

Вінницький національний технічний університет
СЛОВІСЬКО НАЗВАННЯ ВИЩОЇ ШКОЛИ НА ПЕРШОМУ ТАКІСІ

Факультет машинобудування та транспорту
СЛОВІСЬКО НАЗВАННЯ ПІДВИСТУ, ОБІВКА ФАКУЛЬТЕТУ (ВІДДІЛЕННЯ)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
СЛОВІСЬКО НАЗВКА КАФЕДРИ (ПРЕДМЕТНОЇ, ЦИКЛОВОЇ КОМПІЛІ)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Удосконалення технології виготовлення
деталі типу «Корпус СПГ 18-001»

08-26.МКР.003.00.000 ПЗ

Виконала: студентка 2-го курсу, гр. ІПМ-21м
спеціальності 151 «Прикладна механіка»

Коваленко К. С.

Керівник: к. т. н., професор кафедри ТАМ

Дерібо О. В.

«16» 12 2022 р.

Опонент: к. е. н., доцент кафедри АТМ

Буренніков Ю. Ю.

«17» 12 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

Козлов Л. Г.
д. т. н., професор

«17» 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 рік

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.
« 10 » жовтня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Коваленко Ксенії Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001»

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

затверджені наказом ВНТУ від « 15 » червня 2022 року № 205-А .

2. Строк подання студентом роботи: _____ грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус СПГ 18-001»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 2500 шт.; збіркова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001»; розрахунок дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001»; економічна доцільність удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): деталь «Корпус СПГ 18-001»; 3D-модель деталі; корпус (заготовка); 3D-модель заготовки; маршрут механічної обробки; порівняльний аналіз результатів визначення припусків за нормативами і за допомогою розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу; карта налагоджень (операція 005); план дільниці механічного цеху; техніко-економічні показники

б. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Спеціальна частина	Дерібо О. В., професор кафедри ТАМ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕНІВМ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7 Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	09.10.2022	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	09.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	09.10.2022	
4	Розв'язання поставлених задач	09.10.2022	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	09.10.2022	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	09.10.2022	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	09.10.2022	
8	Попередній захист МКР	09.10.2022	
9	Перевірка роботи на плагіат	09.10.2022	
10	Нормоконтроль МКР	09.10.2022	
11	Опонування МКР	09.10.2022	
12	Захист МКР	09.10.2022	

Студент

[Signature]
(підпис)

Коваленко К. С.

Керівник роботи

[Signature]
(підпис)

Дерібо О. В.

МКР

137

ПРИКЛАДНО МЕХАНІКА ТАМ

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Коваленко К. С. Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2022. 133 с.

Українською мовою. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 18; табл. 53.

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001». У загальній частині роботи проведено огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус СПГ 18-001» з використанням верстатів з ЧПК та вибрано кращий з них за мінімумом приведених витрат; проведено розмірно-точнісне моделювання удосконаленого технологічного процесу механічної обробки; визначено режими різання та норми часу; розраховано приведену програму, кількість обладнання та працівників; удосконалено дільницю механічної обробки.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект, одержаний в результаті удосконалення технологічного процесу та дільниці механічної обробки. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

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

ABSTRACT

Kovalenko K. S. Improvement of the manufacturing technology of the part of the type «Corps CPG 18-001». Master's qualification work in specialty 131 applied mechanics, educational program mechanical engineering technology, Vinnytsia : VNTU, 2022, 133 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 25 titles; fig.: 18; tabl. 53.

In the master's qualification work, the manufacturing technology of the part of the «Corps CPG 18-001» type was improved. In the general part of the work, an overview of the manufacturing technologies of the «Corps» type part was conducted, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Corps CPG 18-001» type part was substantiated.

In the technological part, variant selection and technical and economic substantiation of the workpiece manufacturing method were performed; options for the route of mechanical processing of the part of the «Corps CPG 18-001» type with the use of CNC machines were developed and the best one was selected 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 given program, the number of equipment and employees are calculated; improved mechanical processing department.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of mechanical processing of the workpiece, the payback period and the economic effect obtained as a result of the improvement of the technological process and the mechanical processing section are calculated. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

Key words: technological process, mechanical processing, workpiece, part, 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 виготовлення	10
1.2 Загальний огляд наявних технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	12
1.3 Характеристика удосконаленого технологічного процесу	13
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС СІП 18-001»	16
2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	16
2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт	21
2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки	30
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки точних поверхонь	43
2.5 Вибір технологічних баз	45
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	46
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	54
2.8 Визначення припусків та проміжних технологічних розмірів	59
2.9 Призначення режимів різання	61
2.10 Оптимізація режимів різання	61
2.11 Визначення технічних норм часу	64

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ І ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	66
3.1 Постановка задачі дослідження	66
3.2 Результати аналітичного дослідження	68
4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС СПГ 18-001»	86
4.1 Розрахунок приведеної програми	86
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	90
4.3 Побудова графіків завантаження обладнання	92
4.4 Розрахунок кількості працівників на ділянці	93
5 ЕКОНОМІЧНА ДОПІЛЬНОСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС СПГ 18-001»	96
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	96
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001»	103
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиної продукції	108
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	112
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	113
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	114
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	117
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	117
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	120
6.3 Заходи з цивільного захисту. Технічні заходи та засоби оповіщення	124
ВИСНОВКИ	127
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	129
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	132
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	133

ВСТУП

Актуальність. Проектування технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей машин – один найважливіших етапів, який безпосередньо пов'язаний з виробництвом виробів у машинобудуванні. Останніми роками стан машинобудівних технологій характеризується принциповими змінами. Виконання технологічних процесів механічної обробки з використанням різальних інструментів на основі нових зносостійких інструментальних матеріалів, широке використання верстатів з ЧПК, застосування роботизованих комплексів з керуванням від мікропроцесорної техніки дозволяє зменшити витрати часу та собівартість виготовлення продукції машинобудівної промисловості, забезпечивши при цьому необхідну якість виробів. Отже, задача проектування і упровадження технологічних процесів виготовлення якісних машинобудівних виробів завжди була і залишається велими актуальною.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи — удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СП 18-001» з урахуванням сучасних досягнень машинобудівної науки у сфері проектування технологічних процесів механічної обробки, передових технологій та нових методів обробки подібних заготовок, що забезпечує необхідну якість та знижує собівартість продукції.

Завдання, які виконано у роботі:

- огляд технологій виготовлення деталей типу «Корпус»;
- вибір способу виготовлення вихідної заготовки з порівняльним аналізом та техніко-економічним обґрунтуванням;
- удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СП 18-001» на основі варіантного підходу;
- визначення режимів різання та технічних норм часу удосконаленого технологічного процесу механічної обробки;
- виконання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу;

- виконання порівняльного аналізу результатів визначення припусків за нормативами і розрахунково-аналітичним методом з використанням результатів розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу;

- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на дільниці механічної обробки;

- проведення економічних розрахунків для запровадження запропонованих у роботі рішень;

- виконання розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалена технологія виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001».

