напруги, що може також бути наведена електромагнітним імпульсом;
- збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням або додаткова їх ізоляція і зменшення довжини струмопровідних частин обладнання та ін.

Висновок. Проведені розрахунки з дослідження безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань дають змогу зробити висновок, що дана система працюватиме безпечно в умовах дії цих загрозливих факторів надзвичайних ситуацій, якщо інтенсивності впливу іонізуючого та електромагнітного випромінювань не перевищуватимуть, відповідно,  $4,75 \cdot 10^4$  Р/с і 0,63 В/м. У випадку невиконання умови безпечної роботи для захисту роботи системи ЧПК верстатного обладнання можна вжити заходи перераховані вище.

## 6.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008», розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, протипожежного захисту та проведено дослідження безпеки роботи системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008». Для удосконалення використано сучасне автоматизоване обладнання – верстати з ЧПК, що дозволило скоротити кількість операцій технологічного процесу механічної обробки до двох, скоротити кількість необхідних верстатів, працюючих, виробничі площі, забезпечивши при цьому необхідну якість деталі, суттєво зменшивши час обробки, а значить і собівартість обробки.

Основні положення та практичні результати, отримані в роботі.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу, оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі «Корпус 19С.008».

2. Запропоновано два варіанта виготовлення заготовки деталі типу «Корпус 19С.008», а саме лиття в кокіль та лиття під тиском. Техніко-економічні розрахунки показали, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в кокіль, оскільки вартість заготовки при цьому складає 62,34 грн., що менше у порівнянні з литтям під тиском – 67,65 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів, різання, норм часу на операції.

4. Для удосконаленого маршруту механічної обробки розраховано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в серійному виробництві, яка складає 37877 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 4 чол., всього працюючих на дільниці – 8 чол.



5. В науковій частині роботи проведено дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень головного отвору при розрахунку припусків на його обробку, що дозволило вибрати найбільш раціональний варіант, який забезпечує мінімальне значення зміщення осі отвору, а значить і мінімальний припуск.

6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008», визначені капітальні вкладення – 1472395,9 грн., одержаний прибуток – 600435,3 грн., термін окупності вкладень – 2,45 року.

7. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008».

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

11. 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.

12. 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.

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. Чорноокий // 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. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

16. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.

17. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения : ГОСТ 21495-76. – [Чинний від 1977-01-01] М. : Изд-во стандартов, 1987. – 35 с.

18. Кован В. М. Расчет припусков на обработку в машиностроении / В. М. Кован. – Москва : Машгиз, 1953. – 208 с.

19. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / В. В. Бабук и др. – Минск : Высшая школа, 1987. – 255 с.

20. 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.

21. Безопасность труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Саборно и др. – К. : Техника, 1982. – 228 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.

ДОДАТКИ



## **1 Підстави для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## **2 Мета і призначення МКР**

а) мета – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість 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 19С.008»;
- річна програма випуску розрахункового представника – 2800 шт.;
- приведена програма – 37877 шт.;
- матеріал деталі – АК7 ГОСТ 1583-93;
- 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 19С.008» 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 19С.008». Вплив схеми базування на першій операції на величину припуску для розточування отворів в заготовці деталі типу «Корпус 19С.008» на настроєних верстатах. Розрахунок елементів дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008».	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: д.т.н., професор каф. ТАМ

\_\_\_\_\_ Козлов Л. Г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 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 19С.008» 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 19С.008» 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 19С.008».
- 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 19С.008»:

- річний об'єм випуску деталей –  $N_p = 2800$  шт.;
- маса деталі –  $m_d = 0,6$  кг;
- матеріал заготовки – сплав АК7 ГОСТ 1583-93.

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

Спроектована 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.

