

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

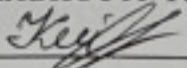
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

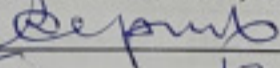
«Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки
деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»»

08-26.МКР.012.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, гр. 1ПМ-22м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

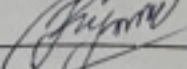
 Котик М. І.

Керівник: к.т.н., професор каф. ТАМ

 Дерібо О. В.

« 5 » 12 2023 р.


Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.

« 15 » 12 2023 р.

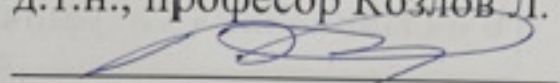
Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

« 16 » 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

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

« 16 » жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Котику Максиму Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»

керівник роботи Дерібо Олександр Володимирович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 18 » вересня 2023 року № 274 .

2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 1200 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»; визначення складових мінімального проміжного припуску під розточування головного отвору в литій заготовці корпусної деталі за допомогою розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»; економічна доцільність удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус редуктора КР 027.041.001»; 3D-модель деталі «Корпус редуктора»; корпус (випуск); 3D-модель заготовки; маршрут механічної обробки; розмірний аналіз технологічного процесу; карта налагоджень; ілюстраційний матеріал до наукової частини; план дільниці; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	Дерібо О. В., професор кафедри ТАМ	 16.10.23	 С. 12.23
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 24.10.23	 30.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 24.10.23р.	 30.11.23р.

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примі
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 24.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 27.10.23	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 1.11.23	
4	Розв'язання поставлених задач	до 21.11.23	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 6.12.23	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 30.11.23	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 30.11.23	
8	Попередній захист МКР	5.12.23	
9	Перевірка роботи на плагіат	12.12.23	
10	Нормоконтроль МКР	13.12.23	
11	Опонування МКР	15.12.23	
12	Захист МКР	18.12.23	

Студент

(підпис)

Котик М. І.

Керівник роботи

(підпис)

Дерібо О. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Котик М. І. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2023. 140 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назв; рис.: 21; табл. 46.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» 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 деталі типу «Корпус»; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» з використанням сучасних верстатів з ЧПК та вибір кращого з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В науковій частині роботи отримала подальший розвиток методологія визначення величини просторових відхилень осей головних отворів у литій заготовці за допомогою розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу. Це підхід дозволив врахувати як неточності виготовлення виливка, так і похибки, що виникають на попередніх операціях під час формоутворення чистових технологічних баз.

В економічній частині роботи виконано економічні розрахунки по впровадженню запропонованих у роботі рішень. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, дільниця механічної обробки.

ABSTRACT

Kotyk M. I. Improvement of the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Gearbox housing KR 027.041.001». Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2023. 140 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 32 titles; fig.: 21; tabl. 46.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the workpiece of the type «Gearbox housing KR 027.041.001» taking into account modern achievements, advanced technologies and new methods of processing such workpieces, which ensures the necessary quality and reduces the cost of products.

In order to achieve the set goal, a review of manufacturing technologies of the "Hull" type part was conducted; developed options for the route of mechanical processing of a part of the type «Gearbox housing KR 027.041.001» using modern CNC machines and choosing the best of them based on the minimum costs; dimensional and accurate modeling of the improved technological process of mechanical processing was carried out; cutting modes and time standards are determined; the number of equipment and employees is calculated; improved mechanical processing department.

In the scientific part of the work, the methodology of determining the spatial deviations of the axes of the main holes in the cast workpiece with the help of dimensional accuracy modeling of the technological process was further developed. This approach made it possible to take into account both casting manufacturing inaccuracies and errors arising from previous operations during the molding of the final technological bases.

In the economic part of the work, economic calculations were performed for the implementation of the solutions proposed in the work. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, device, mechanical processing section.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	10
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	11
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»	18
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	18
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	22
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	31
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	42
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	44
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	47
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	50
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	52
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	57
2.10 Призначення режимів різання	58
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	64
2.12 Визначення технічних норм часу	66
3 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	71

	6
3.1 Мета дослідження	71
3.2 Результати дослідження	72
3.3 Визначення мінімальних проміжних припусків для обробки отвору Ø80H7 мм за результатами розмірно-точнісного моделювання	83
3.4 Висновки	89
4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»	90
4.1 Розрахунок приведеної програми	90
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	97
4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці	101
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»	104
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	104
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»	111
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	117
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	121
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	122
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	122
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	126
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	126
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	129
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозливих факторів НС	133
ВИСНОВКИ	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	138
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	141
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	142

ВСТУП

Актуальність. Актуальною задачею машинобудування України є суттєве оновлення матеріально-технічної бази і впровадження нових сучасних високопродуктивних технологічних процесів, у т. ч., технолій механічної обробки. Дуже важливою задачею є також забезпечення конкурентноздатності виробів і наближення їх номенклатури до світового рівня.

У розвитку технологій механічної обробки останніми роками проходять принципові зміни. Інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування верстатів з ЧПК та іншого автоматизованого обладнання, різальних інструментів з нових надтвердих інструментальних матеріалів, розширення сфери використання роботизованих верстатних комплексів з керуванням від ЕОМ дозволяє підвищити точність обробки, скоротити витрати часу та знизити собівартість машинобудівних виробів.

Побудований з використанням прогресивних підходів та рішень, технологічний процес забезпечує можливість виготовлення якісної продукції, високої продуктивності праці та низької собівартості виробів.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» з урахуванням сучасних досягнень, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує вартість продукції.

При цьому повинні бути виконані такі **завдання**:

- проаналізувати наявні технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі креслення деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» виконати якісний і кількісний аналіз технологічності її конструкції;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»;
- розробити варіантів удосконаленого маршруту механічної обробки та вибрати кращий з них за мінімумом приведених витрат;

- виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки;

- призначити режими різання;

- встановити технічні норми часу на операції;

- розрахувати елементи ділянки механічної обробки, кількість обладнання та працівників;

- розрахувати економічну доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»;

- розробити необхідні заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки.

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

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки; метод лінійного програмування (симплекс-метод), що дозволив визначити оптимальні режими різання, методика техніко-економічного порівняння способів виготовлення вихідної заготовки.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методологія визначення величини просторових відхилень осей головних отворів у литій заготовці за допомогою розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу. Це підхід дозволив врахувати як неточності виготовлення виливка, так і похибки, що виникають на попередніх операціях під час формоутворення чистових технологічних баз.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»; при цьому запропоновані такі рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки собівартість виготовлення заготовки при цьому складає 300 грн., що менше у порівнянні з собівартістю виготовлення заготовки в піщано-глинистих формах з ручним формуванням суміші – 332,5 грн.;

- розроблено удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК; техніко-економічний аналіз показав, що впровадження удосконаленого технологічного процесу в виробництво є економічно доцільним;

- для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 13095 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 1 чол., всього працівників на дільниці – 5 чол.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції: Лі науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту, Вінниця, 30-31 травня 2022 р.

Публікації. Оpubлікована теза доповіді:

- Дерібо О. В., Таранік А. В., Котик М. І. До питання визначення складових мінімального проміжного припуску для попередньої обробки отворів у заготовках деталей типу «Корпус». Лі науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту. Вінниця, 30-31 травня 2022 р. – Електронний ресурс:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15818/13289>

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення

Об'єктом виробництва служить деталь «Корпус редуктора КР 027.041.001». Дана деталь призначена для розміщення та координації деталей передачі, захисту їх від забруднення, організації системи змащення, а також сприйняття сил, що виникають у зачепленні редукторної пари, підшипниках.

Службове призначення деталі

Корпусні деталі машини являються базовими елементами виробів. У корпусах встановлюють різні деталі, механізми, складальні одиниці, технологічність взаємного розташування яких повинна бути забезпечена у процесі роботи машин.

Технічні умови на виготовлення заготовки

Деталь виготовляється із сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85, вага деталі – 14 кг. Габаритні розміри деталі: 200×170×234,5. Конструкція деталі складна має коробчасту порожнисту форму, в стінках якої є чотири наскрізних отвори відповідно з розмірами $\varnothing 80H7$, $\varnothing 145H7$, $\varnothing 62H7$ (2 отв.), і на цих же стінках розташовані кріпильні отвори М8 – 7Н(13 шт.). На верхній, нижній стінках, та на передній стінці з отв. $\varnothing 80H7$ виконані приливи. На яких розташовано по одному отвору М12 × 1,75 – 7Н(3 шт.) з проточками під шайби та 2 отв. М12. Вся ця конструкція поєднана з чотирма «лапами» – 2 зверху і 2 знизу. На кожній «лапі» є 4 отвори: відповідно 2 отв. $\varnothing 14H9$ і 2 отв. $\varnothing 14H14$ – на верхній та 2 отв. $\varnothing 14H9$ і 2 отв. $\varnothing 14H14$ – на нижній. За винятком різевих отворів М8 – 7Н(13 шт.) всі інші отвори наскрізні.

Технічні умови на виготовлення деталі

Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є отвори $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$ та отвір $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ в яких мають кріпитись підшипники та вали для передачі крутного моменту. Таким чином основними конструкторськими

поверхнями будуть нижня площина корпусу $234,5_{(0,2)}$ у вигляді бобишки і 4х лап та два отвори: $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ та $\varnothing 14$; верхня площина корпусу $234,5 \pm 0,2$ у вигляді бобишки та 4х лап та ідентичні отвори $\varnothing 14$ та $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$, бокові поверхні лап та одна із бокових сторін редуктора98 – допоміжні поверхні, решта поверхонь – вільні. Крім того деталь має ряд вимог щодо відносного розташування окремих поверхонь.

Матеріал СЧ15 добре піддається різанню, має задовільні ливарні якості, відносно невисока вартість його дозволяє широко використовувати для виготовлення складних форм деталі. У таблиці 1.1 наведені хімічні властивості СЧ15.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу – СЧ15

Включення	Вуглець, С	Кремній, Si	Марганець, Mn	Фосфор, P	Сірка, S
Вміст, %	3,5...3,7	2...2,4	0,5...0,8%	до 0,2	до 0,15

Висновок. Вимоги до деталі по параметрам точності, шорсткості та відносного розташування окремих поверхонь в цілому відповідають рекомендаціям конструкторських розробок та являються доцільними.

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

Наведемо два існуючі технологічні процеси для виготовлення деталі типу «Корпус».

Перший маршрут механічної обробки це найпростіший маршрут для базової деталі типу «Корпус». В якості типової деталі використаємо деталь типу корпус – рисунок 1.1. Маршрут зображений в таблиці 1.2 [1-8].

В якості базового маршруту візьмемо вже існуючий реальний технологічний процес для нашої деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001». Базовий маршрут розроблений на основі першого маршруту механічної обробки

для базової деталі типу «Корпус». Базовий маршрут механічної обробки буде представлений в таблиці 1.2

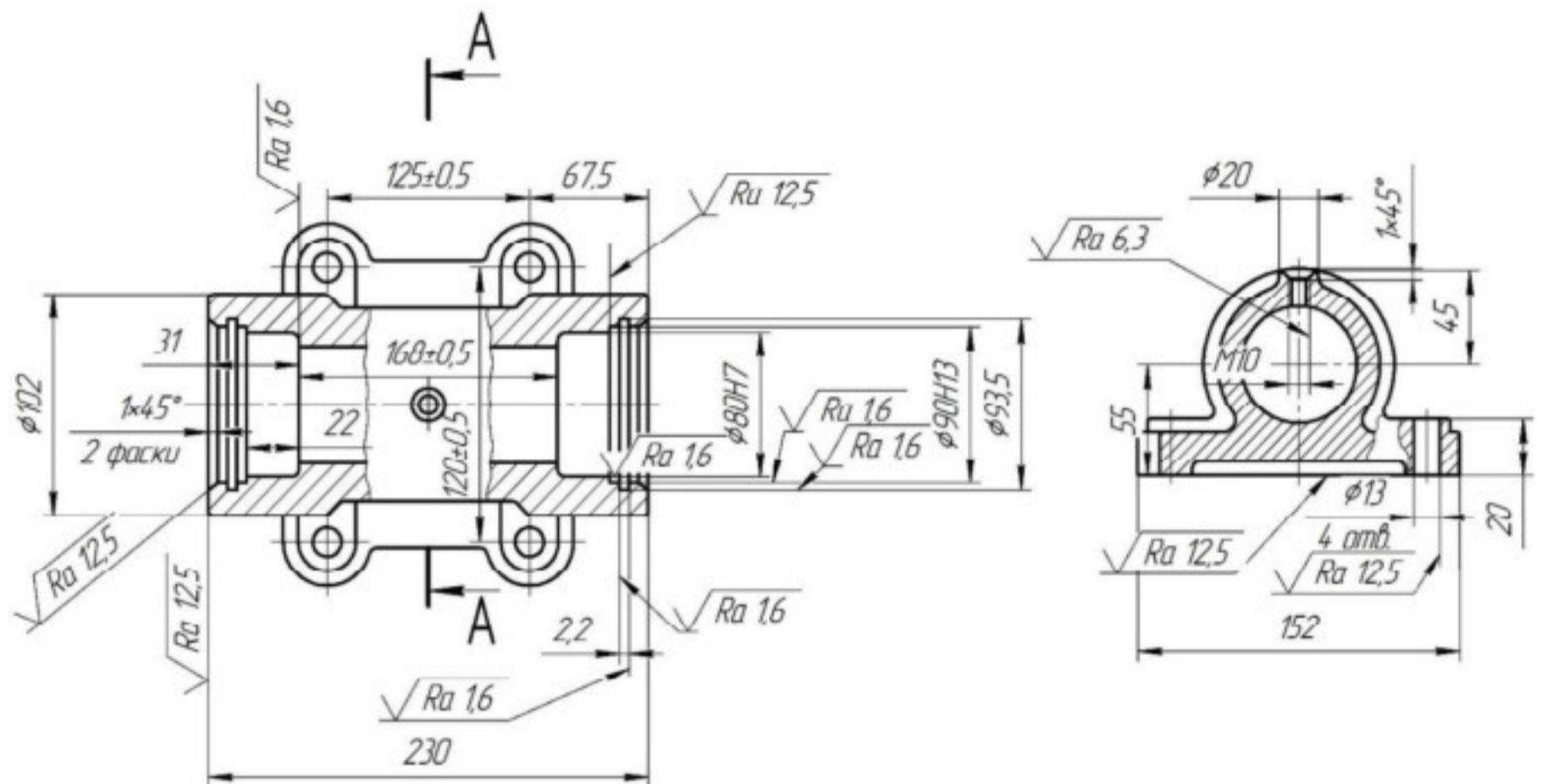


Рисунок 1.1 – Деталь типу «Корпус»

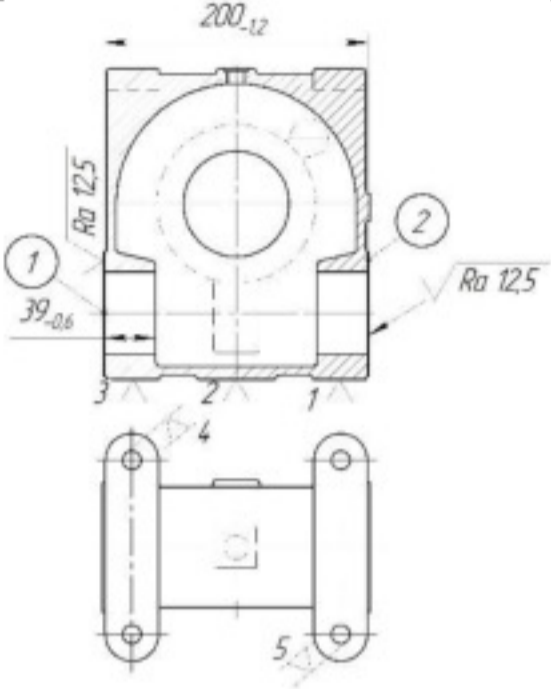
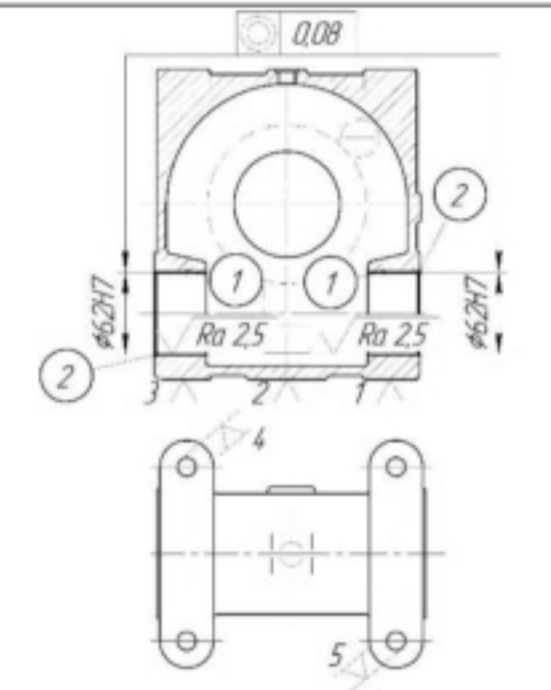
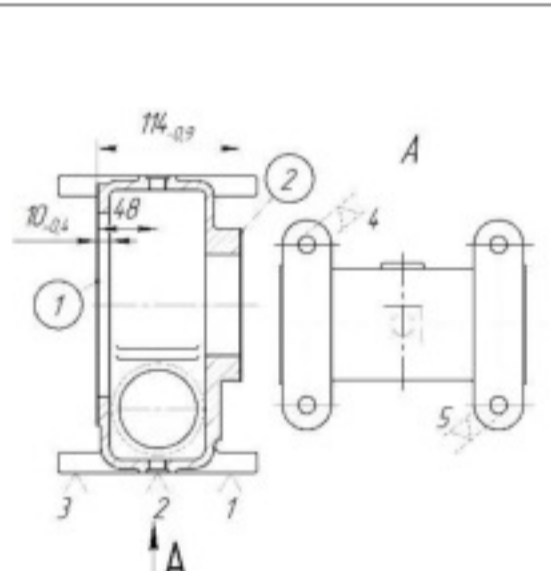
Таблиця 1.2 – Технологічний маршрут обробки деталі типу «Корпус»

Операція	Зміст операції та переходи	Тип верстату
005	Лиття	
010	Обрубкування та очищення виливка	
015	1. Фрезерувати площину основи остаточно. 2. Свердли 4 отв. Ø13 остаточно. 3. Фрезерувати площину бобишки Ø20 остаточно, свердли та нарізати різь M10×1-7H в одному отворі остаточно. 4. Фрезерувати торець Ø102, дотримуючи розмір 230 остаточно. 5. Розточити виточки Ø80H7; Ø90H13 та фаску 1×45° остаточно. 6. Повернути стіл на 180°. 7. Розточити виточки: Ø80H7; Ø90H13 та фаску 1×45° остаточно. 8. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ИР320МФ4
020	Зняти задири	Верстак
025	Технічний контроль	
030	Нанесення антикорозійного покриття	

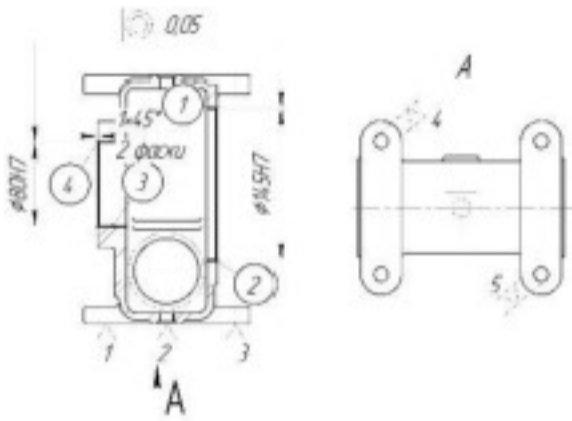
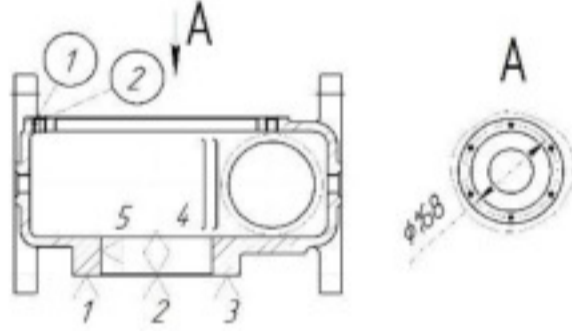
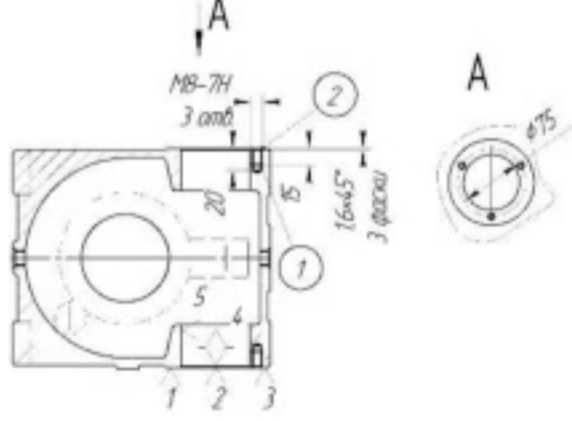
Таблиця 1.3 – Базовий маршрут механічної обробки деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001»

№ оп.	Найменування операції. Зміст переходу	Ескіз	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 в розмір $16_{-0,4}$ 3. Центрувати 2 отв. 2, 2 отв. 3, отв. 4 4. Свердли 2 отв. 2 в розмір $\varnothing 14^{+0,4}$ напрохід. 5. Свердли 2 отв. 3 в розмір $\varnothing 13,8^{+0,1}$ напрохід. 6. Розвернути 2 отв. 3 в розмір $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ напрохід. 7. Свердли отв. 4 в розмір $\varnothing 10,7^{+0,43}$ напрохід. 8. Цекувати отв. 3 в розмір $\varnothing 18^{+0,4}$ та $2^{+0,2}$. 9. Нарізати різь в отв. 4 в розмір $M12 \times 1,25-7H$. 10. Зняти заготовку. 		6Р13РФ3
010	<p><u>Свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 4 в розмір $234_{-0,3}$ напрохід. 3. Центрувати 4 отв. 2 та отв. 3 4. Свердли 4 отв. 2 в розмір $\varnothing 14^{+0,4}$ напрохід. 5. Свердли отв. 3 в розмір $\varnothing 10,7^{+0,43}$ напрохід. 6. Цекувати отв. 4 в розміри $\varnothing 18^{+0,4}$, $2^{+0,2}$ 7. Нарізати різь в отв. 3 в розмір $M12 \times 1,25-7H$. 8. Фрезерувати пов. 5 напрохід в розмір $3 \pm 0,2$. 9. Зняти заготовку. 		6Р13РФ3

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
015	<p><u>Токарно-гвинторізна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Підрізати торець 1 остаточно в розмір $39_{-0,6}$ 3. Переустановити деталь. 4. Підрізати торець 2 остаточно в розмір $200_{-1,2}$ 5. Зняти заготовку. 		1A63
020	<p><u>Токарно-гвинторізна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Розточити 2 отв. 1 в розмір $\varnothing 61,5^{+0,2}$ напрохід попередньо. 3. Розточити 2 фаски 2 в розмір $1 \times 45^\circ$. 4. Розвернути 2 отв. 1 в розмір $\varnothing 61,8^{+0,1}$ напрохід попередньо. 5. Розвернути 2 отв. 1 в розмір $\varnothing 62H7^{+0,03}$ напрохід остаточно. 6. Зняти заготовку. 		1A63
025	<p><u>Токарно-гвинторізна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Підрізати торець 1 в розмір $10_{-0,4}$ остаточно. 3. Переустановити деталь. 4. Підрізати торець 2 остаточно в розмір $114_{-0,9}$. 5. Зняти заготовку. 		1A63

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
030	<p><u>Токарно-гвинторізна</u></p> <p>1. Встановити заготовку. 2. Розточити отв. 1 в розмір $\varnothing 145H7^{(+0,04)}$ напрохідпопередньо та остаточно. 3. Розточити фаску 2 в розмір $1 \times 45^\circ$ 4. Розточити отв. 3 в розмір $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ попередньо та остаточно. 5. Розточити фаску 4 в розмір $1 \times 45^\circ$. 6. Зняти заготовку.</p>		1A63
035	<p><u>Радіально-свердлильна</u></p> <p>1. Встановити заготовку. 2. Свердлити 6 отв. 1 в розмір $\varnothing 6,7^{+0,2}$ напрохід. 3. Зенкувати 6 фасок 2 в розмір $1,6 \times 45^\circ$. 4. Нарізати різь в 6 отв. 1 в розмір М8-7Н напрохід. 5. Зняти заготовку.</p>		2A554
040	<p><u>Радіально-свердлильна</u></p> <p>1. Встановити заготовку. 2. Свердлити 3 отв. 1 в розмір $\varnothing 6,7^{+0,2}$. 3. Зенкувати 3 фаски 2 в розмір $1,6 \times 45^\circ$. 4. Нарізати різь в 3 отв. 1 в розмір М8-7Н. 5. Переустановити деталь. 6. Повторити переходи 2, 3, 4. 7. Зняти заготовку.</p>		2A554

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
045	<p><u>Радіально-свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Свердли 4 отв. 1 в розмір $\varnothing 6,7^{+0,2}$. 3. Свердли 4 отв. 2 в розмір $\varnothing 10,7^{+0,2}$ напрохід. 4. Зенкувати 4 фаски 3 в розмір $1,6 \times 45^\circ$. 5. Зенкувати виточку 4 в розміри $\varnothing 18^{+0,4}; 2 \pm 0,1$. 6. Нарізати різь в отв. 2 в розмір $M12 \times 1,25-7H$ напрохід. 7. Нарізати різь в 4 отв. в розмір $M8-7H$. 8. Свердли 2 отв. 5 в розмір $\varnothing 9$ напрохід. 9. Зенкувати 2 фаски 6 в розмір $1,6 \times 45^\circ$. 10. Нарізати різь в 2 отв. 5 в розмір $M10 \times 1$ напрохід. 11. Зняти заготовку. 		2A554
050	<p><u>Радіально-свердлильна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Центрувати отв. 1. 3. Свердли 4 отв. 1 в розмір $\varnothing 10,7^{+0,2}$ напрохід. 4. Зенкувати виточку 2 в розміри $\varnothing 18^{+0,4}; 2 \pm 0,1$. 5. Нарізати різь в розмір $M12 \times 1,25-7H$ напрохід. 6. Зняти деталь. 		2A554

Саме цей маршрут механічної обробки візьмемо за базовий для удосконалення в умовах середньосерійного типу виробництва.

Маршрут побудований на основі типового маршруту обробки корпусної деталі.

Але і останній маршрут є недосконалим та застарілим на даний момент. Так, наприклад:

- на операціях 015-030 використовується верстат 1А63 – хоч і є підвищеної точності, але він універсальний, а через це потрібно вручну знімати деталь та переустановлювати її 3-4 рази щоб обробити необхідні поверхні

А також замінювати інструмент. Що потім негативно вплине на продуктивність обробки, час обробки і, зрештою, економічну складову вартості обробки.

- Досягнення точності обробки на даних верстатах забезпечується за рахунок багаторазової обробки поверхонь, що негативно впливає на час обробки та на автоматизацію виробництва, а значить на загальний час виготовлення деталі.

- Пристосуваннями для даного маршруту в більшості операцій слугують кондукторні плити, які швидко зношуються при інтенсивному використанні, що негативно впливає на точність обробки, та її вартість, адже плити прийдеться досить часто замінювати.

З усього вище написаного можна зробити висновок, що даний маршрут механічної обробки потребує автоматизації, удосконалення та оновлення обладнання для забезпечення кращої точності, гнучкості та автоматизації виробництва деталі.

Аналізуючи базовий технологічний процес пропонується удосконалити його згідно сучасних норм та вимог сучасного машинобудування. Для такого удосконалення пропонується:

- замінити старі універсальні верстати на нові верстати з ЧПК, відносно недорогі, це дозволить зменшити площі виробництва, покращити продуктивність, зменшити енергоємність виробництва;

- відповідно до верстатів скоротити кількість операцій із 10-ти до 3-х, що значно зменшить витрати допоміжного часу на обробку за рахунок меншої кількості закріплення і розкріплення деталі для обробки на наступній операції;

- замінити існуючі пристосування для базування деталі на спеціальне пристосування для обробки деталі, в даному пристосуванні деталь буде оброблятися на останній операції, за рахунок автоматизації закріплення-розкріплення деталі значно зменшиться час обробки;

- на останній операції для збільшення автоматизації пропонується застосувати робот для установки заготовки у пристосування на столі верстата та для зняття останньої і перенос її у накопичувач деталей – це також значно скоротить допоміжний час на виготовлення деталі.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.2 Якісний аналіз технологічності [5, 8]

Деталь «Корпус редуктора КР 027.041.001» виготовляється із сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85і призначений для розміщення та координації деталей передачі, захисту їх від забруднення, організації системи змащення, а також сприйняття сил, що виникають у зачепленні редукторної пари, підшипниках.

Конструкція деталі достатньо складна – наявність бобишок, криволінійних поверхонь значно ускладнює процес отримання заготовки. Деталь середніх габаритних розмірів $200 \times 170 \times 234,5$ мм, мінімальна товщина стінок 7 мм, досить шорстка, що дозволяє обробляти поверхні на підвищених режимах різання.

Основні отвори $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 145H7^{(+0,03)}$ обробляються напрохід, що полегшує їх обробку. Глухі різцеві отвори (16 отв. М8-7Н) обробляти важче – збільшується трудомісткість механічної обробки.

Всі інші отвори – 6 отв. $\varnothing 14H14$, 2 отв. $\varnothing 14H9$, 4 отв. М12 \times 1,25 також обробляються напрохід, що є ознакою технологічності. Теж саме відноситься до процесу обробки поверхонь «лап», квадратних бобишок, платика шириною 20 мм, та торців отворів $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 145H7^{(+0,043)}$.

Результат виконання тривимірної моделі зображений на рис. 2.1.

Жорсткі технічні вимоги до точності механічної обробки та якості поверхонь (найбільш високий квалітет – 7-й, найвища якість – Ra=3.2), а також співвісності отворів в межах 0,05 мм, обумовлені службовим призначенням деталі та її окремих поверхонь. Але вказані параметри можуть бути досягнуті на верстатах нормальної точності (Н) на базу відповідних технологічних методів обробки.

Основними конструкторськими базами будуть нижня площина корпусу $234,5_{(0,2)}$ у вигляді бобишки і 4х лап та два отвори: $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ та $\varnothing 14$; верхня площина корпусу $234,5\pm 0,2$ у вигляді бобишки та 4х лап та ідентичні отвори $\varnothing 14$ та $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$, бокові поверхні лап та одна із бокових сторін редуктора 98 та отвори $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 145H7^{(+0,043)}$ – допоміжні конструкторські бази, решта поверхонь – вільні поверхні.

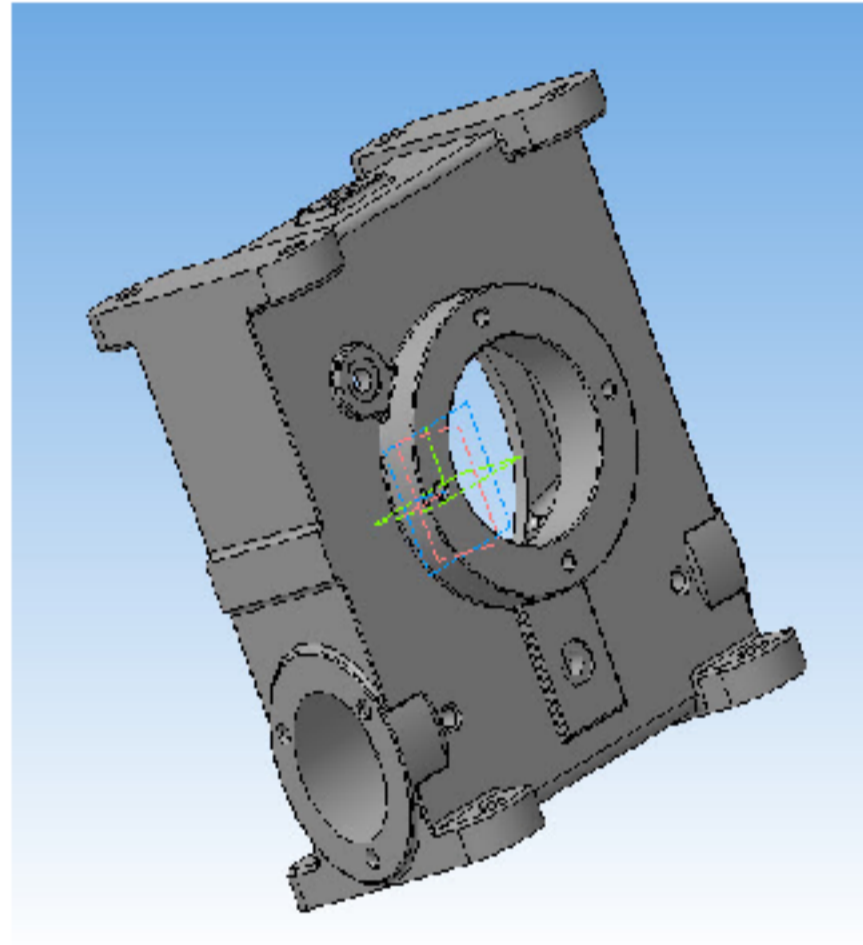


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001»

Враховуючи загальну складність деталі, вона в цілому технологічна за конструкцією і процес обробки її заготовки може бути реалізований на базі складного технологічного процесу. Для підготовки чистових технологічних баз потрібно спочатку просвердлити отвори $\varnothing 14$ на лапах корпусу, та профрезерувати верхню поверхню заготовки $234,5\pm 0,2$ під чистові бази.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вимоги відносного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпеченими

при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Матеріал деталі СЧ15, заготовки деталі виготовляється методом лиття. Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним способом є лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності

Таблиця 2.1– Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
234,5	Ø62H7(2шт)	45° * (21 шт.)	12,5 * (8 шт.)	M12-7H *(16 шт.)
200*	Ø145H7		6,3 * (20 шт.)	M12x1,25-7H * (4 шт)
3*	Ø80H7*		3,2 * (6 шт.)	M10x1-7H*(2шт)
114	Ø14H9*(2шт)			M8-H7(16шт)
16*(8шт)	Ø14H14*(6шт)			
50*	Ø18*(4шт)			
102	Ø100*			
15* (16 шт.)	Ø168			
20* (16 шт.)	Ø18* (6 шт.)			
86	R20 * (8 шт.)			
10*				
82,5				
55*				
50*				
68				
78				
2*				
213,5				
12 * (4 шт.)				
39(2шт)				
18*				
122				
$\Sigma_{\text{заг.}} = 63$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 29$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 21$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 34$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 38$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 52$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 25$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 21$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 34$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 38$

Сума: $Q_e=185$ $Q_{y.e}=170$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{170}{185} = 0,91$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{m.v.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,3} = 0,892 ,$$

Де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{4 \cdot 7 + 2 \cdot 9 + 14 \cdot 14}{20} = \frac{28 + 18 + 196}{20} = \frac{428}{20} = 21,4$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі; n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 0..17 квалітетами.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт точності поверхні

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
4 ($\varnothing 145H7^{+0,043}$; $\varnothing 62H7^{+0,03}$; $\varnothing 80H7^{+0,03}$)	4	$7 \cdot 4 = 28$
2 ($\varnothing 14H9^{+0,043}$)	2	$9 \cdot 2 = 18$
6($\varnothing 14$), 2 поверхні лап, 4 бобишки, торці $\varnothing 145H7$, 2($\varnothing 62H7$), ; $\varnothing 80H7$	14	$14 \cdot 14 = 196$
Сума	20	242

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{7,46} = 0,134,$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, мкм;

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 20 + 12,5 \cdot 8}{32} = 7,46 \text{ (мкм)},$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;

n_i – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра R_a , мкм.

Таблиця 2.3– Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
3,2 ($\varnothing 145H7^{+0,043}$; $\varnothing 62H7^{+0,03}$; $\varnothing 80H7^{+0,03}$)	4	$3,2 \cdot 4 = 12,8$
6,3 (2($\varnothing 14H9^{+0,043}$); 4($\varnothing 18$), 20(різьбові отвори),	26	$6,3 \cdot 26 = 163,8$
12,5(6($\varnothing 14$), 2 поверхні лап, 4 бобишки, торці $\varnothing 145H7$, 2($\varnothing 62H7$), $\varnothing 80H7$)	18	$12,5 \cdot 18 = 225$
Сума	38	401,6

$K_y = 0,91 > 0,6$; $K_r = 0,892 > 0,8$; $K_{ш} = 0,134 < 0,32$. Отже деталь за кількісними показниками є технологічною.

Висновок: За якісними і кількісними показниками в цілому конструкція деталі 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 операції [8]:

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1)$$

де ΣO – сумарна кількість операцій, що виконується на даному робочому місці; ΣP – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Визначаємо найбільш характерні переходи механічної обробки виключивши дрібні і трудомісткі. Розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час для цих операцій [5, 8]

$$T_{шк} = T_0 \cdot \varphi_{шк} [\text{хв}] \quad (2.2)$$

Фрезерування площини основи

$$T_{осн1} = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 710 = 4,189 (\text{хв}).$$

Фрезерування поверхні $\varnothing 190$ по контуру

$$T_{осн2} = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 529 = 3,121 (\text{хв}).$$

Фрезерувати отвір $\varnothing 145$

$$T_{осн3} = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 455 = 2,686 (\text{хв}).$$

Розточити отвір $\varnothing 145$

$$T_{осн4} = 0,0019 \cdot d \cdot l = 0,0019 \cdot 145 \cdot 10 = 2,755 (\text{хв}).$$

Розточити отвір $\varnothing 62$

$$T_{осн5} = 0,0019 \cdot d \cdot l = 0,0019 \cdot 62 \cdot 40 = 4,712 (\text{хв}).$$

Фрезерування поверхню $\varnothing 95$ по контуру

$$T_{осн6} = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 246,6 = 1,45(\text{хв}).$$

Фрезерування поверхню $\varnothing 120$ по контуру

$$T_{осн7} = 0,0059 \cdot l = 0,0059 \cdot 314 = 1,85(\text{хв}).$$

Розточити отвір $\varnothing 80$

$$T_{осн8} = 0,0019 \cdot d \cdot l = 0,0019 \cdot 80 \cdot 30 = 4,56(\text{хв}).$$

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

При програмі випуску $N=1200$ шт і масі деталі – 14 кг виробництво серійне.

Для серійного виробництва вибираємо $\phi_k = 1,4$.