Методи дослідження. Методи теорії розмірних ланцюгів для виконання розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001» і визначення складових мінімального припуску; метод лінійного програмування (симплекс-метод) для визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримала подальший розвиток методика використання розмірного аналізу технологічного процесу для визначення складових мінімального припуску розрахунково-аналітичним методом.

Практичне значення роботи. Удосконалено технологію виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001». Запропоновані рішення:

- для виготовлення вихідної заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в оболонкові форми, оскільки вартість заготовки складає 1072,41 грн, що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 1428,9 грн.;

- удосконалено технологію виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001» з використанням верстатів з ЧПК;

- показано, що у випадку розв'язання задачі забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними і необроблюваними поверхнями під час вибору технологічних баз для першої операції, то бажано визначати припуски на обробку відповідальних поверхонь за допомогою розрахунково-аналітичного методу, оскільки припуску, визначеного за нормативами, може не вистачити для забезпечення необхідної якості деталей.

визначено основні показники дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001».

Анотація результатів роботи. Результати роботи доповідались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», (15 листопада 2022 р. – 12 травня 2023 р.).

Опубліковано тези доповіді. Електронний ресурс:
<https://conferences.ynti.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/16862/14060>

МКР

737

Прокладна механіка ТАМ

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

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

Деталь «Корпус СШГ 18-001» має досить складну форму. Виходячи з візуального аналізу конструкція деталі є недостатньо технологічною. Паявний технологічний процес на базовому підприємстві не забезпечує необхідних вимог якості, тому істотною проблемою розробки нового технологічного процесу механічної обробки, який забезпечить виготовлення якісних деталей і зменшить її собівартість. Призначення деталі полягає в обмеженні осевого переміщення валів, встановлених на підшипниках. Окрім цього, «Корпус СШГ 18-001» виконує роль опори і кожуха, захищаючи підшипники від негативних впливів зовнішнього середовища.

Ескіз деталі показано на рис. 1.1.

Деталь достатньо складної форми має бобишки та ребра жорсткості, які ускладнюють виготовлення вихідної заготовки.

Деталь сприймає середні за величиною навантаження, тому як матеріал вибрано литварний алюмінієвий сплав АК7П (ГОСТ 1585-80). Деталь є відповідальною, оскільки від її якості залежить надійність роботи усього вузла.

«Корпус СШГ 18-001» є базовою деталлю. В отворах $\varnothing 130/H9$ мм базуються підшипники кочення, які є опорами валів.

Деталь має середні габаритні розміри (486×132×260 мм).

Різьбові отвори М12-7H, М6-7H та інші є кріпильними поверхнями.

За своєю формою і технологічними ознаками деталь відноситься до класу корпусних з циліндричними отворами [1, 2]. Під час розробки маршруту механічної обробки можна орієнтуватись на типові технологічні процеси обробки подібних деталей, що прискорює проектування і підвищує якість проекту.

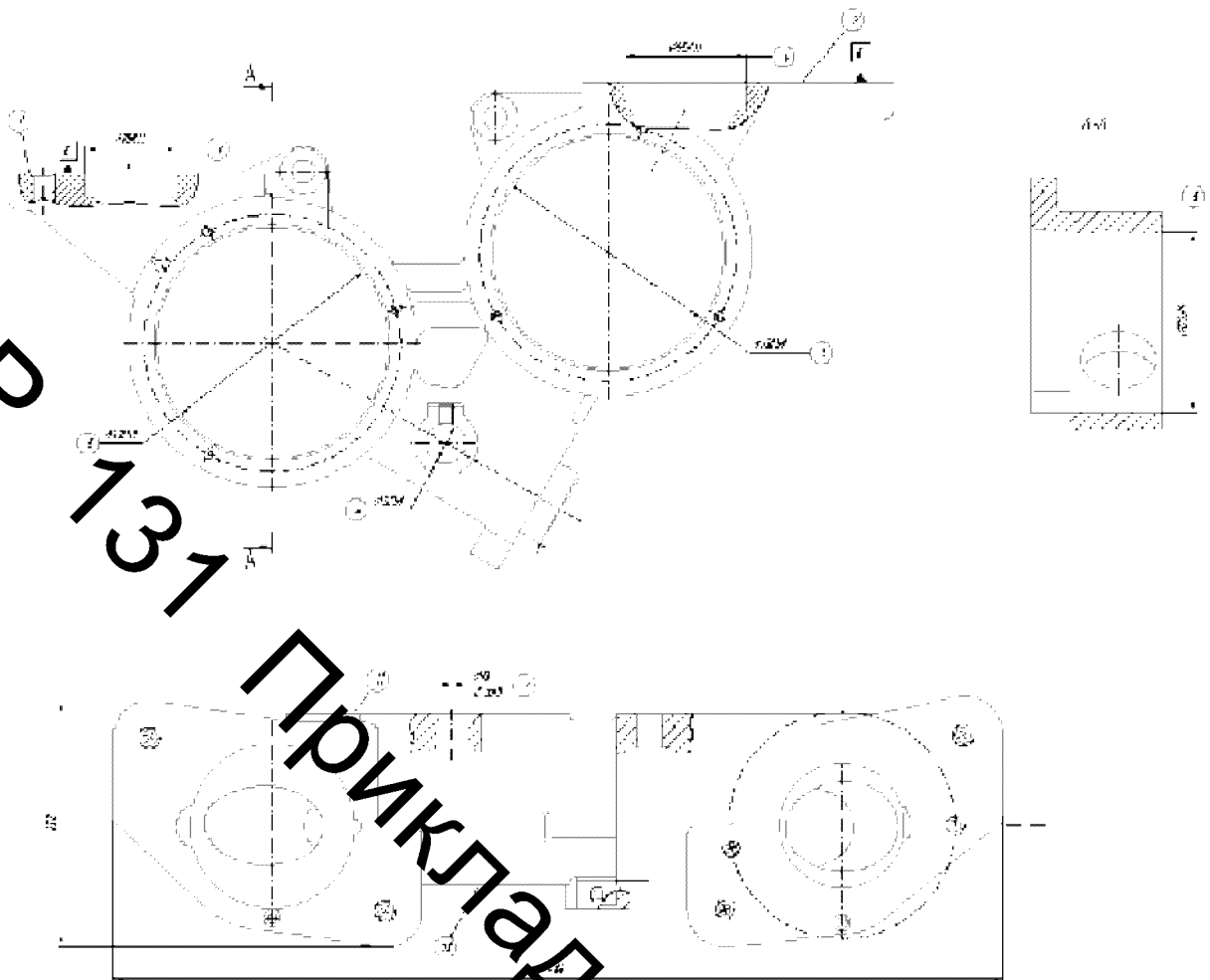


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус СПГ 18-001»

Креслення деталі «Корпус СПГ 18-001» містить необхідні дані, але його необхідно відкорегувати відповідно до вимог ЕСКД стосовно технологічності. В кресленні недостатньо розроблені технічні вимоги, не вказані усі необхідні вимоги відносного розташування поверхонь, зокрема пов'язані допусками базові поверхні – отвори $\varnothing 85H11$ та $\varnothing 65H11$ і відсутній допуск відхилення від перпендикулярності торців до базової основи фланців товщо.