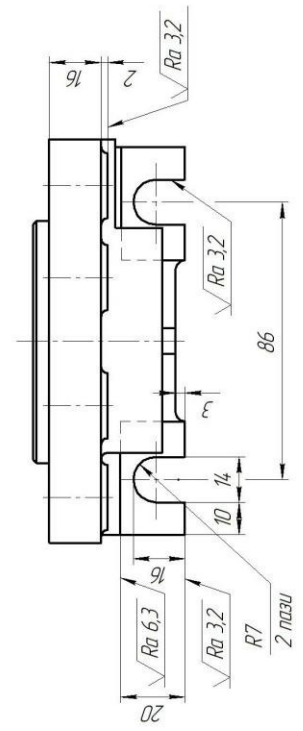
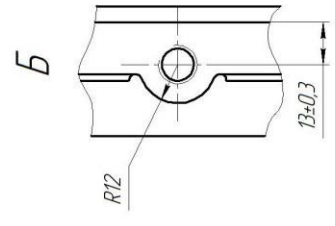
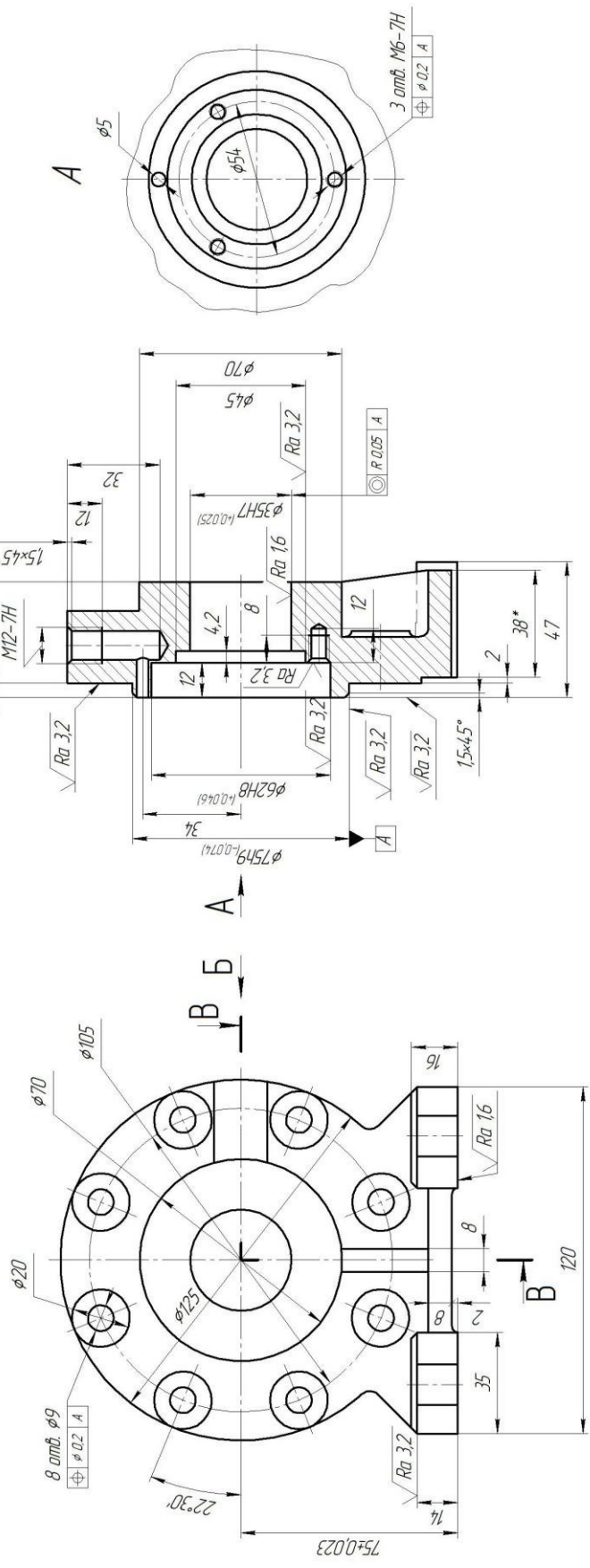
Зміст розділів МКР і терміни їх виконання згідно дійсного ТЗ і положення кафедри по оцінці рівня і ритмічності виконання роботи.

## Додаток Б

Графічна частина

08-26.МКР.027.000.001

$\sqrt{Ra 12.5}$



1. 140.160 HB. IT14.
2. H14, h14, ± 2.
3. \*Размер для обработки.