Фрезерування площини основи

$$T_{шт-к1} = T_{осн1} \cdot \phi_k = 4,189 \cdot 1,4 = 5,86 \text{ (хв)}.$$

Фрезерування поверхні $\varnothing 190$ по контуру

$$T_{шт-к2} = T_{осн2} \cdot \phi_k = 3,121 \cdot 1,4 = 4,36 \text{ (хв)}.$$

Фрезерувати отвір $\varnothing 145$

$$T_{шт-к3} = T_{осн3} \cdot \phi_k = 2,686 \cdot 1,4 = 3,76 \text{ (хв)}.$$

Розточити отвір $\varnothing 145$

$$T_{шт-к4} = T_{осн4} \cdot \phi_k = 2,755 \cdot 1,4 = 3,86 \text{ (хв)}.$$

Розточити отвір Ø62

$$T_{\text{мт-к5}} = T_{\text{осн5}} \cdot \phi_{\kappa} = 4,712 \cdot 1,4 = 6,6 \text{ (ХВ)}.$$

Фрезерування поверхню Ø95 по контуру

$$T_{\text{мт-к6}} = T_{\text{осн6}} \cdot \phi_{\kappa} = 1,45 \cdot 1,4 = 2,03 \text{ (ХВ)}.$$

Фрезерування поверхню Ø120 по контуру

$$T_{\text{мт-к7}} = T_{\text{осн7}} \cdot \phi_{\kappa} = 1,85 \cdot 1,4 = 2,9 \text{ (ХВ)}.$$

Розточити отвір Ø80

$$T_{\text{мт-к8}} = T_{\text{осн8}} \cdot \phi_{\kappa} = 4,56 \cdot 1,4 = 6,38$$

Визначимо кількість верстатів [8]

$$C_p = \frac{N_{\text{сп}} \cdot T_{\text{мк}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{зн}}}, [\text{шт}] \quad (2.3)$$

де F_d – дійсний річний фонд (3890 год.);

$\eta_{\text{зн}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження,

(одиничне-дрібносерійне 0,8-0,9, серійне 0,75-0,85, вел.серійне-масове 0,65-0,75)

Фрезерування площини основи

$$C_p = \frac{1200 \cdot 5,86}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,038 \text{ (шт)};$$

Фрезерування поверхні Ø190 по контуру

$$C_p = \frac{1200 \cdot 4,36}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,028 \text{ (шт)};$$

Фрезерувати отвір Ø145

$$C_p = \frac{1200 \cdot 3,76}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,024 \text{ (шт)};$$

Розточити отвір Ø145

$$C_p = \frac{1200 \cdot 3,86}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,025 \text{ (шт)};$$

Розточити отвір Ø62

$$C_p = \frac{1200 \cdot 6,6}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,042 \text{ (шт)};$$

Фрезерування поверхні Ø95 по контуру

$$C_p = \frac{1200 \cdot 2,03}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,013 \text{ (шт)};$$

Фрезерування поверхню Ø120 по контуру

$$C_p = \frac{1200 \cdot 2,9}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,019 \text{ (шт)};$$

Розточити отвір Ø80

$$C_p = \frac{1200 \cdot 6,38}{60 \cdot 3890 \cdot 0,80} = 0,041 \text{ (шт)};$$

Встановлюємо прийнятну кількість верстатів, $P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=1$.
Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (2.4)$$

Фрезерування площини основи $\eta_{зф} = \frac{0,038}{1} = 0,038$;

Фрезерування поверхні Ø190 по контуру $\eta_{зф} = \frac{0,028}{1} = 0,028$;

Фрезерувати отвір Ø145 $\eta_{зф} = \frac{0,024}{1} = 0,024$;

Розточити отвір Ø145 $\eta_{зф} = \frac{0,025}{1} = 0,025$;

Розточити отвір Ø62 $\eta_{зф} = \frac{0,042}{1} = 0,042$;

Фрезерування поверхні Ø95 по контуру $\eta_{зф} = \frac{0,013}{1} = 0,013$;

Фрезерування поверхню Ø120 по контуру $\eta_{зф} = \frac{0,019}{1} = 0,019$;

Розточити отвір Ø80 $\eta_{зф} = \frac{0,041}{1} = 0,041$;

Розрахунок кількості операцій закріплених за кожним робочим місцем:

$$O = \frac{\eta_{зп}}{\eta_{зф}} \quad (2.5)$$

Фрезерування площини основи

$$O = \frac{0,80}{0,038} = 21,05, \quad P = 22;$$

Фрезерування поверхні Ø190 по контуру

Фрезерувати отвір Ø145

Розточити отвір Ø145

$$O = \frac{0,80}{(0,028 + 0,024 + 0,025)} = 10,38, \quad P = 11;$$

Розточити отвір Ø62

Фрезерування поверхні Ø95 по контуру

$$O = \frac{0,80}{(0,042 + 0,013)} = 14,5, \quad P = 15;$$

Розточити отвір Ø80

Фрезерування поверхні Ø120 по контуру

$$O = \frac{0,8}{(0,019 + 0,041)} = 13,3, \quad P = 14;$$

Якщо при нормуванні штучного часу з'являються значення, які суттєво відрізняються то такі значення потрібно відкинути як нехарактерні. В даному випадку нехарактерних значень немає.

$$K_{\text{ш}} = \frac{22 + 11 + 15 + 14}{1 + 1 + 1 + 1} = 15,5 .$$

Отриманий коефіцієнт закріплення операцій відповідає умовам середньосерійного типу виробництва ($10 < \eta_{з.о} < 20$), причому ця ситуація утворилась внаслідок малих, в порівнянні з іншими, витрат часу на свердлильні операції, а так як коефіцієнт закріплення операцій знаходиться в межах середньосерійного типу виробництва, то остаточно для подальшого розгляду приймаємо цей тип виробництва.

Таблиця 2.4 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	$T_{о,}$ ХВ	φ_k	$T_{шт-к,}$ ХВ	C_p	P	$\eta_{з.ф}$	$\eta_{з.н}$	O	$K_{з.о}$
1.Фрезерувати площину основи	4,189	1,4	5,86	0,038	1	0,038	0,8	22	15,5
2. Фрезерувати поверхню $\varnothing 190$	3,121		4,36	0,028	1	0,028		11	
3. Фрезерувати отвір $\varnothing 145$	2,686		3,76	0,024	1	0,024	0,8	15	
4. Розточити отвір $\varnothing 145$	2,785		3,86	0,025	1	0,025			
5. Розточити отвір $\varnothing 62$	4,712		6,6	0,042	1	0,042			
6. Фрезерувати поверхню $\varnothing 95$	1,45		2,03	0,013	1	0,013			
7. Фрезерувати поверхню $\varnothing 120$	1,85		2,9	0,019	1	0,019		14	
8. Розточити отвір $\varnothing 80$	4,56		6,38	0,041	1	0,041			

2.2.2 Визначення форми організації роботи

Добовий випуск виробів:

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{р.нр.}}}{254} = \frac{1200}{254} = 4,72 \approx 5 \text{ (шт)}$$

Визначимо добовий випуск поточної лінії:

$$Q_{\text{д}} = \frac{F_{\text{д}}}{T_{\text{штк}}} \cdot \eta_{\text{з}}, [\text{шт}] \quad (2.6)$$

де

$$T_{\text{штк}} = \frac{\sum T_{\text{штк.п}}}{n} = \frac{5,86 + 4,36 + 3,76 + 3,86 + 6,6 + 2,03 + 2,9 + 6,38}{8} = 4,47 \text{ (хв)};$$

$$Q_a = \frac{952}{4,47} \cdot 0,8 = 266,2 \approx 267 \text{ (шт.)}$$

Виходячи з умови $N_d < Q_d = 5 < 267$ – використовуємо групову лінію. При груповій формі організації роботи визначаємо кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N_{np} \cdot a}{254} \text{ [шт]}, \quad (2.7)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку ($a = 3, 6, 12, 24$).
Приймаємо $a=6$:

$$n = \frac{1200 \cdot 6}{254} = 28,3 \text{ (шт)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 29 шт.

Розрахуємо кількість змін роботи на обробку всієї партії деталей

$$C = \frac{T_{ш-к. ср} \cdot n_{пр}}{476 \cdot 0,8} = \frac{4,47 \cdot 29}{476 \cdot 0,75} = 0,36 \text{ (зм.)};$$

приймаємо $C_{пр} = 1$ зміну

Уточнення кількості деталей у партії

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{4,47} = 79,8 \approx 80 \text{ (дет.)}$$

Висновок: таким чином, остаточно приймаємо групову форму організації виробничого процесу, запускаючи на обробку через кожні 6 днів партії деталей, величиною 80 штук.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

На основі інформації про матеріал СЧ 15 та визначеної серійності вибираємо всі можливі способи виготовлення заготовки. Можливих способів лиття може бути три. А саме [9]:

- лиття в піщано-глинисті форми(з машинним та ручним формуванням);
- лиття в облицьований кокіль;
- лиття в оболонкові форми.

На основі аналізу переваг та недоліків способів лиття можемо зробити висновок, що для даного випадку найбільше підходить спосіб лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням(далі: ПФГр та ПФГм відповідно). Аргументовано це тим, що – тип виробництва середньосерійний, а це означає що економічно недоцільно використовувати інші способи. Тому враховуючи тип виробництва вибираємо лиття в піщаноглинисті форми з ручним і машинним формуванням.

Розрахунок розмірів литої заготовки для лиття в піщано-глинисті форми (з ручним формуванням) [9, 10].

Клас розмірної точності при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва вибираємо в залежності від технологічного процесу лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву. ПГФр 8-13т приймаємо 11т; ПГФм 7-12 приймаємо 9.

Ступінь жолоблення елементів виливків при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеню жолоблення 6-9, в залежності від відношення найменшого розміру елемента вилівка до найбільшого $7/234,5=0,029$. ПГФр приймаємо 7; ПГФм приймаємо 8.

Ступінь точності поверхонь виливків при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва вибираємо діапазон значень ступеня точності поверхонь виливків 10-17, в залежності від технологічного процесу

лиття, найбільшого габаритного розміру та типу сплаву. ПГФр приймаємо 13; ПГФм приймаємо 14.

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литої заготовки

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано-глинисті форми (з ручним формуванням)									
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято				
Клас розмірної точності виливків	8-13т					11т				
Ступінь жолоблення елементів виливків	6-9					8				
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17					14				
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 40 мкм									
Клас точності маси виливків	7т-14					10				
Ряд припусків на обробку виливків	5-8					7				
Розрахункові розміри	Ø62 H 7	Ø80 H 7	Ø145 H 7	234 ^{+0,5} _{-0,5}	200 ^{-0,2}	114	10 ^{-0,4}	3±0,2	Ø14 H 7	Ø14 H 9
Допуски:										
розмірів	3,6	3,6	4,0	4,4	4,4	4,0	2,0	1,6	2,2	2,2
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	2,0	2,0	-	-	2,0	-	-
Зміщення через перекіс стержня	1,8	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
форми чи розміщення нерівностей	0,64	0,64	0,8	1,2	1	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
маси	1,0									
Загальний допуск	10%									
Припуски:	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	2,2	1,8	2,4	2,4
мінімальний	0,8									
	Кількість переходів механічної обробки									
За точністю розмірів	4	4	4	2	1	1	1	1	-	-
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	4	4	4	2	1	1	1	1	-	-
Загальний припуск	5,4	5,4	5,4	4,9	3,6	3,2	2,2	1,9	-	-
Розміри заготовки:										
розраховані	Ø51,2	Ø69,2	Ø134,2	244,3	207,2	120,4	12,2	4,9	-	-

Шорсткість поверхонь виливків при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва в залежності від класу точності поверхонь виливка. При литті в ПГФр Ra=40,0 мк. При литті в ПГФм Ra=32,0 мкм.

Клас точності маси виливків при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва вибираємо в залежності від технологічного процесу лиття, номінальної маси вилівка та типу сплаву. ПГФр 7т-14, приймаємо 10. ПГФм 6-13 приймаємо 9.

Ряд припусків на обробку виливків при литті в ПГФ для середньосерійного типу виробництва вибираємо в залежності від ступеня точності поверхонь. ПГФр 5-8 приймаємо 7. ПГФм 5-8 приймаємо 6.

Розрахунок розмірів литої заготовки для лиття в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням) [9, 10]

Розрахункові розміри: Ø62; Ø80; Ø145; 234,5; 200; 114; 10; 3; Ø14; Ø14.

Допуски розмірів при литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва вибираємо у відповідності до номінального розміру: Ø62-3,6; Ø80-3,6; Ø145-4,0; 234,5-4,4; 200-4,4; 114-4,0; 10-2,0; 3-1,6; Ø14-2,2; Ø14-2,2.

При литті в ПГФм: Ø62-2,0; Ø80-2,2; Ø145-2,4; 234,5-2,8; 200-2,8; 114-2,4; 10-1,2; 3-1,0; Ø14-1,4; Ø14-1,4.

Допуски форми чи розміщення:

При литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва у відповідності до номінального розміру: Ø62-0,64; Ø80-0,64; Ø145-0,8; 234,5-1,2; 200-1,0; 114-0,64; 10-0,64; 3-0,64; Ø14-0,64; Ø14-0,64.

При литті в ПГФм: Ø62-0,5; Ø80-0,5; Ø145-0,64; 234,5-1,0; 200-0,8; 114-0,5; 10-0,5; 3-0,5; Ø14-0,5; Ø14-0,5.

Допуски зміщення по площині роз'єму: При литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва вибираємо в залежності від товщини мінімальної стінки, що виходить на лінію роз'єму та класу розмірної точності вибираємо для розмірів 234,5-2,0; 200-2,0; 3-2,0. При литті в ПГФм 234,5-1,2; 200-1,2; 3-1,2.

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів литої заготовки

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано-глинисті форми (з машинним формуванням)									
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято				
Клас розмірної точності виливків	7-12					9				
Ступінь жолоблення елементів виливків	6-9					7				
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17					13				
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 32 мкм									
Клас точності маси виливків	6-13					9				
Ряд припусків на обробку виливків	5-8					6				
Розрахункові розміри	Ø62 H 7	Ø80 H 7	Ø145 H 7	²³⁴ _{-0,3}	²⁰⁰ _{-1,2}	114	¹⁰ _{-0,4}	3±0,2	Ø14 H 7	Ø14 H 9
Допуски:										
розмірів	2,0	2,2	2,4	2,8	2,8	2,4	1,2	1,0	1,4	1,4
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	1,2	1,2	-	-	1,2	-	-
зміщення через перекіс стержня	1,1	1,2	1,2	-	-	-	-	-	-	-
форми чи розміщення нерівностей	0,5	0,5	0,64	1	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
маси	0,8									
Загальний допуск	8%									
Припуски:	2,2	2,4	2,4	3,6	3,2	2,4	1,4	1,2	1,8	1,8
мінімальний	0,6									
	Кількість переходів механічної обробки									
За точністю розмірів	4	4	4	2	1	1	1	1	-	-
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	4	4	4	2	1	1	1	1	-	-
Загальний припуск	3,4	3,6	3,6	3,8	2,5	2,1	1,6	1,4	-	-
Розміри заготовки:										
розраховані	Ø55,2	Ø72,8	Ø138	242,1	205	118	11,6	4,4	-	-

Допуски зміщення через перекіс стержня: При литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва вибираємо в залежності від мінімальної товщини стінки на 2 класи точніше від класу розмірної точності для розмірів Ø62-1,2; Ø80-2,0; Ø145-2,0. При литті в ПГФм Ø62-1,1; Ø80-1,2; Ø145-1,2.

Допуски нерівностей:

При литті в ПГФр - 1,0

При литті в ПГФм -0,8

Допуск маси: При литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва вибираємо з довідникової таблиці у відповідності до номінальної маси вилівка і класу точності маси 10 складає 10,0%. При литті в ПГФм у відповідності до номінальної маси вилівка і класу точності маси 9 складає 8,0%

Загальний допуск:

Вибираємо загальний допуск, який враховує сумарний вплив допуску розміру і допусків форми та розміщення поверхні;

Припуски:

При литті в ПГФр для середньосерійного типу виробництва вибираємо мінімальний припуск згідно припуску на обробку вилівка, який складає 0,8. При литті в ПГФм складає 0,6.

Кількість переходів механічної обробки: приймається в залежності від співвідношення $\frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}}$.

для номінального розміру $\varnothing 62 - 0,03/3,6=0,008$ кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру $\varnothing 80 - 0,03/3,6=0,008$ кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру $\varnothing 145 - 0,04/4,0=0,01$ кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру 234,5 – $0,3/4,4=0,068$ за кількість переходів складає 1 (чорнова, напівчистова, обробка);

для решти розмірів кількість переходів дорівнює 1.

При литті в ПГФм згідно в залежності від названих параметрів вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напів-чистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4):

для номінального розміру $\varnothing 62 - 0,03/2,0=0,015$ за кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру $\varnothing 80 - 0,03/2,2=0,013$ за кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру $\varnothing 145 - 0,04/2,4=0,016$ за кількість переходів складає 4 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка);

для номінального розміру $234,5 - 0,3/2,8=0,107$ за кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова, обробка);

для решти розмірів кількість переходів дорівнює 1.

Кількість переходів механічної обробки за точністю форми і розміщення

При литті в ПГФр вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напівчистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4): для номінального розміру $\varnothing 62 - 0,05/0,64=0,078$ за кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова обробка); для номінального розміру $\varnothing 80 - 0,05/0,64=0,078$ за кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова, чистова, тонка обробка); для номінального розміру $\varnothing 145 - 0,05/0,8=0,0625$ за кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова обробка); При литті в ПГФм згідно в залежності від названих параметрів вибирається вид остаточної обробки – чорнова, напівчистова, чистова, тонка, а відповідно до цього – кількість переходів (1, 2, 3, 4):

для номінального розміру $\varnothing 62 - 0,05/0,5 = 0,1$ кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова обробка); для номінального розміру $\varnothing 80 - 0,05/0,5=0,01$ за кількість переходів складає 1 (чорнова обробка); для номінального розміру $\varnothing 145 - 0,05/0,64=0,078$ кількість переходів складає 2 (чорнова, напівчистова обробка);

Загальний припуск

Призначаємо, враховуючи загальний допуск вилівка, вид кінцевої обробки і ряд припуску. При литті в ПГФр для розміру $\varnothing 62$ загальний допуск 4,0, тонка обробка, ряд припусків 7, тому загальний припуск становить 3,4мм. Аналогічно вибираємо для інших розмірів.

Розміри заготовки:

Розраховані для лиття в ПГФр :

$\varnothing 62-2\cdot 5,4= \varnothing 51,2$ (мм);

Розраховані для лиття в ПГФр

$\varnothing 62-2\cdot 3,4= \varnothing 55,2$ (мм);

$$\varnothing 80-2 \cdot 5,4 = \varnothing 69,2 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 145-2 \cdot 5,4 = \varnothing 134,2 \text{ (мм);}$$

$$234,5+2 \cdot 4,9=244,3 \text{ (мм);}$$

$$200+2 \cdot 3,6=207,2 \text{ (мм);}$$

$$114+2 \cdot 3,2 =120,4 \text{ (мм);}$$

$$3+1,9=4,9 \text{ (мм)}$$

Ø14– напуск;

Ø14– напуск.

$$\varnothing 80-2 \cdot 3,6 = \varnothing 72,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 145-2 \cdot 3,6 = \varnothing 138 \text{ (мм);}$$

$$234,5+2 \cdot 3,8=242,1 \text{ (мм);}$$

$$200+2 \cdot 2,5=205 \text{ (мм);}$$

$$114+2 \cdot 2,1 =118 \text{ (мм);}$$

$$3+1,4=4,4 \text{ (мм)}$$

Ø14H14– напуск;

Ø14H7– напуск.

Вибір мінімально допустимої товщини стінки

Мінімальна товщина стінки призначається так, щоб забезпечити необхідну міцність та забезпечити вимоги технології вибраного способу лиття. Мінімальну товщину литої заготовки визначено в залежності від сплаву та приведенного габариту деталі згідно .

Приведений габарит визначаємо за формулою:

$$N = \frac{(l + b + h)}{3} = \frac{(200 + 170 + 234,5)}{3} = 201,5 \text{ (мм)} = 0,201 \text{ (м)},$$

де L, B, H – відповідно довжина, ширина, висота деталі в (м).

Вибір радіусів заокруглень

В залежності від матеріалу вилівка (СЧ15), середній товщині стінки $(S+S_1)/2$ та кута що утворюється між ними (90°) визначаємо радіус заокруглень: При литті в ПГФр : приймаємо радіус заокруглень 4 мм;

При литті в ПГФм: приймаємо радіус заокруглень 3 мм.

Вибір формувальних нахилів

В залежності від висоти формоутворюючої поверхні, способу лиття, вибрано формувальні нахили для лиття в ПГФр ($0^{\circ}22'$) та для лиття в ПГФм ($0^{\circ}19'$).

Вибір мінімально допустимих діаметрів отворів:

Мінімальний діаметр литих отворів залежить від товщини стінки (тобто довжини стержня) і визначений за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, \quad [\text{мм}] \quad (2.1)$$

де d_0 – вихідний діаметр, мм; S – товщина стінки, мм.

Вихідний діаметр d_0 вибрано в залежності від матеріалу вилівка: для алюмінієвих сплавів – 7 мм. Товщина стінки – 16 мм.

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 16 = 8,6 \text{ мм}$$

Тобто, 2 отвори $\text{Ø}14\text{H}14$ та 2 отвори $\text{Ø}14\text{H}9$ можна вилівати, теж саме стосується і 4 отворів під різь $M12 \times 1,25(\text{Ø}10,75)$ та 2 отвори під різь $M10$, але в зв'язку із складністю потрібної для цього стержньової системи, в подальшому при проектуванні заготовки від них відмовимося.

Оформлення ескізів обох варіантів заготовки.

Після виконання розрахунку розмірів заготовки, вибору конструктивних елементів заготовки (для двох найбільш доцільних способів її виготовлення) зображено ескіз заготовки для лиття в ПГФр та ПГФм.

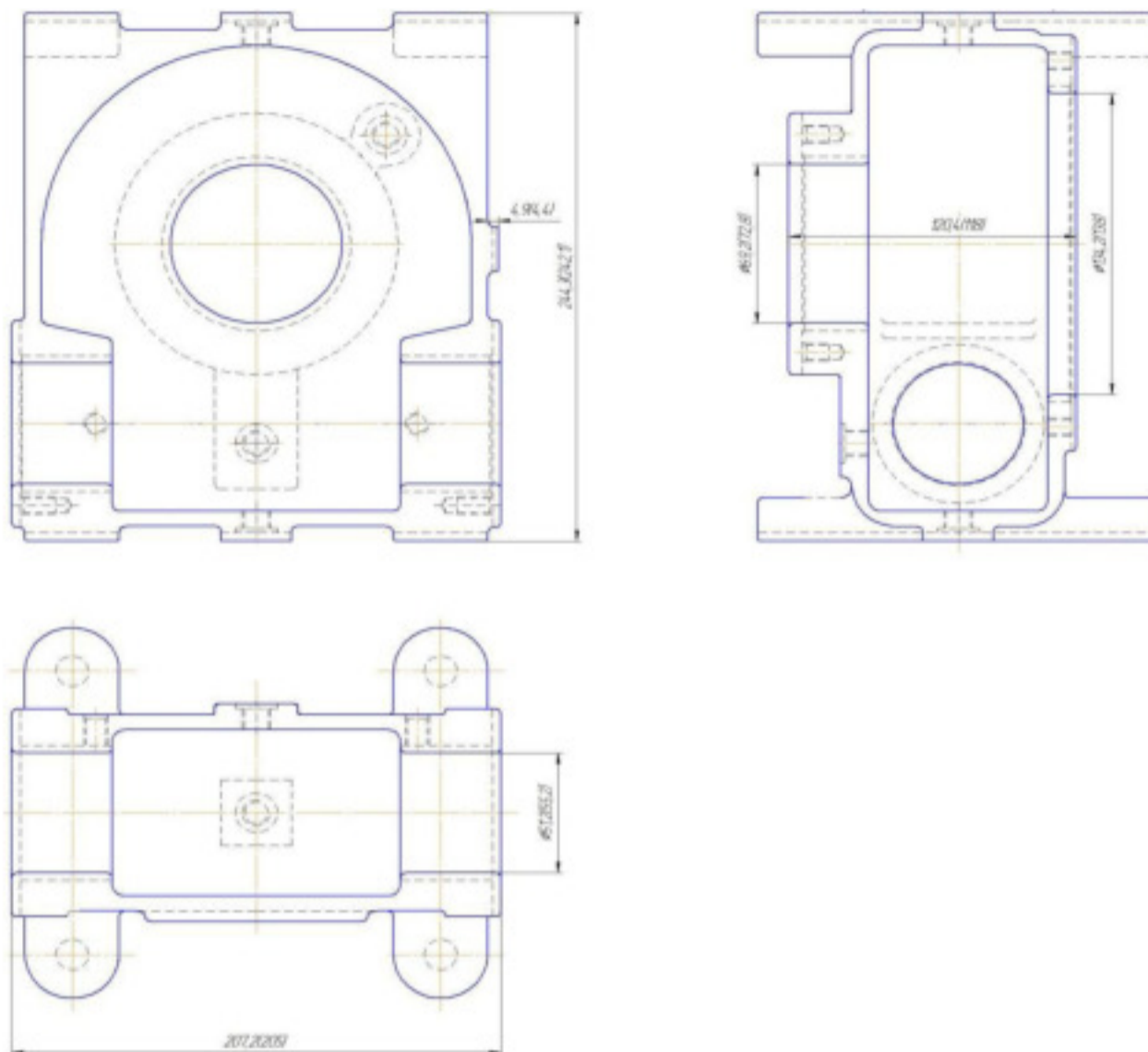


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в ПГФр (ПГФм)

Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки.

Масу заготовки визначаємо методом створення 3d моделі.

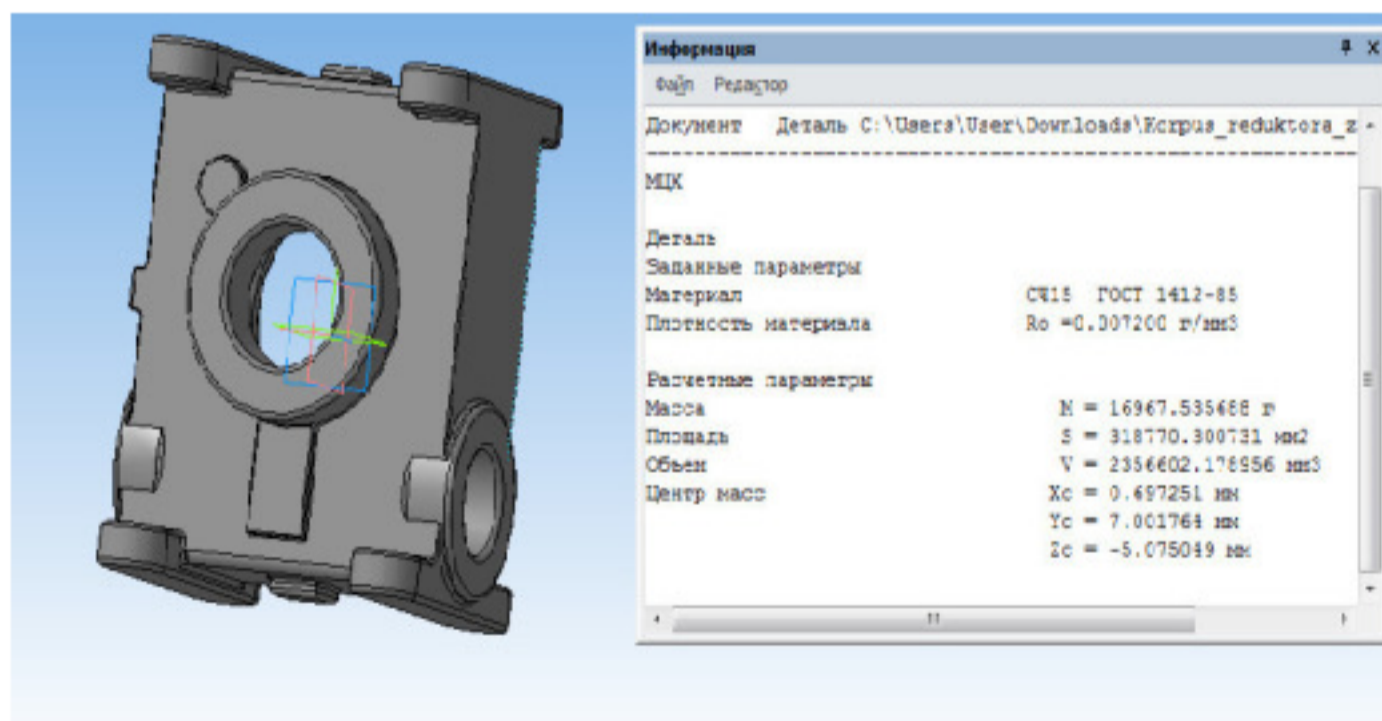


Рисунок 2.3 – Модель заготовки при литті в ПГФр

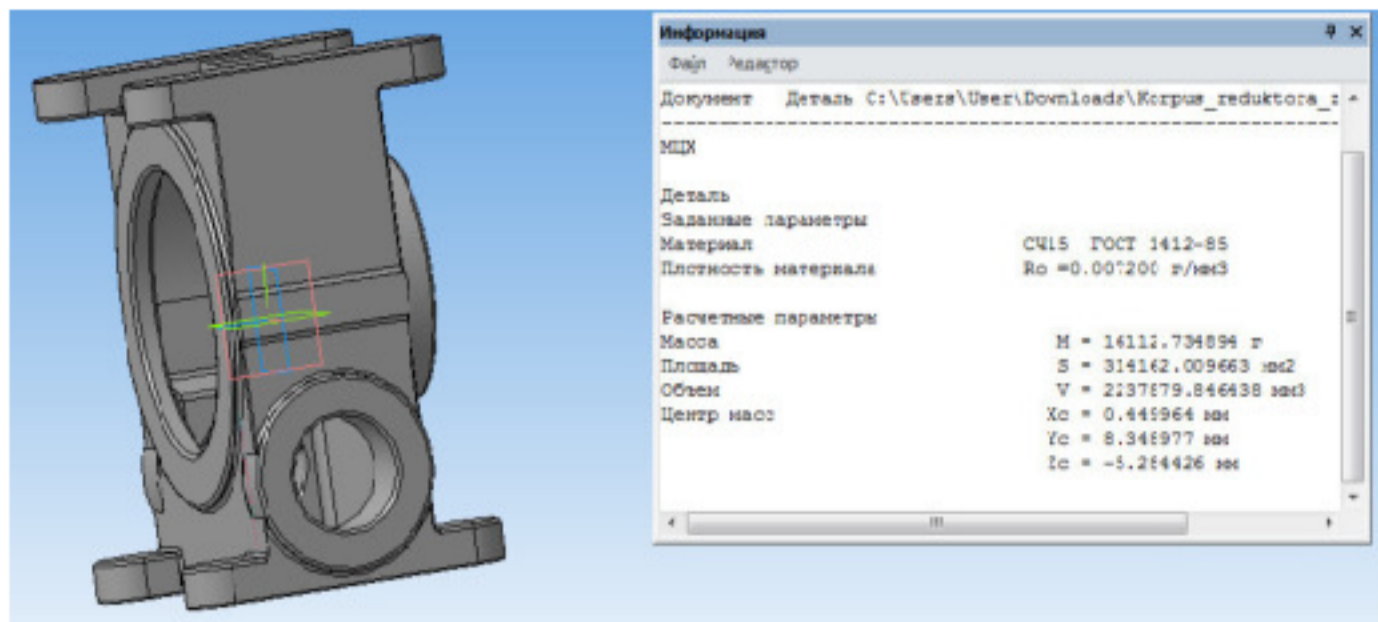


Рисунок 2.4 – Модель заготовки при литті в ПГФм

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$K_{T.M.} = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{загот}}} \quad (2.2)$$

При литті в ПГФр:

$$K_{T.M.} = 14/16,9 = 0,828$$

При литті в ПГФм:

$$K_{T.M.} = 14/16,1 = 0,869$$

Отже, коефіцієнт точності маси заготовки при литті в ПГФм більший, ніж при литті в ПГФр, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціонального [9].

Собівартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{\text{загот.лит}} = \frac{(G_{\text{заг}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{Г}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(G_{\text{заг}} - G_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000}, \text{ [грн]} \quad (2.3)$$

де $C_{\text{л}}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

K_T, K_M, K_C, K_B, K_H – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок. При литті в ПГФр: Базова вартість 1 т заготовок складає 18900 грн.

Для 11т класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1,05$; Для сірого чавуну коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 1,0$ Для сірого чавуну коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1,2$, враховуючи, що група складності – IV (корпусні закриті коробчасті деталі в середині яких монтуються механізми машин). Для маси вилівка в 16,9 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 0,84$. Для визначення коефіцієнта K_H що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 3 (маса вилівоків 10...20 – об'єм менше 15 тис шт.). Для чавуну коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_H = 1$.

Вартість відходів $C_{відх} = 1880$ грн/т.

$$C_{заг.лит} = \frac{(16,9 \cdot 18900 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1)}{1000} - \frac{(16,9 - 14) \cdot 1880}{1000} = 332,5 \text{ (грн)}$$

При литті в ПГФм базова вартість 1 т заготовок складає 17850 грн. Для 9 класу розмірної точності коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок $K_T = 1,05$; Для сірого чавуну коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки $K_M = 1,0$; Для сірого чавуну коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки $K_C = 1,2$;

Для маси вилівка більше 10 кг коефіцієнт, що враховує масу заготовки $K_B = 0,84$; Для визначення коефіцієнта K_H , що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, потрібно визначити спочатку групу серійності за ГОСТ 26645-85.

Група серійності за ГОСТ 26645-85 складає 3. Для сірого чавуну коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва заготовок $K_n = 1,0$;

Вартість відходів $C_{відх} = 1880$ грн/т.

$$C_{заг.литт} = \frac{(16,1 \cdot 17850 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,0)}{1000} - \frac{(16,1 - 14) \cdot 1880}{1000} = 300 \text{ (грн)};$$

Висновок. Аналізуючи дану ситуацію як остаточним методом лиття вибрано лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

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

Розглянемо можливість отримання отвору $\varnothing 80H7$ в заданій деталі найбільш продуктивними у практиці методами. Згідно рекомендаціям пропонується така послідовність обробки даного отвору:

Отвір $\varnothing 80H7 (+0,03)$, Ra=3,2мкм

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

Перевіримо це(кількість переходів та досягнення відповідної точності вибраним методом обробки) шляхом визначення коефіцієнту уточнення.

Загальне уточнення фактичне [5, 8]:

$$E_{\Sigma\phi} = E_1 \cdot E_2 \cdot \dots \cdot E_n. \quad (2.4)$$

де $E_1 \dots E_n$ – уточнення якого-небудь розмірного параметру заготовки по одному з переходів.

Потрібне уточнення:

$$E_{\Sigma_{номр.}} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{a_{заг}}{a_{дет}}, \quad (2.5)$$

де $T_{заг}, T_{дет}$ – допуски параметру, який розглядається, відповідно для заготовки та деталі; $a_{заг}, a_{дет}$ – кількість одиниць допуску для даного квалітету точності відповідно для заготовки та деталі.

Для 14-го квалітету точності(заготовка): $T_{заг} = 2200\text{мкм}$.

Для 7-го квалітету точності(деталь): $T_{дет} = 30\text{мкм}$.

Тоді:

$$E_{\Sigma_{номр.}} = \frac{2200}{30} \approx 73,3;$$

Приймаємо $n_{пр} = 4$, призначивши уточнення по окремим переходам:

$$E_1 = 5; \quad E_2 = 4; \quad E_3 = 2,4; \quad E_4 = 1,5;$$

де E_1 – ступінь чорнової обробки; E_2 – ступінь напівчистої обробки; E_3 – ступінь чистої обробки.

Тоді:

$$E_{\Sigma\phi} = 6 \cdot 4,2 = 25,2;$$

Умова $E_{\Sigma\phi} > E_{\Sigma_{номр}}$ виконується, тому що $25,2 > 24,67$, а це свідчить про те, що кількість переходів та їх послідовність вибрані вірно.

Допуск розміру деталі:

після першого переходу: $T_1 = \frac{T_{заг}}{E_1} = \frac{2200}{5} = 440(\text{мкм})(\sim IT13 - T = 460(\text{мкм}))$;

після другого переходу: $T_2 = \frac{T_1}{E_2} = \frac{440}{4} = 110(\text{мкм})(\sim IT10 - T = 120(\text{мкм}))$;

після третього переходу: $T_3 = \frac{T_2}{E_3} = \frac{110}{2,4} = 45,8(\text{мкм})(\sim IT9 - T = 46(\text{мкм}))$;

після четвертого переходу: $T_4 = \frac{T_3}{E_4} = \frac{45,8}{1,5} = 30,5(\text{мкм})(\sim IT7 - T = 30(\text{мкм}))$.

Збільшення точності розміру після кожного переходу цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності. Таким чином, наведена вище послідовність обробки отв. $\varnothing 80H7$, вірна.

Методи обробки і кількість ступенів механічної обробки інших поверхонь визначаються аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Квалітет точності	Шорсткість	Вид механічної обробки
$\varnothing 145H7^{(+0,043)}$	7	3,2	Фрезерування попереднє, Фрезерування попереднє, Розточування попереднє, Розточування.
$\varnothing 62H7^{(+0,03)}$	7	3,2	Фрезерування попереднє, Фрезерування попереднє, Розточування попереднє, Розточування.
$\varnothing 14H9^{(+0,043)}$	9	3,2	Центрування, Свердління, Розвертання.

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз

Вибір чорнових технологічних баз. Чорнові бази використовуються на першій, або на другій операціях при підготовці чистових баз, тобто тих поверхонь, які використовуються в якості баз на всіх наступних операціях [5, 8].

Аналізуючи креслення деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001» в якості однієї із чорнових баз обираємо верхню площину деталі (площина двох установних «лап» та бобишки) див. креслення деталі. Вибір цієї площини в якості установної чорнової бази пояснюється тим, що з цієї бази ми готуємо чистові бази – це протилежна установній площині інших двох «лап» та бобишки, а також два отвори (з чотирьох) $\varnothing 14H9$, які прив'язані один до іншого позиційним допуском.