Основними поверхнями, якими деталь базується у вузлі, є площини фланців (1) (2) і 2 отвори $\varnothing 85H11$ (3) та $\varnothing 65H11$ (4) (див. рис. 1.1).

Допоміжними конструкторськими базами є отвори $\varnothing 130H9$, отвори $\varnothing 22H6$, отвори: $\varnothing 36H9$, $\varnothing 46^{+0,036}$, $\varnothing 50^{-0,036}$, торці 11 і 12.

Кріпильними є різьбові отвори $M12-7H$, $M6-7H$ та інші.

Решта поверхонь є вільними і необроблюваними.

1.2 Загальний огляд наявних технологічних процесів обробки заготовки деталі типу «Корпус»

Технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус СПГ 18-001» розроблено на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей [2].

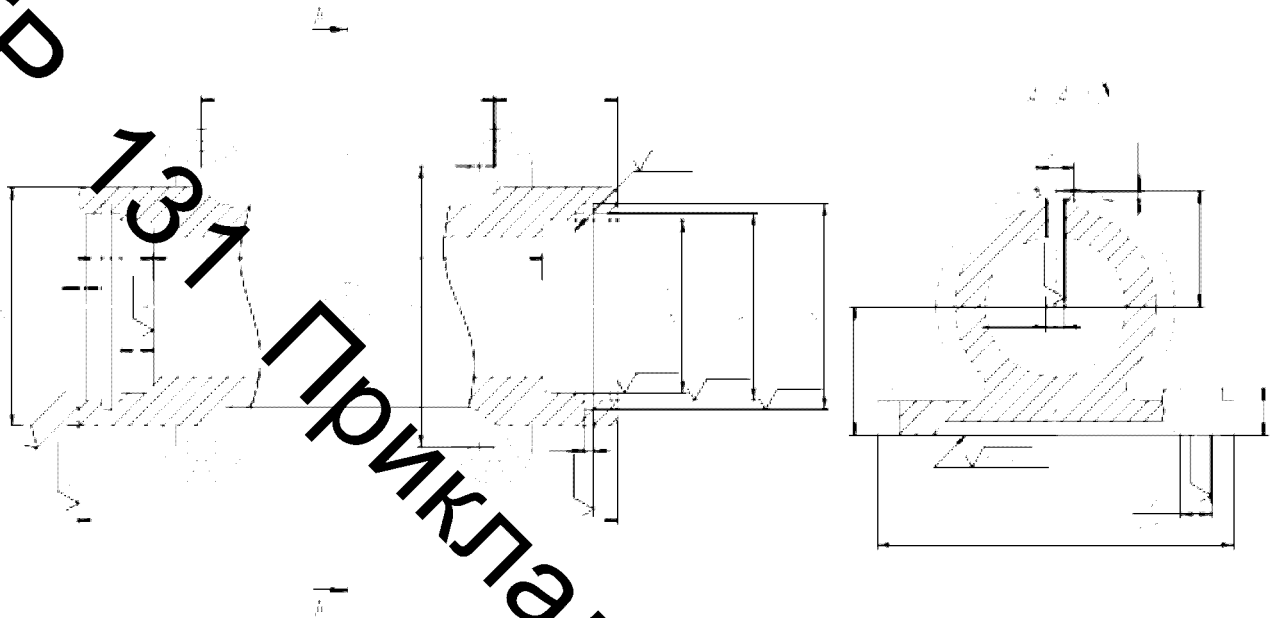


Рисунок 1.2 – Деталь типу «Корпус підшипників»

У типовій деталі основними конструкторськими базами є площина, на яку встановлюється деталь. Але у деталі «Корпус СПГ 18-001» такими базами є дві площини, які знаходяться на різному рівні. Допоміжними конструкторськими базами в обох деталях є точні отвори.

У деталі «Корпус СПГ 18-001» і типовій деталях використовуються подібні способи механічної обробки. Технологічний процес обробки типової деталі показано у таблиці 1.1.

Для обробки заготовки типової деталі використовуються верстати з ЧПК. Оскільки деталь «Корпус СПГ 18-001» має досить складну конфігурацію і виготовляється в умовах серійного виробництва, то для її виготовлення доцільно також використовувати обладнання з ЧПК.

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний процес [2]

Операція 1	Зміст операції 2	Верстат, обладнання 3	Оснащення 4
005	Лиття		
010 015	Обрубка та очищення виливка Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати площину бобики $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різьбу $M10 \times 1-7H$ в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Возточити виточки $\varnothing 80H7; \varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2-0,5$ остаточно. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7; \varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $2,2+0,5$ остаточно	Багатопільовий з ЧПК і інструментальним магазином IP500MФ4	Наладка УСНО (УПВО)
020	Притушити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

З урахуванням викладеного вище, можна зробити висновок, що розглянутий типовий технологічний процес є прийнятним для подальшого використання.

1.3 Характеристика удосконаленого технологічного процесу

Річна програма випуску деталі складас 2500 шт. Але оскільки за такого обсягу верстати будуть недовантаженими, то цілком очевидно, що дільниця використовуватиметься і для виготовлення інших подібних деталей. Приведена програма складатиме 13150 деталей на рік (див. розділ 4). Тому під час проектування удосконаленого технологічного процесу основну увагу приділено швидкопереналаджуваному обладнанню з ЧПК.

На основі аналізу типових та базового технологічних процесів (таблиці 1.1, і 1.2) розроблено удосконалений технологічний процес (таблиця 1.3) і за результатом їх порівняння вибрано найкращий.

Таблиця 1.2 Базовий маршрут механічної обробки

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Вертикально фрезерний з ЧПК 6P13Ф3
010	Свердильна з ЧПК	Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2
015	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат IP500ПМФ4
020	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат IP500ПМФ4

Таблиця 1.3 Удосконалений маршрут механічної обробки

№ оп.	Назва операції	Обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат ЛТ260МФ3
010	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат ЛТ260МФ3
015	Багатоцільова з ЧПК	Багатоцільовий верстат ЛТ260МФ3

У базовому варіанті обробка виконується на багатоцільових верстатах з ЧПК, технологічний процес складається з 4 операцій. (005 – вертикально-фрезерна, 6P13PФ3; 010 – свердильна з ЧПК, 2P135Ф2; 015 – багатоцільова з ЧПК, IP500ПМФ4; 020 – багатоцільова з ЧПК, IP500ПМФ4).

Удосконалений варіант механічної обробки включає в себе лише три операції: 005, 010, 015 – багатоцільові з ЧПК, ЛТ260МФ3, тому його можна вважати доцільнішим.

В зв'язку з тим, що наявна дільниця механічної обробки деталі «Корпус СПГ 18-001» є універсальною для всіх типів деталей, тому потрібно розробити

спеціалізовану дільницю для корпусних деталей відповідно до удосконаленого маршруту механічної обробки.