08-26.МКР.027.000.001		Корпус 19С.008		Ст. зр. ИИ-184	
Изм.	№	Дата	Исполн.	Провер.	ВНТЛ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

08-26.МКР.027.000.001

Корпус 19С.008

Ст. зр. ИИ-184

ВНТЛ

Ст. зр. ИИ-184

Формат А2

Корпус

08-26.МКР.027.000.001

Корпус

Ст. зр. ИИ-184

ВНТЛ

Ст. зр. ИИ-184

Формат А2

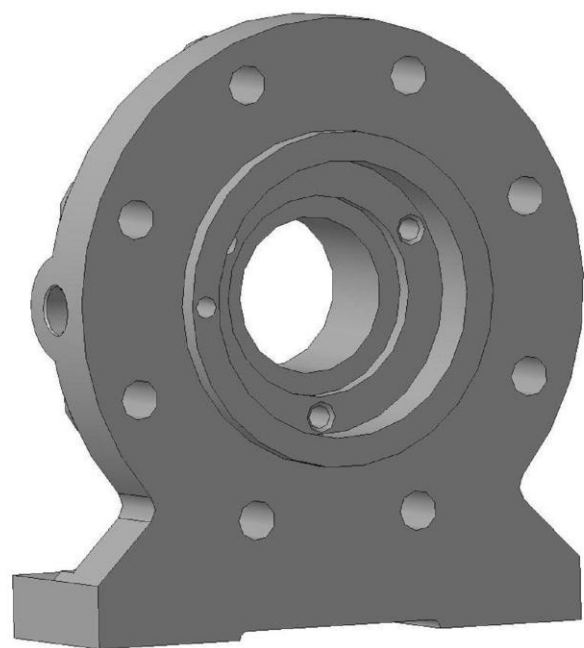
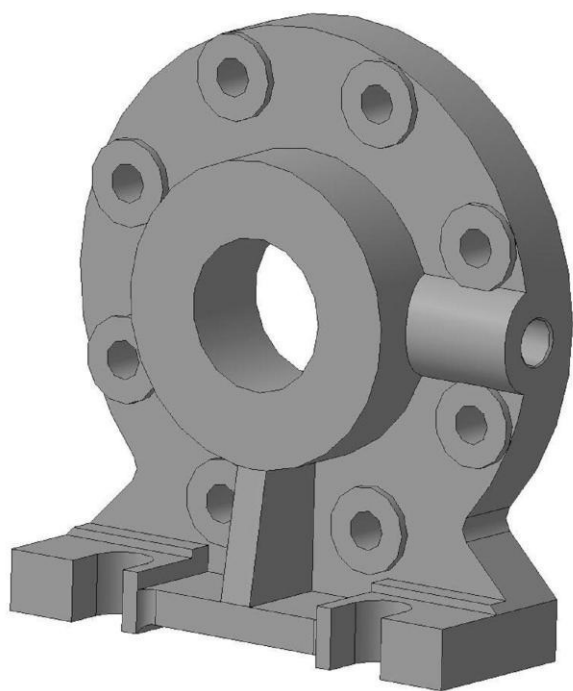
Корпус

08-26.МКР.027.000.001

Корпус

Ст. зр. ИИ-184

*3D-модель деталі "Корпус 19С.008"*





## Маршрут механічної обробки

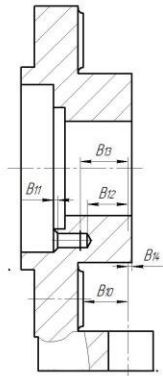
№ операції	Найменування і зміст операції	Ескіз обробки, схема установки	Тип верстата
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо в розмір <math>19,5_{-0,43}</math>, поверхню 3 однократно в розмірі згідно ескізу.</li> <li>3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно згідно ескізу.</li> <li>4. Фрезерувати 2 пази 2 однократно згідно ескізу.</li> <li>5. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК БР13Ф3
010	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Точити торець 1 однократно, поверхню 3 попередньо в розмір <math>\phi 75,72_{-0,19}</math>, торець 2 однократно гідно ескізу.</li> <li>3. Точити фаску 9, поверхню 3 остаточно гідно ескізу.</li> <li>4. Розточити отвір 4 попередньо в розмір <math>\phi 60,46_{-0,19}</math>, з підрізанням торця 7 однократно, отвір 5 з підрізанням торця 8 однократно гідно ескізу, отвір 6 попередньо в розмір <math>\phi 34,55_{+0,16}</math>.</li> <li>5. Розточити отвори 4, 6 попередньо в розмірі <math>\phi 61,57_{-0,074}</math>; <math>\phi 34,93_{-0,039}</math>.</li> <li>6. Розточити отвори 4, 6 остаточно гідно ескізу.</li> <li>8. Зняти заготовку.</li> </ol>	<p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Токарний з ЧПК МК6801Ф3
015	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати торець 1 однократно згідно ескізу.</li> <li>3. Фрезерувати 8 бобишок 2 по чергово однократно згідно ескізу.</li> <li>4. Центрувати 8 отворів 3 в розмірі <math>\phi 5</math> мм, <math>l=4</math> мм.</li> <li>5. Свердлити 8 отворів 3 згідно ескізу.</li> <li>6. Фрезерувати платику 4, 5 однократно згідно ескізу.</li> <li>7. Повернути стіл на <math>90^\circ</math>.</li> <li>8. Центрувати отвір 6 в розмірі <math>\phi 5</math> мм, <math>l=4</math> мм.</li> <li>9. Свердлити отвір 6 в розмір <math>\phi 11</math> мм.</li> <li>10. Зенкувати фаску в отворі 6 згідно ескізу.</li> <li>11. Нарізати різь в отворі 6 згідно ескізу.</li> <li>12. Повернути стіла на <math>90^\circ</math>.</li> <li>13. Центрувати отвір 7 і 3 отв. 8 в розмірі <math>\phi 5</math> мм, <math>l=4</math> мм.</li> <li>14. Свердлити отвір 7 згідно ескізу.</li> <li>15. Свердлити 3 отв. 8 в розмір <math>\phi 5</math> мм.</li> <li>16. Зенкувати фаску в 3 отв. 8 згідно ескізу.</li> <li>17. Нарізати різь в 3 отв. 8 згідно ескізу.</li> <li>18. Зняти деталь.</li> </ol>	<p style="text-align: right;">H14, h14, ±IT14/2</p>	Багатоцільовий з ЧПК 6904ВМФ2 з поворотним столом