В якості інших чорнових баз можна обрати боки двох «лап» з одного або іншого боку(напрямна база) та одну з бокових сторін деталі(упорна база):

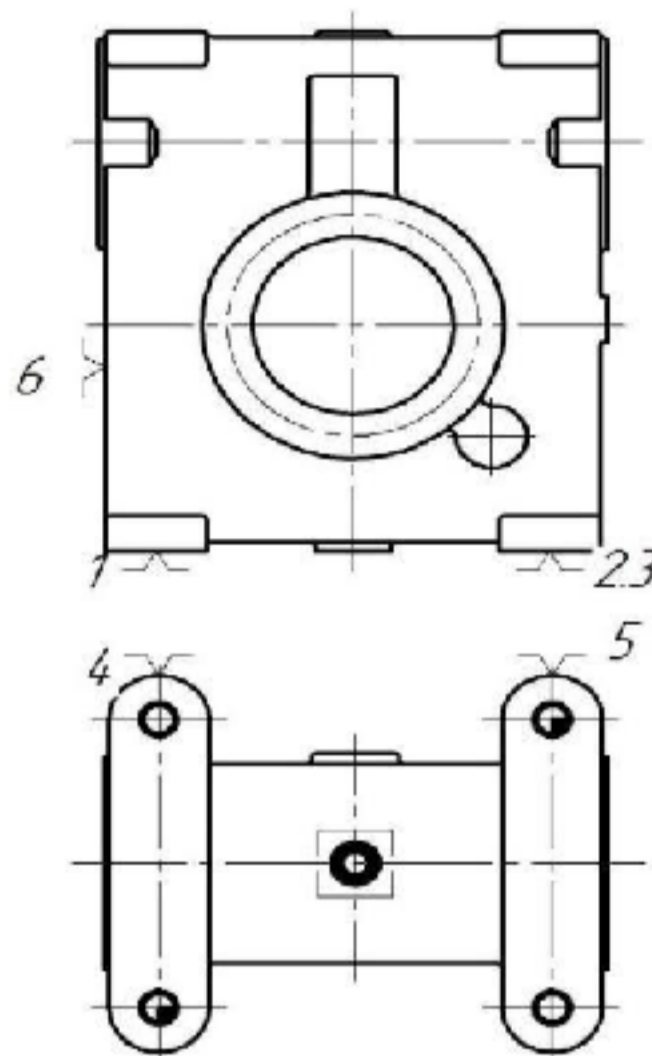


Рисунок 2.5 – Схема базування деталі на обраних чорнових базах

Вибір чистових баз. На другій операції використовується та ж модель верстата, багатоцільового призначення що і на першій. Це обгрунтовано тим, що обробці підлягають ідентичні поверхні, що і на першій, але які розташовані з протилежного боку деталі. Відмінність є тільки у точності 4-х отворів, які розташовані на «лапах». Деталь буде базуватись по площині «лап» та бобишок, оброблених на першій операції та по боковим поверхням «лап» з упором в одну із стінок деталі. Тобто вказана площина буде являтися чистовою базою. Це дозволить використати те ж саме пристосування, що і на першій операції(можна тільки поміняти зйомні установні пальці – з пальців з рифленими поверхнями на пальці або із сферичними поверхнями або плоскими). Тобто, таким чином, можна підняти продуктивність процесу обробки:

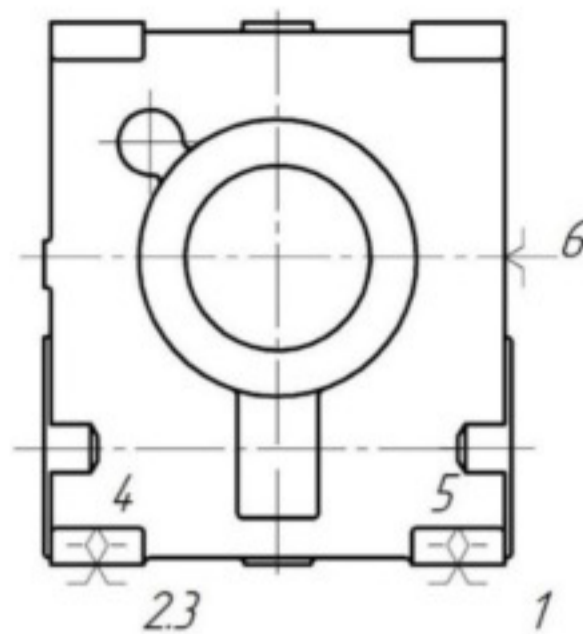


Рисунок 2.6 – Схема базування деталі на другій операції технологічного процесу з використанням чистової бази

На третій операції використовується верстат багатопільового призначення з поворотним столом, який має вертикальну вісь обертання. Деталь встановлюється на площину і два пальці $\varnothing 14H9$, які оброблені остаточно на першій операції – один палець циліндричний, другий – зрізаний.

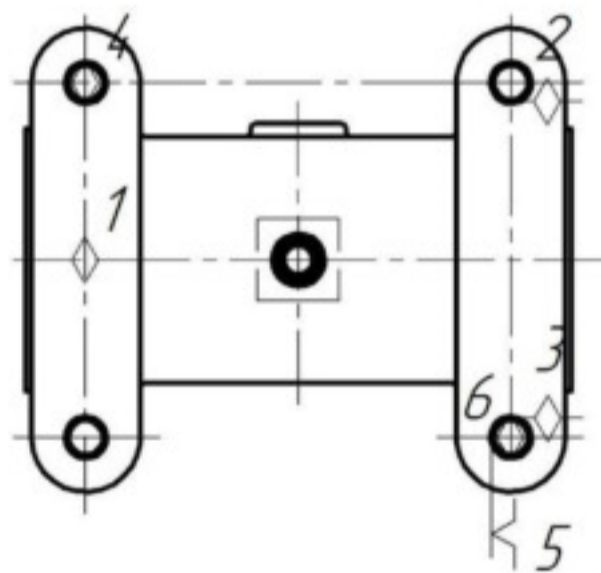
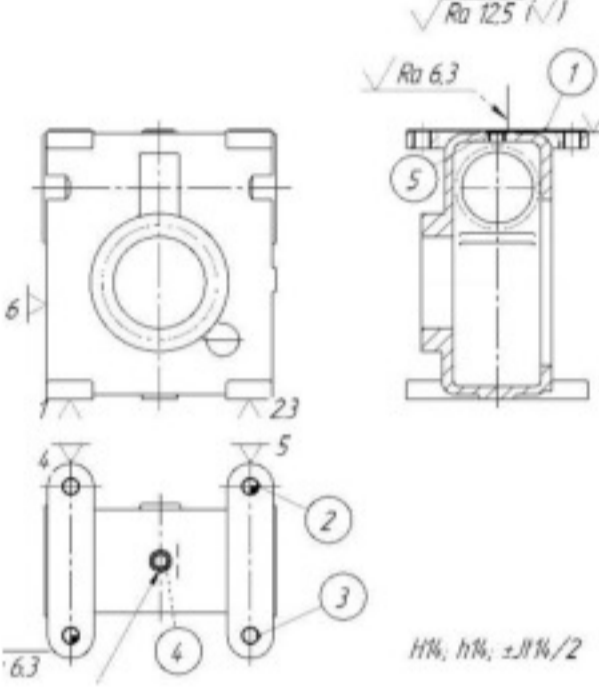
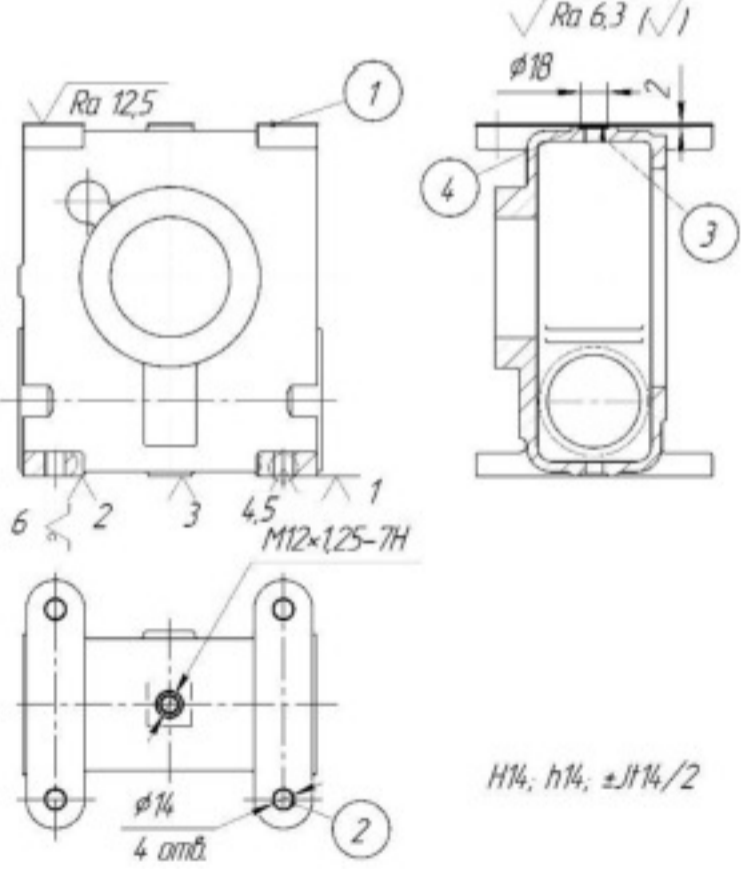


Рисунок 2.7 – Схема базування деталі на третій операції технологічного процесу з використанням чистових баз.

Інших альтернатив для базування даної деталі не може бути. Вибрана схема базування є найбільш оптимальна для розглянутих маршрутів механічної обробки.

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Таблиця 2.8 – Удосконалений маршрут механічної обробки

Операція	Зміст операції та переходи	Ескіз та схема базування	Тип верстату
1	2	3	4
005	<p><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Встановити заготовку; 2) Фрезерувати пов. 1 одноразово; 3) Центрувати 2 отв. 2, 2 отв. 3, отв. 4; 4) Свердли 2 отв. 2 попередньо напрохід; 5) Розвернути 2 отв. 2 остаточно; 6) Свердли 2 отв. 3 напрохід; 7) Свердли отв. 4 напрохід; 8) Цекувати отв. 5; 9) Зенкувати фаску в отв. 4; 10) Нарізати різь в отв. 4 напрохід; 11) Зняти заготовку 	 <p>Technical drawing of part 005. It includes a top view, a side view, and a front view. The top view shows a central circular feature and two vertical slots. The side view shows a cylindrical body with a top flange and a bottom flange. The front view shows a cylindrical body with a central hole. Dimensions include $\sqrt{Ra\ 12.5}$ and $\sqrt{Ra\ 6.3}$. The drawing is labeled with H7/h6, h7, ±IT7/2.</p>	Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі ГФ2171С5
010	<p><u>Вертикально фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Встановити заготовку; 2) Фрезерувати пов. 1 одноразово; 3) Центрувати 4 отв. 2, отв. 3; 4) Свердли 4 отв. 2 напрохід; 5) Свердли отв. 3 напрохід; 6) Цекувати отв. 4 в отв. 3; 7) Зенкувати фаску в отв. 3; 8) Нарізати різь в отв. 3 напрохід; 9) Зняти заготовку. 	 <p>Technical drawing of part 010. It includes a top view, a side view, and a front view. The top view shows a central circular feature and four vertical slots. The side view shows a cylindrical body with a top flange and a bottom flange. The front view shows a cylindrical body with a central hole. Dimensions include $\sqrt{Ra\ 12.5}$ and $\sqrt{Ra\ 6.3}$. The drawing is labeled with H7/h6, h7, ±IT7/2.</p>	ГФ2171С5

Продовження таблиці 2.8

	2	3	4
015	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Встановити заготовку. 2) Фрезерувати пов. 1 дноразово; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід з одночасним утворенням фаски. 3) Розточити отв. 2 остаточно. 4) Центрувати послідовно 6 отв. 3; 3 отв. 7; 3 отв. 10; 2 отв. 11, 13; 2 отв. 15; 4 отв. 18. 5) Свердли 6 отв. 3 напрохід, свердли 3 отв. 7, свердли 3 отв. 10, свердли 4 отв. 18. 6) Нарізати різь в 6 отв. 3, нарізати різь в 3 отв. 7, нарізати різь в 3 отв. 10, нарізати різь в 4 отв. 18. 7) Фрезерувати пов. 4, пов. 5 однократно, фрезерувати пов. 8 однократно. 8) Фрезерувати послідовно отв. 6 та отв. 9 попередньо напрохід. 9) Фрезерувати послідовно отв. 6 та отв. 9 остаточно з одночасним утворенням фаски. 10) Розточити послідовно отв. 6 та отв. 9. 11) Розточити послідовно отв. 6 та отв. 9. 12) Свердли 2 отв. 11, 13. 13) Цекувати 2 отв. 12, 14. 14) Зенкувати фаски в 2 отв. 11, 13. 		ИР500ПМФ4

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4
015	<p>15) Нарізати різь в 2 отв. 11, 13.</p> <p>16) Свердли 2 отв. 15.</p> <p>17) Нарізати різь в 2 отв. 15.</p> <p>18) Фрезерувати пов. 16 однократно, фрезерувати отв. 17 попередньо напрохід; фрезерувати отв. 17 остаточно на прохід з одночасним утворенням фаски.</p> <p>19) Розточити отв. 17 попередньо напрохід.</p> <p>20) Розточити отв. 17 остаточно.</p> <p>21) Зняти деталь.</p>	<p>Technical drawing showing multiple views of a mechanical part:</p> <ul style="list-style-type: none"> Top View: Shows a side profile with dimensions 4.5, 2.3, 1, 6, and 11. Surface finish $\sqrt{Ra 6.3}$ is indicated. A hole with diameter $\phi 0.05$ and tolerance E is shown. Front View: Shows a circular feature with diameter $\phi 12 \pm 0.125 - 7H$. It includes 4 holes of type $M8-7H$ with diameter $\phi 0.3$ and tolerance E. Surface finish $\sqrt{Ra 12.5}$ is specified. Detail B-B: Shows a hole with diameter $\phi 6.3$ and length 16 ± 0.5. It is made of $M10-7H$ with 2 holes. 270° View: Shows a cross-section with diameter $\phi 6.2 \pm 0.17$. It includes holes 17 and 18. Surface finish $\sqrt{Ra 12.5}$ is indicated. A dimension of 200 is shown. Detail A: Shows a hole with diameter $\phi 0.08$ and tolerance X. It is made of $M8-7H$ with 3 holes and diameter $\phi 0.3$ and tolerance B. 	ИР500ПМФ4

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

При порівнянні варіантів технологічного процесу обробки оцінюється економічний ефект [5]:

$$E_p = \frac{N_p \cdot (\sum_1^n C_{oi} \cdot \sum_1^m C_{oi})}{100}, [\text{грн}] \quad (2.6)$$

де N_p – річний обсяг виготовлення деталі, шт.;

$\sum_1^n C_{oi}$ – додаток собівартості операцій, які відрізняються по базовому варіанту ТП (в нашому випадку в якості такого умовно приймаємо 1-й варіант ТП);

$\sum_1^m C_{oi}$ – додаток собівартості операцій, які відрізняються по модернізованому варіанту ТП (умовно приймаємо 2-й варіант ТП);

$$C_{oi} = \frac{C_{п-з} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 1.3}, [\text{грн}] \quad (2.7)$$

де $C_{п-з}$ – годинні приведені витрати;

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

Визначимо найбільш економічний варіант із 2-х запропонованих процесів.

Таблиця 2.9 – Порівняння 2-х варіантів ТП

1-й варіант ТП		2-й варіант ТП	
Номер і назва операції	Обладнання	Номер і назва операції	Обладнання
005 – Вертикально-фрезерна з ЧПК	ГФ2171С5	005 – Вертикально-фрезерна з ЧПК	ГФ2171С5
010 – Вертикально-фрезерна з ЧПК	ГФ2171С5	010 – Багатоцільова з ЧПК	HAAS VF2
015 – Багатоцільова з ЧПК	ИР500ПМФ4		

В якості 2-го варіанту удосконаленого технологічного процесу пропонується використати п'ятикоординатний верстатз ЧПК моделі HAAS VF2, який дозволяє проводити обробку поверхонь заготовки як і верхньої площини (операція 010 1-го варіанту ТП), так і бокових площин (операція 015 1-го варіанту) на одній операції.

В обох варіантах основний час переходів є однаковими, тому що верстати HAAS VF2 та IP500PM4 є схожими за характеристиками, проте вартість роботи на кожному верстаті буде різна.

Зробимо розрахунок економічного ефекту по операції, яка відрізняється.

Визначення технологічної собівартості операцій за 1-м варіантом ТП:

Технологічна собівартість 010 операції за 1-м варіантом ТП:

$$C_{o010} = \frac{C_{П-3010} \cdot T_{шт-к010}}{60 \cdot 1,3} = \frac{82,2 \cdot 3,161}{60 \cdot 1,3} = 3,33 \text{ (грн.)};$$

де $C_{П-3010} = 82,2$ грн/год – для верстату ГФ2171С5.

Технологічна собівартість 015 операції за 1-м варіантом ТП:

$$C_{o015} = \frac{C_{П-3015} \cdot T_{шт-к015}}{60 \cdot 1,3} = \frac{70,4 \cdot 15,2}{60 \cdot 1,3} = 13,72 \text{ (грн.)};$$

де $C_{П-3015} = 70,4$ грн/год – для верстату IP500PMФ4

Собівартість обробки за 1-м варіантом ТП:

$$C_{ol} = C_{o010} + C_{o015} = 3,33 + 13,72 = 17,05 \text{ (грн.)}$$

Визначення технологічної собівартості операцій за 2-м варіантом ТП:

Технологічна собівартість 010 операції:

$$C_{oII} = C_{o010} = \frac{C_{П-3010} \cdot T_{шт-к010}}{60 \cdot 1,3} = \frac{85 \cdot (3,161 + 15,2)}{60 \cdot 1,3} = 20,01 \text{ (грн.)};$$

де $C_{П-3010} = 85$ грн/год – для верстату HAAS VF2.

Отже, економічний ефект при використанні 1-го варіанту ТП:

$$E = (C_{oII} - C_{oI})N = (20,1 - 17,05) \cdot 1200 = 3120 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Собівартість механічної обробки по варіанту маршруту №2 більша, ніж по варіанту №1, отже приймаємо для подальших розрахунків варіант №1.

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

Значення допусків технологічних розмірів зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.10 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
З ₁	Лиття в ПГФМ	9	1,4
З ₂			1,4
З ₃			2,8
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B5	Попереднє фрезерування	13	0,46
B6	Попереднє фрезерування	10	0,12
B7	Попереднє фрезерування	9	0,046
B8	Розточування	7	0,03
B4	Фрезерування	14	-1,15
B2	Фрезерування	14	-0,52
B1	Фрезерування	14	-0,52

Розмірна схема технологічного процесу [5]

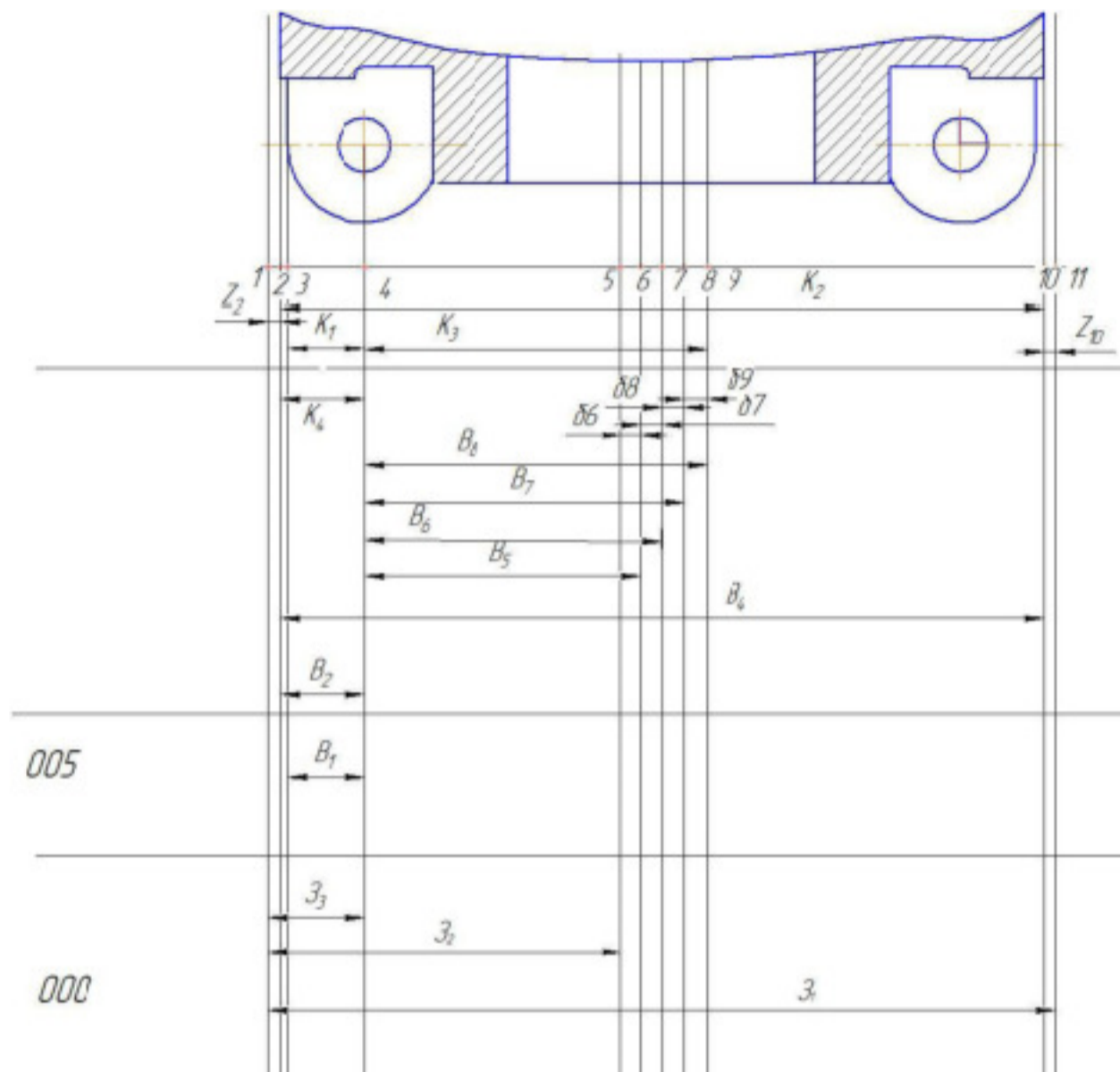


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф

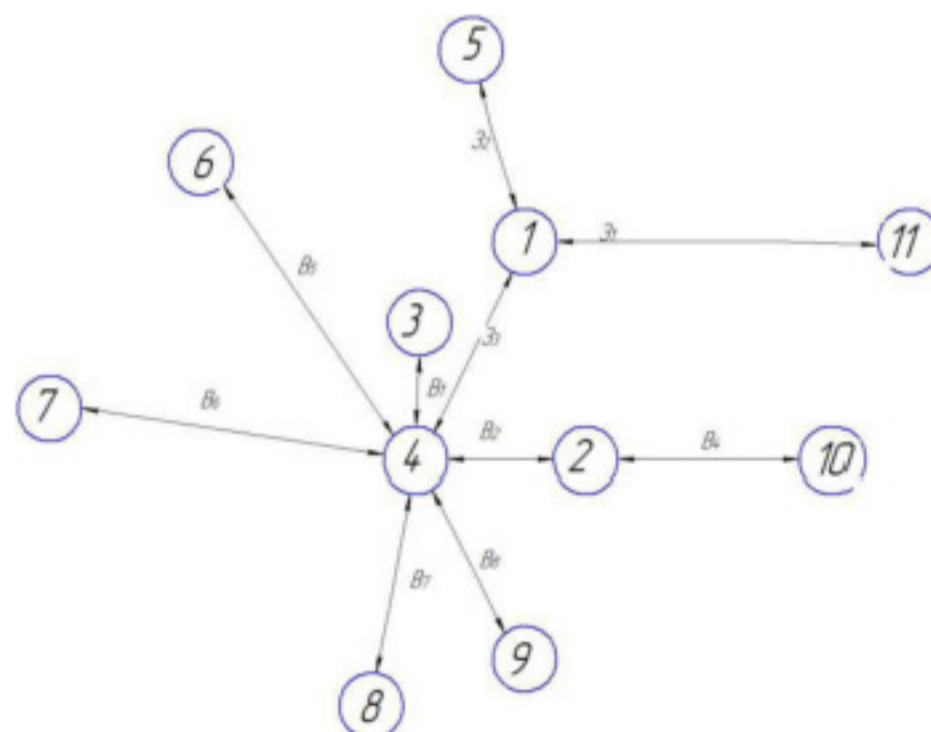


Рисунок 2.9 – Похідний граф-дерево

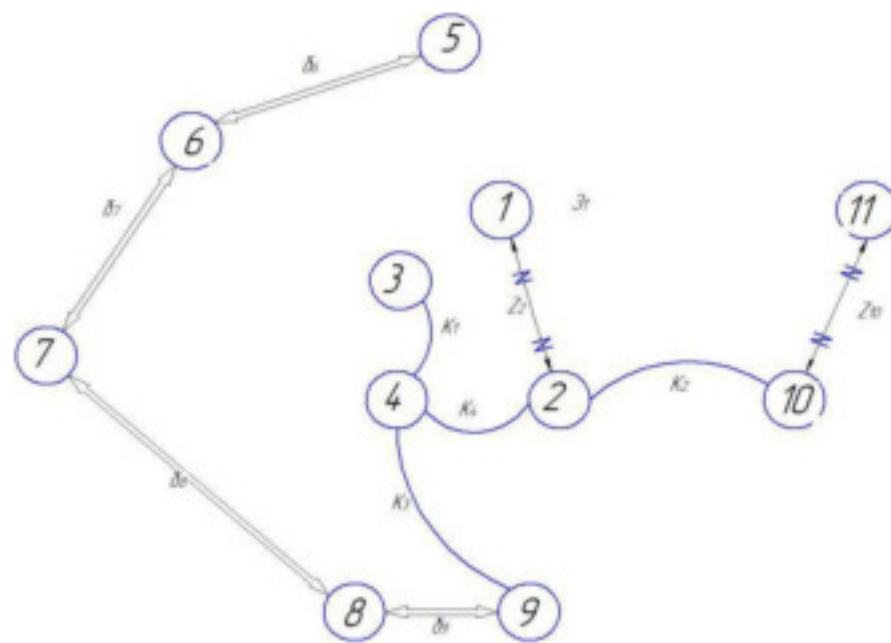


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

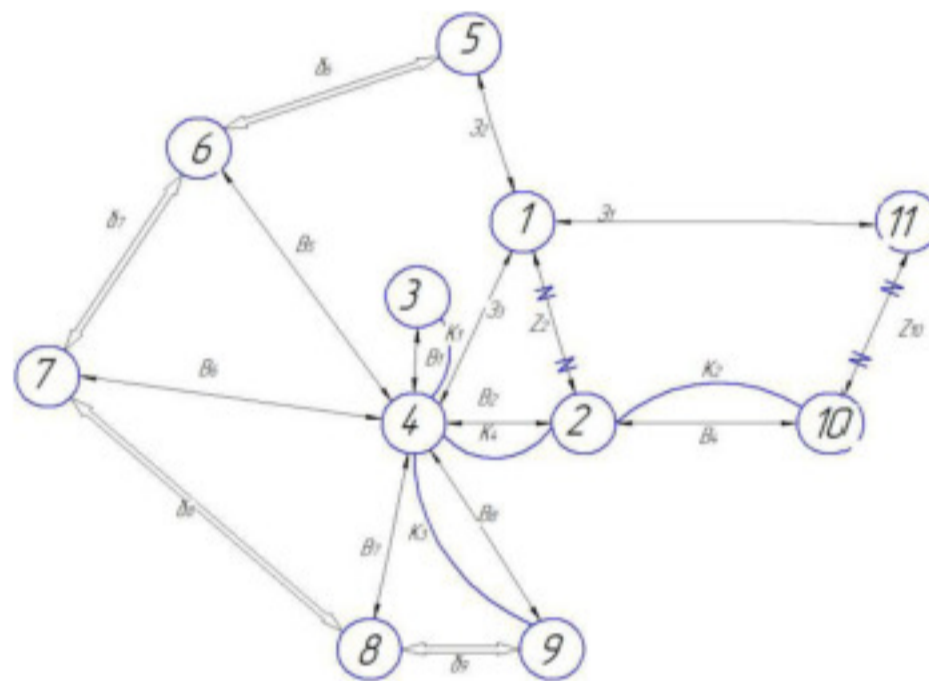


Рисунок 2.11 – Суміщений граф

Розрахунок припусків та між операційних розмірів

Таблиця 2.11 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_2	Остаточне розточування	0,6
Z_{10}	Остаточне розточування	0,6

Таблиця 2.12 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ рівняння	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_2+B_4=0$	$K_2=B_4$	B_4
2	$-K_4+B_2=0$	$K_4=B_2$	B_2
3	$-K_3+B_8=0$	$K_3=B_8$	B_8
4	$-K_1+B_1=0$	$K_1=B_1$	B_1
5	$-\delta_9-B_7+B_8=0$	$\delta_9=B_8-B_7$	B_7
6	$-\delta_8-B_6+B_7=0$	$\delta_7=B_7-B_6$	B_6
7	$-\delta_7+B_6-B_5=0$	$\delta_7=B_6-B_5$	B_5
8	$-Z_2+3_3-B_2=0$	$Z_2=3_3-B_2$	3_3
9	$-\delta_6-3_2+3_3+B_5=0$	$\delta_6=3_3-3_2+B_5$	3_2
10	$-Z_{10}-B_4+B_2-3_3+3_1=0$	$Z_{10}=3_1-B_4+B_2+3_3$	3_1

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів

$$B_4 = K_2 = 200_{-1,15} \text{ (мм).}$$

$$B_2 = K_4 = 22_{-0,52} \text{ (мм)}$$

$$B_8 = K_3 = 78 \pm 0,03 \text{ (мм)}$$

$$B_1 = K_1 = 20_{-0,52} \text{ (мм)}$$

$$-\delta_9 + B_7 = B_8$$

$$\delta_9 = B_8 - B_7$$

$$B_{7\text{сер}} = B_{7\text{ном}} = B_{8\text{сер}} = B_{8\text{ном}}$$

$$B_7 = 78 \pm 0,046 \text{ (мм)}$$

$$-\delta_8 + B_5 = B_6$$

$$\delta_8 = B_6 - B_5$$

$$B_{6\text{ном}} = B_{6\text{сер}} = B_{7\text{ном}} = B_{7\text{сер}}$$

$$B_{6\text{сер}} = 78 \pm 0,12 \text{ (мм)}$$

$$\delta_7 = B_6 - B_5$$

$$B_{5\text{ном}} = B_{5\text{сер}} = B_{6\text{ном}} = B_{6\text{сер}}$$

$$B_{5\text{сер}} = 78 \pm 0,46 \text{ (мм)}$$

$$-Z_2 + 3_3 - B_2 = 0$$

$$Z_{2\text{min}} = 3_{3\text{min}} - B_{2\text{max}}$$

$$3_{3\text{min}} = Z_{2\text{min}} + B_{2\text{max}} = 0,6 + 22 = 22,6 \text{ (мм)}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + T(Z_3) = 22,6 + 1,4 = 24 \text{ (мм)}$$

$$Z_{2\max} = Z_{3\max} - B_{2\min} = 24 - 21,48 = 2,52 \text{ (мм)}$$

$$-\delta_6 - Z_2 + Z_3 + B_5 = 0$$

$$\delta_6 = Z_3 - Z_2 + B_5$$

$$Z_2 = B_5 + Z_3$$

$$Z_{2\min} = B_{5\max} + Z_{3\min} = 76,46 + 22,6 = 99,06 \text{ (мм)}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + T(Z_2) = 99,06 + 1,4 = 100,46 \text{ (мм)}$$

$$-Z_{10} - B_4 + B_2 - Z_3 + Z_1 = 0$$

$$Z_{10} = -B_4 + B_2 - Z_3 + Z_1$$

$$Z_1 = B_4 - B_2 + Z_3 + Z_{10}$$

$$Z_{1\min} = B_{4\max} - B_{2\min} + Z_{3\max} + Z_{10\min} = 200 - 21,48 + 24 + 0,6 = 203,12 \text{ (мм)}$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 203,12 + 2,8 = 205,92 \text{ (мм)}$$

$$Z_{10\max} = -B_{4\min} + B_{2\max} - Z_{3\min} + Z_{1\max} = -198,85 + 22 - 22,6 + 205,92 = 6,47 \text{ (мм)}$$

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів показані у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B_1	19,48	20,52	-0,52	20	$20_{-0,52}$	—
B_2	21,48	22,52	-0,52	22	$22_{-0,52}$	—
B_4	198,85	200	-1,15	200	$200_{-1,15}$	—
B_5	77,54	78,46	0,46	78	$78 \pm 0,46$	—
B_6	77,88	78,12	0,12	78	$78 \pm 0,12$	—
B_7	77,954	78,046	0,046	78	$78 \pm 0,046$	—
B_8	77,97	78,03	0,03	78	$78 \pm 0,03$	—
Z_1	203,12	205,92	2,8	205	—	$205 \pm 2,5$
Z_2	99,06	100,46	2,4	102	—	$102,5 \pm 2,5$

Отримані значення мінімальних припусків зведемо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Максимальні припуски, мм

$Z_{2\max}$	$Z_{10\max}$
2,52	6,47

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

Визначення припусків на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 80H7$ і технологічних розмірів на обробку цієї поверхні показано в розділі 3.

Визначення проміжних припусків з використанням дослідно-статистичного (нормативного) методу.

Таблиця 2.15 — Припуски і технологічні розміри на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічні переходи	Вибраний мінімальний припуск $2z_{\min}$, МКМ	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , МКМ	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
отвір $\varnothing 145H7^{+0,043}$							
Заготовка (випуск)	—	137,8	2400	135,4	137,8	—	—
Фрезерування	2·2520	142,899	460	142,435	142,899	2,83	3,283
Фрезерування	2·720	144,339	120	144,219	144,339	1,44	1,784
Розточування	2·280	144,899	57	144,842	144,899	0,56	0,623
Розточування	2·72	145,043	43	145	145,043	0,144	0,158
отвір $\varnothing 62H7^{+0,03}$							
Заготовка	—	55,4	2000	53,4	55,4	—	—
Фрезерування	2·2380	59,99	420	59,57	59,99	1,85	2,74
Фрезерування	2·680	61,35	120	61,23	61,35	1,36	1,66
Розточування	2·272	61,894	43	61,851	61,894	0,544	0,621
Розточування	2·68	60,03	30	62,00	62,03	0,136	0,149

2.10 Призначення режимів різання

Операція 005: перехід 4 – свердління 2-х отв. 2 напрохід.

Вихідні дані:

- інструмент: свердло спіральне з конічним хвостовиком 035-2301-1029 (Ø13) ОСТ 2И20-2-80, Р6М5.

- верстат: вертикально-фрезерний з ЧПК моделі ГФ2171МФ3, $N_B=7,5$ кВт.

- матеріал деталі: сірий чавун марки СЧ15 ГОСТ 1412-85.

Глибина різання: $t= 6,5$ мм.

Подача [5, 14]:

$$S_{\text{рек}} = 0,55 - 0,66(\text{мм/об}), S_{\text{прийн.}} = 0,6(\text{мм/об});$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, [\text{м / хв}] \quad (2.8)$$

де $C_v = 17,1; q = 0,25; T = 60; m = 0,125; y = 0,4;$

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{l_v} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{l_v} = \left(\frac{190}{165}\right)^{1,3} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2;$$

$$V = \frac{17,1 \cdot 13^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,6^{0,4}} \cdot 1,2 = \frac{17,1 \cdot 1,9}{1,668 \cdot 0,815} \cdot 1,2 \cong 28,68 (\text{м/хв});$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 28,68}{3,14 \cdot 13} = 702,6 (\text{об/хв});$$

За паспортом верстата: $n_{\text{прийн.}} = 700 (\text{об/хв});$

Корекція швидкості різання:

$$V_{кор.} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{прійн.}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 700}{1000} = 28,57 \text{ (м/хв)};$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 10C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; [H \cdot м],$$

де $C_M = 0,021; q = 2; y = 0,8;$

$$K_p = K_{M_p} = (HB/190)^n = (165/190)^{0,6} \cong 0,92;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 13^2 \cdot 0,6^{0,8} \cdot 0,92 = 0,021 \cdot 169 \cdot 0,66 \cdot 0,92 = 2,15 \text{ (H} \cdot \text{м)};$$

Осьова сила різання:

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, [H] \quad (2.9)$$

де $C_p = 42,7; q = 1,0; y = 0,8; K_p = 0,92.$

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 13^{1,0} \cdot 0,6^{0,8} \cdot 0,92 = 427 \cdot 13 \cdot 0,66 \cdot 0,92 = 3370 \text{ (H)}.$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,15 \cdot 700}{9750} = 0,15 \text{ (кВт)};$$

$N_e = 7,5 \text{ кВт} > N_e = 0,15 \text{ кВт}$ – обробка заданої поверхні на верстаті
можлива.

Позиція поворотного столу 0° (зміст переходів береться з маршруту
механічної обробки деталі, операція 015):

- розточування отв. $\varnothing 145$ остаточне:

Глибина різання: $t = 0,6$ мм.

Подача: $S = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \cdot K_{\text{поп}}, [\text{м/с}] \quad (2.10)$$

де $C_v = 243$; $T = 50$ хв; $m = 0,2$; $t = 0,6$ мм; $x = 0,15$; $S = 1$ мм/об; $y = 0,4$;
 $K_v = 0,8$; $K_{\text{поп}} = 0,9$.

$$V = \frac{243}{50^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = \frac{243}{2,186 \cdot 0,926 \cdot 1} \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cong 86,4 \text{ (м/хв)};$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 86,4}{3,14 \cdot 145} \cong 189,7 \text{ (об/хв)};$$

Приймаємо: $n_{\text{пр.}} = 180$ об/хв.

Корекція швидкості різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\text{пр.}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 145 \cdot 180}{1000} \cong 81,95 \text{ (м/хв)}.$$

- центрування 6 отв. 3

Глибина різання: $t = 4$ мм.