Базова дільниця механічної обробки включає в себе 8 верстатів, що розташовані приблизно на 210 м² площі. Основних робітників 8 чоловік, які працюють у дві зміни.

За використання удосконаленого технологічного процесу кількість верстатів зменшиться до 4, а кількість основних робітників до 4 чоловік. За рахунок зменшення кількості верстатів зменшується і площа самої дільниці (100 м²), а також зменшиться кількість проміжних складів, що розташовані біля кожного робочого місця.

ММКР
137
Прикладна механіка ТАМ

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС СПГ 18-001»

2.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Службове призначення деталі полягає в обмеженні осевого переміщення валів, встановлених на підшипниках кочення. Крім цього «Корпус СПГ 18-001» виконує роль опори і кожуха, захищаючи підшипники від впливу зовнішнього середовища.

Деталь «Корпус СПГ 18-001» є базовою деталлю. На поверхнях отворів $\varnothing 130H9$ встановлюються підшипники, що є опорами для валів.

Різьбові отвори М12-7Н, М6-7Н є кріпильними для кришок.

Деталь складної конфігурації, в наявності бобишки, ребра жорсткості, що ускладнює заготовку. Деталь єпродляє середні за величиною навантаження, тому матеріалом вибрано ливарний алюмінієвий сплав АК7Н (ГОСТ 2685-75). Деталь відповідальна і від якості її обробки залежить надійність роботи усього вузла.

Групу конструкторських баз складають основні і допоміжні бази, описані вище.

Деталь середніх габаритних розмірів 486132×260 (мм).

Мінімальна товщина стінок $S_{\min} = 10$ мм. Деталь має відносно низьку жорсткість, оскільки модуль пружності алюмінію суттєво менший за модуль пружності сталі і чавуну. Тому її потрібно обробляти на знижених режимах різання.

Базові отвори $\varnothing 130H9$, два отвори $\varnothing 13,4$ мм, отвори М12-7Н обробляються напрохід, що полегшує доступ для обробки нетехнологічних внутрішніх отворів $\varnothing 36H9$, $\varnothing 46^{+0,06}$, $\varnothing 50^{-0,06}$, $\varnothing 30 \pm 0,4$, які мають поганий доступ для обробки різальним інструментом. Збільшується трудомісткість механічної обробки.

Деталь має уніфіковані елементи: різь, отвори, фаски тощо, що дає змогу обробляти їх стандартним різальним інструментом.

Деталь має незручні базові поверхні, оскільки площини знаходяться не на одному рівні, а деякі поверхні досить важкодоступні для механічної обробки і для контролю.

Матеріал деталі – ливарний алюмінієвий сплав АК7Ц, який має добру оброблюваність різанням, має гарні ливарні властивості, є відносно недорогим і тому широко використовується у машинобудуванні для виготовлення деталей складної форми.

2.1.4. Вількєний анализ технологічності деталі

Кількісна оцінка технологічності оцінюється такими показниками [1, 3, 4]. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів розраховано за формулою:

$$K_{un} = \frac{Q_{un}}{Q_{tot}}, \quad (2.1)$$

де Q_{un} , Q_{tot} – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів.

Таблиця 2.1 Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Тиреткість	Різь метрична
рп	рп	рп		
1	2	3		5
1 (2 пов.)	Ø6N8 ^{+0,015} (2 пов.)	5°	12,5	M6H6 (6 пов.)
1,5	Ø6,3	10°±30°	6,3 (27 пов.)	M8H6 (5 пов.)
1,6 (2 пов.)	Ø7 ^{+0,01}	15°	3,2 (18 пов.)	M10H6
4	R8	25°	1,6 (2 пов.)	M12-6H ₁₂ (2 пов.)
5 ^{+0,1}	R10	35°±30°	0,8 (2 пов.)	
6 ^{+0,4}	R14 (2 пов.)	50°+30°	100 (125 пов.)	
6 (2 пов.)	R20 (4 пов.)	90°±30°		
7-0,2	Ø12,6 (2 пов.)	120° (4 пов.)		
8 ⁻¹	Ø13 (2 пов.)			
11+0,2	Ø22H9			
13 ^{+0,2}	Ø25 (2 пов.)			
14+0,2 (4 пов.)	Ø30 ^{+0,2}			

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
14	Ø30			
15 (2 пов.)	R33			
16 (2 пов.)	Ø35			
17±0.2	Ø36H9			
18 ^{h12}	Ø44 ^{h15}			
20 (2 пов.)	Ø46 ^{h16}			
20±0.2	Ø46 ^{h11}			
22±0.2	Ø50 ^{h5}			
20 _{h5}	Ø50 ^{h16}			
33	Ø65H11			
36	Ø77			
37±0.1	R63 (2 пов.)			
44±0.3	Ø85H11			
45	Ø135H9 (2 пов.)			
45.6±0.2	Ø135H9 (2 пов.)			
52±0.3	Ø158 (2 пов.)			
56 (3 пов.)				
60±0.3				
60 ^{h16} (2 пов.)				
62				
62±0.3				
65 ^{h5}				
67				
70				
73 (2 пов.)				
74±0.3				
74±0.2				
84				
85±0.2				
86.5				
90				
92 _{h6}				
93±0.3 (2 пов.)				
94				
105±0.2				
110±0.1				
132				
135±0.3				

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
160±0.5				
169±0.5				
171				
486				
$\Sigma_{\text{нар.}} = 68$	$\Sigma_{\text{нар.}} = 41$	$\Sigma_{\text{нар.}} = 11$	$\Sigma_{\text{нар.}} = 134$	$\Sigma_{\text{нар.}} = 14$
$\Sigma_{\text{уноф.}} = 47$	$\Sigma_{\text{уноф.}} = 25$	$\Sigma_{\text{уноф.}} = 11$	$\Sigma_{\text{уноф.}} = 134$	$\Sigma_{\text{уноф.}} = 14$

$$K_{\text{т}} = \frac{47 + 25 + 11 + 134 + 14}{68 + 41 + 11 + 134 + 14} = 0,86 \text{ ,}$$

При $K_{\text{т}} \geq 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

- Коefіцієнт точності

$$K_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}} \text{ ;} \quad (2.2)$$

де $T_{\text{ср}}$ - середній квалітет точності розмірів;

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \text{ ,} \quad (2.3)$$

Тоді

$$T_{\text{ср}} = \frac{8 \cdot 3 + 9 \cdot 6 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 3 + 12 \cdot 6 + 13 \cdot 5 + 14 \cdot 110}{3 + 6 + 1 + 3 + 6 + 5 + 110}$$

$$K_{\text{т}} = 1 - \frac{1}{13,4} = 0,92 \text{ ,}$$

При $K_{\text{т}} \geq 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку коефіцієнта точності