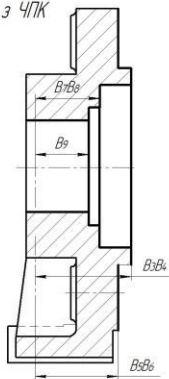
# Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу

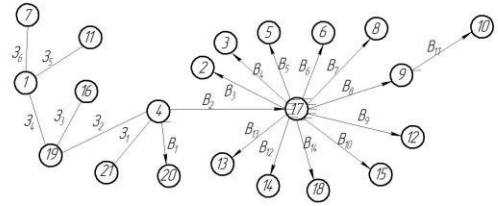
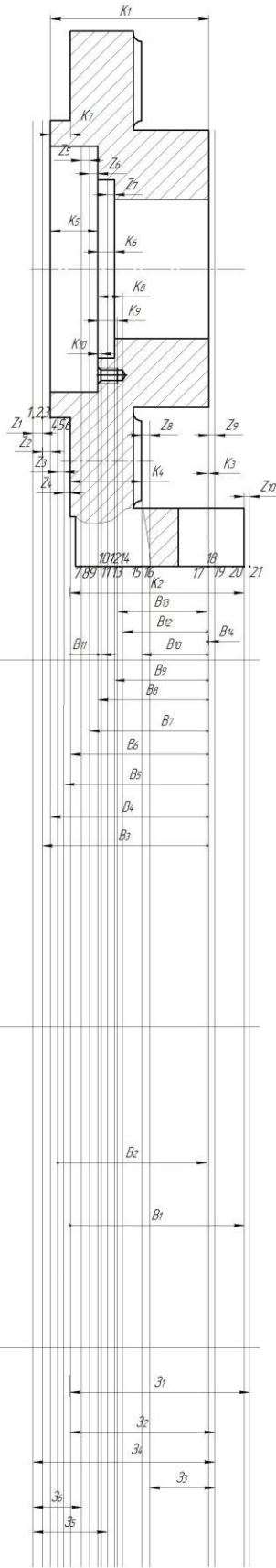
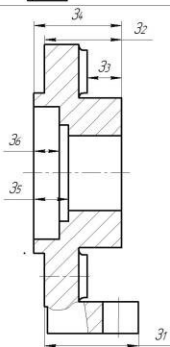
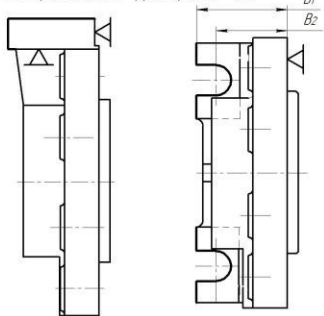
015 Багатоцильова