Подача: $S = 0,12 - 0,18 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$, приймаємо $S_{\text{пр.}} = 0,15$ мм/об.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v, [\text{м/с}] \quad (2.11)$$

де $C_v = 14,7; D = 10\text{м}; q = 0,25; T = 15\text{хв}; m = 0,125; S = 0,15\text{ мм/об};$
 $y = 0,55; K_v = 0,8.$

$$v = \frac{14,7 \cdot 10^{0,75}}{15^{0,125} \cdot 0,15^{0,55}} \cdot 0,8 = \frac{14,7 \cdot 1,778}{1,4 \cdot 0,35} \cdot 0,8 = 42,67 \text{ (м/хв)}.$$

Інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком для зацентровки під свердління 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80(Ø10).

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 42,67}{3,14 \cdot 10} \cong 1359 \text{ (об/хв)};$$

приймаємо $n_{\text{пр.}} = 1500 \text{ об/хв}.$

Корекція швидкості різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\text{пр}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1500}{1000} \cong 47,1 \text{ (м/хв)}.$$

- свердління 6 отв. 3:

Глибина різання: $t = \frac{6,7}{2} = 3,35 \text{ (мм)}.$

Подача: $S = 0,18 - 0,24 \text{ (мм/об)};$ приймаємо $S_{z_{\text{пр}}} = 0,2 \text{ мм/об}.$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v, \text{ [м/с]} \quad (2.12)$$

де $C_v = 14,7; D = 6,7\text{мм}; q = 0,25; T = 25\text{хв}; m = 0,125; S = 0,2\text{мм/об};$
 $y = 0,55; K_v = 0,8.$

$$v = \frac{14,7 \cdot 6,7^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 0,25^{0,55}} \cdot 0,8 = \frac{14,7 \cdot 1,609}{1,495 \cdot 0,41} \cdot 0,8 = 30,87 \text{ (м/хв)}.$$

Інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 035-2300-1241
ОСТ 2И20-1-80 (Ø6,7)

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30,87}{3,14 \cdot 6,7} \cong 1467 \text{ (об/хв);}$$

приймаємо: $n_{\text{пр.}} = 1500 \text{ об/хв.}$

Корекція швидкості різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\text{пр.}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,7 \cdot 1500}{1000} \cong 31,56 \text{ (м/хв).}$$

Для усіх решту переходів режими обробки визначаємо за вище викладеною методикою і всі результати зводимо до таблиці таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Зведена таблиця режимів різання на операції механічної обробки

Операція	Зміст переходів	$t, \text{мм}$	$S, \text{мм/об}$	$n, \text{об/хв}$	$v, \text{м/хв}$
1	2	3	4	5	6
005	1. Фрезерування пов.1 одноразове	2,0	0,2(мм/зуб)	300	123,6
	2. Центрування 2 отв. 2, 2 отв. 3, отв. 4	5,0	0,15	1500	7,1
	3. Свердління 2 отв. 2 попереднє напрохід	6,65	0,6	1500	24,73
	4. Розвертання 2 отв. 2 остаточне	0,35	1,9	700	37,53
	5. Свердління 2 отв. 3 напрохід	7,0	0,6	1500	24,73
	6. Свердління отв. 4 напрохід	6,0	0,5	1500	4
	7. Цекування отв. 5	1,0	2,0	300	42,8
	8. Зенкування фаски в отв. 4	0,5	0,5	400	18,83
	9. Нарізання різі в отв. 4 напрохід	-	0,08	200	0,22

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4	5	6
010	1. Фрезерування пов. 1 одноразове	2,0	0,2(мм/зуб)	300	123,6
	2. Центрування 4 отв. 2, отв 3	5,0	0,15	1500	37,3
	3. Свердління 4 отв. 2 напрохід	7,0	0,6	1500	24,73
	4. Свердління отв. 3 напрохід	6,0	0,5	1500	21,4
	5. Цекування отв. 4 в отв. 3	1,0	1,9	300	42,8
	6. Зенкування фаски в отв. 3	0,5	0,5	400	18,83
	7. Нарізання різі в отв. 3 напрохід	-	0,08	2	7,22
015	Позиція 1				
	1. Фрезерування пов. 1 однократне	2,0	0,2(мм/зуб)	350	35,17
	2. Фрезерування отв. 2 попереднє	1,5	0,5	250	111,3
	3. Фрезерування отв. 2 попереднє з утворенням фаски	1,0	0,7	200	90,3
	4. Розточування отв. 2 попереднє	0,6	1,0	180	81,95
	5. Розточування отв. 2 остаточне	1,0	1,0	180	83,08
	6. Центрування 6 отв. 3	4,0	0,15	1500	47,1
	7. Свердління 6 отв. 3	3,35	0,2	1500	31,56
8. Нарізання різі в 6-ти отв. 3	-	1,25	200	5,024	
015	Позиція 2				
	1. Фрезерування пов. 4,5 однократне	2,2	0,3(мм/зуб)	300	94,2
	2. Фрезерування отв. 6 попереднє	1,5	0,5	550	102,9
	3. Фрезерування отв. 6 попереднє з утворенням фаски	0,8	0,7	500	96,08
	4. Розточування отв. 6 попереднє	0,4	1,0	450	87,6
	5. Розточування остаточне	1,0	1,0	450	89,02
	6. Центрування 3-х отв. 7	4,0	0,15	1500	47,1
	7. Свердління 3-х отв. 7	3,35	0,2	1500	31,56
	8. Нарізання різі в 3-х отв. 7	-	1,25	200	5,024
	Позиція 3				
	1. Фрезерування пов. 8 однократне	2,0	0,3(мм/об)	250	98,13
	2. Фрезерування отв. 9 попереднє напрохід	1,5	0,5	400	96,96
	3. Фрезерування отв. 9 попереднє з утворенням фаски	0,8	0,7	400	98,97
	4. Розточування отв.9 попереднє	1	1,0	350	87,92
	5. Розточування остаточне	0,5	1,0	350	91,21
	6. Центрування 4-х отв. 10	4,0	0,15	1500	47,1
7. Свердління 4-х отв. 10	3,35	0,2	1500	31,56	
8. Нарізання різі в 4-х отв. 10	-	1,25	200	5,024	
9. Центрування 2-х отв. 11, 13	2,0	0,15	2000	31,4	
10. Свердління 2-х отв. 11, 13	5,35	0,32	700	23,52	
11. Цекування 2-х отв. 12, 14	3,65	1,0	300	16,95	
12. Зенкування фаски в 2-х отв. 11, 13	1,6	0,8	400	18,84	
13. Нарізання різі в 2-х отв. 11, 13	-	1,25	200	7,53	
14. Центрування 2-х отв. 15	5,0	0,15	2000	31,4	
15. Свердління 2-х отв. 15	4,5	0,28	900	25,43	
16. Нарізання різі в 2-х отв. 15	-	1,0	200	6,28	

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4	5	6
	Позиція 4	2,2	0,3(мм/зуб)	300	94,2
	1. Фрезерування пов. 16 однократне	1,5	0,5	550	102,9
	2. Фрезерування отв. 17 попереднє напрохід з утворенням фаски	0,8	0,7	500	96,08
	3. Фрезерування отв. 17 попереднє	0,4	1,0	450	87,6
	4. Розточування отв. 17 попереднє	1,0	1,0	450	89,02
	5. Розточування остаточнє	4,0	0,15	1500	47,1
	6. Центрування 3-х отв. 18	3,35	0,2	1500	31,56
	7. Свердління 3-х отв. 18	-	1,25	200	5,024
	8. Нарізання різи в 3-х отв. 18				

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання

За допомогою програми «Оптимізація режиму різання при фрезеруванні» розраховуємо оптимальні режими різання на переході 2 операція 005.

Потрібно ввести наступні параметри:

Параметри верстату – потужність верстату (22 кВт), максимальну силу подачі (2500 Н), частота обертання шпинделя (21,2 – 3000 об/хв), подача (1 – 3600 мм/хв);

Параметру процесу різання – глибина (3,6 мм), стійкість інструменту (90 хв), шорсткість поверхні (20 Rz), ширина фрези 60 мм.

Радіус і кути зубця фрези – $\varphi = 60^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$, $r = 0,25$;

Матеріал заготовки – СЧ15

Матеріал інструменту – ВК8.

Вікно оптимізації режимів різання зображено на рисунку 2.12.

Зробивши аналіз отриманих даних видно, що оптимальним режимом різання на переході 6 операції 005 будуть такі дані:

Швидкість різання – 226,1 м/хв;

Подача – 291 мм/хв;

Потужність різання – 6,34 кВт;

Складова P_z (сила різання) – 1682,8 Н.

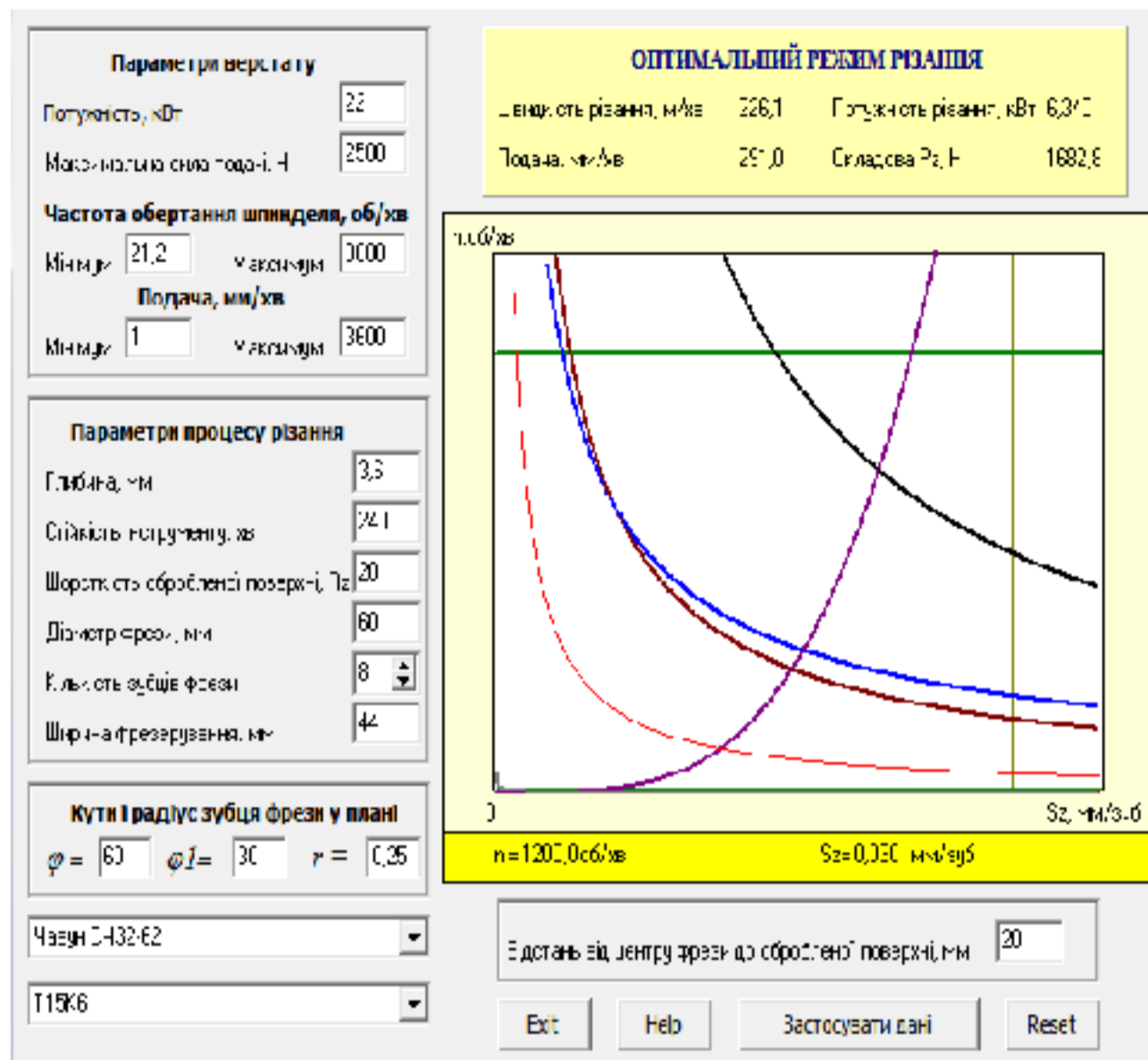


Рисунок 2.12 – Вікно оптимізації режимів різання на переході 2 операції 005

Розточування отв. 2 попереднє напрохід (операція 015 перехід 4)

Потрібно ввести наступні параметри:

Параметри верстату – потужність верстату (11 кВт), максимальну силу подачі (2300 Н), частота обертання шпинделя (50 – 2000 об/хв), подача (0,4-0,6 мм/хв);

Параметру процесу різання – глибина (1,5 мм), стійкість інструменту (50 хв), шорсткість поверхні (20 Rz), діаметр деталі 145 мм.

Радіус і кути різця в плані – $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 50^\circ$, $r = 0,5$;

Матеріал заготовки – СЧ18

Матеріал інструменту – ВК8.

Результат проведення оптимізації показано на рисунку 2.13.

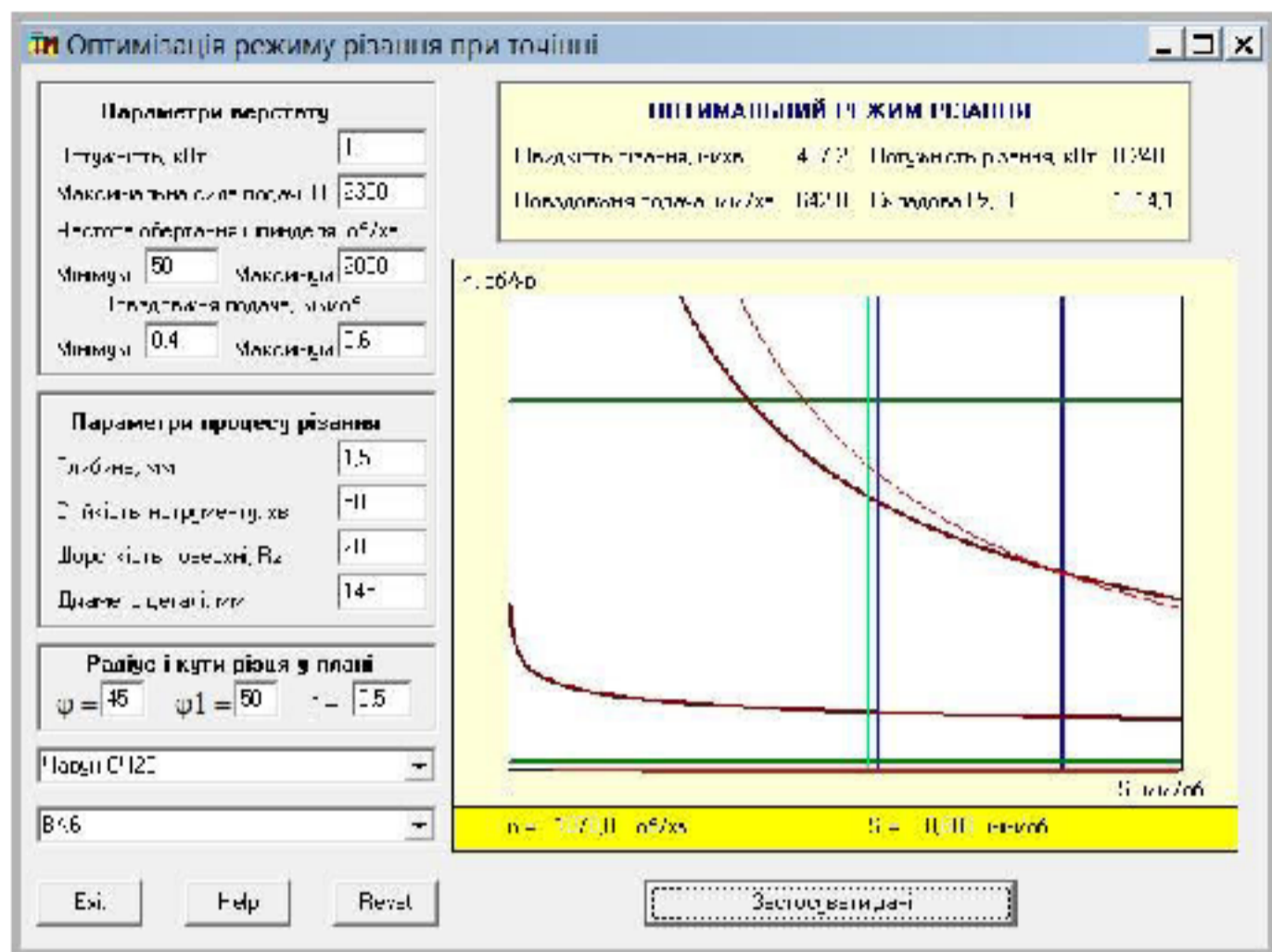


Рисунок 2.13 – Оптимізація режиму різання

2.12 Визначення технічних норм часу

Виконуємо розрахунок технічних норм часу для операції 005 [5, 14].

Таблиця 2.17 – Основний час операції (005) механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.			
	Формула			Результат
		d	l	
1	2	3	4	5
005-Вертикально-фрезерна з ЧПК				
Фрезерувати поверхню 1 однократно	$T_o = \frac{l}{S_{xe}}$		510	1,8
Центрувати 5 отворів	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	10	4	0,11
Свердли 2 отвіри 2 напрохід	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	14	20	0,02
Розвернути 2 отвіри 2	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	20	4	0,05
Свердли 2 отвіри 3	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	14	20	0,11

Продовження таблиці 2.17

1	2	3	4	5
Свердлити отвір 4 напрохід	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	9,5	15	0,04
Цекувати отвір 5	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	18	2	0,001
Зенкувати фаску в отворі 4	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot s}$	14	1	0,004
Нарізати різь в отв. 4	$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{1000 \cdot v \cdot t} a$	12	15	0,12
Всього				2,255 хв

Таблиця 2.18 – Основний час операції (010-015) механічної обробки

Операція	Зміст переходів	T_o
1	2	3
010	1. Фрезерування пов. 1 одноразове	1,8
	2. Центрування 4 отв. 2, отв 3	0,089
	3. Свердління 4 отв. 2 напрохід	0,22
	4. Свердління отв. 3 напрохід	0,04
	5. Цекування отв. 4 в отв. 3	0,001
	6. Зенкування фаски в отв. 3	0,004
	7. Нарізання різі в отв. 3 напрохід	0,12
Всього		2,2 хв
015	1. Фрезерування пов. 1 однократне	1,4
	2. Фрезерування отв. 2 попереднє	0,284
	3. Фрезерування отв. 2 попереднє з утворенням фаски	0,288
	4. Розточування отв. 2 попереднє	0,435
	5. Розточування отв. 2 остаточне	0,444
	6. Центрування 6 отв. 3	0,09
	7. Свердління 6 отв. 3	0,218
	8. Нарізання різі в 6-ти отв. 3	0,192
	1. Фрезерування пов. 4,5 однократне	1,13
	2. Фрезерування отв. 6 попереднє	0,46
	3. Фрезерування отв. 6 попереднє з утворенням фаски	0,47
	4. Розточування отв. 6 попереднє	0,72
	5. Розточування остаточне	0,02
	6. Центрування 3-х отв. 7	0,05
	7. Свердління 3-х отв. 7	0,218
8. Нарізання різі в 3-х отв. 7	0,144	

Продовження таблиці 2.18

1	2	3
015	1. Фрезерування пов. 8 однократне	0,72
	2. Фрезерування отв. 9 попереднє напрохід	0,43
	3. Фрезерування отв. 9 попереднє з утворенням фаски	0,44
	4. Розточування отв.9 попереднє	0,67
	5. Розточування остаточне	0,025
	6. Центрування 4-х отв. 10	0,066
	7. Свердління 4-х отв. 10	0,29
	8. Нарізання різі в 4-х отв. 10	0,19
	9. Центрування 2-х отв. 11, 13	0,013
	10. Свердління 2-х отв. 11, 13	0,18
	11. Цекування 2-х отв. 12, 14	0,015
	12. Зенкування фаски в 2-х отв. 11, 13	0,075
	13. Нарізання різі в 2-х отв. 11, 13	0,134
	14. Центрування 2-х отв. 15	0,052
	15. Свердління 2-х отв. 15	0,131
	16. Нарізання різі в 2-х отв. 15	0,112
	1. Фрезерування пов. 16 однократне	0,57
	2. Фрезерування отв. 17 попереднє	0,46
	3. Фрезерування отв. 17 попереднє напрохід з утворенням фаски	0,47
	4. Розточування отв. 17 попереднє	0,72
	5. Розточування остаточне	0,02
	6. Центрування 3-х отв. 18	0,05
	7. Свердління 3-х отв. 18	0,218
	8. Нарізання різі в 3-х отв. 18	0,144
	Всього	11,76

В середньосерійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ визначається за формулою [5, 14]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз.}}{n} [\text{хв}], \quad (2.13)$$

де n – кількість деталей в партії, $n = 80$ шт;

$T_{пз.}$ – підготовчо-заклучний час, який залежить від типу верстата і довжини його столу, для фрезерного верстата ГФ2171С5, $T_{пз.} = 42$ хв.

$T_{шт}$ – норма штучного часу,

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{об} + T_{в\dot{и}шт} [\text{хв}], \quad (2.14)$$

де T_o – основний час; $T_{доп}$ – допоміжний час, що визначається за формулою:

$$T_{доп} = T_{ус} + T_{зак} + T_{уп} + T_{вим} \text{ (хв)}, \quad (2.15)$$

де $T_{ус}$ – час на установку і зняття деталі, який залежить від способу закріплення (ручне чи автоматичне) та від розмірів деталі, для спеціального пристосування з автоматизованим приводом, $T_{ус} = 0,15$ хв;

$T_{зак}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, який залежить від способу закріплення та маси деталі, затискання гідравлічними зажимами, $T_{зак} = 0,03$ хв;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, який залежить від типу верстата та переходів обробки, а також від виду подачі, також він включає: час на зміну частоти обертання шпинделя, на зміну подачі, час на заміну інструменту, $T_{уп} = 0,2$ (хв.);

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, який залежить від типу вимірювального приладу та від кінцевого розміру деталі, який контролюється, $T_{вим} = 0,018$ хв.

$$T_{доп} = 0,15 + 0,03 + 0,2 + 0,018 = 0,398 \text{ (хв)};$$

$T_{об}$ – час затрачений на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, який залежить від типу верстата. Для вертикально-фрезерного верста час на обслуговування складе 4,6% від оперативного.

$T_{відп}$ – час на відпочинок, який виділяється на особисті потреби працівника та складає 2% від операційного для всіх верстатів з ЧПК.

Знаходимо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} \text{ [хв]}, \quad (2.16)$$

$$T_{оп} = 2,255 + 0,398 = 2,653 \text{ (хв)}.$$

За формулою 2.23 визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = 2,255 + 0,398 + 0,12 + 0,05 = 2,823 \text{ (хв)}.$$

За формулою 2.22 визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 2,823 + \frac{34}{80} = 3,248 \text{ (хв)}.$$

Розрахунок норми часу на операції 010 та 015 виконані аналогічно і зведені до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Норми часу, хв

№оп.	T_0	Складові T_d				T_d	$T_{об}$	$T_{відш}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{п-з} n$	$T_{шт-к}$
		$T_{уст}$	$T_{закр}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$								
005	2,255	0,15	0,03	0,2	0,018	0,398	0,12	0,05	2,823	34	80	0,0425	3,248
010	2,2	0,13	0,02	0,2	0,018	0,368	0,118	0,05	2,736	34		0,0425	3,161
015	11,76	0,13	0,02	0,19	0,3	0,64	0,62	0,28	14,45	60		0,75	15,2
$\Sigma T_{шт-к}$												21,6	

3 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Мета дослідження

Важливим етапом проектування технологічних процесів виготовлення деталей є призначення раціональних значень припусків для механічної обробки. Зазвичай спочатку встановлюють мінімальні припуски, а потім — максимальні.

Якщо мінімальні припуски визначають з використанням розрахунково-аналітичного методу, то однією зі складових такого припуску на механічну обробку циліндричних поверхонь, у т. ч. головних отворів в литих заготовках корпусних деталях є просторові відхилення поверхонь вихідної заготовки відносно технологічних баз (ρ). Ця складова мінімального припуску залежить від просторових відхилень, спричинених жолобленням і зміщенням осі отвору.

Величина жолоблення поверхні отвору досить просто визначається за формулою [5]. Що ж стосується величини зміщення осі (ρ_{3M}), то під час її розрахунку мають бути враховані як можливі неточності виготовлення вихідної заготовки, схема базування на першій операції, а також допуски тих технологічних розмірів, які впливають на величину ρ_{3M} . Слід зазначити, що універсальної формули для визначення ρ_{3M} наразі не існує. Для якісного розв'язання цієї задачі потрібно щоразу ретельно аналізувати і враховувати усі наявні технологічні умови у т. ч. як схему базування на першій операції, так і на операціях, на яких виконується обробка цих отворів. Тому певна формалізація і спрощення розв'язання такої задачі є актуальними.

Метою роботи є подальші дослідження можливості застосування розмірноточнісного моделювання технологічних процесів для визначення величини

зміщення осі головного отвору, як складової мінімального припуску, з урахуванням особливостей виготовлення вихідної заготовки литтям.

3.2 Результати дослідження

Дослідження виконувались на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001». Розрахунковий ескіз обробки отвору $\varnothing 80H7(+0,030)$ мм показано на рис. 3.1.

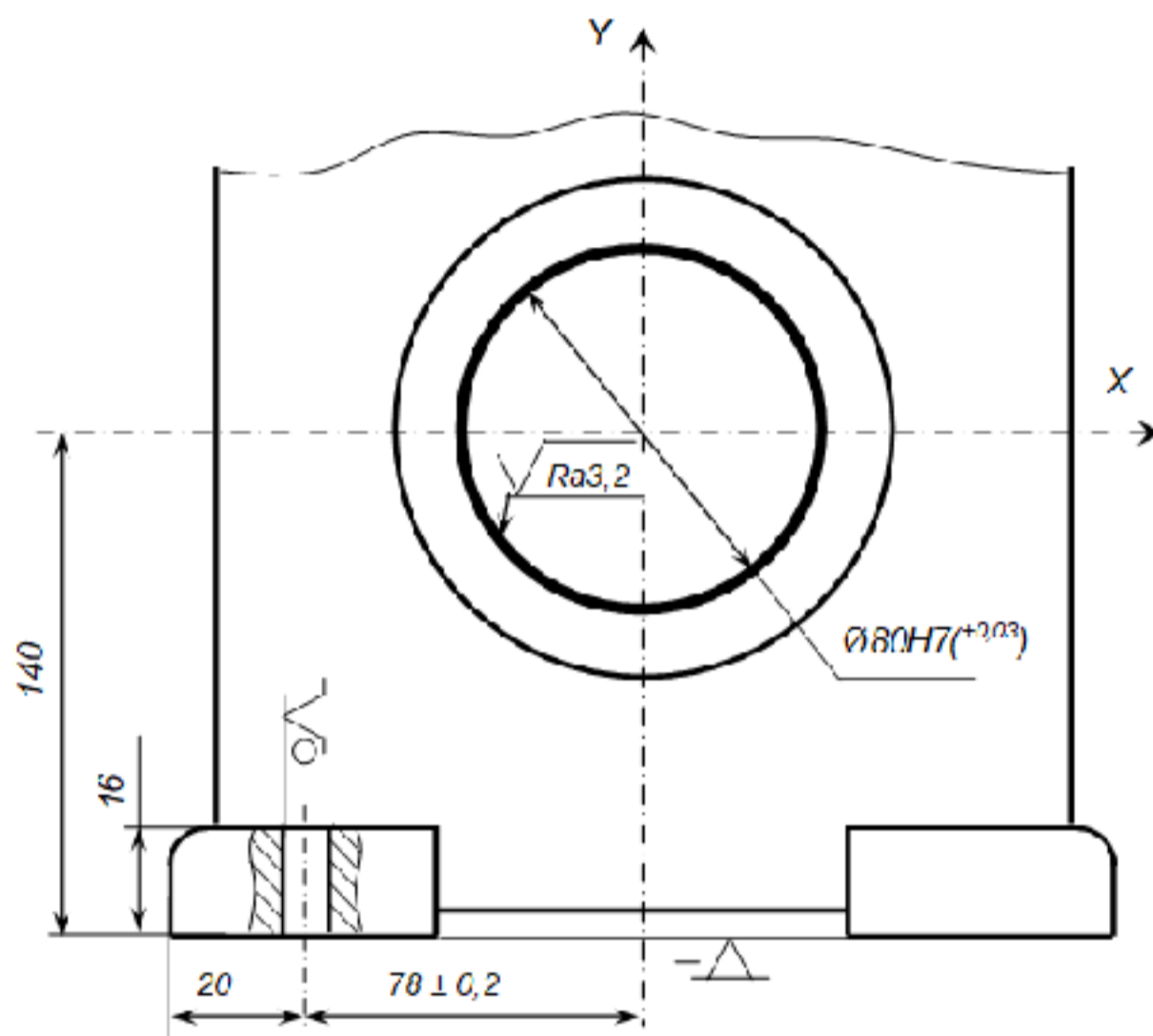


Рисунок 3.1 — Розрахунковий ескіз обробки отвору $\varnothing 80H7(+0,030)$ мм

Маршрут механічної обробки заготовки деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001». розроблено і показано у розділі 2 (таблиця 2.8).

Відповідно до маршруту обробки на першій операції підготовлюються чистові технологічні бази (площина лап і чотири отвори $\varnothing 14$ мм) із забезпеченням розмірів, які пов'язують між собою оброблювані і необроблювані поверхні деталі, а саме розміри 22 мм (вісь X), 20 мм (вісь Y) і 16 мм (вісь Z).

Згідно з підходом, запропонованим в роботах [6, 13], і відповідно до маршруту обробки побудовано розмірні схеми технологічного процесу (РСТП) у напрямках осей X і Z. Ці схеми показано на рис. 3.2 і рис. 3.3.

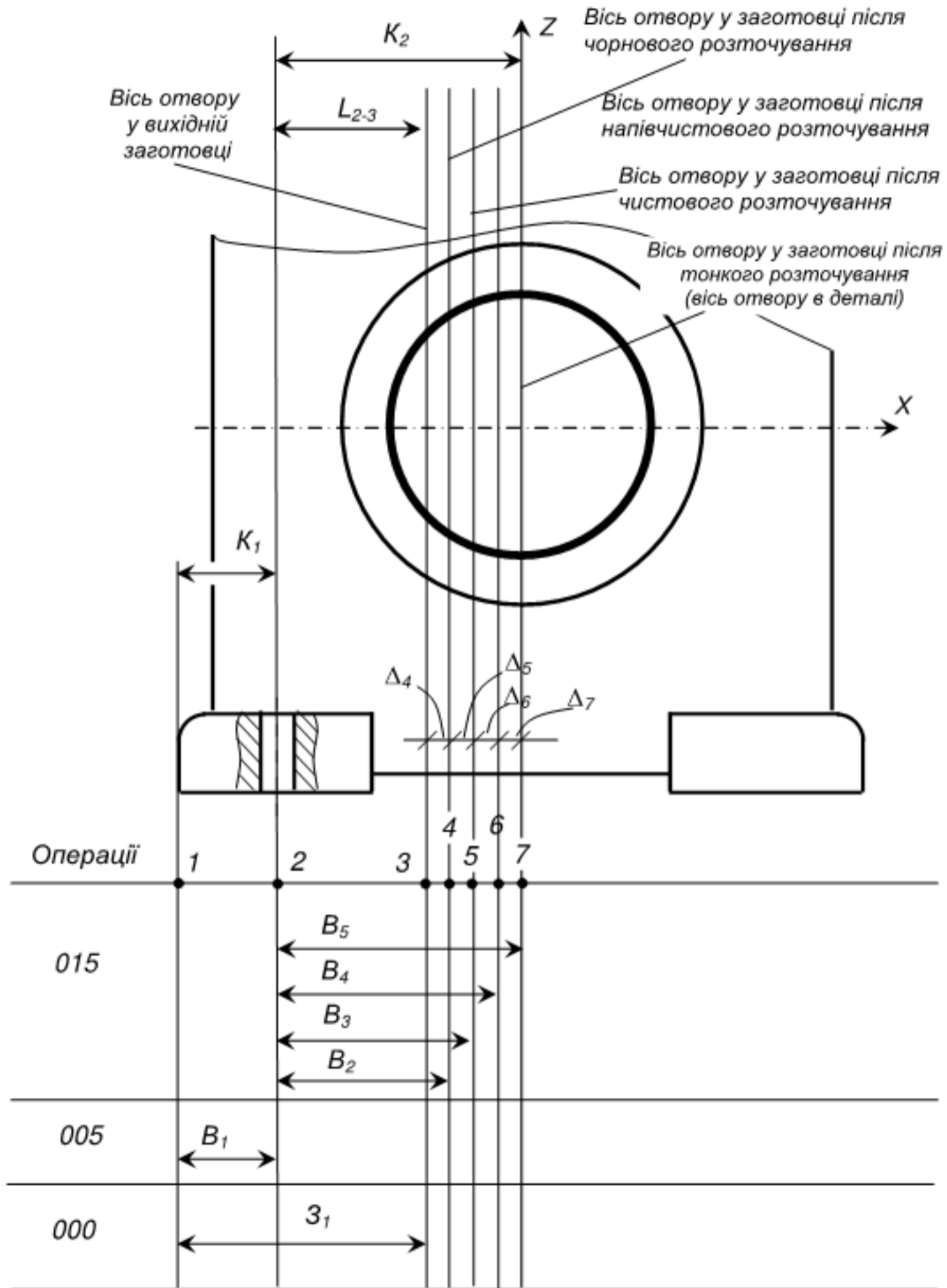


Рисунок 3.2 — РСТП (у напрямі осі X)

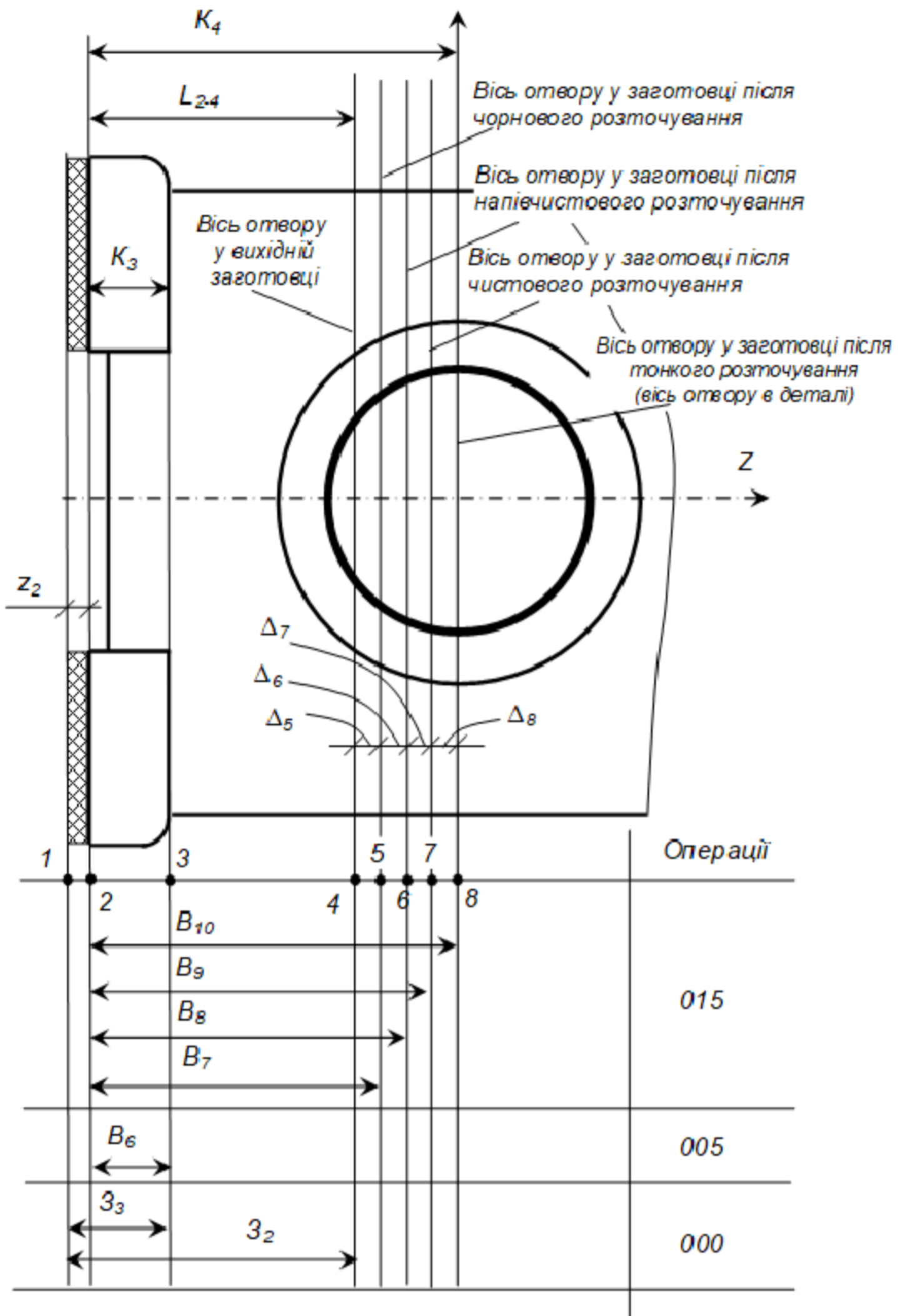


Рисунок 3.3 — РСТП (у напрямі осі Z)

На основі РСТП за методикою [13] побудовано похідні і вихідні графи-дерева, а також графи технологічних розмірних ланцюгів (суміщені графи) у напрямках осей X та Z (рис. 3.4 і рис. 3.5).