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 (Ø6N8($\frac{0.012}{0.012}$) (2 пов.); Ø44 _{max})	3	8·3 = 24
9 (Ø22H9, Ø36H9, Ø130H9 (2 пов.), Ø135H9 (2 пов.))	6	9·6 = 54
10 (Ø46 ^{+0.1})	1	10·1 = 10
11 (Ø65H11, Ø85, 110±0.1)	3	11·3 = 33
12 (13 ^{+0.2} , 18 ^{+0.2} , 37±0.1, 50±0.1, 85±0.2, 105±0.2)	6	12·6 = 72
13 (45.6±0.2; 74±0.2; 92 _{max} ; 135±0.3; Ø30 ^{+0.1})	5	13·5 = 65
14 (решта розмірів)	42	14·42 = 588
Сума	66	846

- Коефіцієнт шореткості

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{ср}} \quad (2.4)$$

де $ш_{ср}$ – середня шореткість поверхонь;

$$ш_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{ш_i}}{n} \quad (2.5)$$

Таблиця 2.3 – Визначення коефіцієнта шореткості поверхонь

Шореткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8 (Ø6N8($\frac{0.012}{0.012}$) (2 пов.))	2	0,8·2 = 1,6
1,6 (Ø130H9 (2 пов.); Ø50±0.6)	3	1,6·3 = 4,8
3,2 (M12-6H (2 пов.); M10-6H; M8-6H (5 пов.); M6H6 (6 пов.); Ø6.3; Ø85H11; Ø135H9 (2 пов.))	18	3,2·18 = 57,6
6,3 (1 (2 пов.); 1.5; 1.6 (2 пов.); 7±0.2; 8 ^{H1} ; 18 ^{H12} ; 20; 60 ^{H6} (2 пов.); 92 _{max} ; 93±0.3 (2 пов.); Ø7 ^{H12} ;	24	6,3·24 = 151,2
Ø13 (2 пов.); Ø36H9; Ø44 _{max} ; Ø46 ^{+0.1} ; 120° (4 пов.))		
12,5 (Ø25 (2 пов.))	2	12,5·2 = 25
Сума	49	240,2

Тоді

$$Ш_{\text{оп}} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 18 + 6,3 \cdot 24 + 12,5 \cdot 2}{2 + 3 + 18 + 24 + 2} = 4,9;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,9} = 0,2.$$

При $K_{\text{ш}} < 0,32$ деталь відноситься до технологічних.

За параметрами точності деталь є технологічною. Враховуючи значення всіх обчислених коефіцієнтів можна зробити висновок, що деталь є технологічною.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

2.2.1 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [3]

$$K_{\text{зкр}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} \quad (2.6)$$

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

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

Для записаних в таблиці 2.4 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{\text{осн}}$.

Перехід 1 – Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно:

$$T_{\text{осн}1} = 6 \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 6 \cdot 171 \cdot 10^{-3} = 2,052 \text{ (хв.)}$$

Перехід 2 – Розточити 2 отвори 3 і 4 попередньо:

$$T_{\text{осн}2} = 0,2 \cdot d \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,2 \cdot 85 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,952 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3 – Розточити 2 отв. 3, 4 остаточно:

$$T_{\text{оч.3}} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,18 \cdot 85 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,857 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнта закріплення операції

№	Зміст технологічних операцій	$T_{\text{оч.к}}$ хв.	σ_k	$T_{\text{шт.к}}$ хв.	C_p	P	$h_{\text{шт.}}$	$h_{\text{шт.ф}}$	O	$K_{\text{шт.}}$
1	Фрезерувати пов. 1 і 2 багатократно	2,052	1,84	3,78	0,054	1	0,75	0,054	13,91	
2	Розточити 2 отв. 3 і 4 попередньо	0,952	3,25	3,09	0,044	1	0,75	0,044	16,97	
3	Розточити 2 отв. 3, 4 остаточно	0,857	3,25	2,78	0,04	1	0,75	0,04	18,56	
4	Фрезерувати торці 5 та 6	1,896	1,84	3,49	0,05	1	0,75	0,05	15,05	
5	Розточити 2 отв. 7 попередньо	0,41	3,25	1,33	0,019	1	0,75	0,019	39,45	
6	Розточити 2 отв. 7 попередньо	0,415	3,25	1,35	0,019	1	0,75	0,019	38,96	
7	Розточити 2 отв. 7 остаточно	0,37	3,25	1,22	0,017	1	0,75	0,017	43,16	
8	Розточити пов. 8 попередньо	0,775	3,25	2,52	0,036	1	0,75	0,036	20,85	
9	Розточити пов. 8 остаточно	0,726	3,25	2,36	0,034	1	0,75	0,034	22,26	
	Всього	8,453			21,92				229,48	25,5

Перехід 4 – Фрезерувати торці 5 та 6:

$$T_{\text{оч.4}} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 6 \cdot 158 \cdot 10^{-3} = 1,896 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5 – Розточити 2 отв. 7 попередньо:

$$T_{\text{оч.5}} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,2 \cdot 128 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,41 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6 – Розточити 2 отв. 7 попередньо:

$$T_{\text{оч. 6}} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,2 \cdot 129,6 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,415 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7 – Розточити 2 отв. 7 остаточно:

$$T_{\text{оч. 7}} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 0,18 \cdot 130 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,37 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8 – Розточити пов. 8 попередньо:

$$T_{\text{оч. 8}} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 34,6 \cdot 112 \cdot 10^{-3} = 0,775 \text{ (хв.)}$$

Перехід 9 – Розточити пов. 8 остаточно:

$$T_{\text{оч. 9}} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 36 \cdot 112 \cdot 10^{-3} = 0,726 \text{ (хв.)}$$