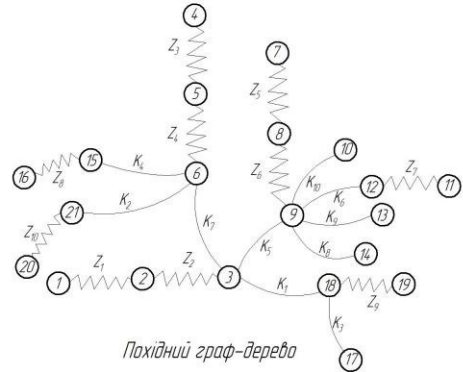
010 Токарна з ЧПК



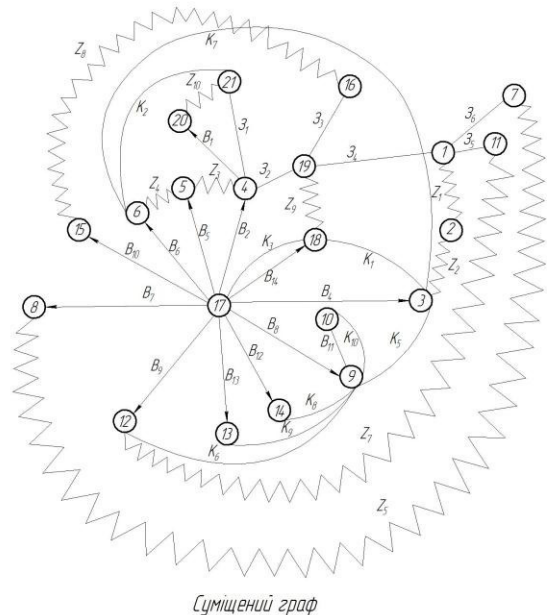
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



Сумщений граф

Таблиця проміжних розмірів, розмірів заготовки

Поначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	min	max				
B1	41,7	42	0,3	42	42,0,3	-
B2	35,8	36,06	0,26	36,06	36,06,0,26	-
B3	38,5	38,8	0,3	38,8	38,8,0,3	-
B4	37,8	37,9	0,1	37,9	37,9,0,1	-
B5	33,5	33,8	0,3	33,8	33,8,0,3	-
B6	32,8	32,9	0,1	32,9	32,9,0,1	-
B7	26,55	26,8	0,25	26,8	26,8,0,25	-
B8	25,75	25,95	0,2	25,95	25,95,0,2	-
B9	21,55	21,65	0,1	21,65	21,65,0,1	-
B10	14,8	15	0,2	15	15,0,2	-
B11	0,9	1,1	0,2	1	1±0,1	-
B12	13,8	13,9	0,1	13,9	13,9,0,1	-
B13	16,65	16,75	0,1	16,75	16,75,0,1	-
B14	1,9	2,1	0,2	2	2±0,1	-
Z1	44,4	46,2	1,8	46,2	-	46,2,1,8
Z2	40,56	42,36	1,8	42,36	-	42,36,1,8
Z3	13,3	14,5	1,2	14,5	-	14,5,1,2
Z4	47,36	49,26	1,9	49,26	-	49,26,1,9
Z5	15,25	16,95	1,7	16,95	-	16,95,1,7
Z6	10,8	12	1,2	12	-	12,1,2

Таблиця припусків

Припуски	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	
Граничні значення	Z <sub>min</sub>	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2,2	2,2	2,4	2,4
	Z <sub>max</sub>	7,96	1,0	2,56	1,0	7,4	1,05	6,9	3,8	4,66	4,5



## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ

**Мета роботи** – дослідження впливу схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень заготовки при розрахунку припуску на обробку головного отвору  $\phi 35H7^{(+0,025)}$  та вибір найбільш раціонального варіанту, що забезпечує одержання мінімального припуску.

Мінімальний проміжний припуск для обробки циліндричних поверхонь визначається за формулою

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

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

Просторові відхилення оброблюваної поверхні:

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

де  $\rho_1$ ;  $\rho_2$  – 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

$$\rho_1 = \sqrt{(A_k \cdot d)^2 + (A_k \cdot \ell)^2} \text{ [мкм]}, \quad (3)$$

де  $d$  і  $\ell$  – діаметр, довжина оброблюваного отвору;  $A_k$  – питома кривизна вилівка.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ  
ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ**  
(продовження)