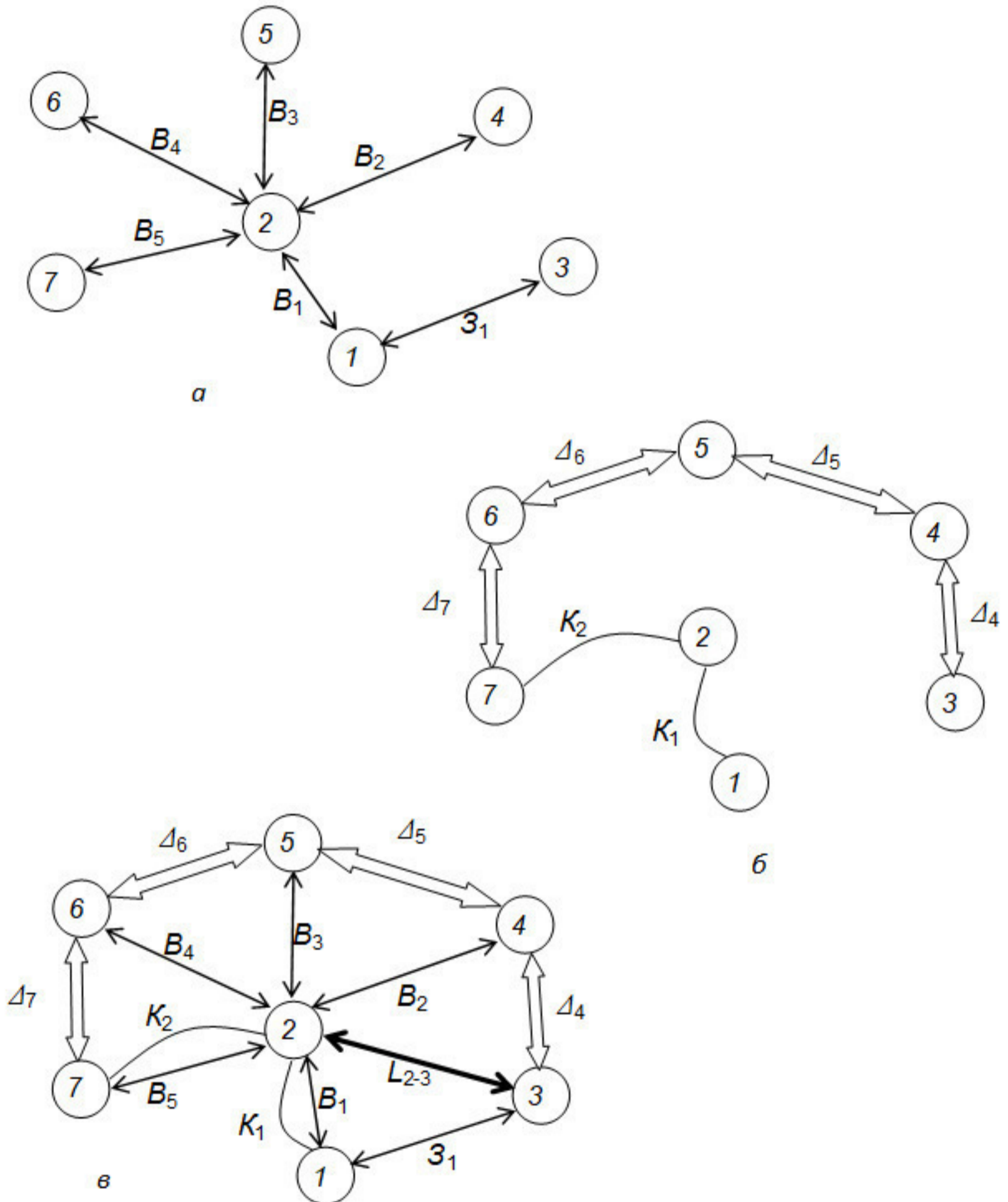


Рисунок 3.4 — Похідний (а), вихідний (б) графи-дерева і суміщений граф (в) у напрямі осі X

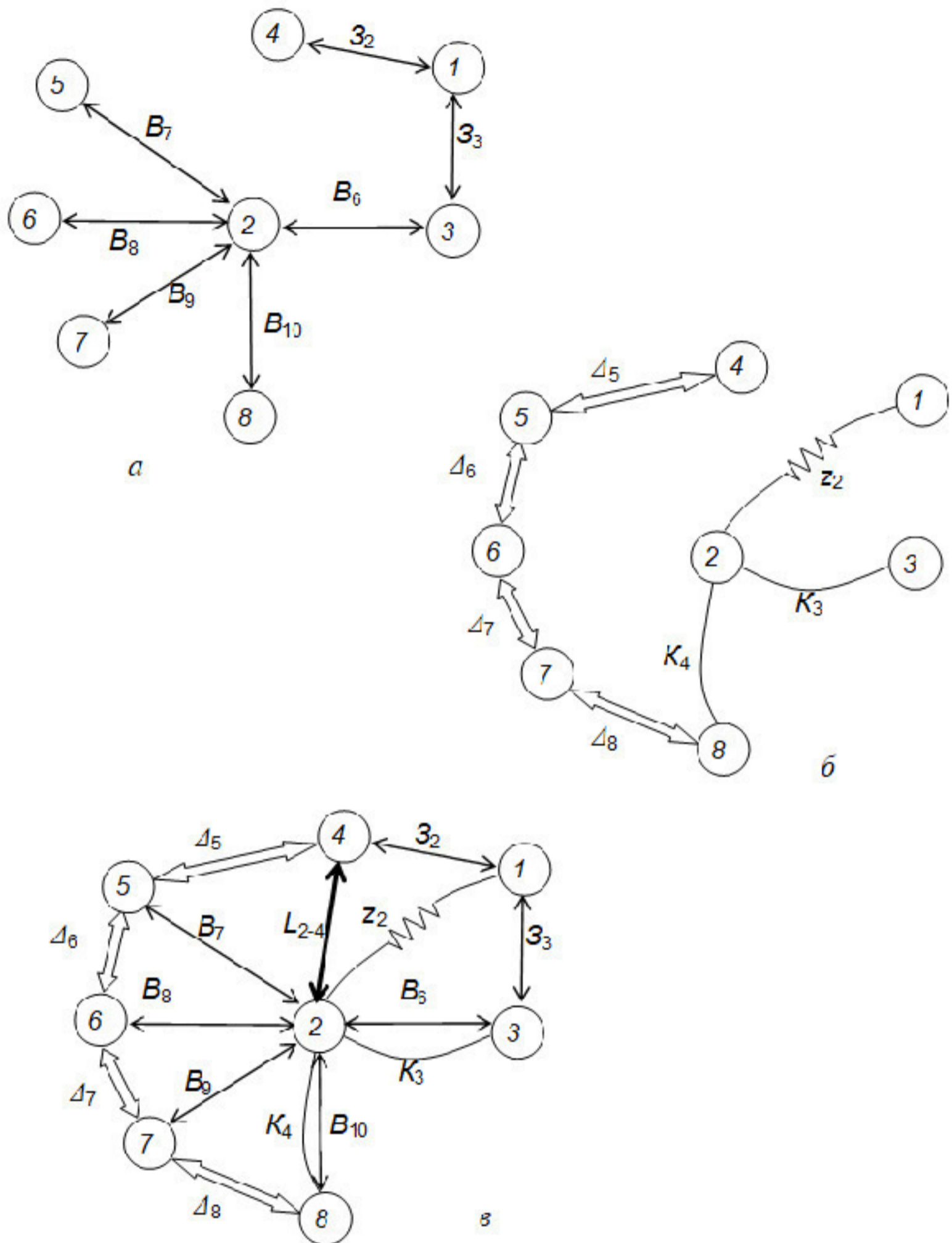


Рисунок 3.5 — Похідний (а), вихідний (б) графі-дерева і суміщений граф (в)
у напрямі осі Z

На основі аналізу суміщених графів, виконаного за методикою [5], записано рівняння технологічних розмірних ланцюгів (таблиці 3.1 і 3.2).

Таблиця 3.1 — Рівняння технологічних розмірних ланцюгів (у напрямі осі X)

№	Розрахункове	Вихідне	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_1 = 0$	$K_1 = B_1$	B_1
2	$-K_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_5$	B_5
3	$-\Delta_7 - B_4 + B_5 = 0$	$\Delta_7 = B_5 - B_4$	B_4
4	$-\Delta_6 - B_3 + B_4 = 0$	$\Delta_6 = B_4 - B_3$	B_3
5	$-\Delta_5 - B_2 + B_3 = 0$	$\Delta_5 = B_3 - B_2$	B_2
6	$-\Delta_4 - Z_1 + B_1 + B_2 = 0$	$\Delta_4 = B_1 + B_2 - Z_1$	Z_1

Таблиця 3.2 — Рівняння технологічних розмірних ланцюгів (у напрямі осі Z)

№	Розрахункове	Вихідне	Розмір, що визначається
1	$-K_4 + B_{10} = 0$	$K_4 = B_{10}$	B_{10}
2	$-K_3 + B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
3	$-\Delta_8 - B_9 + B_{10} = 0$	$\Delta_8 = B_{10} - B_9$	B_9
4	$-\Delta_7 - B_8 + B_9 = 0$	$\Delta_7 = B_9 - B_8$	B_8
5	$-\Delta_6 - B_7 + B_8 = 0$	$\Delta_6 = B_8 - B_7$	B_7
6	$-z_2 + Z_3 - B_6 = 0$	$z_2 = Z_3 - B_6$	Z_3
7	$-\Delta_5 - Z_2 + Z_3 - B_6 + B_7 = 0$	$\Delta_5 = Z_3 - B_6 + B_7 - Z_2$	Z_2

У таблиці 3.3 вказані допуски технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

Таблиця 3.3 — Допуски технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

Технологічний розмір (В), розмір вихідної заготовки (З)	Спосіб механічної обробки, спосіб виготовлення заготовки	Квалітет точності, клас розмірної точності (для вихідної заготовки)	Величина допуску, мм
1	2	3	4
Вісь X			
B_1	Свердління отвору Ø14 мм після центрування	12	0,21
B_2	Чорнове розточування	14	0,74

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
B_3	Напівчистове розточування	13	0,46
B_4	Чистове розточування	12	0,3
B_5	Тонке розточування	11	0,19
Z_1	Лиття у піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	9	2,2
Вісь Z			
B_6	Одноразове фрезерування	14	0,43
B_7	Чорнове розточування	14	1,0
B_8	Напівчистове розточування	13	0,63
B_9	Чистове розточування	12	0,4
B_{10}	Тонке розточування	11	0,25
Z_2	Лиття у піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	9	2,4
Z_3			1,4

Примітка: клас розмірної точності та кількісні значення допусків вихідної заготовки вибиралися за ДСТУ 8981—2020 [10].

Відповідно до креслення деталі конструкторські розміри мають такі значення: $K_1 = 20 \pm 0,26$ мм; $K_2 = 78 \pm 0,085$ мм; $K_3 = 16_{-0,43}$ мм; $K_4 = 140 \pm 0,125$ мм.

Згідно з [5], мінімальний припуск для одноразового фрезерування плоских поверхонь лап (z_2) склав 1,5 мм.

3.2.1 Визначення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки у напрямі осі X

Розв'язання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів (таблиця 3.1)

Рівняння 1

$$K_1 = B_1.$$

Звідки знаходимо $B_1 = K_1 = 20 \pm 0,26$ мм.

Рівняння 2

$$K_2 = B_5.$$

Звідки знаходимо $B_5 = K_2 = 78 \pm 0,085$ мм.

Рівняння 3

$$\Delta_7 = B_5 - B_4;$$

Ланкою замикання цього рівняння є розмір Δ_7 . Вважатимемо, що

$$(\Delta_7)_{\text{ном}} = (\Delta_7)_{\text{сер}} = 0,$$

де $(\Delta_7)_{\text{сер}}$ – середнє значення розміру Δ_7 .

Отже,

$$B_{4 \text{ ном}} = B_{4 \text{ сер}} = B_{5 \text{ ном}} = B_{5 \text{ сер}} = 78 \text{ (мм)}$$

Граничні відхилення розміру B_4 розташовані симетрично відносно $B_{4 \text{ сер}}$, і тому в технологічному документі потрібно вказати розмір $B_{4 \text{ сер}} \pm \frac{1}{2}T(B_4)$, тобто $B_4 = 78 \pm 0,15$ мм.

Аналогічно до розв'язання рівняння 3, розв'язано і рівняння 4 і 5. Розв'язки цих рівнянь такі: $B_3 = 78 \pm 0,23$ мм; $B_2 = 78 \pm 0,37$ мм.

Рівняння 6

$$\Delta_4 = B_1 + B_2 - Z_1.$$

Прийнято, що номінальні розташування осей отворів у вихідній заготовці й отвору після чорнового розточування збігаються. Тоді

$$\Delta_{4 \text{ ном}} = \Delta_{4 \text{ сеп}} = 0.$$

Отже,

$$B_{1 \text{ сеп}} + B_{2 \text{ сеп}} - Z_{1 \text{ сеп}} = 0,$$

$$Z_{1 \text{ сеп}} = B_{1 \text{ сеп}} + B_{2 \text{ сеп}}. \quad (3.4).$$

$$Z_{1 \text{ сеп}} = 20 + 78 = 98 \text{ (мм)}.$$

На кресленні заготовки потрібно вказати розмір

$$Z_1 = Z_{1 \text{ сеп}} \pm \frac{T(Z_1)}{2} = 98 \pm 1,1 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 3.4 — Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів у напрямі осі X, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B ₁	19,74	20,26	0,52	20	20 ± 0,26	—
B ₂	77,63	78,37	0,74	78	78 ±	—
B ₃	77,77	78,23	0,46	78	78 ±	—
B ₄	77,85	78,15	0,30	78	78 ±	—
B ₅	77,915	78,085	0,17	78	78 ± 0,085	—
Z ₁	97,9	99,1	2,2	98	—	98 ± 1,1

3.2.2 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки і максимального припуску у напрямі осі Z

Рівняння 1

$$K_4 = B_{10}.$$

$$B_{10} = K_4 = 140 \pm 0,125 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 2

$$K_3 = B_6$$

$$B_6 = K_3 = 16_{-0,43} \text{ (мм)}$$

Рівняння 3

$$\Delta_8 = B_{10} - B_9;$$

Вважалось, що

$$B_{9 \text{ ном}} = B_{9 \text{ сер}} = B_{10 \text{ ном}} = B_{10 \text{ сер}} = 140 \text{ (мм)},$$

а

$$(\Delta_8)_{\text{ном}} = (\Delta_8)_{\text{сер}} = 0,$$

де $(\Delta_8)_{\text{сер}}$ – середнє значення розміру Δ_8 .

З урахуванням того, що поле допуску розміру B_9 має бути розташоване симетрично відносно $B_{9 \text{ ном}}$, в технологічному документі слід вказати розмір

$$B_{9 \text{ ном}} \pm \frac{1}{2}T(B_9), \text{ тобто } 140 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

Аналогічно до розв'язання рівняння 3, розв'язано рівняння 4 і 5. Розв'язки цих рівнянь такі: $B_8 = 140 \pm 0,315$ мм; $B_7 = 140 \pm 0,5$ мм.

Рівняння 6

$$z_{2 \text{ min}} = z_{3 \text{ min}} - B_{6 \text{ max}}.$$

$$z_{3 \text{ min}} = B_{6 \text{ max}} + z_{2 \text{ min}} = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ (мм)}.$$

$$z_{3 \text{ max}} = z_{3 \text{ min}} + T(z_3) = 17,5 + 1,4 = 18,9 \text{ (мм)}.$$

Згідно з [10] за номінальне значення розміру z_3 беремо середнє його значення. На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$z_3 = z_{3 \text{ сер}} \pm \frac{1}{2}T(z_3) = \frac{z_{3 \text{ max}} + z_{3 \text{ min}}}{2} \pm \frac{1}{2}T(z_3) = \frac{18,9 + 17,5}{2} \pm 0,7 = 18,2 \pm 0,7 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 7

$$\Delta_5 = z_3 - B_6 + B_7 - z_2$$

Прийнято, що номінальні розташування осі отвору у вихідній заготовці і осі отвору після чорнового розточування збігаються, тобто

$$\Delta_{5 \text{ ном}} = \Delta_{5 \text{ сеп}} = 0.$$

Отже,

$$Z_{3 \text{ сеп}} - B_{6 \text{ сеп}} + B_{7 \text{ сеп}} - Z_{2 \text{ сеп}} = 0$$

і

$$Z_{2 \text{ сеп}} = Z_{3 \text{ сеп}} - B_{6 \text{ сеп}} + B_{7 \text{ сеп}}.$$

$$Z_{2 \text{ сеп}} = 18,2 - 15,79 + 140 = 142,3 \text{ (мм)}.$$

Отже, розмір на кресленні заготовки

$$Z_2 = Z_{2 \text{ сеп}} \pm \frac{T(Z_2)}{2} = 142,3 \pm 1,2 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 3.5 — Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів у напрямі осі Z, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B ₆	15,57	16	0,43	16	16 _{-0,43}	—
B ₇	139,5	140,5	1,0	140	140 ± 0,5	—
B ₈	139,865	140,315	0,63	140	140 ± 0,315	—
B ₉	139,8	140,2	0,4	140	140 ± 0,2	—
B ₁₀	139,875	140,125	1,25	140	140 ± 0,125	—
Z ₂	140,8	143,2	2,4	142	—	142 ± 1,2
Z ₃	17,5	18,9	1,4	18,2	—	18,2 ± 0,7

З використанням отриманих вище граничних значень технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки визначено максимальне значення припуску Z₂.

$$z_{2\max} = z_{3\max} - B_{6\min} \cdot$$

$$z_{2\max} = 18,9 - 15,57 = 3,33 \text{ (мм)}$$

3.3 Визначення мінімальних проміжних припусків для обробки отвору Ø80H7 мм за результатами розмірно-точнісного моделювання

За результатами побудови графів рівнянь технологічних розмірних ланцюгів визначимо величини полів розсіювання $\delta(L_{3-5})$ і $\delta(L_{3-5})$ дійсних значень розмірів L_{3-5} (див. рис. 3.2). під час обробки партії заготовок. Ці розміри поєднують чистові технологічні бази і вісь отвору у виливку. Величини полів розсіювання розмірів L_{3-5} і L_{3-5} можна використати для визначення однієї з впливових складових мінімального припуску на чорнове розточування отвору розрахунково-аналітичним способом, а саме просторового відхилення поверхні, що обробляється (отвору Ø80H7), відносно технологічних баз.

Для задачі, що розглядається, значення ρ може бути визначене за формулою

$$\rho = \sqrt{(\rho_{\text{жол}})^2 + (\rho_{\text{зм}})^2} \text{ [МКМ]}. \quad (3.1)$$

Зміщення осі отвору ($\rho_{\text{зм}}$) у даному випадку становитиме

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{[(\rho_{\text{зм}})_X]^2 + [(\rho_{\text{зм}})_Z]^2} \text{ [МКМ]}, \quad (3.2)$$

де $(\rho_{\text{зм}})_X$ і $(\rho_{\text{зм}})_Z$ – відповідно зміщення осі отвору у напрямках осей X та Z.

З графів, показаних на рис. 3.4, в і рис. 3.5, в, випливає, що $(\rho_{\text{зм}})_X = \delta(L_{2-3})$, а $(\rho_{\text{зм}})_Z = \delta(L_{2-4})$, де L_{2-3} і L_{2-4} — розміри між технологічними базами і віссю отвору у виливку відповідно у напрямках X і Z.

Для визначення поля розсіювання розміру L_{2-3} запишемо рівняння розмірного ланцюга (для осі X)

$$-L_{2-3} - B_1 + Z_1 = 0, \quad (3.3)$$

Записавши рівняння (3.3) відносно ланки замикання L_{2-3} , отримаємо

$$L_{2-3} = Z_1 - B_1$$

Оскільки розмірний ланцюг, що розглядається, має лише дві складових ланки, то для визначення поля розсіювання ланки замикання $\delta(L_{2-3})$ використаємо метод максимуму-мінімуму. Отже запишемо

$$(\rho_{\text{зм}})_X = \delta(L_{2-3}) = T(Z_1) + T(B_1) \quad (3.4).$$

Підставивши у (3.4) прийняті вище значення допусків розмірів, отримаємо

$$(\rho_{\text{зм}})_X = \delta(L_{2-3}) = 2,2 + 0,21 = 2,41 \text{ (мм)}.$$

Для визначення поля розсіювання розміру L_{2-4} запишемо рівняння розмірного ланцюга (для осі Z)

$$-L_{2-4} + B_6 - Z_3 + Z_2 = 0.$$

Записавши це рівняння відносно ланки замикання L_{2-4} , отримаємо

$$L_{2-4} = B_6 - Z_3 + Z_2.$$

Цей розмірний ланцюг має три складових ланки, тому для визначення поля розсіювання $\delta(L_{2-4})$ ланки замикання використаємо імовірнісний метод. Згідно з [7] запишемо

$$(\rho_{\text{зм}})_z = \delta(L_{2-4}) = t \sqrt{[\lambda(B_6)T(B_6)]^2 + [\lambda(Z_3)T(Z_3)]^2 + [\lambda(Z_2)T(Z_2)]^2}, \quad (3.5)$$

де $t = 3$ — коефіцієнт, який залежить від бажаної імовірності P роботи без браку;

$\lambda(B_2)$, $\lambda(Z_1)$, $\lambda(Z_2)$ — коефіцієнти відносного розсіювання, величини яких залежать від закону розподілу дійсних значень розмірів B_6 , Z_3 і Z_2 .

Вважатимемо, що розподіл дійсних значень розмірів підпорядковується закону нормального розподілу. При цьому $\lambda(B_6) = \lambda(Z_3) = \lambda(Z_2) = 0,33$.

Підставивши в (3.5) прийняті значення коефіцієнтів t , λ і допусків розмірів, отримаємо

$$(\rho_{\text{зм}})_x = \delta(L_{2-4}) = 3 \sqrt{[0,33 \cdot 0,43]^2 + [0,33 \cdot 1,4]^2 + [0,33 \cdot 2,4]^2} = 2,8 \text{ (мм)},$$

За формулою (3.2) визначимо загальну величину $\rho_{\text{сі}}$

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{2,41^2 + 2,80^2} = 3,7 \text{ (мм)}.$$

У цій роботі зроблено припущення, що на загальну величину зміщення осі головного отвору, окрім лінійного зміщення цієї осі, впливатиме ще й кутове її зміщення ρ_k , спричинене перекосом ливарного стрижня. Величину ρ_k можна наближено визначити за ДСТУ 8981—2020 [10]. Відповідно до табл. 2.6 для отвору $\text{Ø}80\text{H}7$ ця величина склала 1,2 мм. Тому загальну величину зміщення осі цього отвору визначимо за формулою

$$\rho_{\text{зм}_\Sigma} = \sqrt{(\rho_{\text{зм}})^2 + (\rho_k)^2} \text{ [мкм]}. \quad (3.6)$$

Отже

$$\rho_{\text{зм}\Sigma} = \sqrt{(3,7)^2 + (1,2)^2} = 3,9 \text{ [мм]}.$$

З урахування отриманого вище значення $\rho_{\text{зм}\Sigma}$ визначимо мінімальні проміжні припуски і технологічні розміри для обробки отвору $\text{Ø}80\text{H}7$ мм. Розрахунковий ескіз обробки цього отвору показано на рис. 3.1.

Сумарне жолоблення отвору у виливку складо

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta K_1 d)^2 + (\Delta K_1 l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 80)^2 + (0,7 \cdot 30)^2} = 60 \text{ (мкм)}.$$

Обчислена за формулою (3.1) величина просторових відхилень відносно технологічних баз осі отвору у вихідній заготовці ($\rho_{\text{зар}}$) склала 3,95 мм.

Величина просторових відхилень осі отвору:

- після чорнового розточування

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{зар}} = 0,05 \cdot 3,95 = 0,2 \text{ (мм)};$$

- після чистового розточування

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ (мм)}.$$

Похибка встановлення на чорновому розточуванні визначалась за формулою

$$\varepsilon_{\text{в}1} = \sqrt{\varepsilon_{\text{в}Z}^2 + \varepsilon_{\text{в}Z}^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.7)$$

Похибки встановлення у напрямі кожної з осей визначено за методикою, розглянутою в [5] і склали: $\varepsilon_{\text{в}X} = 110$ (мкм), $\varepsilon_{\text{в}Z} = 85$ мкм.

Підставивши величини складових похибки встановлення у (3.7), отримаємо

$$\varepsilon_{B_1} = 140 \text{ мкм.}$$

- на напівчистовому розточуванні

$$\varepsilon_{B_2} = 0,05 \cdot \varepsilon_{B_1} = 0,05 \cdot 140 = 7 \text{ (мкм);}$$

- на тонкому розточуванні

$$\varepsilon_{B_3} = 0,05 \cdot \varepsilon_{B_2} = 0,05 \cdot 7 \approx 0 \text{ (мкм).}$$

З використанням отриманих даних розраховані технологічні розміри на всі переходи обробки, розміри вихідної заготовки, максимальні і загальні припуски для обробки отвору $\varnothing 80H7(+0,)$ мм. Результати розрахунків зведені у таблицю 3.6.

Аналіз показників, наведених у табл. 3.6, показує, що найбільший вплив на величину загального припуску має припуск на перший перехід обробки отвору (чорнове розточування). Найбільша складова цього припуску — величина просторового відхилення осі отвору у виливку відносно технологічних баз. Порівняння отриманого в результаті розмірно-точнісного моделювання загального припуску (5 мм на сторону) із загальним припуском, визначеним за нормативами згідно з ДСТУ 8981—2020 [10] (3,6 мм на сторону), показує, що цей припуск суттєво перевищує нормативний. Можна припустити, що якщо для виготовлення корпусних деталей використовуватимуться виливки нижчої точності, то ця різниця буде ще більшою.

Таблиця 3.6 — Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки для механічної обробки отвору $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ мм

Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 130H9^{(+0,1)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск Т, мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ	ε_B				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (виліток)	600		3950	—	—	69,86	2200	67,6	69,8	—	—
Розточування чорнове	80	—	200	140	2·4560	78,98	460	78,52	78,98	2·4560	2·5960
Розточування напівчистове	40	—	10	7	2·300	79,58	120	79,46	79,58	2·300	2·470
Розточування чистове	12	—	0	0	(2·150)*	79,880	46	79,834	79,880	2·150	2·187
Розточування тонке	—	—	—	0	(2·75)*	80,030	30	80	80,030	2·75	2·83
Загальний припуск										2·5015	2·6700

*Величина мінімального припуску вибрано за нормативами [5].

Отже, за прийнятих технологічних умов припуску, визначеного за нормативами, під час обробки партії заготовок на настроєному верстаті може не вистачити для забезпечення необхідної якості деталей.

З використанням даних таблиці 3.6 визначимо середній розмір отвору у вихідній заготовці. Цей розмір згідно з ГОСТ 26625—85 є і номінальним розміром. Отже

$$D_{\text{заг.ном}} = D_{\text{заг.сер}} = \frac{D_{\text{заг.макс}} + D_{\text{заг.мін}}}{2} = \frac{116,6 + 112,6}{2} = 114,6 \text{ (мм)}.$$

3.4 Висновки

1. Отримала подальший розвиток методика визначення величини просторових відхилень осі отвору у литій заготовці корпусної деталі відносно технологічних баз на основі використання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу.

2. Під час визначення загального просторове відхилення осі отвору у виливку відносно технологічних баз запропоновано враховувати і можливий перекіс стрижня під час виготовлення ливарної форми.

3. Аналіз порівняння результатів визначення припусків за нормативами і за допомогою розмірно-точнісного моделювання показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.

4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»

4.1 Уточнення виробничої програми

Всі деталі в групі приводять до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення [8]:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності;

K_n – коефіцієнт приведення, який враховує інші особливості об'єкта, наприклад, різницю в точності виробу і виробу-розрахункового представника (верстато-будуванні), наявність комплектуючих поставок по кооперації окремих вузлів та агрегатів і т.д.

Приведена програма може бути розрахована за наступною залежністю:

$$N_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{\text{пр},i} \text{ [шт.]}, \quad (4.2)$$

де N_i – програма випуску по кожному з найменувань деталей, шт.;

$K_{\text{пр},i}$ – коефіцієнт приведення по кожному з найменувань деталей;

n – кількість найменувань деталей, що зібрані в групу.

Для вибору типових об'єктів виробництва рекомендуються такі співвідношення маси m і річного об'єму випуску N :

$$\begin{cases} 0.5 m_{\text{max}} \leq m \leq 2 m_{\text{min}} , \\ 0.1 N_{\text{max}} \leq N \leq 10 N_{\text{min}} , \end{cases}$$

де m_{\max} , m_{\min} , N_{\max} , N_{\min} – відповідно найбільші і найменші значення маси і річного об'єму випуску об'єктів виробництва, які входять в групу.

$$7 \leq 14 \leq 28;$$

$$120 \leq 1200 \leq 12000.$$

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Корпус редуктора КР 027.041.001 (розрахунковий представник)	14	1200	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	4		2					14	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
							2	26	18			
Корпус	8	12000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	1	4	2	-	4	10	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50		
			-	1	4	2	-	14	22		-	
Корпус1	20	1100	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	2	4	-	12	-	14	-	25	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
			-	2	4		12	14	25		-	
Корпус2	25	900	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	6	8	-	12	-	14	-	25	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	50	-	
			-	6	8		2	14	25		-	

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів:

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

де m – маса деталі розглядуваного виробу, $m = 14$ кг;

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

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

– для розрахункового представника,

$$K_{1, \text{рп}} = \sqrt[3]{\left(\frac{14}{14}\right)^2} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{1, \text{к}} = \sqrt[3]{\left(\frac{8}{14}\right)^2} = 0,688;$$

– для корпусу 1

$$K_{1, \text{к.1}} = \sqrt[3]{\left(\frac{20}{14}\right)^2} = 1,26;$$

– для корпусу 2

$$K_{1, \text{к.2}} = \sqrt[3]{\left(\frac{25}{14}\right)^2} = 1,47.$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{рп}}}{N_i}\right)^\alpha, \quad (4.4)$$

де $N_{\text{рп}}$ і N_i – програма випуску відповідно деталі (виробу) розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

α – показник степені, для об'єктів легкого і середнього машинобудування, $\alpha = 0,15$.

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

– для розрахункового представника,

$$K_{2_{\text{р.п}}} = \left(\frac{1200}{1200} \right)^{0,15} = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{2_{\text{к.к}}} = \left(\frac{1200}{12000} \right)^{0,15} = 0,73;$$

– для корпусу 1

$$K_{2_{\text{к.1}}} = \left(\frac{1200}{1100} \right)^{0,15} = 1,1;$$

– для корпусу 2

$$K_{4_{\text{к.2}}} = \left(\frac{1200}{900} \right)^{0,15} = 1,23;$$

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

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (4.5)$$

де $K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{K_{\text{Т.р.п.}}} \right)^{\alpha_1}$ – коефіцієнт, що враховує різницю в точності

оброблюваних поверхонь деталей;

$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{R_{\text{а.р.п.}}} \right)^{\alpha_2}$ – коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості

оброблюваних поверхонь деталей;

$\overline{K_{Ti}}$ і $K_{\text{Т.р.п.}}$ – середні значення квалітету точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі розрахункового представника;

$\overline{R_{ai}}$ і $R_{\text{а.р.п.}}$ – середні значення параметра R_a шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі розрахункового представника.

$$\overline{K_T} = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} K_\gamma n_\gamma}{\sum_{i=1}^{n_n} n_\gamma},$$

$$\overline{R_a} = \frac{\sum_{i=1}^{n_r} R_{ak} n_k}{\sum_{i=1}^{n_r} n_k},$$

де K_γ – γ -й квалітет;

n_n – кількість розглядуваних розмірів, що мають певні квалітети;

n_γ – кількість розмірів γ -го квалітету;

R_{ak} – значення R_a k -ї поверхні деталі, мкм;

n_r – кількість розглядуваних поверхонь, що мають певну шорсткість;

n_k – кількість поверхонь, що мають значення R_a .

Для визначення значень $(\overline{K_T})^{\alpha_1}$ рекомендується до використання дані, що наведені в [8].

Значення $(\overline{R_a})^{\alpha_2}$ при обробці різанням визначають за даними, що наведені в [8].

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі:

– для розрахункового представника

$$\overline{K_{Tp,np}^c} = \frac{\sum K_s \cdot n_{ss}}{\sum n_{ss}} = \frac{4 \cdot 7 + 2 \cdot 9 + 14 \cdot 14}{4 + 2 + 14} = 9,3;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Tp,np}^c}}{\overline{K_T}} \right)^{\alpha_1} = 1,028 ;$$

– для корпусу

$$\overline{K_{Tp,np}^{s15}} = \frac{\sum K_s \cdot n_{ss}}{\sum n_{ss}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 4 + 10 + 22} = 12,3;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{\kappa 15}}}{K_{Tp. np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12,3}{9,3} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,87}{1,028} = 0,846 ;$$

– для корпуса 1

$$\overline{K_T^{\kappa}} = \frac{\sum K_a \cdot n_{ka}}{\sum n_{ka}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 12 ;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{\kappa}}}{K_{Tp. np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12}{9,3} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,9}{1,028} = 0,875 ;$$

– для корпуса 2

$$\overline{K_T^{\kappa}} = \frac{\sum K_a \cdot n_{ka}}{\sum n_{ka}} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 8 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{6 + 8 + 12 + 14 + 25} = 11,5 ;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{\kappa}}}{K_{Tp. np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,5}{9,3} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,92}{1,028} = 0,895 ;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі:

– для розрахункового представника,

$$\overline{R_a^{\kappa}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{aas}}{\sum n_{aas}} = 7,46 ;$$

$$\left(\overline{R_a^{\kappa}} \right)^{\alpha_2} = (8,004)^{\alpha_2} = 0,97 ;$$

– для корпуса

$$\overline{R_a^{\kappa 15}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{aas}}{\sum n_{aas}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 14 + 22} = 8,74$$

$$K_{32}^{\kappa 15} = \left(\frac{\overline{R_a^{\kappa 15}}}{R_a^{p. np}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{8,74}{7,46} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,96}{0,97} = 0,99 ;$$

– для корпуса 1

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 7,86;$$

$$K_{32}^K = \left(\frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p-yp}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{7,86}{7,46} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

– для корпуса 2

$$\overline{R_a^K} = \frac{\sum R_a \cdot n_{\text{нов}}}{\sum n_{\text{нов}}} = \frac{1,25 \cdot 6 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{6 + 8 + 2 + 14 + 25} = 7,8;$$

$$K_{32}^K = \left(\frac{\overline{R_a^K}}{R_a^{p-yp}} \right)^{\alpha_2} = \left(\frac{7,8}{7,46} \right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

– для розрахункового представника

$$K_{3\Phi 1} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

– для корпуса

$$K_{3\Phi 2} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,846 \cdot 0,99 = 0,837;$$

– для корпуса 1

$$K_{3\Phi 3} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,875 \cdot 1,005 = 0,879;$$

– для корпуса 2

$$K_{3\Phi 5} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,895 \cdot 1,005 = 0,89;$$

Значення коефіцієнта $K_{\text{вр}}$ для кожного виробу:

– для розрахункового представника

$$K_{np.P.PP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

– для корпусу

$$K_{np.\Phi 2} = 0,846 \cdot 0,99 \cdot 0,837 = 0,85;$$

– для корпусу 1

$$K_{np.\Phi 3} = 0,875 \cdot 1,005 \cdot 0,879 = 0,87;$$

– для корпусу 2

$$K_{np.\Phi 4} = 0,895 \cdot 1,005 \cdot 0,89 = 0,82;$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = 1200 \cdot 1,0 + 12000 \cdot 0,85 + 1100 \cdot 0,87 + 900 \cdot 0,82 = 13095 \text{ (шт.)}.$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Корпус редуктора КР 027.041.001	1200	14	1	1,0	1,0	1,0	1200
Корпус	12000	8	0,846	0,99	0,837	0,85	10200
Корпус 1	1100	20	0,875	1,005	0,879	0,87	957
Корпус 2	900	25	0,895	1,005	0,89	0,82	738
N_{np}							13095

4.2 Визначення кількості обладнання

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки розрахункового представника (Корпус редуктора КР 027.041.001) [8]:

$$C_p = \frac{T_{шт-к.р.пр} \cdot N_{np}}{F_d \cdot 60}, \quad (4.6)$$

де $T_{\text{шт-к.р.пр}}$ – штучно-калькуляційний час розрахункового представника на i -тої операції, хв.;

$N_{\text{пр}}$ – приведена програма випуску деталей, шт.

$$C_{p005,010} = \frac{(3,248 + 3,161) \cdot 13095}{3890 \cdot 60} = 0,37;$$

$$C_{p015} = \frac{15,2 \cdot 13095}{3890 \cdot 60} = 0,85.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції – 1 верстат.

Коефіцієнт завантаження верстатів для кожної з операції визначаємо за формулою:

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

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{\text{пр}}$ – кількість прийнятого обладнання.

$$\eta_{z005,010} = \frac{0,37}{1} = 0,37;$$

$$\eta_{z015} = \frac{0,85}{1} = 0,85.$$

Знайдемо середній коефіцієнт завантаження верстатів:

$$\eta_{z,\text{ср.}} = \frac{\Sigma C_p}{\Sigma C_{\text{пр}}}, \quad (4.8)$$

де ΣC_p – сумарна розрахункова кількість верстатів;

$\Sigma C_{\text{пр}}$ – сумарна прийнята кількість верстатів, шт.

$$\eta_{\text{з.ср.}} = \frac{0,37 + 0,85}{1 + 1} = 0,61.$$

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 4.1.

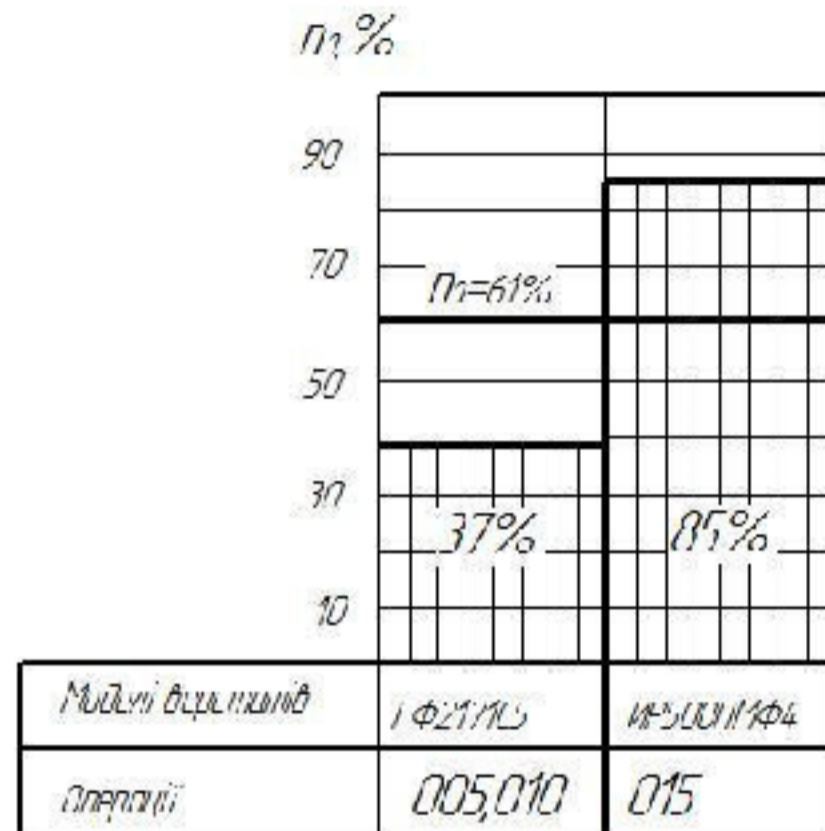


Рисунок 4.1 – Графік завантаження верстатів

Проаналізувавши коефіцієнти завантаження обладнання, можна зробити висновок, що економічно доцільними є завантаження на операції 005, тому верстати на операції 010 та 015 потрібно довантажити додатковими деталями з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій. Доцільно, щоб деталі, які оброблятимуться не вимагали зміни пристосування, тобто були подібної конфігурації.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт-к}}}, \quad (4.9)$$

Визначимо коефіцієнт завантаження обладнання за основним часу на кожній операції окремо:

$$\eta_{0,005,010} = \frac{2,255 + 2,2}{3,248 + 3,161} = 0,69;$$

$$\eta_{0,015} = \frac{11,76}{15,2} = 0,77.$$

По значеннях η_o на всіх операціях визначаємо середній (як середнє арифметичне) $\eta_{o,ср}$ верстатів дільниці (цеху):

$$\eta_{o,ср} = \frac{\Sigma T_o}{\Sigma T_{шт-к}}, \quad (4.10)$$

де ΣT_o – сумарний основний час всіх операцій, хв;

$\Sigma T_{шт-к}$ – сумарний штучно-калькуляційний час всіх операцій, хв.

$$\eta_{o,ср} = \frac{2,255 + 2,2 + 11,76}{3,248 + 3,161 + 15,2} = 0,73.$$

Графік використання обладнання за основним часом показаний на рис. 4.2.