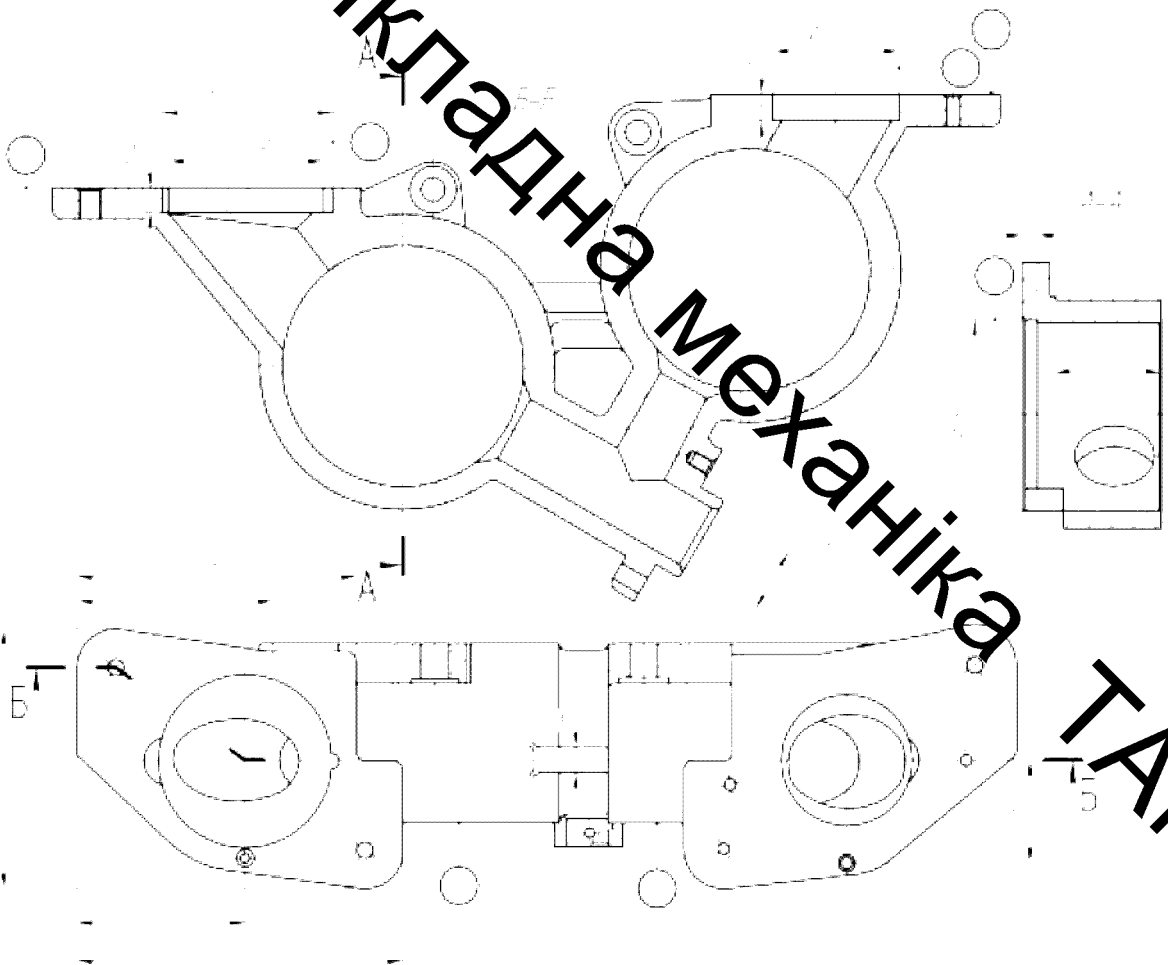


Рисунок 2.1 Характерні поверхні деталі

Згідно з рекомендаціями наближено визначено що тип виробництва — середньосерійний.

Визначено $T_{шт-к}$ [1, 3]:

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

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

ϕ — коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

Перехід 1 — Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно:

$$T_{шт-к1} = 2,052 \cdot 1,84 = 3,78 \text{ (хв.)}$$

Перехід 2 — Розточити 2 отв. 3 і 4 попередньо:

$$T_{шт-к2} = 0,952 \cdot 3,25 = 3,09 \text{ (хв.)}$$

Перехід 3 — Розточити 2 отв. 3, 4 остаточно:

$$T_{шт-к3} = 0,857 \cdot 3,25 = 2,78 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4 — Фрезерувати торці 5 та 6:

$$T_{шт-к4} = 1,896 \cdot 1,84 = 3,49 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5 — Розточити 2 отв. 7 попередньо:

$$T_{шт-к5} = 0,41 \cdot 3,25 = 1,33 \text{ (хв.)}$$

Перехід 6 — Розточити 2 отв. 7 попередньо:

ММКР
137
Прикладна механіка ТАМ

$$T_{шт-к6} = 0,415 \cdot 3,25 = 1,35 \text{ (хв.)}$$

Перехід 7 – Розточити 2 отв. 7 остаточно:

$$T_{шт-к7} = 0,37 \cdot 3,25 = 1,22 \text{ (хв.)}$$

Перехід 8 – Розточити пов. 8 попередньо:

$$T_{шт-к8} = 0,775 \cdot 3,25 = 2,52 \text{ (хв.)}$$

Перехід 9 – Розточити пов. 8 остаточно:

$$T_{шт-к9} = 0,726 \cdot 3,25 = 2,36 \text{ (хв.)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідну кількість верстатів визначено за формулою:

$$C_{шт} = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{об}} \quad (2.8)$$

де $N = 2500$ шт. – річна програма випуску деталей «Корпус СШ 18-001»;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год.);

$\eta_{об}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (за умов серійного виробництва $\eta_{об} = 0,75 \dots 0,85$).

Розраховуємо необхідну кількість верстатів:

$$C_{шт1} = \frac{2500 \cdot 3,78}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,053 \text{ (шт.);} \quad C_{шт6} = \frac{2500 \cdot 1,35}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,019 \text{ (шт.);}$$

$$C_{шт7} = \frac{2500 \cdot 3,19}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,044 \text{ (шт.);} \quad C_{шт8} = \frac{2500 \cdot 1,22}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,017 \text{ (шт.);}$$

$$C_{\text{вс}} = \frac{2500 \cdot 2,78}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,04 \text{ (шт.);} \quad C_{\text{вс}} = \frac{2500 \cdot 2,52}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,036 \text{ (шт.);}$$

$$C_{\text{вс}} = \frac{2500 \cdot 3,49}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,05 \text{ (шт.);} \quad C_{\text{вс}} = \frac{2500 \cdot 2,36}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,034 \text{ (шт.);}$$

$$C_{\text{вс}} = \frac{2500 \cdot 1,33}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,019 \text{ (шт.)}$$

Отриману розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого ціла і встановлено прийнятну кількість верстатів P_i :

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 \text{ верстат;} & P_2 &= 1 \text{ верстат;} & P_3 &= 1 \text{ верстат;} \\ P_4 &= 1 \text{ верстат;} & P_5 &= 1 \text{ верстат;} & P_6 &= 1 \text{ верстат;} \\ P_7 &= 1 \text{ верстат;} & P_8 &= 1 \text{ верстат;} & P_9 &= 1 \text{ верстат.} \end{aligned}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{факт}} = \dots \quad (2.9)$$

де $C_{\text{р}}$ – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{факт}1} = \frac{0,053}{1} = 0,053 ; \quad \eta_{\text{факт}2} = \frac{0,019}{1} = 0,019 ;$$

$$\eta_{\text{факт}3} = \frac{0,044}{1} = 0,044 ; \quad \eta_{\text{факт}4} = \frac{0,017}{1} = 0,017 ;$$

$$\eta_{\text{факт}5} = \frac{0,04}{1} = 0,04 ; \quad \eta_{\text{факт}6} = \frac{0,036}{1} = 0,036 ;$$

$$\eta_{\text{факт}7} = \frac{0,05}{1} = 0,05 ; \quad \eta_{\text{факт}8} = \frac{0,034}{1} = 0,034 ;$$

$$\eta_{\text{обл}} = \frac{0,019}{1} = 0,019 \text{ .}$$

Кількість операцій, які виконуються на i -у місці:

$$O_i = \frac{q_{\text{норм}}}{\eta_{\text{обл}}} \text{ .} \quad (2.10)$$

де $q_{\text{норм}}$ — нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{\text{обл}}$ — фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -й операції.