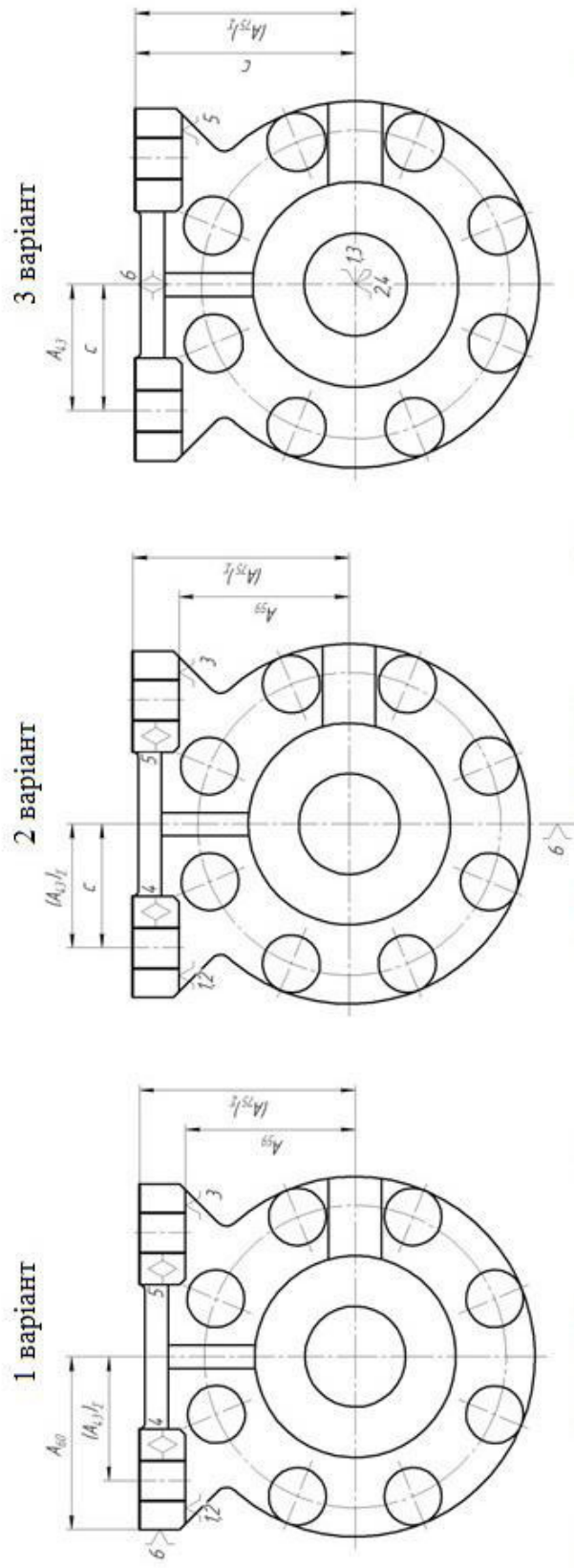


Рисунок 3.1 – Варіанти схем базування деталі «Корпус 19С.008» на першій операції технологічного процесу (при підготовці чистових технологічних баз) з технологічними розмірними ланцюгами для визначення похибки базування

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ (продовження)

Вісь отвору у вихідній заготовці пов'язана з чистовими технологічними базами розмірами: 43 мм (у напрямку осі  $X$ ) і 75 мм (у напрямку осі  $Y$ ). Тому знайдемо  $\rho_2$  як середнє квадратичне значення сумарних похибок механічної обробки, що виникають під час отримання цих розмірів, тобто вважатимемо, що

$$\rho_{зм} = \sqrt{(\varepsilon_{\Sigma 43})^2 + (\varepsilon_{\Sigma 75})^2} \text{ [мкм]}. \quad (4)$$

Сумарна похибка обробки визначається за спрощеною формулою

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{\omega^2 + \varepsilon_{\theta}^2} \text{ [мкм]}, \quad (5)$$

де  $\omega$  – середньостатистична точність способу механічної обробки;  $\varepsilon_{\theta}$  – похибка базування.  
Рівняння для визначення похибок базування матимуть вигляд.