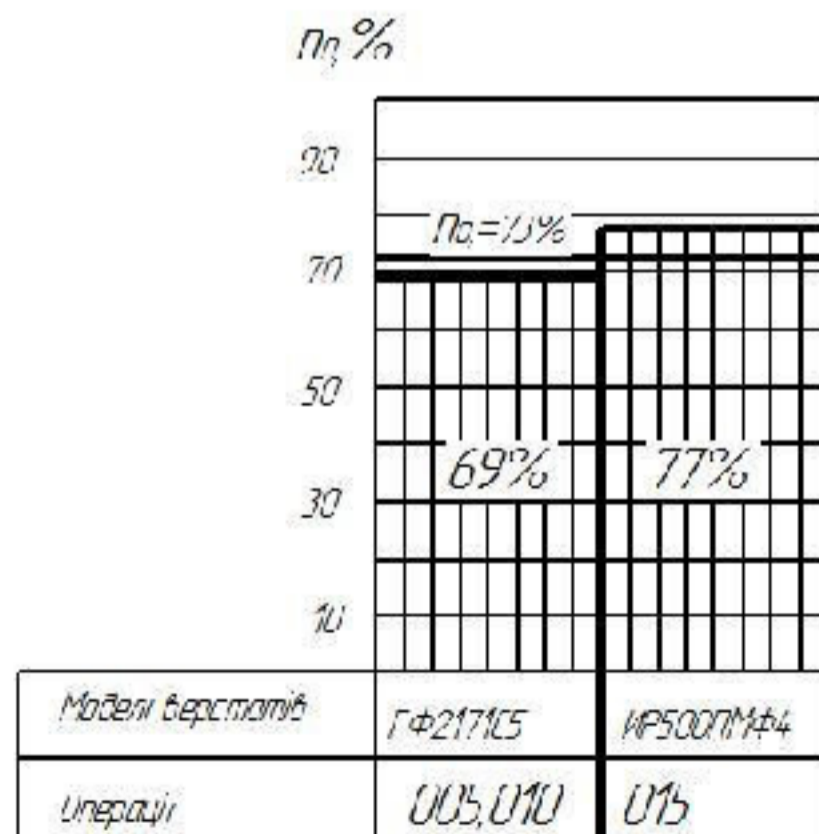


Рисунок 4.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Графіка завантаження верстатів за основним часом є досить високим, що свідчить про правильність розробленого технологічного процесу, більша частина часу витрачається на процес різання і значно менша частина на допоміжний час, обслуговування та відпочинку.

4.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці

Розраховуємо кількість основних робітників (верстатників), зайнятих виконанням операцій технологічного процесу за формулою:

$$P_{\text{верст}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{в}}}{F_{\text{р}} \cdot K_{\text{м}}}, \quad (4.11)$$

де $\eta_{\text{з}}$ і $\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнти відповідно завантаження і використання верстатів за основним часом;

$F_{\text{д}}$ – ефективний річний фонд часу верстату, $F_{\text{д}} = 3890$ год;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, для верстатів з програмним керуванням, $K_{\text{м}} = 2 \dots 5$ [8];

$F_{\text{р}}$ – ефективний річний фонд часу робітника, $F_{\text{р}} = 1820$ год;

Визначимо кількість основних робітників на кожній операції окремо:

$$P_{005,010} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,69 \cdot 0,37}{1820 \cdot 2} = 0,22;$$

$$P_{015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,77 \cdot 0,85}{1820 \cdot 2} = 0,68.$$

Аналіз розрахунків кількості прийнятих основних робітників свідчить про те, що вони на всіх операціях не завантажені в достатній мірі, тому вони будуть довантажуватися обробкою інших деталей.

На основі зроблених розрахунків приймаємо кількість працюючих на кожній операції: $P_{005,010} P_{015} = 1$ чол.;

Тоді загальна кількість основних робітників складає:

$$P_{oc.} = P_{005,010} + P_{015}, \quad (4.12)$$

$$P_{oc.} = 1 \text{ чол.}$$

Допоміжні робітники:

$$P_{д.} = P_{oc.} \cdot 25\%, \quad (4.13)$$

$$P_{д.} = 1 \cdot 0,25 = 0,25.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника, один із них який буде не повністю завантажений, він також буде обслуговувати основних робітників іншої дільниці.

Інженерно-технічні робітники:

$$P_{i.t.} = C_{np.} \cdot 20\%, \quad (4.14)$$

$$P_{i.t.} = 2 \cdot 0,20 = 0,4.$$

Приймаємо 1 інженерно-технічного робітника.

Кількість службовців:

$$P_{с.} = P_{oc.} \cdot 1,9\%, \quad (4.15)$$

$$P_{с.} = 1 \cdot 0,019 = 0,019.$$

Приймаємо 1 бухгалтера на 0,019 ставки, який працюватиме на декількох дільницях.

Молодший обслуговуючий персонал:

$$P_{моп} = P_{заг.} \cdot 2\%, \quad (4.16)$$

$$P_{моп} = 4 \cdot 0,02 = 0,08.$$

Приймаємо 1 робітника, який буде не повністю завантажений і буде обслуговувати площі конторських, побутових приміщень іншої ділянки.

Загальна кількість працюючих зведемо у відомість працюючих (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Відомість працюючих на ділянці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	1	Фрезерувальник	1 (I зміна).
Допоміжні працівники	1	Контролери – 1	1 (I зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 1	1 (I зміна)
Службовці	0,019	Бухгалтер – 0,019 ставки на ділянці	0,019 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	0,08	Прибиральник – 1	0,08 (I зміна)
Загальна кількість	3,099		

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

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 [18].

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

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

Продовження таблиці 5.1

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

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

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

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

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

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

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

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

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

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

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

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

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	6	2	3,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	6	1	6,0	0,2
Середній розряд робітників	5	3	1,67	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,48	0,61	1,27	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,47	0,73	1,55	0,15
Собівартість заготовки, грн.	332,5	300	-	-

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

$$q_i = \frac{P_{mi}}{P_{si}}, \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{\text{нi}}}{P_{\text{бi}}}, \quad (5.3)$$

де $P_{\text{нi}}$, $P_{\text{бi}}$ – числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{\text{к.н.}} = 3,0 \cdot 0,4 + 6,0 \cdot 0,2 + 1,67 \cdot 0,1 + 1,27 \cdot 0,15 + 1,55 \cdot 0,15 = 2,99.$$

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:

$$K = \frac{I_{\text{н.н.}}}{I_{\text{с.н.}}}, \quad (5.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{е.п.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Нсi}}{\sum_{i=1}^n P_{Бсi}}, \quad (5.6)$$

де $P_{Нсi}$, $P_{Бсi}$ – 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 2,99. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{е.п.} = \frac{332}{300} = 1,12 .$$

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

$$K = \frac{2,99}{1,12} = 2,67 .$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001» є більш доцільнішою і конкурентоспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»

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 [18]:

$$K = Z_o + Z_{доп} + Z_n + B_{буд} + B_{обз} + B_{тпр} + B_{осн} + B_{інв} + B_{пу} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{доп}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{буд}$ – вартість будівлі, що її займає діляниця, грн.;

$B_{обз}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$B_{тпр}$ – 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.;

$B_{м}$ – 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;

$M_{\text{м}}$ – 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	18000	818,18	10	8181,82	
Інженер-технолог	15000	681,82	8	5454,55	
Інженер-конструктор	15000	681,82	8	5454,55	
Економіст	15000	681,82	8	5454,55	
Всього				z_o	24545,47

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_o \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

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

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 24545,47 = 2454,55 \text{ (грн.)}$$

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

Єдиний страховий внесок розробників $z_{\text{с}}$ розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$z_{\text{с}} = (z_o + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{с}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де $H_{\text{н}}$ – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$z_{\text{н}} = (24545,47 + 2454,55) \cdot 0,22 = 5940,0 \text{ (грн.)}$$

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:

$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{м}} \cdot S_{\text{заг}} \text{ [грн.],} \quad (5.11)$$

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

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

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 50 = 30000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{обл.}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i \text{ [грн.],} \quad (5.12)$$

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

$C_{\text{пр.і}}$ – 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.
2	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171С5	220000	2	1,1	484000
	Багатоцільова верстат з ЧПК моделі IP500ПМФ4	380000	1	1,1	418000
Всього					902000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 6P13PФ3 – $2 \cdot 200000 = 400000$ (грн.);
- 2 верстати 1A63 – $2 \cdot 90000 = 180000$ (грн.);
- 2 верстати 2A554 – $2 \cdot 80000 = 160000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 740000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$V_{\text{обл}} = 902000 - 740000 = 162000 \text{ (грн.)}$$

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 ($B_{\text{мо}}$) розраховують за формулою:

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

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

K_n – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{мо}} = 16200 \cdot 0,10 = 16200 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{овв}} = 16200 \cdot 0,25 = 4050 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{\text{км}}$), 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:

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

$$B_{\text{км}} = 0,1 \cdot 16200 = 1620 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{осн}} = 16200 + 4050 + 1620 = 21870 \text{ (грн.)}$$

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_{np}) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

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

$$B_{np} = 0,1 \cdot 687000 = 68700 \text{ (грн.)}$$

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:

$$\begin{aligned} K &= 24545,47 + 2454,55 + 5940 + 30000 + 162000 + 21870 + 16200 = \\ &= 263010,02 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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 редуктора КР 027.041.001» складає 300 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

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, $C_e = 5,3$ грн.;

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

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

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Операція, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 010 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171С5	7,5	0,038+0,037	2,79
015 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі IP500ПМФ4	22	0,196	21,43
Всього			Σ 24,22

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:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{ш}} \text{ [грн.],} \quad (5.20)$$

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_m = 6700$ грн. (з 01.01.2023 р.);

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

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань

і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

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

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$c = (6700 \cdot 1,35 \cdot 1,5) / (22 \cdot 8) = 77,09 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Операція, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005, 010 Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171С5	0,038+0,037	3	1,35	77,09	5,78
015 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИР500ПМФ4	0,196	3	1,35	77,09	15,11
Всього					Σ 20,89

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.

$$z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 20,89 = 2,09 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

$$z_u = (z_o + z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.22)$$

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

$$z_u = (20,89 + 2,09) \cdot 0,22 = 5,06 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

$$B_{\text{вир}} = H_{\text{вир}} \cdot z_p \text{ [грн.]}; \quad (5.23)$$

$$B_{\text{вир}} = 2,5 \cdot 20,89 = 52,23 \text{ (грн.)}$$

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	300	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	24,22	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	z_p	20,89	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{дод}}$	2,09	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	z_u	5,06	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{вир}}$	52,23	
Всього	S_e	404,49	

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

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

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

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.12.2023 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.

$$C_{\text{нир}} = 404,49 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 582,47 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{вир}}$) 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 $C_{\text{вир}} = 582,47$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

$$\Pi = \left\{ \left[\left[C_{\text{дог}} - \frac{(C_{\text{дог}} - M) \cdot f}{100} - S_{\text{в}} - \frac{q \cdot S_{\text{в}}}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (5.25)$$

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

M – вартість матеріальних ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці виробу, грн.;

$S_{\text{в}}$ – виробнича собівартість виробу, грн.;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f = 16,67\%$;

h – ставка податку на прибуток, $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, $q = 5 \dots 10\%$;

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

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[\left[582,47 - \frac{(582,47 - 300) \cdot 16,67}{100} - 404,49 - \frac{10 \cdot 404,49}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 1200 = \\ &= 88996,16 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

Дане удосконалення передбачає одноразові капітальні вкладення, тому NPV можна визначити за формулою:

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{88996,16}{(1+0,2)^1} + \frac{88996,16}{(1+0,2)^2} + \frac{88996,16}{(1+0,2)^3} + \frac{88996,16}{(1+0,2)^4} - 263010,02 = \\ &= 32622,58 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=1}^n (\Pi_t + A_t)}{K}} - 1, \quad (5.27)$$

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

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

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

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

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{88996,16 + 88996,16 + 88996,16 + 88996,16}{263010,02}} - 1 = 0,09 .$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

$$T_o = \frac{\Delta K(K)}{\Pi} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

де K – величина капітальних вкладень для розробки нової технології грн.,

ΔK – величина додаткових капітальних вкладень для модернізації технології, грн.,

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

$$T_o = \frac{263010,02}{88996,16} = 2,96 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001», 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 263010,02 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 88996,16 грн., термін окупності 2,96 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці полягає в сприянні росту ефективності виробництва, яке досягається шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань.

У приміщенні, де відбувалася робота з удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» присутні такі шкідливі та небезпечні фактори [20]:

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- відсутність чи нестача природного світла;
- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, емоційні навантаження).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо безпечних умов праці під час виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Широке промислове та побутове використання ПК актуалізувало питання охорони праці його користувачів. Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з ПК, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань.

Виходячи з цього, роботодавець повинен забезпечити гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації ПК, робочого середовища, робочих місць з ПК, режиму праці і відпочинку при роботі з ПК тощо, які викладені у Правилах.

Основні вимоги до виробничого приміщення для експлуатації ПК:

- приміщення не може бути розміщено у підвалах та цокольних поверхах;
- площа на одне робоче місце в такому приміщенні повинна становити не менше $6,0\text{ м}^2$, а об'єм не менше $20,0\text{ м}^3$;
- приміщення повинно мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [24];
- необхідно щоденно проводити вологе прибирання;
- поруч з приміщенням для роботи з ПК мають бути обладнані: побутова кімната для відпочинку під час роботи; кімната психологічного розвантаження.

Організація робочого місця користувача комп'ютера повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам. Виконуючи практичні завдання щодо використання робочої пози, потрібно:

- зменшувати величину статичних напружень;
- розподіляти статичні напруження;
- передбачати можливість змін пози під час роботи.

Для роботи операторів ПК у положенні сидячи рекомендовані такі параметри робочого простору: ширина – не менше 700 мм, глибина - не менше 400 мм, висота робочої поверхні над підлогою – 700 ...750 мм. Під робочою поверхнею необхідно передбачити простір для ніг: висота – менше 600 мм, ширина – не менше 500 мм, глибина – не менше 400 мм. За необхідності огляду робочого місця його висота не повинна перевищувати 1200 мм.

Під час роботи сидячи нижня частина корпусу розслаблена, а основне статичне навантаження припадає на м'язи шиї, спини, таза, стегон. Неправильна сидяча поза може викликати застій крові в ногах, а якщо виконується великий обсяг роботи для пальців рук – запалення суглобів.

При проектуванні письмового столу варто враховувати наступне:

- висота столу повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності спираючи на підлокітники;

– нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб оператор міг зручно сидіти, не був змушений підбирати ноги;

– поверхня столу повинна мати властивості, що виключають появу відблисків у поле зору оператора;

– конструкція столу повинна передбачати наявність висувних шухляд (не менш 3-х для збереження документації, канцелярського приладдя, особистих речей).

На робочому місці розробника існує небезпека поразки електричним струмом. Електричний струм, впливаючи на тіло людини, може заподіяти йому явні чи приховані пошкодження, в тому числі опіки всього тіла або окремих його ділянок; електричні удари характерні внутрішніми ушкодженнями тощо.

Приміщення, де виконується робота, згідно ПУЕ «Правила влаштування електроустановок» класифікується як приміщення без підвищеної небезпеки [30].

Безпечна експлуатація електроустановок здійснюється у відповідності з вимогами ПУЕ [30] та «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [26] і передбачає такі заходи та засоби:

– недоступність струмоведучих частин, прокладання електрокабелів під підлогою, в спеціальних каналах, скрите виконання освітлювальної проводки, ізоляцію струмо-провідних елементів ($R_{із} \geq 0.5 \text{ МОм}$);

– захисне заземлення всіх металевих струмопровідних частин електроустановок та ПК ($R_{з \text{ доп}} \leq 4 \text{ Ом}$);

– використання пониженої напруги 36 В (для аварійного освітлення щита) в операторському пункті та виробничому приміщенні;

– застосування попереджувальної сигналізації, написів, плакатів при проведенні планово-попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання;

– проведення організаційних заходів (спеціальне навчання, атестація та переатестація осіб електротехнічного персоналу, інструктажі тощо).

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря біля тіла людини, а також температура стін і навколишніх предметів утворюють мікроклімат на робочому місці. Температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря вимірюють на висоті 1,0 м від підлоги або робочої площадки при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м – при роботах, що виконуються стоячи, і не ближче 1 м від нагрівальних приладів і зовнішніх стін.

Робота, яка виконується розробником згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139 Дж/с) [19]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ згідно ДСН 3.3.6.042-99 [28]. Джерелами запиленості повітря в приміщенні є одяг людей і пил, що проникає з вулиці. У приміщенні немає значного виділення шкідливих газів. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

6.2.3 Виробниче освітлення

Правильно спроектоване освітлення, яке відповідає вимогам санітарних норм здійснює позитивний психологічний вплив на працівника, знижує втому, створює оптимальні умови для роботи органів зору, і тим самим підвищує безпеку праці і знижує травматизм.

Освітлення створюється природним сонячним світлом (природне) і світлом від електричних ламп (штучне). Природне освітлення є найсприятливішим для людини, так як сонячне світло має оптимальний спектр, в ньому наявна достатня кількість ультрафіолетових променів. Штучне освітлення передбачається у приміщеннях, де недостатньо природного світла, і для освітлення у вечірні та нічні години.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (за ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення [24]).

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 – 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду.
- 3) Використання жалюзі на вікнах для регулювання кількості природного світла у приміщенні.
- 4) Загальне штучне освітлення створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

6.2.4 Виробничий шум

Шум визначають як сукупність аперіодических звуків різної інтенсивності та частоти. Шум заважає роботі, знижує працездатність і продуктивність праці, при тривалій і інтенсивній дії викликає захворювання організму.

У закритих приміщеннях шум, багаторазово відбиваючись від стін та стелі, посилюється. Тому рекомендується проводити їх акустичну обробку за допомогою звукопоглинальних облицювань з пористих матеріалів, які мають великий коефіцієнт звукопоглинання.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [27].

Таблиця 6.5 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для зменшення шуму здійснюють своєчасний ремонт та профілактику обладнання.

6.2.5 Виробничі випромінювання

На робочому місці розробника у зв'язку із експлуатацією електричної апаратури, існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного випромінювання.

Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань шкодить здоров'ю людини. Від цього страждає передусім нервова і серцево-судинна системи, виникають головний біль і перевтома, знижується точність робочих рухів, порушується сон. Електромагнітне випромінювання викликає зміни тиску крові, гіпотонію або гіпертонію.

Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, які вважаються безпечними для здоров'я користувачів, регламентуються нормами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень (табл. 6.6) [29].

Таблиця 6.6 – Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК

Вид поля	ТСО	MPR II
Змінне електричне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	10 В/м 1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м 2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,5 м навколо монітора

Для захисту людини від дії електромагнітних випромінювань використовують обмеження часу перебування персоналу в робочій зоні та встановлюють раціональні режими експлуатації ПК і роботи працюючого персоналу.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія радіації на живі організми

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури тканини і клітин. Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені іони і радикали продовжують свою активну дію ще деякий період часу. Виникає період вторинної дії променів.

Особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань такі:

- біологічний ефект залежить від поглинутої дози випромінювання. Ця залежність прямо пропорційна – із зростанням дози посилюється ефект;
- ефект опромінення пов'язаний із розподілом дози за часом, тобто із місткістю поглинання енергії. Ступінь променевого ураження залежить від розділу сумарної дози на окремі фракції. Якщо число фракцій зростає;
- ураження живого організму зменшується тому, що в ньому між окремими порціями ураження розпочинається відновлення деяких функцій [32].

6.3.2 Визначення тривалості дезактивації місцевості, зараженої внаслідок аварії на АЕС

Визначити доцільний час проведення робіт з дезактивації місцевості, зараженої внаслідок аварії на АЕС, якщо вимірний рівень радіації через $t = 1,5$ год складає $P_t = 50$ р/год, а роботи почалися через $t_n = 2$ год після зараження. Допустима доза опромінення $D_{\text{доп}} = 10$ р.

Визначимо рівень радіації через 1 год після аварії:

$$P_1 = P_t t^{0,5} \text{ [р/год];} \quad (6.2)$$

$$P_1 = 50 \cdot 1,5^{0,5} = 61,24 \text{ (р/год)}.$$

Визначимо час початку дезактивації місцевості за допомогою такої формули

$$D_M = \frac{2 P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{\text{осл}}} \text{ [р]}, \quad (6.3)$$

де t_n, t_k – час початку та кінця опромінення, год;

$K_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення радіації ($K_{\text{осл}} = 1$ для відкритої місцевості).

Час кінця опромінення визначимо за формулою:

$$t_k = t_p + t_n \text{ [год]}. \quad (6.4)$$

Прирівнявши можливу дозу опромінення до допустимої отримаємо:

$$\sqrt{t_p + t_n} - \sqrt{t_n} = \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{2 P_1} = a. \quad (6.5)$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$t_p + t_n - 2\sqrt{t_n} \sqrt{t_p + t_n} + t_n = a^2, \quad (6.6)$$

або

$$2\sqrt{t_n}\sqrt{t_p+t_n} = t_p + 2t_n - a^2. \quad (6.7)$$

Знову піднесемо до квадрату обидві частини рівняння

$$4t_n t_p + 4t_n^2 = (t_p - a^2)^2 + 4t_n(t_p - a^2) + 4t_n^2, \quad (6.8)$$

звідки

$$t_p^2 - 2t_p a^2 + a^4 - 4t_n a^2 = 0. \quad (6.9)$$

Отримано квадратне рівняння відносно t_p . Розв'яжемо його за допомогою дискримінанту 1:

$$D_1 = a^4 - (a^4 - 4t_n a^2) = 4t_n a^2 > 0; \quad (6.10)$$

$$t_p = a^2 \pm \sqrt{4t_n a^2} = a^2 \pm 2a\sqrt{t_n}. \quad (6.11)$$

Вибираємо додатній корінь рівняння:

$$t_p = a^2 + 2a\sqrt{t_n} \text{ [год]}. \quad (6.12)$$

Знайдемо спочатку величину a

$$a = \frac{D_{\text{дон}} K_{\text{осл}}}{2P_1} \quad (5.13)$$

$$a = \frac{10 \cdot 1}{2 \cdot 61,24} = 0,08.$$

Отже, за формулою (6.12) знайдемо тривалість дезактивації місцевості

$$t_p = 0,08^2 + 2 \cdot 0,08\sqrt{2} = 0,23 \text{ (год)}.$$

Висновок. Досліджено параметри захисту в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. Визначено тривалість дезактивації місцевості – 0,23 год.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001». В результаті виконання роботи можна зробити такі висновки.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001», оцінені їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки розглядуваної заготовки деталі.

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки собівартість виготовлення заготовки при цьому складає 300 грн., що менше у порівнянні з собівартістю виготовлення заготовки в піщано-глинистих формах з ручним формуванням суміші – 332,5 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001» з використанням високопродуктивних верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Виконане розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу на операції.

4. В результаті виконання наукової частини роботи отримала подальший розвиток методологія визначення величини просторових відхилень осі отвору у литій заготовці корпусної деталі відносно технологічних баз на основі використання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу. Під час визначення загального просторове відхилення осі отвору у виливку відносно технологічних баз запропоновано враховувати і можливий перекид стрижня під час виготовлення ливарної форми. Аналіз порівняння результатів визначення

припусків за нормативами і за допомогою розмірно-точнісного моделювання показав, що розрахункове значення загального припуску за прийнятих технологічних умов суттєво перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.

5. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає 13095 шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 2 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 1 чол., всього працівників на дільниці – 5 чол.

6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленої технології та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001», визначені капітальні вкладення – 263010,02 грн., одержаний прибуток – 88996,16 грн., термін окупності вкладень – 2,96 року.

7. В МКР розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В. — Вінниця : ВНТУ, 2023. — 116 с. — Електронний ресурс : https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 112 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.
5. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 123 с.
6. Рудь В. О. Курсове проектування з технології машинобудування : навчальний посібник / В. О. Рудь. — К. : ІСДО, 1996 — 300 с.
7. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
8. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. — Вінниця : ВНТУ, 2016. — 148 с.
9. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський [та ін.]. — Вінниця: ВНТУ, 2009. — 199 с.
10. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981—2020. — [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. — 77 с.
11. Бондаренко С. Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: Навч. посібник. — К.: ІСДО, 1993. — 544 с.

12. Приходько В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 15.2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с. [Електронний ресурс] : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826>.

13. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. — Луцьк: ЛДТУ, 2008. — 344 с.

14. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.

15. Дерібо О. В. Застосування розмірного аналізу у визначенні мінімального проміжного припуску на механічну обробку отворів у корпусних деталях / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Горук Т. М. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2009. — № 4. — С.77—80.

16. Дерібо О. В. Порівняльний аналіз результатів визначення припусків за нормативами та розрахунково-аналітичного методом з використанням розмірного аналізу технологічних процесів / Дерібо О. В., Репінський С. В., Коваленко К. С. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2022. – № 6. – С. 69 – 74.

17. Дерібо О. В., Таранік А. В., Котик М. І. До питання визначення складових мінімального проміжного припуску для попередньої обробки отворів у заготовках деталей типу «Корпус». Лі науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту. Вінниця, 30-31 травня 2022 р. – Електронний ресурс: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15818/13289>

18. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

19. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с

20. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

21. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>

22. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>

23. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>

24. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

25. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с

26. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

28. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

29. Охорона праці та промислова безпека: навч. посіб. [К. Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Р. Н. Сабарно та ін.]; за ред. К. Н. Ткачука, В. В. Зацарного. – К.: Основа. – 2009. – 454 с.

30. Правила улаштування електроустановок. URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

31. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

32. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора КР 027.041.001»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Дерібо О. В., к.т.н., проф. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	87,7%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	12,3%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____

(підпис)

Котик М. І.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку Сердюк О. В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(підпис)

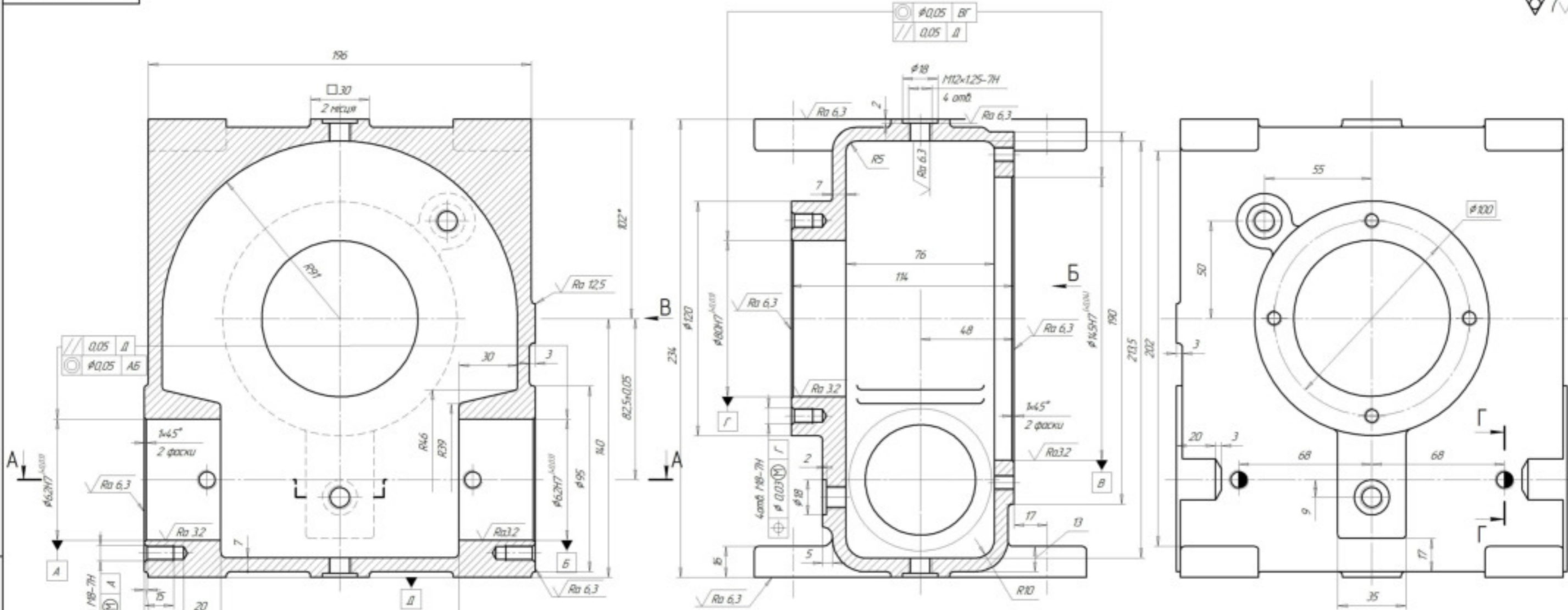
Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

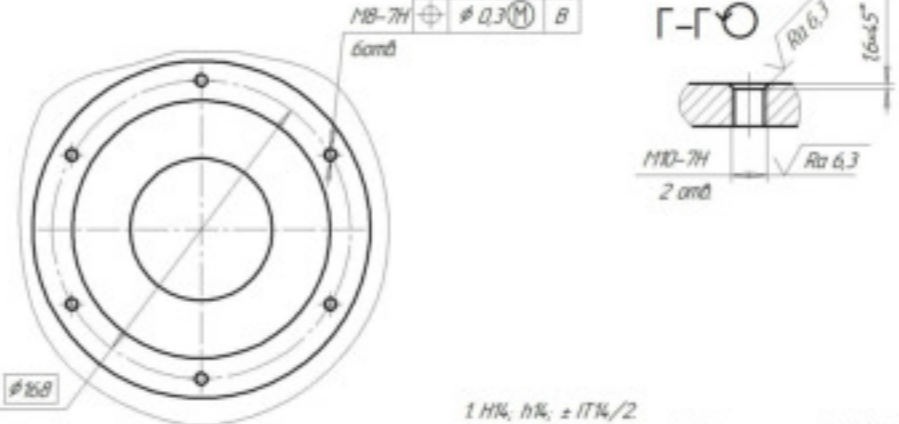
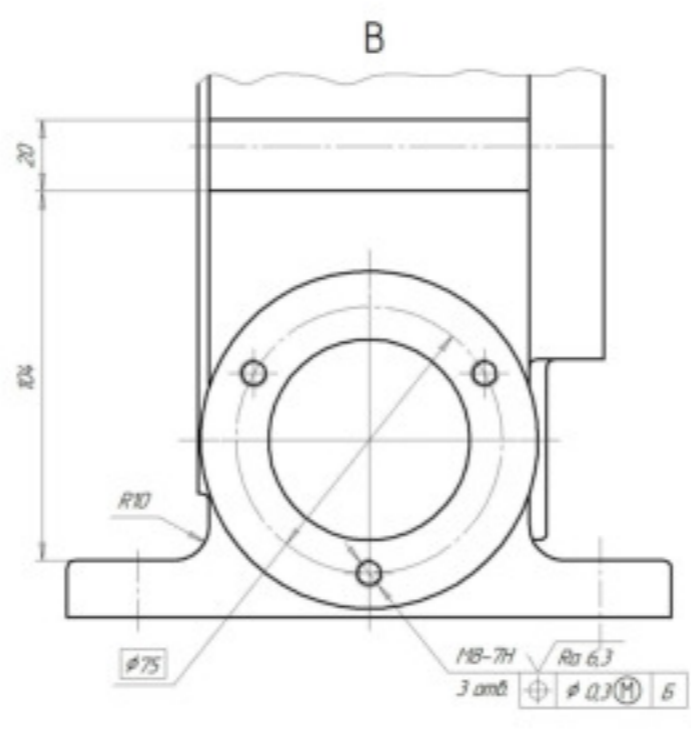
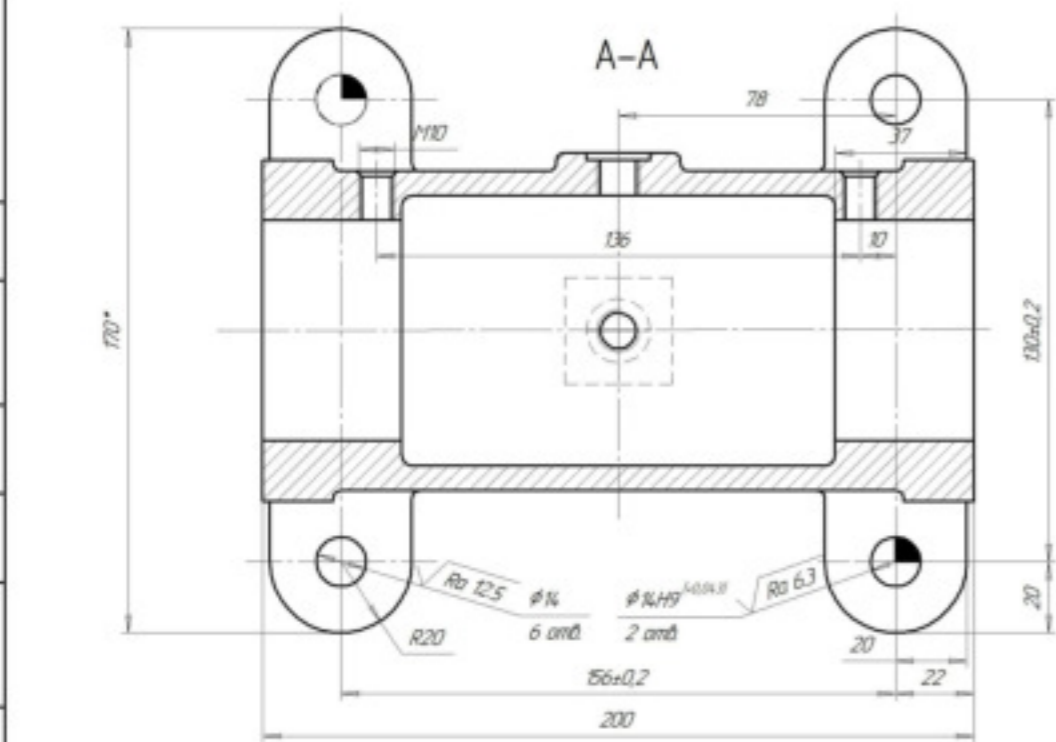
Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА КР 027.041.001»



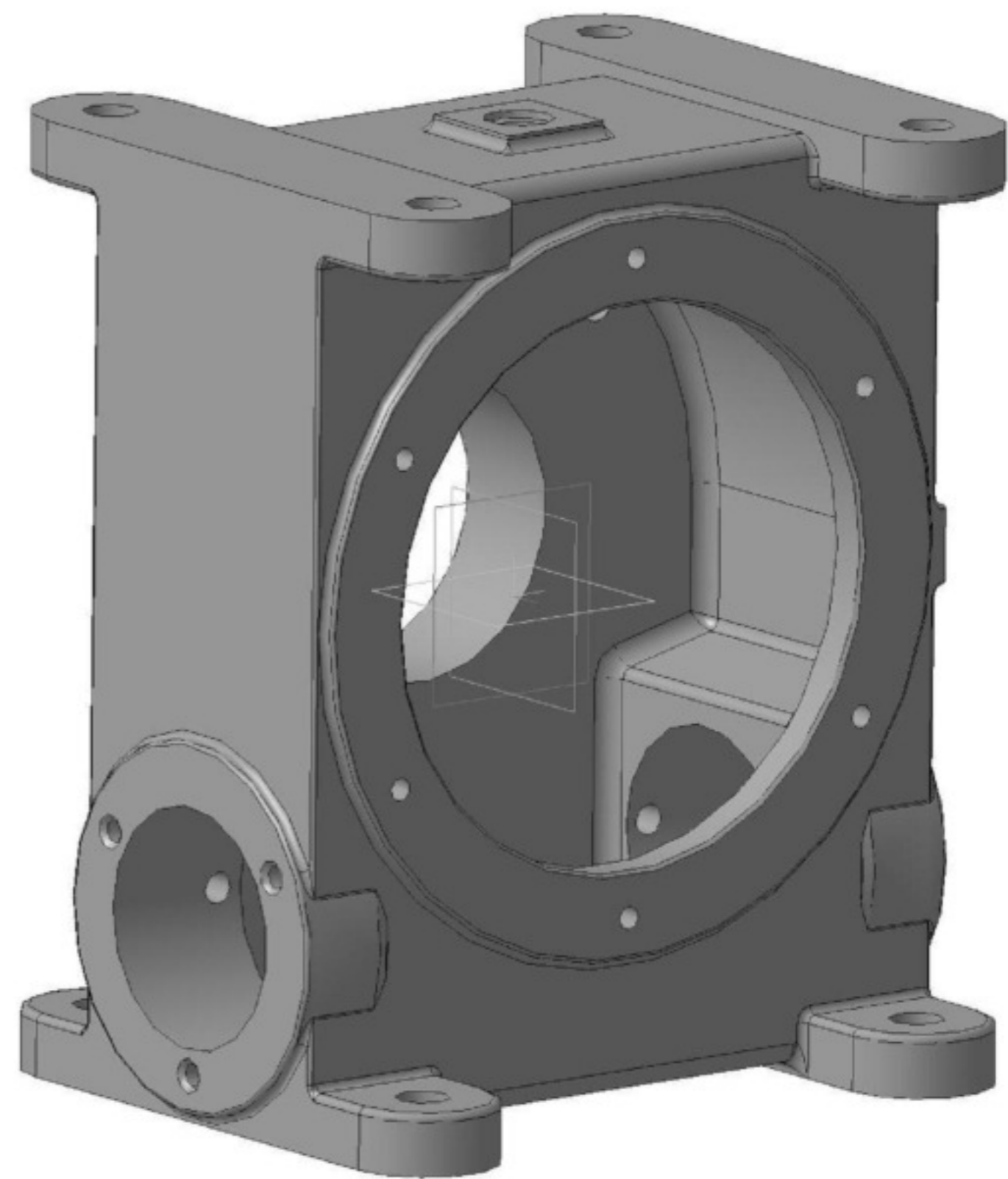
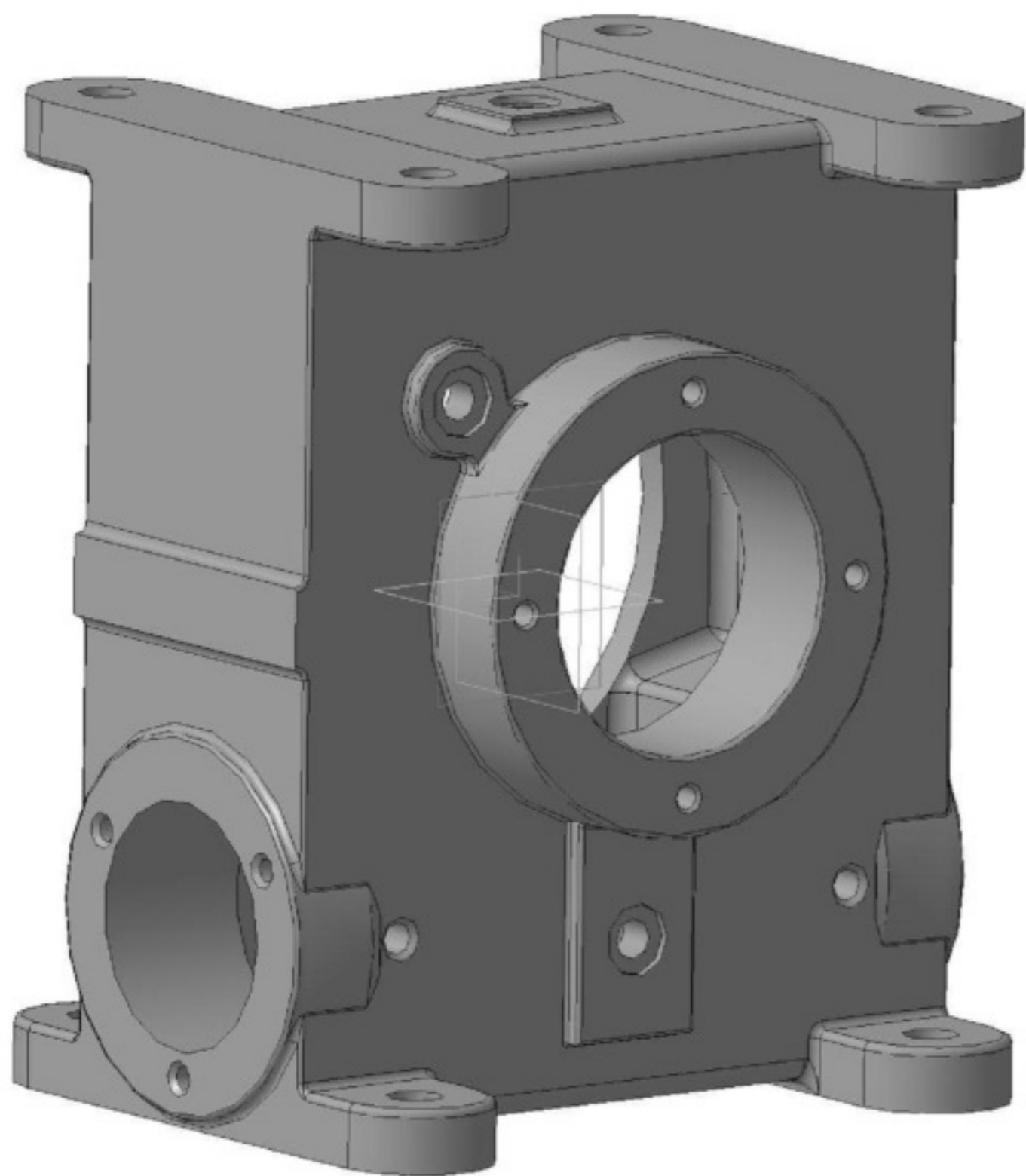
Б (1:2)

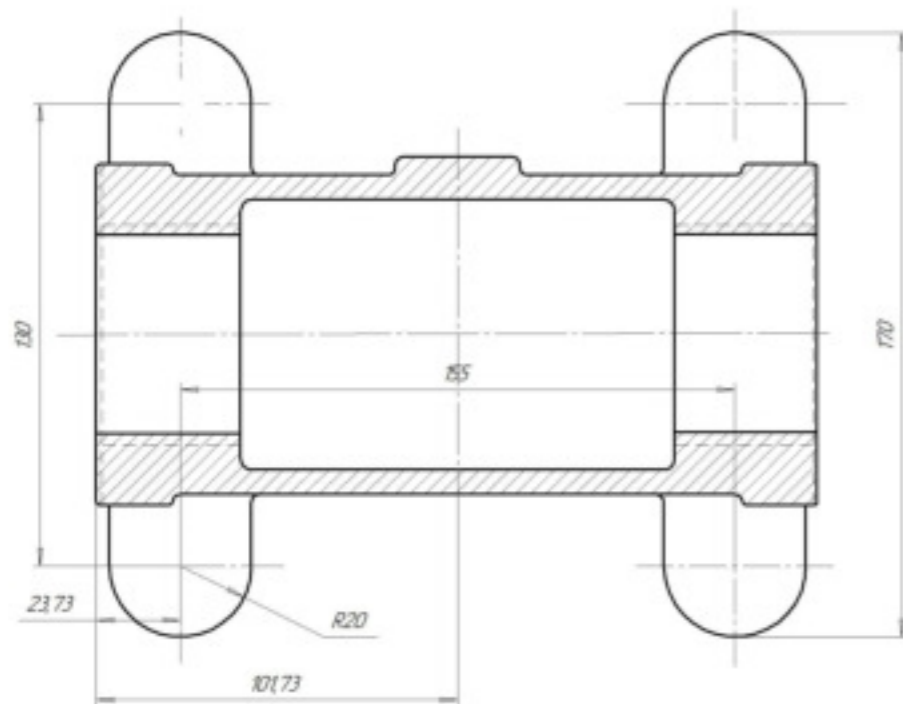
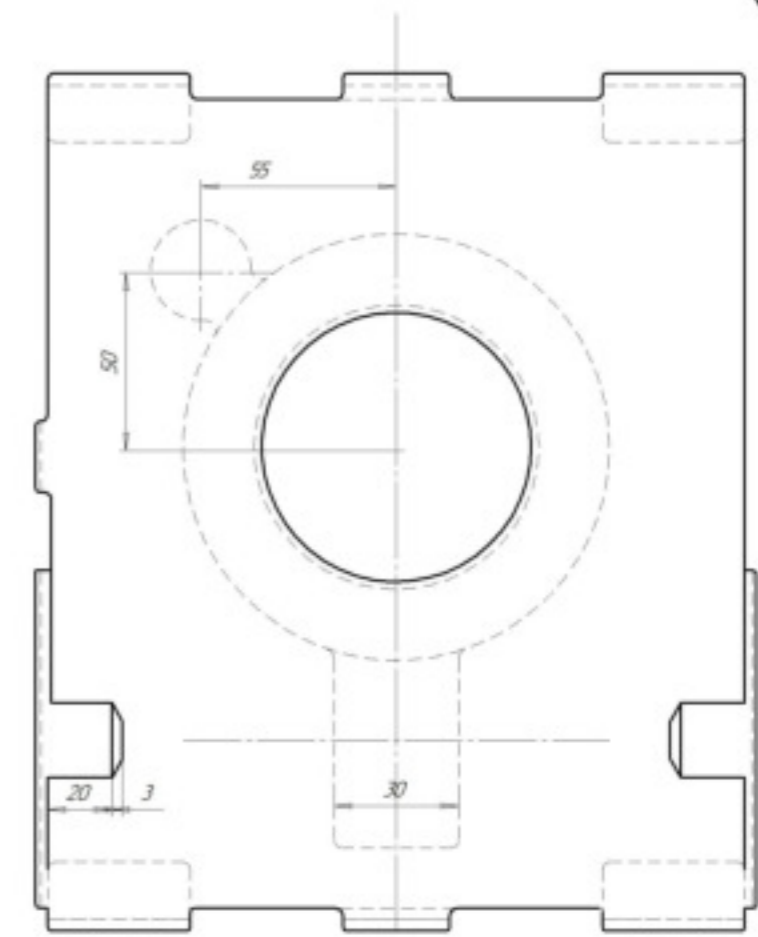
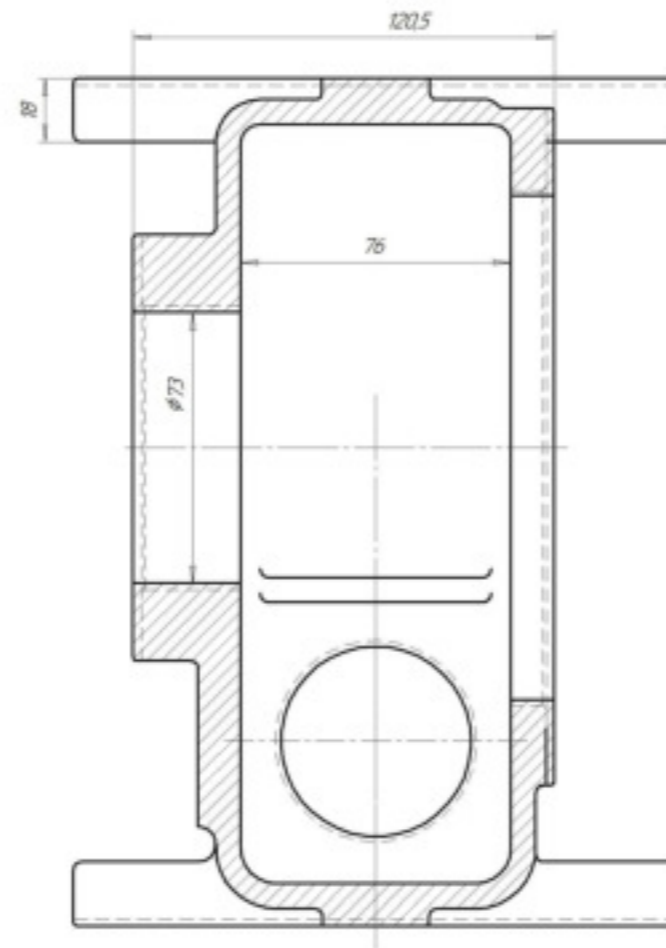
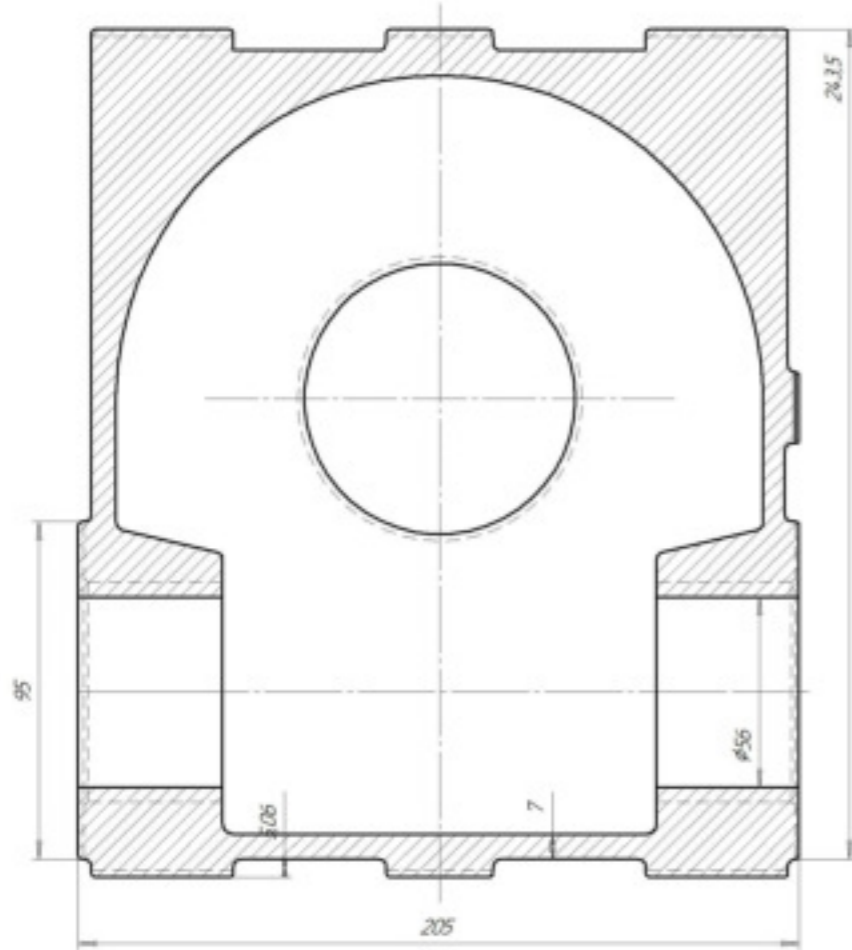


- 1 $1H4, 1H4, \pm 1H4/2$
- 2 Внутрішні паверні фарбувати емаллю НЛ-5123 червоно-коричневою по ГОСТ 7462-73
- 3 Зовнішні паверні неокрашені грунтувати ГФ-021 ГОСТ 25129-80
- 4 Шорсткість всіх фасок - $\sqrt{Ra 6.3}$
- 5 * Розмер для довідки

08-64.МКР.012.00.001				Лист	Корпус	Корпус
Корпус редуктора				14	11	
КР 027.04.1001				Лист	Листов	1
С415 ГОСТ 1412-85				ВНТ		
				ст. зр. 171-22н		

3D-модель деталі "Корпус редуктора"

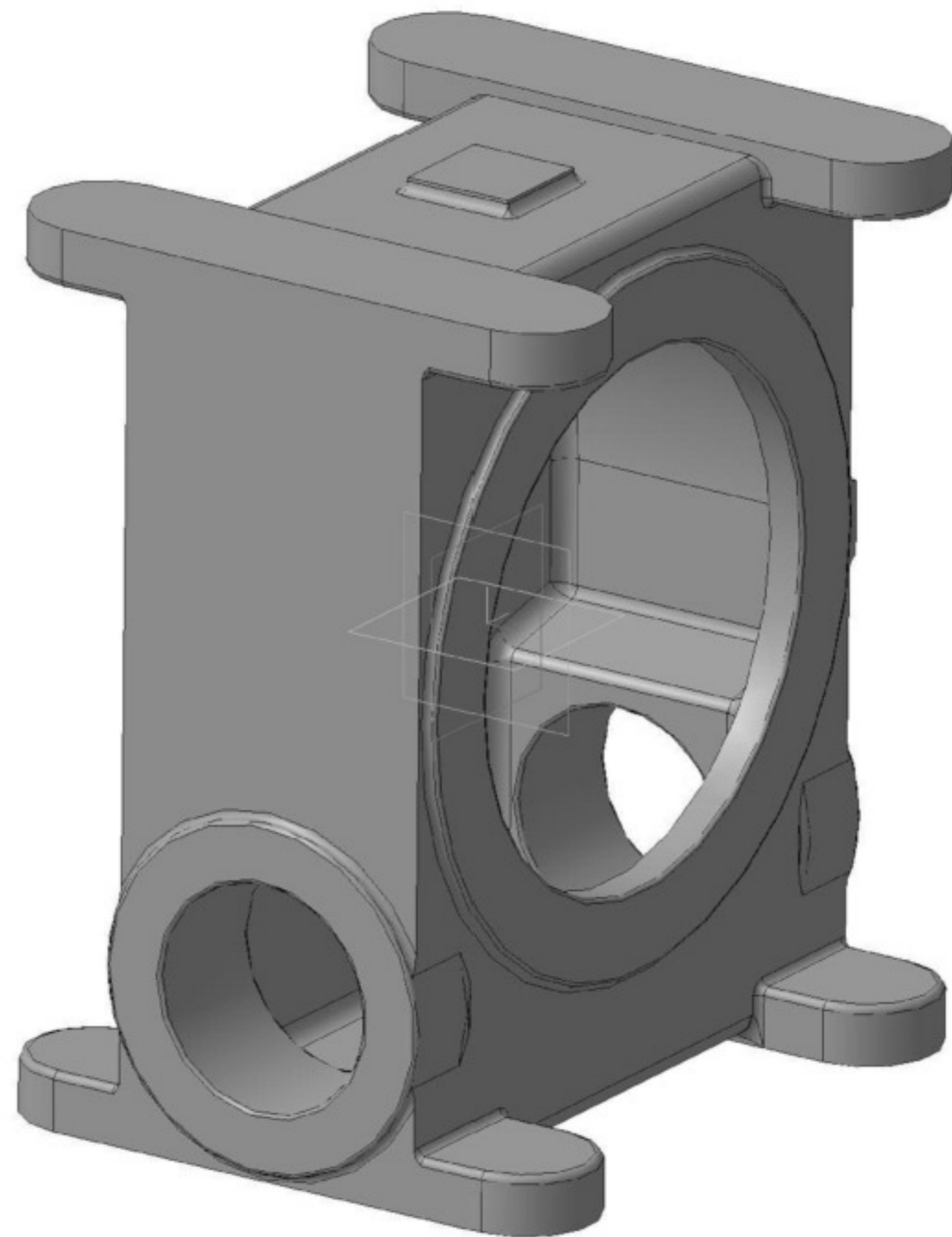
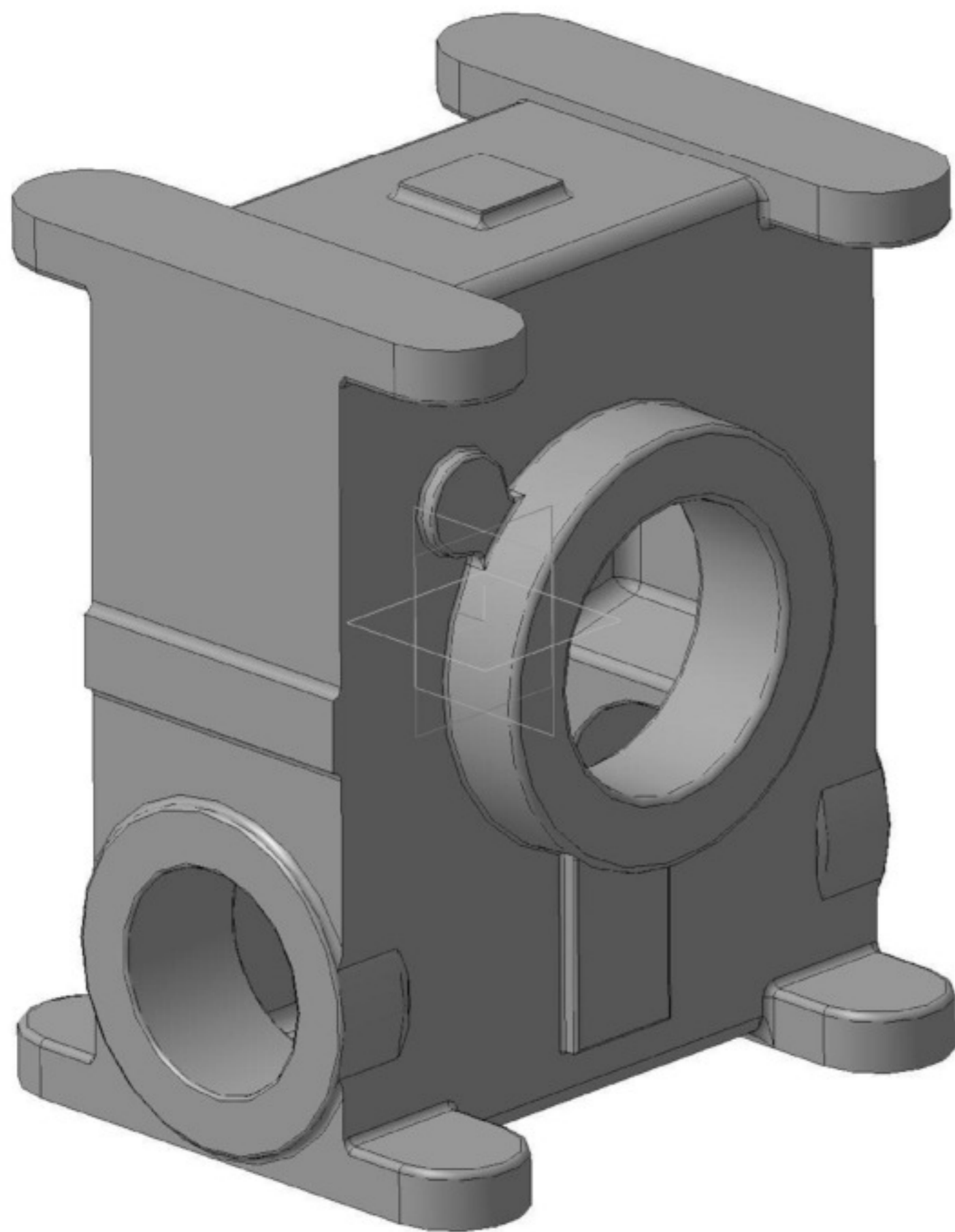




- 1 Точність вилівка 9-7-13-9 Зм. 0,64 ГОСТ26645-85
- 2 Маса 14-2,1-16,1
- 3 Невказані ливарні радіуси - $R=3\text{мм}$, нахили $0^\circ44'$
- 4 Допускаються раковини, пустоти 2мм на глибину 1мм

08-64.MKP.012.00.002				Лист	Колір	Розмір
№ зм.	№ змін.	№ змін.	№ змін.	14	11	
Корпус редуктора (заготовка)				Лист	Колір	Розмір
СЧ15 ГОСТ 1412-85				ВНТ		
				ст. зр. 171-22н		

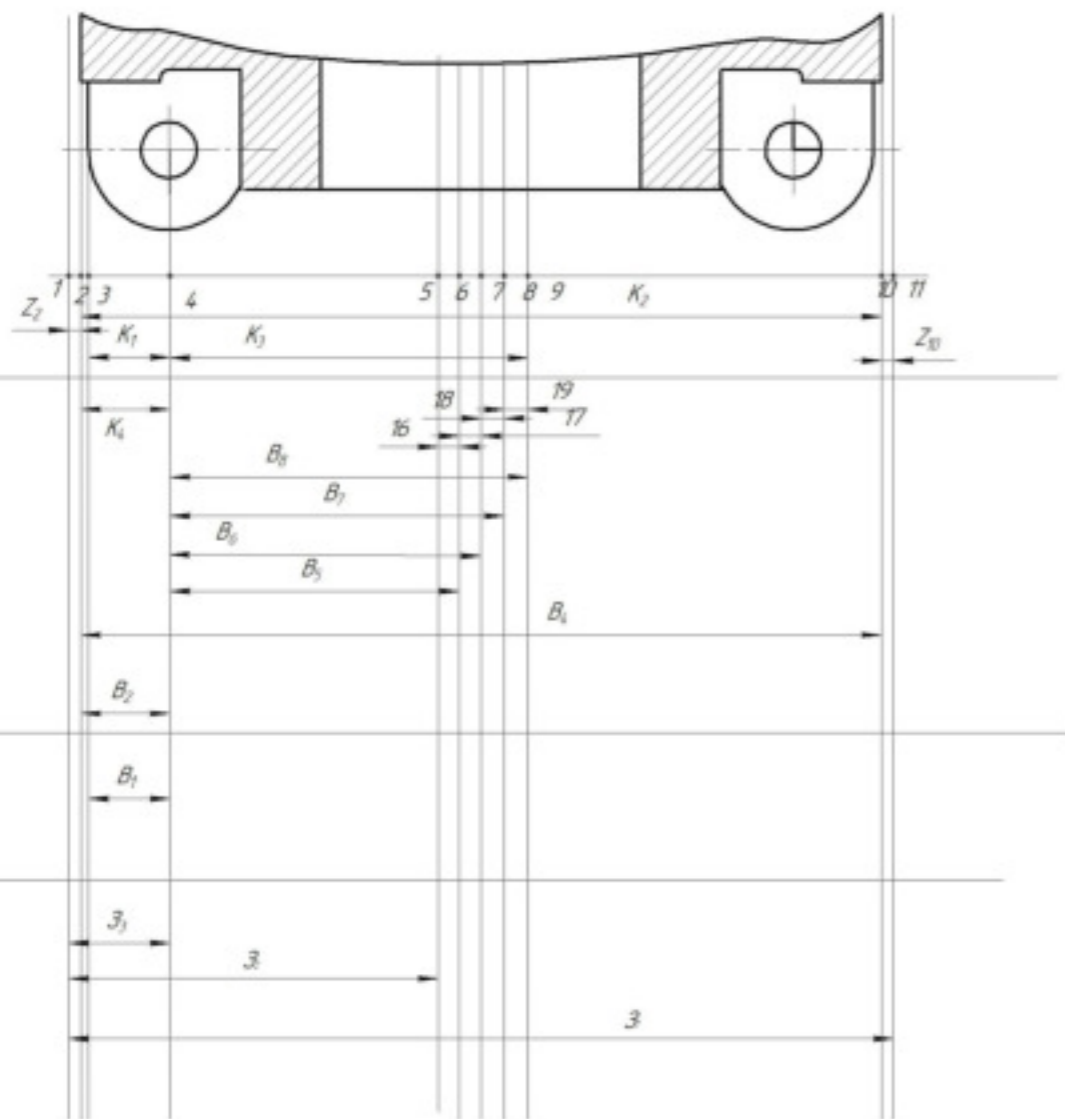
3D-модель заготовки детали "Корпус редуктора"



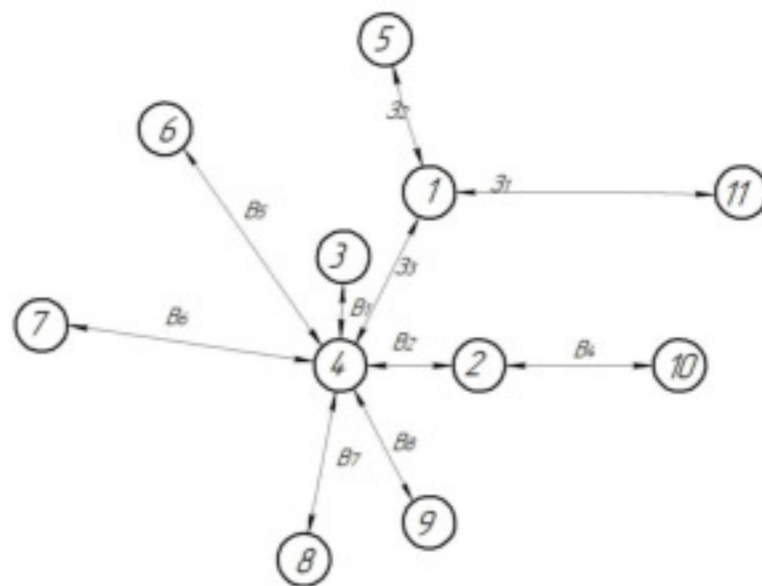
Маршрут механічної обробки

№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Встановити заготовку; 2.Фрезерувати пов. однократно в розмір 236,5-0,5 ; 3.Центрувати 2 отв. 2, 2 отв. 3, отв. 4 в розмір $\phi 5$; 4.Свердлити 2 отв. 2 попередньо напрохід в розмір $\phi 13,5$; 5.Зенкерувати 2 отв.2 в розмір $\phi 13,9$ 5.Развернути 2 отв. 2 остаточно в розмір $\phi 14$; 6.Свердлити 2 отв. 3 напрохід в розмір $\phi 14$; 7.Свердлити отв. 4 напрохід в розмір $\phi 9,5$; 8.Цекувати отв. 5 в розмір згідно ескізу; 9.Зенкувати фаску в отв. 4 в розмір $\phi 10$; 10.Нарізати різь в отв. 4 напрохід в розмір згідно ескізу; 11.Зняти заготовку</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі ГФ217К5
010	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Встановити заготовку; 2.Фрезерувати пов. 1 однократно в розмір 234,5; 3.Центрувати 4 отв. 2, отв. 3 в розмір $\phi 5$; 4.Свердлити 4 отв. 2 напрохід в розмір $\phi 14$; 5.Свердлити отв. 3 напрохід в розмір $\phi 9,5$; 6.Цекувати отв. 4 в отв. 3 в розмір згідно креслення; 7.Зенкувати фаску в отв. 3 $\phi 10$; 8.Нарізати різь в отв. 3 напрохід в розмір згідно ескізу; 9.Зняти заготовку.</p>		Вертикально-фрезерний з ЧПК моделі ГФ217К5
015	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <p>1. Встановити заготовку; 2. Фрезерувати пов. 1 одноразово в розмір згідно креслення; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід в розмір $\phi 14,2,9$; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід в розмір $\phi 14,4,34$; фрезерувати отв. 2 попередньо напрохід з одночасним утворенням фаски в розмір $\phi 14,4,89$; 3. Розточити отв. 2 остаточно в розмір згідно креслення; 4. Центрувати послідовно 6 отв. 3; 3 отв. 7; 3 отв. 10; 2 отв. 11; 13; 2 отв. 15; 4 отв. 18 в розмір $\phi 3$; 5. Свердлити 6 отв. 3 напрохід в розмір $\phi 7$; свердлити 3 отв. 7 в розмір $\phi 7$; свердлити 3 отв. 10 в розмір $\phi 7$; свердлити 4 отв. 18 в розмір $\phi 7$;</p>		Багатоцільовий з ЧПК моделі МР500ПМФ4

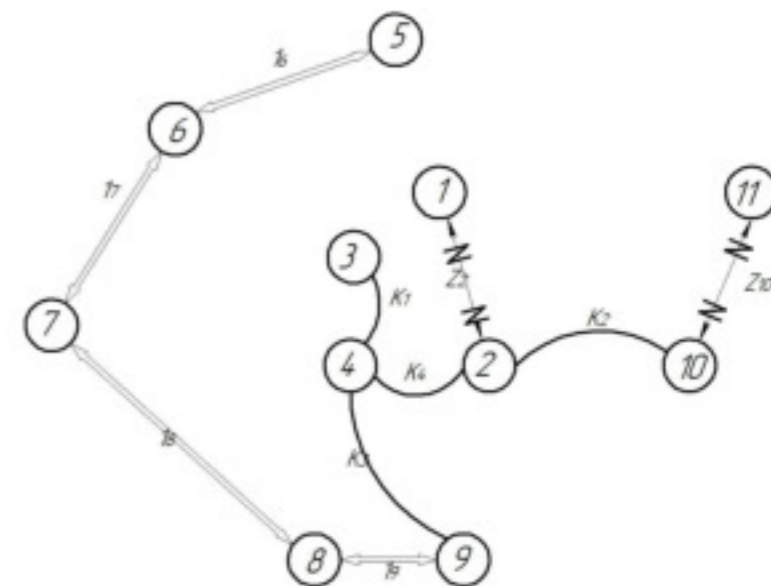
№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
015	<p align="center"><u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p>		
	<p>6. Нарізати різь в 6 отв. 3 в розмір згідно ескізу, нарізати різь в 3 отв. 7 в розмір згідно ескізу, нарізати різь в 3 отв. 10 в розмір згідно ескізу, нарізати різь в 4 отв. 18 в розмір згідно ескізу.</p> <p>7. Фрезерувати пов. 4 в розмір 3, пов. 5 в розмір 201,2 однократно, фрезерувати пов. 8 однократно в розмір 200.</p> <p>8. Фрезерувати послідовно отв. 6 та отв. 9 попередньо напрохід в розмір $\phi 59,9$.</p> <p>9. Фрезерувати послідовно отв. 6 та отв. 9 остаточно в розмір $\phi 61,35$ з одночасним утворенням фаски.</p> <p>10. Розточити послідовно отв. 6 та отв. 9 в розмір $\phi 61,89$.</p> <p>11. Розточити послідовно отв. 6 та отв. 9 в розмір $\phi 62$.</p> <p>12. Свердлити 2 отв. 11, 13 в розмір $\phi 9,5$.</p> <p>13. Цекувати 2 отв. 12, 14 в розмір $\phi 18$.</p> <p>14. Зенкувати фаски в 2 отв. 11, 13 в розмір $\phi 10$.</p> <p>15. Нарізати різь в 2 отв. 11, 13 в розмір згідно ескізу.</p> <p>16. Свердлити 2 отв. 15 в розмір $\phi 8$.</p> <p>17. Нарізати різь в 2 отв. 15 в розмір згідно ескізу.</p> <p>18. Фрезерувати пов. 16 однократно, фрезерувати отв. 17 попередньо напрохід в розмір $\phi 77,5$; фрезерувати отв. 17 остаточно напрохід в розмір $\phi 79,37$ з одночасним утворенням фаски.</p> <p>19. Розточити отв. 17 попередньо напрохід в розмір $\phi 79,77$.</p> <p>20. Розточити отв. 17 остаточно в розмір $\phi 80$.</p> <p>21. Зняти деталь.</p>	<p align="right">$\sqrt{Ra 12,5}$</p> <p align="right">H14, h14, IT14/2</p> <p align="right">$\sqrt{Ra 12,5}$</p> <p align="right">H14, h14, IT14/2</p> <p align="right">$\sqrt{Ra 12,5}$</p> <p align="right">H14, h14, IT14/2</p>	<p align="center">Багатоцільовий з ЧПК моделі IP500ПМФ4</p>



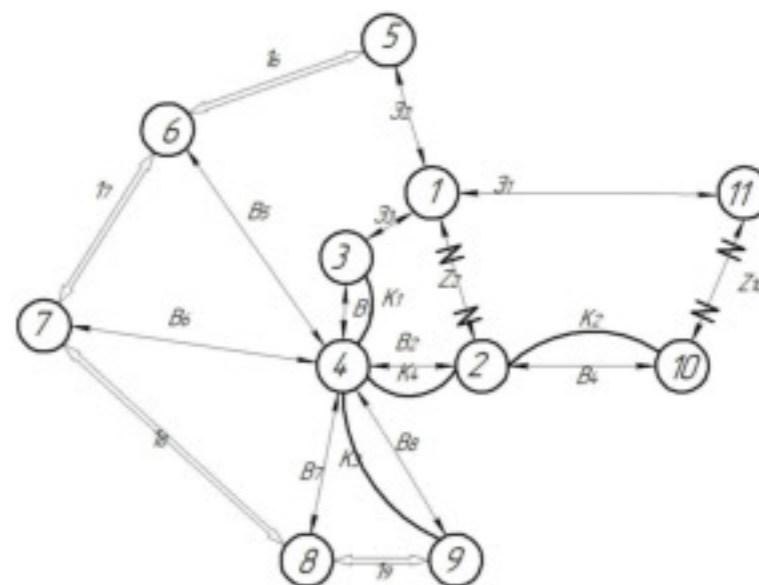
Похідний граф-дерево



Вихідний граф-дерево



Суміщений граф-дерево



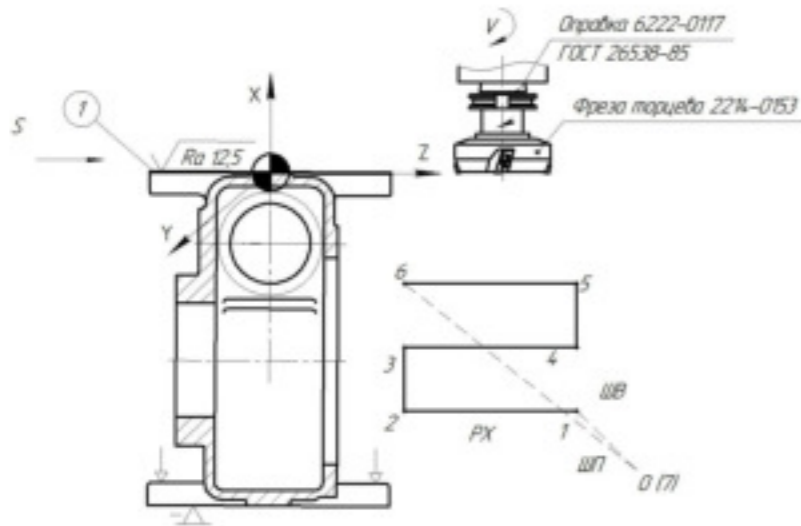
Значення технологічних розмірів та розмірів вихідної заготовки

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Зона розсіювання технологічного процесу	Зона розсіювання розмірів вихідної заготовки
B1	19,48	20,52	-0,52	20	20-0,52	
B2	21,48	22,52	-0,52	22	22-0,52	
B4	198,85	200	-1,15	200	200-1,15	
B5	77,54	78,46	0,46	78	78+0,46	
B6	77,88	78,12	0,12	78	78+0,12	
B7	77,954	78,046	0,046	78	78+0,046	
B8	77,97	78,03	0,03	78	78+0,03	
Z7	99,06	100,46	2,4	102		102±2,5
Z11	203,12	205,92	2,8	205		205±2,5

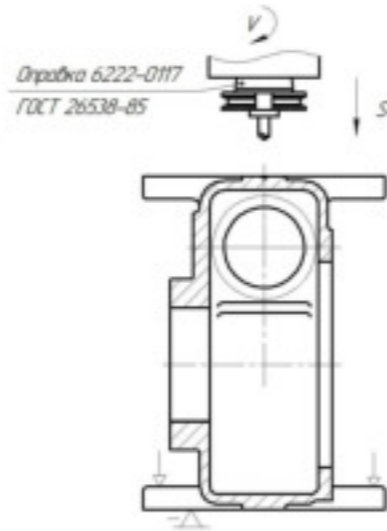
Значення мінімальних та максимальних припусків