Варіант 1

$$\varepsilon_{643} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c); \quad (6)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c). \quad (7)$$

Варіант 2

$$\varepsilon_{643} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(A_{41}) + T(c); \quad (8)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(A_{59}) + T(c). \quad (9)$$

Варіант 3

$$\varepsilon_{643} = \delta(A_{43})_{\Sigma} = T(c); \quad (10)$$

$$\varepsilon_{675} = \delta(A_{75})_{\Sigma} = T(c). \quad (11)$$

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ БАЗУВАННЯ НА ПЕРШІЙ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ПРОСТОРОВИХ ВІДХИЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ ЗАГОТОВКИ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА ЙОГО ОБРОБКУ

(продовження)

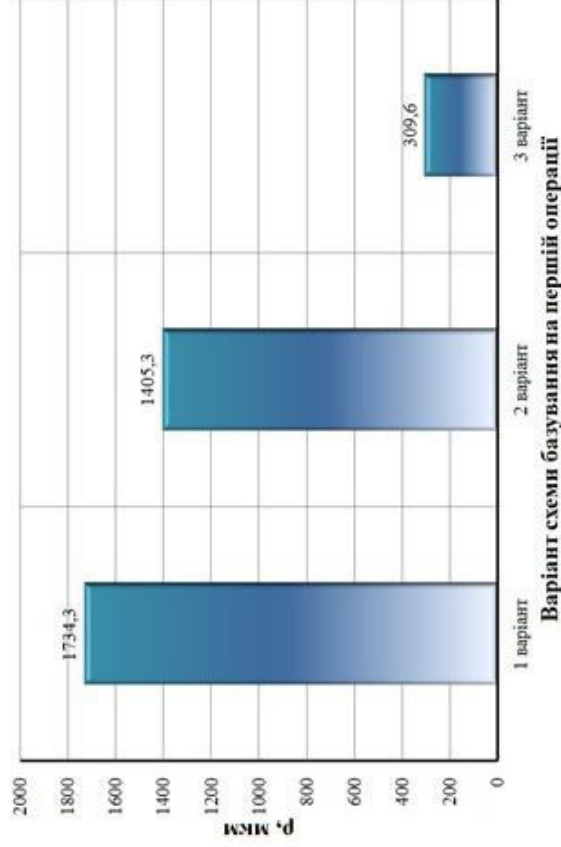


Рисунок 2 – Вплив схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008» на величину просторових відхилень головного отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  мм

### Висновки.

1. Розглянуто три поширених в технології машинобудування варіанти схеми базування заготовки деталі «Корпус 19С.008» 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 способу визначення припусків встановлено, що використання 1-го варіанта схеми базування спричиняє величину просторового зміщення отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз на операції його розточування в 5,6 рази більше, ніж для 3-го варіанту, а при 2-гій схемі базування – у 4,5 рази. Величина зміщення осі отвору (складова  $\rho_2$ ) у вихідній заготовці визначена за допомогою побудови відповідних технологічних розмірних ланцюгів.
3. Складові мінімального припуску  $R_Z$ ,  $h$ ,  $\varepsilon_s$  при розточуванні головного отвору  $\varnothing 35H7^{(+0,025)}$  при всіх схемах базування є однаковими.
4. Найбільш доцільним є варіант використання 3-ої схеми базування на першій операції технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус 19С.008», що забезпечить мінімальний припуск на обробку, так як просторові відхилення отвору в даному варіанті мінімальні.



## *Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу*

<i>Базовий технологічний процес</i>	<i>Удосконалений технологічний процес</i>
<i>Техніко-економічні показники</i>	
<i>Матеріал</i>	
<i>АК7</i>	<i>АК7</i>
<i>Спосіб виготовлення заготовки</i>	
<i>Лиття під тиском</i>	<i>Лиття в кокіль</i>
<i>Собівартість заготовки</i>	
<i>67,65 грн.</i>	<i>62,34 грн.</i>
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки</i>	
<i>0,96</i>	<i>0,74</i>
<i>Кількість операцій</i>	
<i>6 операцій</i>	<i>3 операції</i>
<i>Кількість верстатів</i>	
<i>6 верстатів</i>	<i>3 верстати</i>
<i>Кількість працюючих</i>	
<i>12 основних робітників</i>	<i>4 основних робітники</i>
<i>Виробнича площа ділянки, м<sup>2</sup></i>	
<i>165</i>	<i>95</i>
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції</i>	
<i>123,51 грн.</i>	<i>89,48 грн.</i>
<i>Капітальні вкладення</i>	
<i>-</i>	<i>14 72395,9 грн.</i>
<i>Економічний ефект</i>	
<i>-</i>	<i>600435,3 грн.</i>
<i>Термін окупності</i>	
<i>-</i>	<i>2,45 року</i>