Позначення	Z _{min}	Z _{max}	Z _{max}	Z _{max}
Розмір	0,6	0,6	2,52	6,47

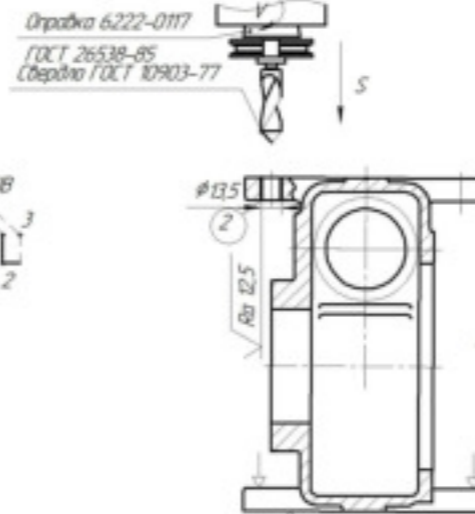
Перехід 2



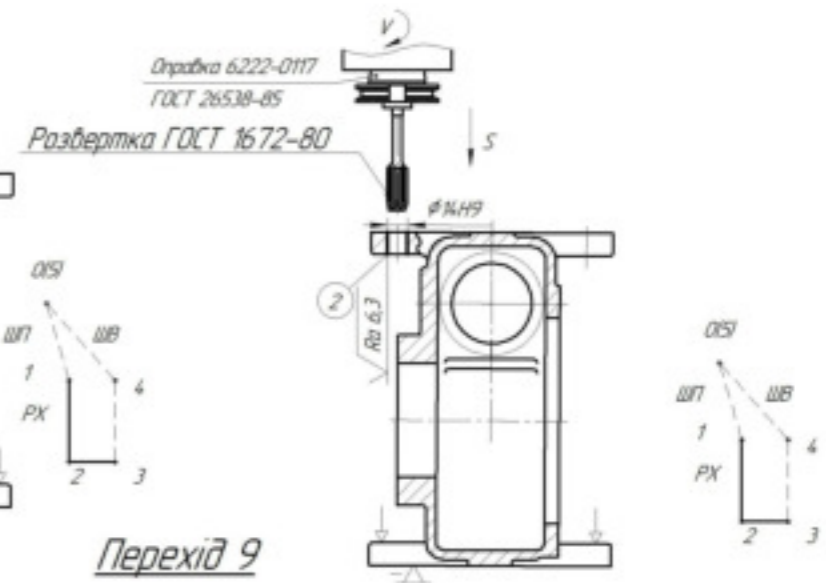
Перехід 3



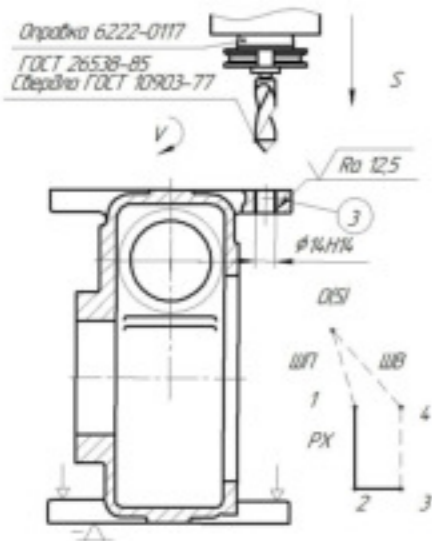
Перехід 4



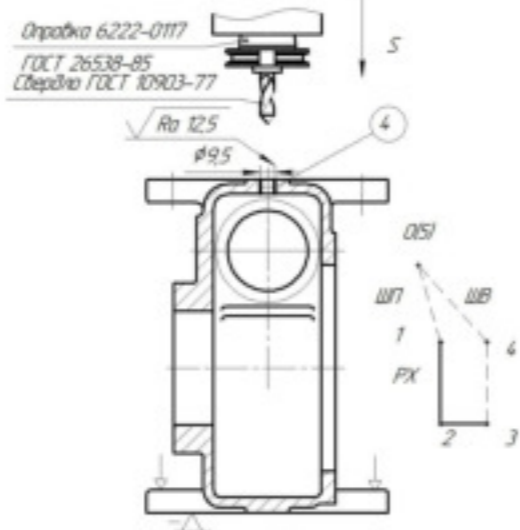
Перехід 5



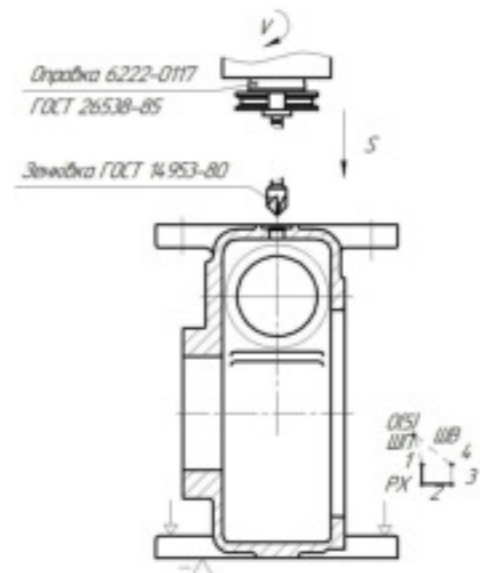
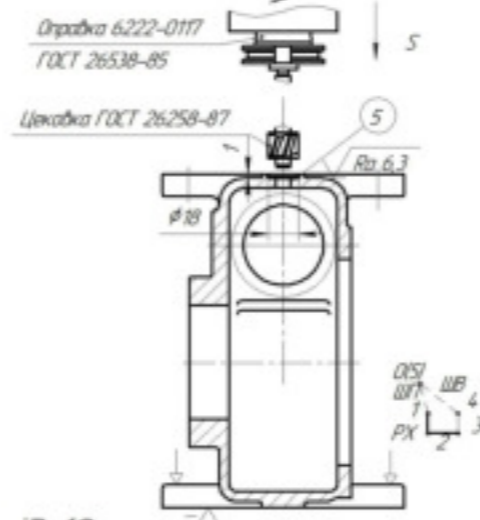
Перехід 6



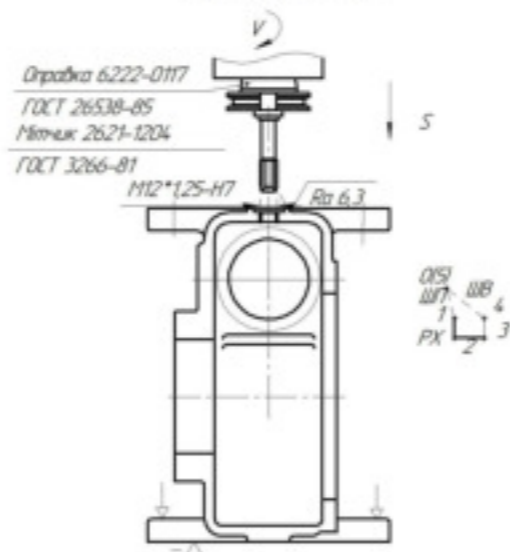
Перехід 7



Перехід 8



Перехід 10



10	Нарізати різь в отворі 4	1.25	0.02	15	32
9	Зенкувати фаску в отворі 4	7.5	0.65	224	54.0
8	Центрувати отвір 5	9	0.9	35.4	90.0
7	Свердлити отвір 4	4.75	0.65	13.5	75.0
6	Свердлити 2 отвори 3	7	0.16	224	594.5
5	Развернути 2 отвори 2	7	0.9	4.0	54.0
4	Свердлити 2 отвори 2	6.5	0.65	13.5	75.0
3	Центрувати 5 отвір	2.5	0.16	224	594.5
2	Фрезерувати поверхню 1	3.8	0.05	35.2	112.1

№ опер	№ пер	Кодована	ГФ21721РЗ	l, мм	S, мм/об	V, м/хв	f, мм/об
Режими різання							
08-64.МКР.012.01500							
Карта налагоджень							
№ опер	№ пер	№ операції	№ інструмента	№ операції	№ інструмента	№ операції	№ інструмента
ВНТХ							
ст. др. 871-22н							

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Метою роботи є дослідження можливості застосування розмірно-точнісного моделювання технологічних процесів для визначення величини зміщення осі головного отвору, як складової мінімального припуску, з урахуванням особливостей виготовлення вихідної заготовки литтям.

Дослідження виконувались на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус редуктора КР 027.041.001». Розрахунковий ескіз обробки отвору $\text{Ø}80\text{H}7(^{+0,030})$ мм показано на рис. 1.

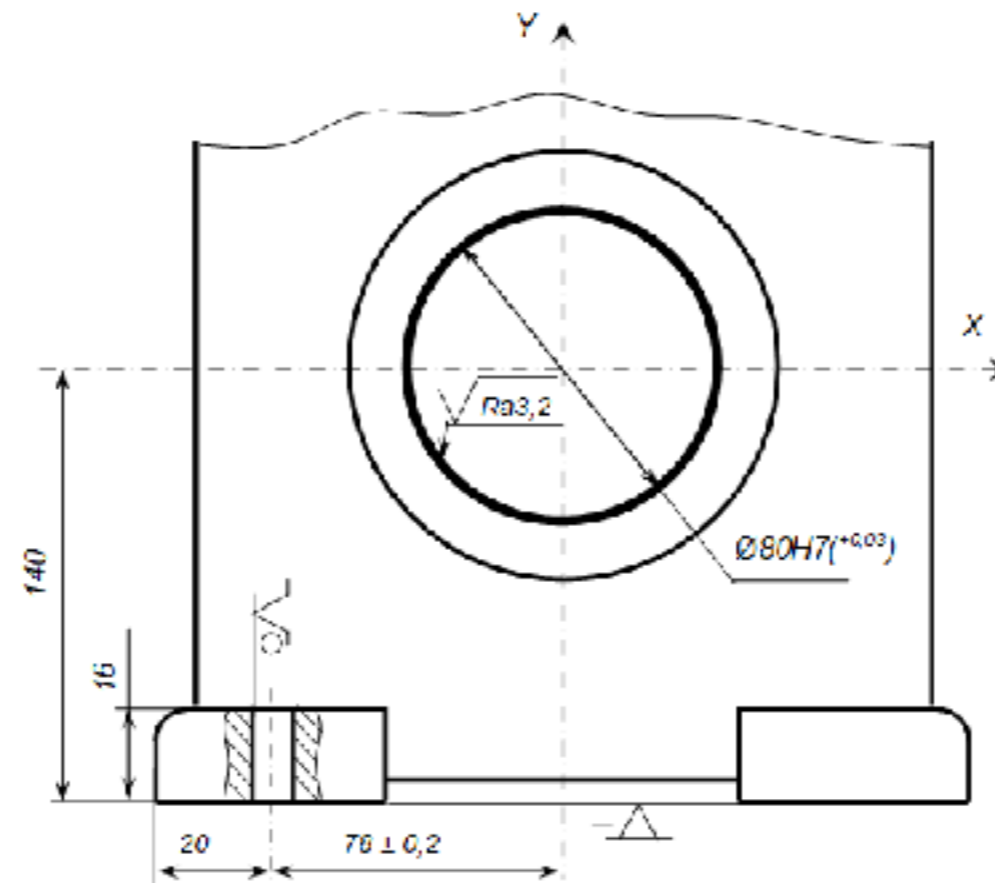


Рисунок 1 – Розрахунковий ескіз обробки отвору $\text{Ø}80\text{H}7(^{+0,030})$ мм

**ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ
ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ
ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**
(продовження)

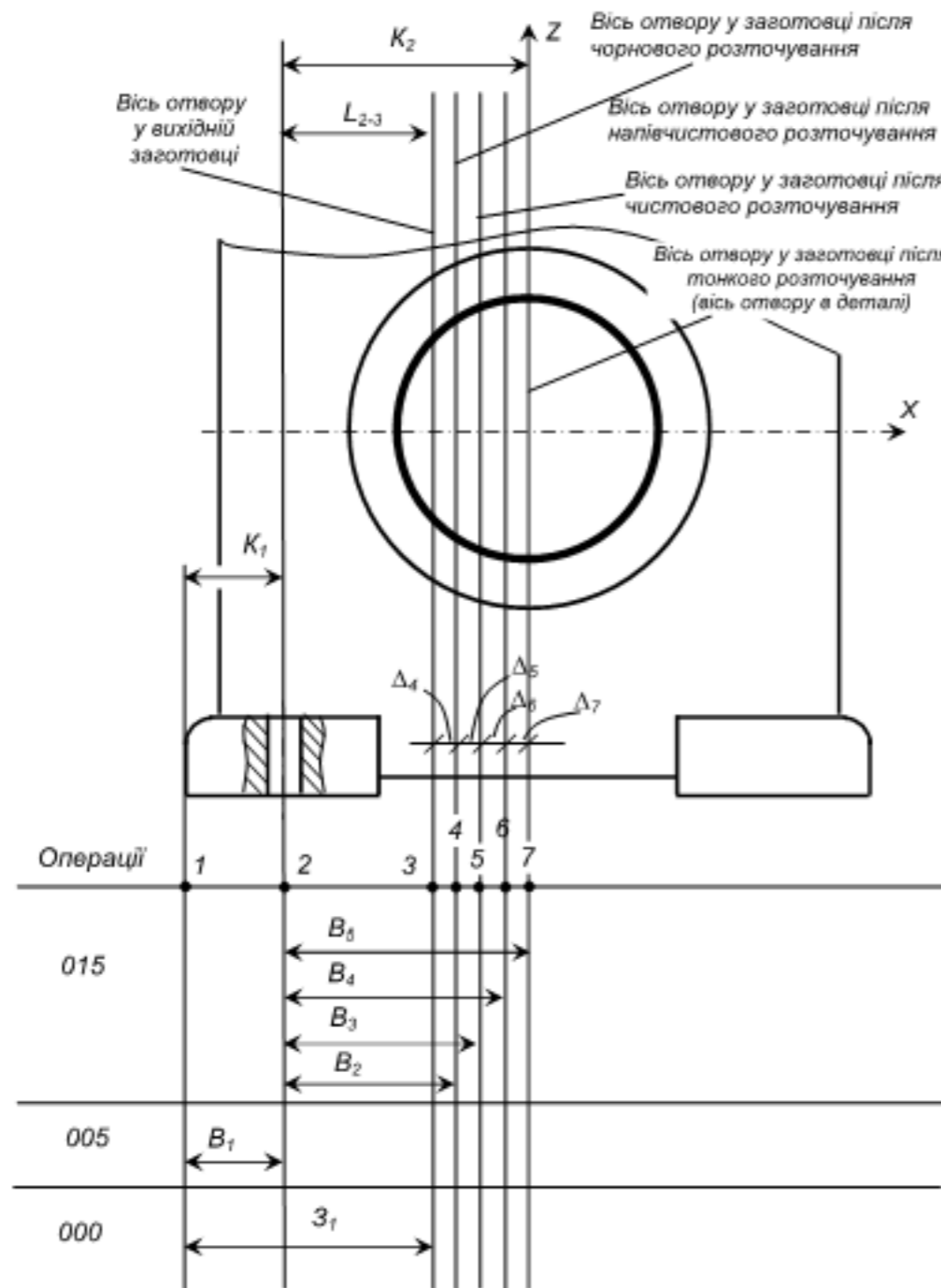


Рисунок 2 – Розмірна схема технологічного процесу (у напрямі осі X)

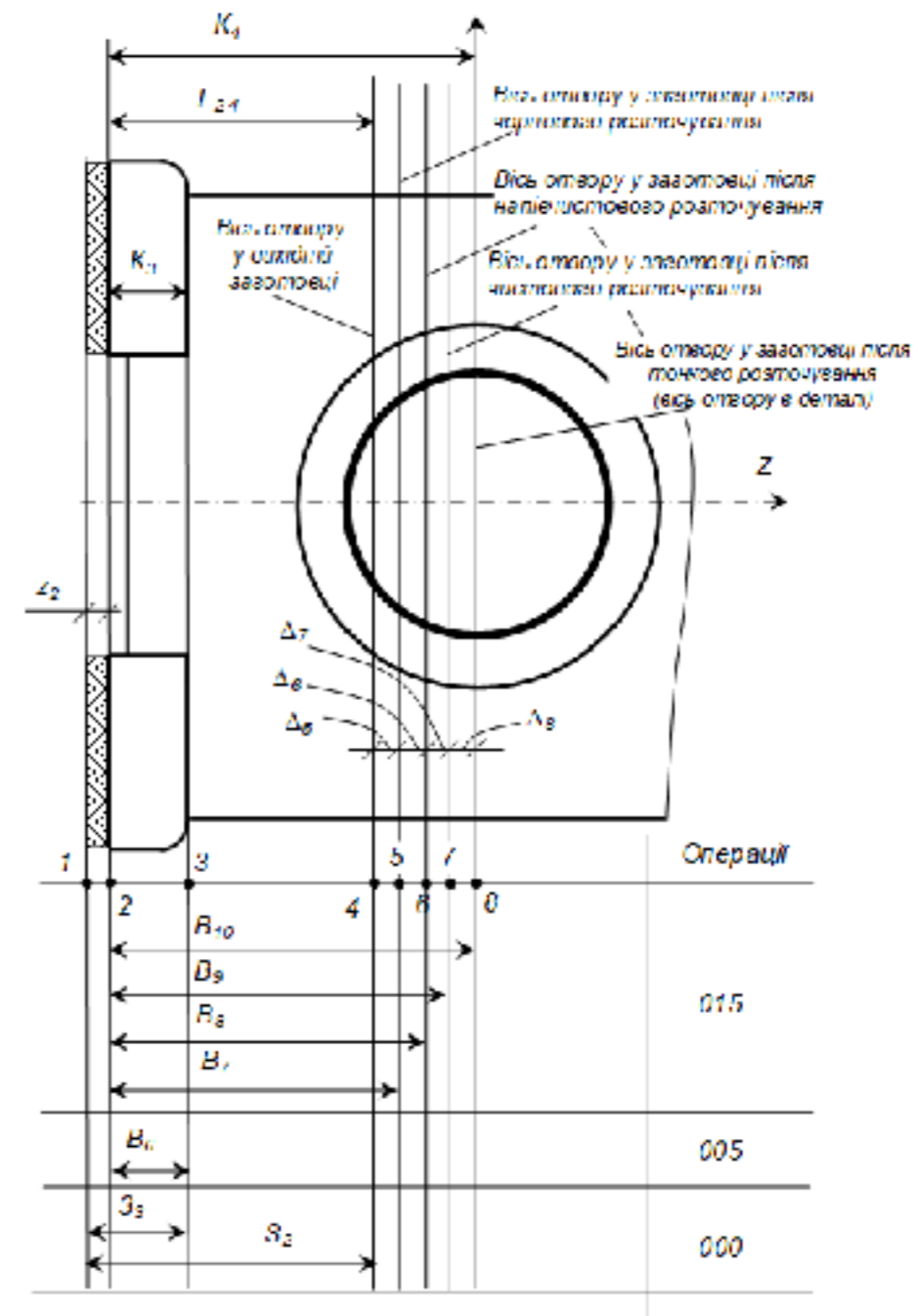


Рисунок 3 – Розмірна схема технологічного процесу (у напрямі осі Z)

**ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ
ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ
ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
(продовження)**

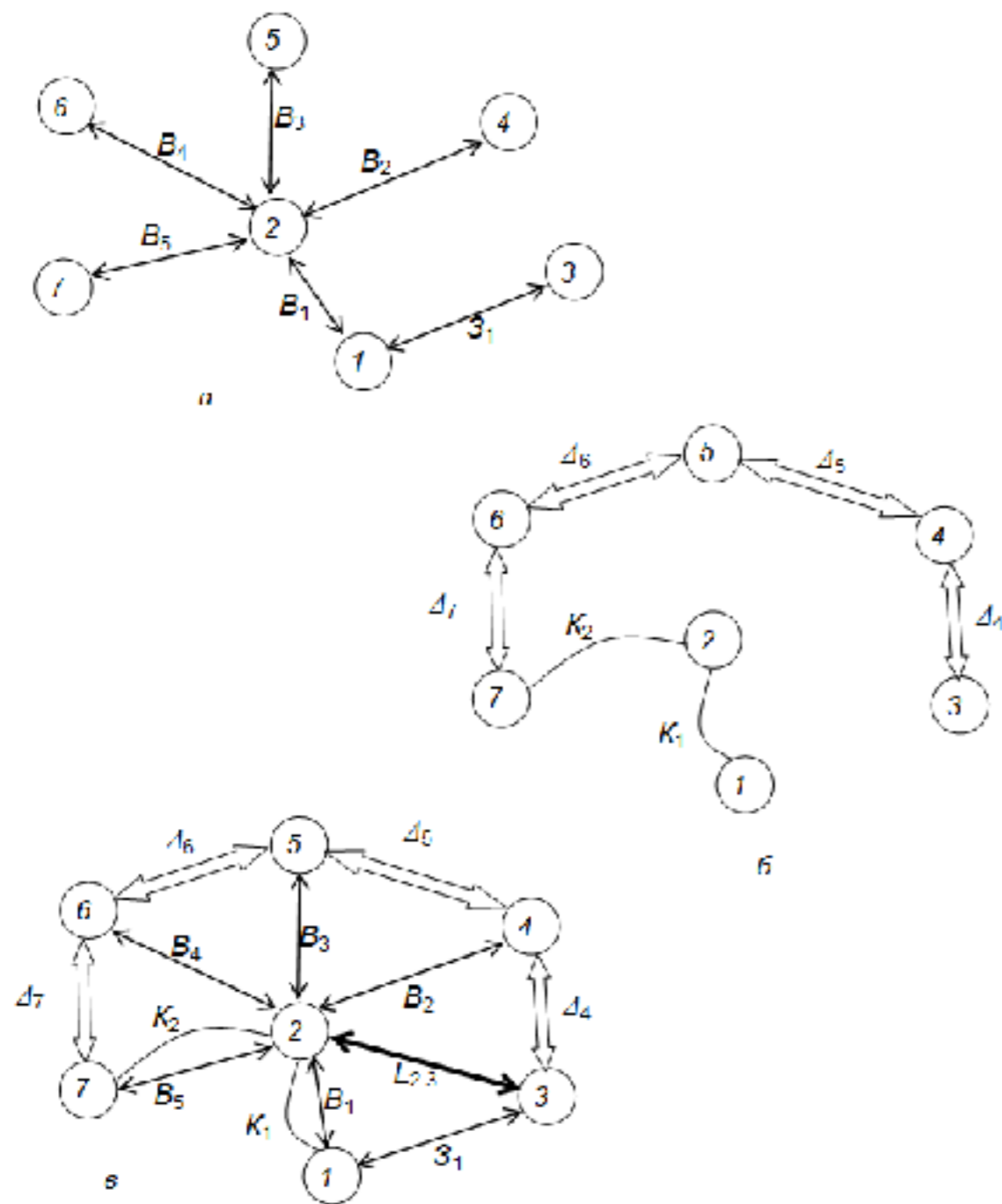


Рисунок 4 – Похідний (а), вихідний (б) графи-дерева і суміщений граф (в) у напрямі осі X

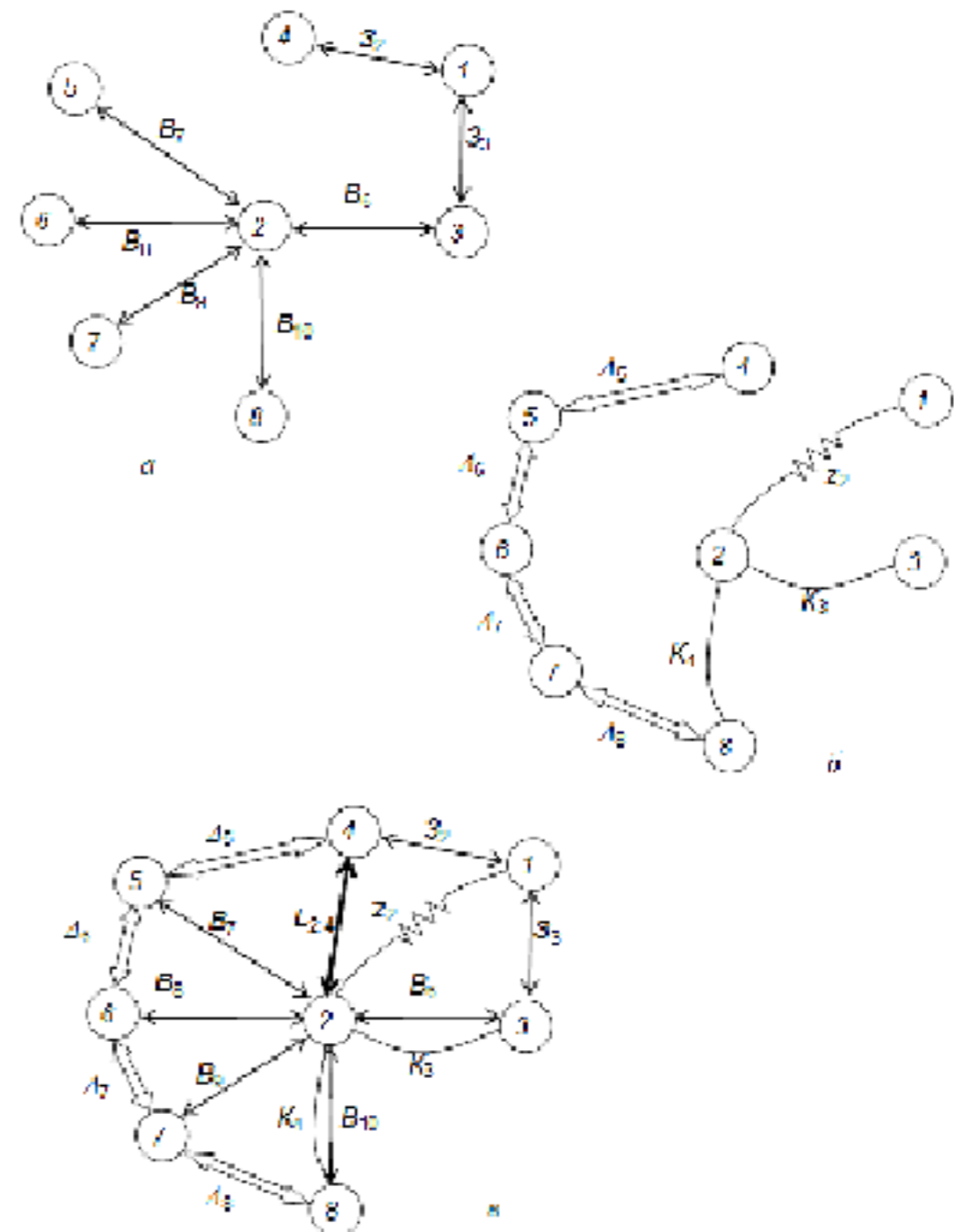


Рисунок 5 – Похідний (а), вихідний (б) графи-дерева і суміщений граф (в) у напрямі осі Z

**ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ
ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ
ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
(продовження)**

Таблиця 1 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів у напрямі осі X, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B ₁	19,74	20,26	0,52	20	20 ± 0,26	—
B ₂	77,63	78,37	0,74	78	78±	—
B ₃	77,77	78,23	0,46	78	78 ±	—
B ₄	77,85	78,15	0,30	78	78 ±	—
B ₅	77,915	78,085	0,17	78	78 ±0,085	—
Z ₁	97,9	99,1	2,2	98	—	98 ± 1,1

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів у напрямі осі Z, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	мінімальний розмір	максимальний розмір				
B ₆	15,57	16	0,43	16	16 _{-0,43}	—
B ₇	139,5	140,5	1,0	140	140 ± 0,5	—
B ₈	139,865	140,315	0,63	140	140 ± 0,315	—
B ₉	139,8	140,2	0,4	140	140 ± 0,2	—
B ₁₀	139,875	140,125	1,25	140	140 ± 0,125	—
Z ₂	140,8	143,2	2,4	142	—	142 ± 1,2
Z ₃	17,5	18,9	1,4	18,2	—	18,2 ± 0,7

**ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ МІНІМАЛЬНОГО ПРОМІЖНОГО ПРИПУСКУ
ПІД РОЗТОЧУВАННЯ ГОЛОВНОГО ОТВОРУ В ЛИТІЙ ЗАГОТОВЦІ КОРПУСНОЇ ДЕТАЛІ
ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
(продовження)**

Таблиця 3 – Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки для механічної обробки отвору $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ мм

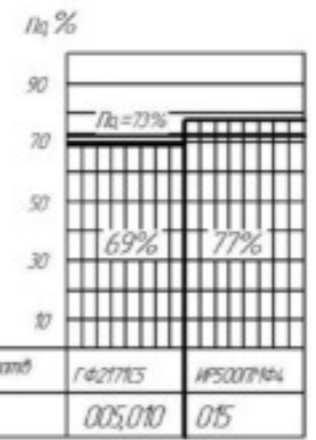
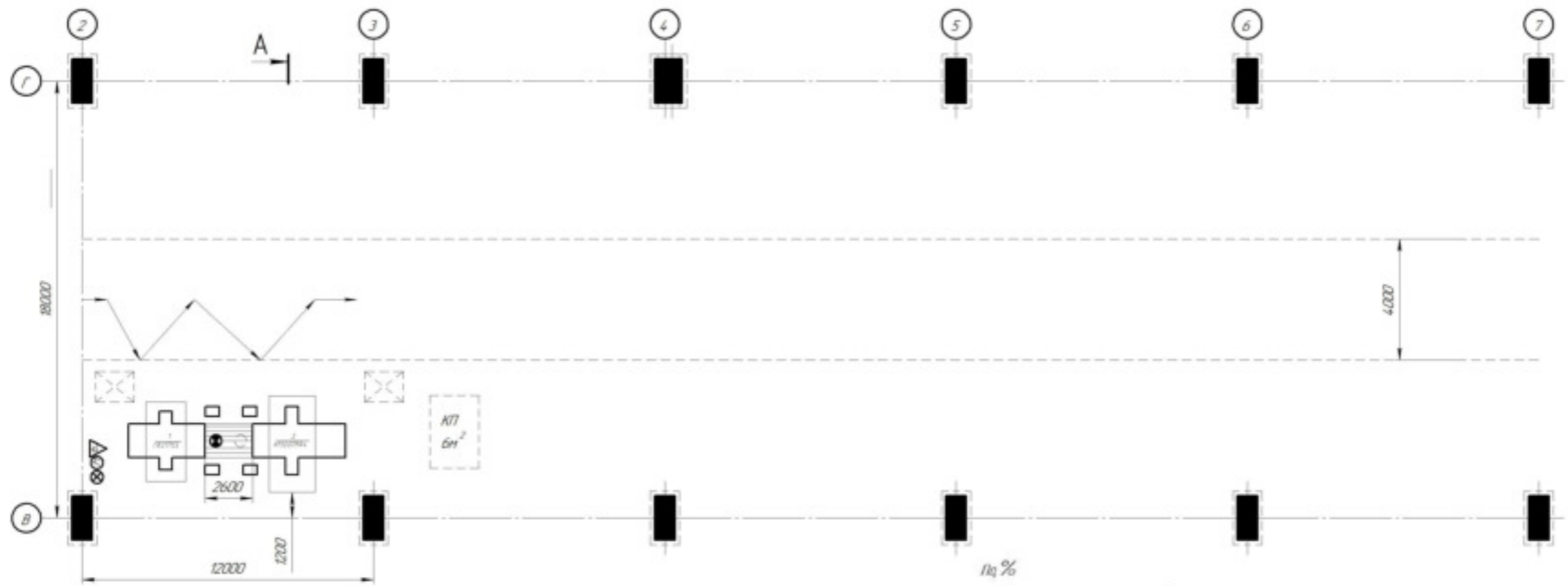
Технологічні переходи обробки отвору $\varnothing 130H9^{(+0,1)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск Т, мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	ρ	ε_B				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка (випуск)	600		3950	—	—	69,86	2200	67,6	69,8	—	—
Розточування чорнове	80	—	200	140	2·4560	78,98	460	78,52	78,98	2·4560	2·5960
Розточування напівчистове	40	—	10	7	2·300	79,58	120	79,46	79,58	2·300	2·470
Розточування чистове	12	—	0	0	(2·150)*	79,880	46	79,834	79,880	2·150	2·187
Розточування тонке	—	—	—	0	(2·75)*	80,030	30	80	80,030	2·75	2·83
Загальний припуск										2·5015	2·6700

Висновки

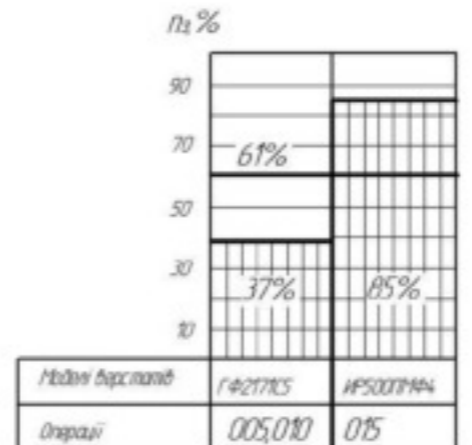
1. Отримала подальший розвиток методика визначення величини просторових відхилень осі отвору у литій заготовці корпусної деталі відносно технологічних баз на основі використання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу.

2. Під час визначення загального просторове відхилення осі отвору у випуску відносно технологічних баз запропоновано враховувати і можливий перекид стрижня під час виготовлення ливарної форми.

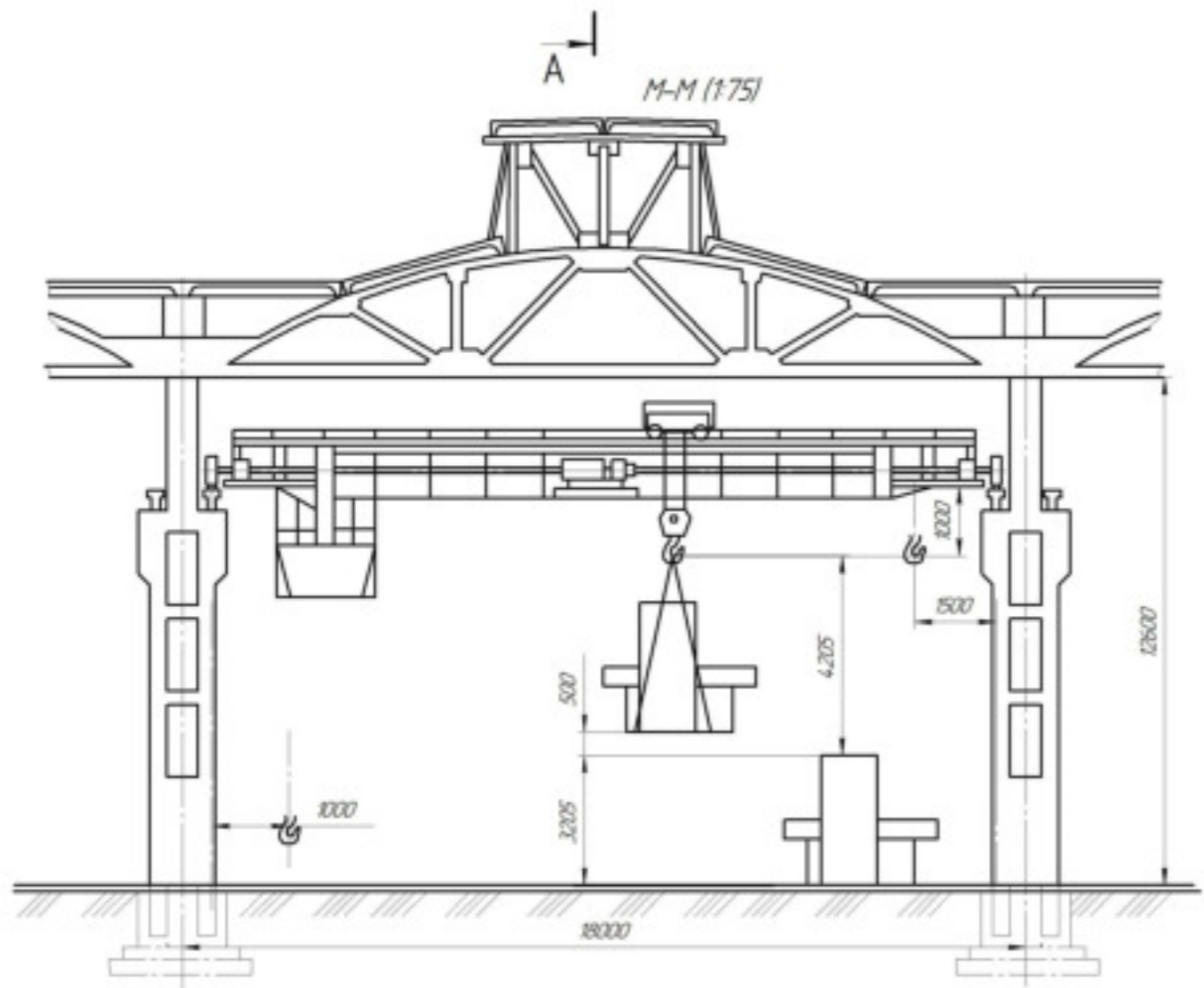
3. Аналіз порівняння результатів визначення припусків за нормативами і за допомогою розмірно-точнісного моделювання показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.



Графік використання обладнання за основним часом



Графік завантаження обладнання



Технічна характеристика дільниці

- 1. Площа дільниці (м²)
виробнича - 800 м²
- 2. Кількість працюючих (чол.)
робітників основних - 1
допоміжних - 1
ІТР - 1
МОП - 1
службовців - 1
- 3. Верстатів - 2 шт.
- 4. Транспортні засоби (шт.)
кран мостовий (Q = 12 т) - 1
електровізок - 1

		08-64.МКР.012.00.700.В3	
№ п/п	№ документації	Дільниця механічної обробки	Лист 1 з 1
Розроб	Лист 10		
Викон	Лист 08		
Голов			
№ зам.	Лист 08		
№ пр.	Лист 08		
		ВНТУ	ст. пр. 171-22м
		Корпус	Лист 11

*Техніко-економічне порівняння показників
процесів механічної обробки*

Технологічний процес	Базовий	Удосконалений
Маса деталі, кг		14
Маса заготовки, кг	16,9	16,1
Коефіцієнт використання матеріалу	0,828	0,869
Собівартість заготовки, грн.	332,5	300
Кількість операцій	10	3
Основний час, хв.		16,215
Штучно-калькуляційний час, хв.	48,6	16,95
Кількість основних робітників, чол.	6	1
Середній розряд робітників	5	3
Кількість верстатів, шт.	6	2
Коефіцієнт завантаження обладнання	0,48	0,61
Коефіцієнт використання за основним часом	0,47	0,73
Загальна площа ділянки, м ²	800	800
Виробнича площа ділянки, м ²	75	50
Капітальні вкладення, грн.	–	263010,02
Собівартість деталі, грн.	582,47	404,49
Чистий прибуток, грн.	–	88996,16
Термін окупності, років	–	2,96