Розраховуємо кількість операцій:

$$O_1 = \frac{0,75}{0,05} = 13,91 \text{ ; } O_2 = \frac{0,75}{0,019} = 38,96 \text{ ;}$$

$$O_3 = \frac{0,75}{0,04} = 16,97 \text{ ; } O_4 = \frac{0,75}{0,017} = 43,16 \text{ ;}$$

$$O_5 = \frac{0,75}{0,04} = 18,56 \text{ ; } O_6 = \frac{0,75}{0,036} = 20,85 \text{ ;}$$

$$O_7 = \frac{0,75}{0,05} = 15,05 \text{ ; } O_8 = \frac{0,75}{0,034} = 22,26 \text{ ;}$$

$$O_9 = \frac{0,75}{0,019} = 39,45 \text{ ,}$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях ΣO_i :

$$\Sigma O_i = 13,91 + 16,97 + 18,56 + 15,05 + 39,45 + 38,96 + 43,16 + 20,85 + 22,26 = 229,48$$

Розраховано сумарну кількість прийнятих верстатів: $\Sigma P = 9$.

Встановлено коефіцієнт закріплення $K_{\text{кр}}$:

$$K_{\text{кр}} = 229,48 / 9 = 25,5.$$

Всі розрахункові дані занесено до таблиці 2.4.

Згідно з отриманим коефіцієнтом закріплення операції тип виробництва дрібносерійний.

2.2.2 Визначення форми виробництва

Потрібний добовий випуску виробів:

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

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_{\text{дв}} = \frac{2500}{254} = 9,84 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_{\text{дв}} = 10$ (шт.).

Розрахункова добова продуктивність цільниці:

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{T_{\text{шт.к.ср}} \cdot \eta_{\text{л}}} \text{ [шт.]}, \quad (2.12)$$

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

$F_{\text{дв}}$ – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\text{дв}} = 952$ (хв.));

$\eta_{\text{л}}$ – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_{\text{л}} = 0,6$).

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

де $T_{\text{шт.к.і}}$ – штучно-калькуляційний час виконання і-го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{\text{обл.}} = \frac{21,92}{9} = 2,44 \text{ (хв.)};$$

$$Q_{\text{д}} = \frac{952}{2,44 \cdot 0,6} = 650,27 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $Q_{\text{д}} = 651$ шт.

Оскільки $N_{\text{д}} < Q_{\text{д}}$, то вибрано групову форму організації роботи.

Кількість деталей у партії для одночасного запуску

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

де t – періодичність запуску деталей на обробку, у днях (3 дні).

$$n = \frac{N \cdot t}{254} = \frac{2800 \cdot 3}{254} = 29,53 \text{ (шт.)}$$

Прийнято $n = 30$ шт.

Визначаємо розрахункову кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях,

$$C_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{обл.}} \cdot n}{476 \cdot \eta_{\text{д}}}, \quad (2.15)$$

$$C_{\text{зм}} = \frac{2,44 \cdot 30}{476 \cdot 0,6} = 0,256 \text{ зм.}$$

Прийнято, що $C_{\text{зм пр}} = 1$ зміна.

Визначаємо кількість деталей в партії для одночасного запуску за прийнятою кількістю змін.

$$n_{\text{шт.}} = \frac{476 \cdot \eta_{\text{ср.}} \cdot C_{\text{шт.шт.}}}{T_{\text{шт.шт.}}} \text{ [шт.]}, \quad (2.16)$$

$$n_{\text{шт.}} = \frac{476 \cdot 0,6 \cdot 1}{2,44} = 117,05 \text{ (шт.)}$$

Прийнято, що $n_{\text{шт.}} = 118$ шт.

Отже, тип виробництва – дрібносерійний, форма організації роботи – групова, а розмір мінімальної партії виробів складає 118 шт.

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

2.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Оскільки матеріалом деталі є ливарний алюмінієвий сплав АК7, то як метод виготовлення заготовки вибрано лиття, через те, що матеріал має добрі ливарні властивості і дозволяє забезпечити за допомогою кресленням форму деталі.

Деталь має досить складну форму і досить великі розміри, що не дозволяє виготовляти її литтям в кокіль або литтям під тиском [5-7]. Найраціональнішими для серійного типу виробництва є лиття в оболонкові форми (дозволяє виготовити якісну зі значними габаритними розмірами заготовку) та в піщано-глинисті форми (дозволяє виготовити дешеву, складну, великих габаритних розмірів заготовку).

Отже, за основні можливі способи виготовлення заготовки виступає лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та лиття в оболонкові форми.

2.3.2 Розрахунок розмірів заготовки для обох способів її виготовлення

Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки

Таблиця 2.5 Норми точності заготовки для різних способах лиття

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми		Лиття в оболонковій форми	
	Згідно з ГОСТ 26645-85	Приінято	Згідно ГОСТ 26645-85	Приінято
Клас розмірної точності	9г-13	11	9г-13	11г
Ступінь жодоблення елементів виливка	8-11	10	8-11	9
Ступінь точності поверхні виливка	12-19	15	10-16	11
Шореткість поверхонь виливка, Ra (мкм)	50,0	50,0	20,0	20,0
Клас точності класу	7г-14	11	7г-14	11г
Ряд припусків	6-9	7	4-7	5

Під час вибору початкових даних бралися до уваги примітки до таблиць, де приведені рекомендації щодо призначення показників точності з урахуванням типу виробництва і складності заготовки. Оскільки виробництво дрібносерійне і виливок середньої складності, приймасмо середні наближені до точніших значень з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначено з урахуванням способів лиття, найбільший габаритний розмір виливка (486 мм), тип матеріалу – АК7П:

- при литті в піщано-глинисті форми: (9г-13) – 11;

- при литті в оболонковій форми: (9г-13) – 11г.

Ступінь жодоблення елементів виливка призначено згідно з відношенням найменшого розміру виливка до найбільшого. Найбільший розмір – 486 мм, найменший – 10 мм, отже, відношення – $10/486 = 0,0021$. Також введено термообробку:

при литті в піщано-глинисті форми: (8-11) – 10.

при литті в оболонковій форми: (8-11) – 9.

Ступінь точності поверхонь виливка призначено з урахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (486 мм) і матеріалу – АК7П:

при литті в піщано-глинисті форми: (12-19) – 15.

при литті в оболонковій форми: (10-16) – 11.

Шорсткість поверхонь виливка призначено з урахуванням прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

при литті в піщано-глинисті форми: 50 мкм.

при литті в оболонкові форми: 20 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка – від 1 до 10 кг і тип матеріалу АК7П:

при литті в піщано-глинисті форми: (7т-14) – 11.

при литті в оболонкові форми: (7т-14) – 11т.

Допуски приймаються таким же як і клас розмірної точності.

Ряд допусків призначено з урахуванням ступеня точності поверхні.

- при литті в піщано-глинисті форми: (6-9) – 7.

при литті в оболонкові форми: (4-7) – 5.

Вибір допусків

Згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

- допуск розмірів, враховуючи клас розмірної точності (лиття в піщано-глинисті форми – 11, лиття в оболонкові форми – 11т) і номінальний розмір на якій призначаємо допуск.

- допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття в піщано-глинисті форми – 10, лиття в оболонкові форми – 9) і номінальний розмір нормованої ділянки.

- допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (лиття в піщано-глинисті форми – 15, лиття в оболонкові форми – 11).

- допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (лиття в піщано-глинисті форми – 11, лиття в оболонкові форми – 11т) і номінальній масі виливка.

- допуск на зміщення по площині рознімання – для цього необхідно знати, де буде проходити площина рознімання.

Через складність заготовки передбачено дві лінії рознімання (рис. 2.2).

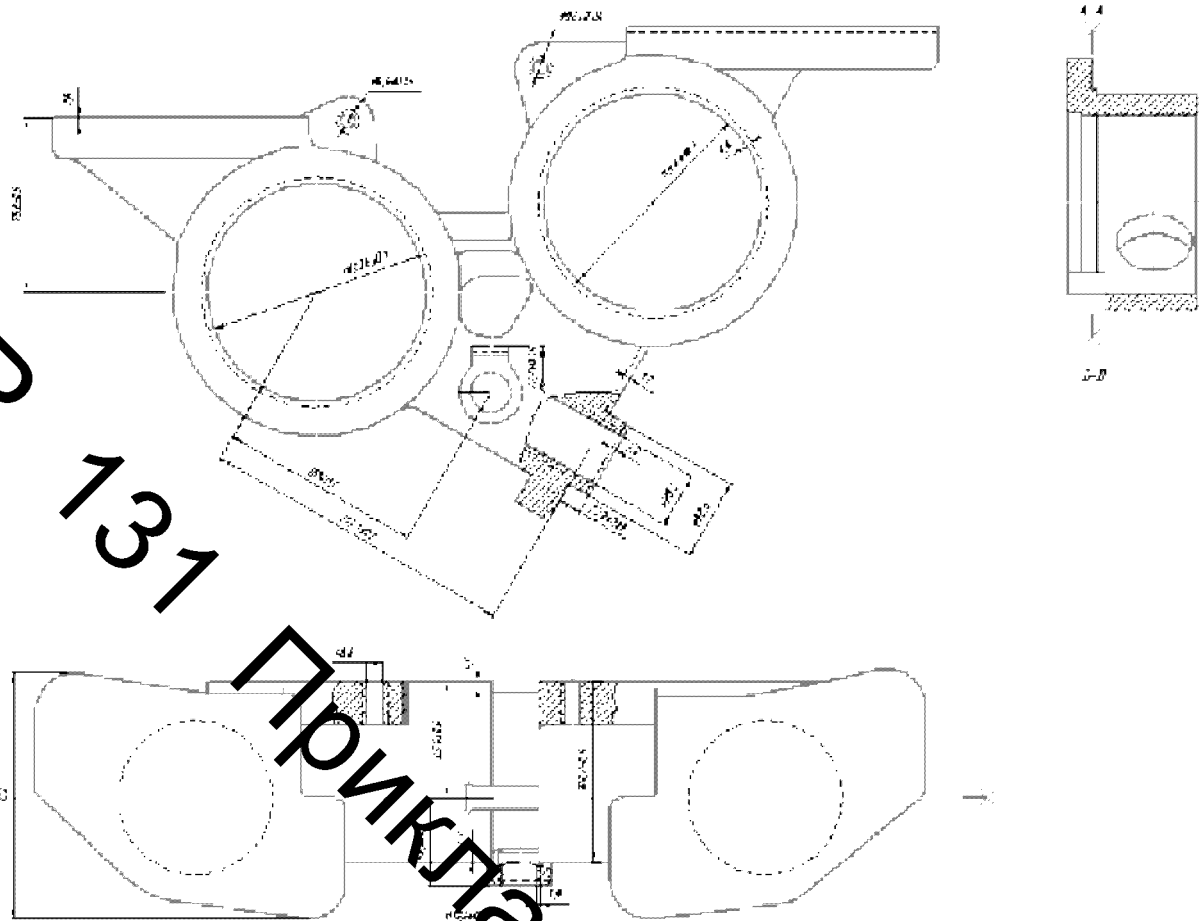


Рисунок 2.2 Конфігурація заготовки і лінії розміщення

Для лиття в оболонкові форми допуски на розміри будуть такі:

$\text{Ø}130^{+0,1}$ (найтонша стінка – 14 (мм)) буде 1,4;

$\text{Ø}22^{+0,052}$ (найтонша стінка – 6,5 (мм)) буде 1,2;

$\text{Ø}13$ (найтонша стінка – 7,5 (мм)) буде 1,2;

$\text{Ø}36^{+0,063}$ (найтонша стінка – 4 (мм)) буде 1,0.

Для лиття у піщано-глинясті форми допуски на розміри будуть такі:

$\text{Ø}130^{+0,1}$ (найтонша стінка – 14 (мм)) буде 1,8;

$\text{Ø}22^{+0,052}$ (найтонша стінка – 6,5 (мм)) буде 1,6;

$\text{Ø}13$ (найтонша стінка – 7,5 (мм)) буде 1,6;

$\text{Ø}36^{+0,063}$ (найтонша стінка – 4 (мм)) буде 1,2.

Загальний допуск призначено з урахуванням допуску розмірів і допуск форми й розміщення поверхні.

Вибір припусків

Мінімальний припуск призначено згідно з рядом припусків [6, 7]:

- при литті в піщано-глинисті форми (для ряду припусків 7) становить 0,8 мм;

- при литті в оболонкові форми (для ряду припусків 5) – 0,5 мм.

Кількість переходів механічної обробки встановлено в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваних поверхонь.

- по точності розмірів вибрано в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

Лиття в піщано-глинисті форми: для розміру $\varnothing 130H9(^{+0,1})$ допуск розмірів виливка 5,0 мм, допуск розмірів деталі 0,1 мм, співвідношення $0,1/5,0 = 0,02$, отже, 4 переходи (тонка обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 22^{-0,05}$ – $0,052/3,2 = 0,0162 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 13$ – $0,43/2,8 = 0,153 \rightarrow 1$ перехід (чорпова обробка);

$\varnothing 36^{-0,062}$ – $0,062/3,6 = 0,0172 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$\varnothing 44_{\pm 0,05}$ – $0,05/4,0 = 0,0125 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$14 \pm 0,2$ – $0,4/2,8 = 0,142 \rightarrow 2$ переходи (чорпова обробка);

$93 + 0,3$ – $0,6/4,4 = 0,136 \rightarrow 2$ переходи (чорпова обробка);

$60 \pm 0,3$ – $0,6/4,0 = 0,15 \rightarrow 2$ переходи (чорнова обробка);

$44 \pm 0,3$ – $0,6/4,0 = 0,15 \rightarrow 2$ переходи (чорнова обробка);

$169 + 0,5$ – $1,0/5,6 = 0,179 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$92_{\pm 0,6}$ – $0,6/4,4 = 0,136 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

$20_{\pm 0,4}$ – $0,4/3,2 = 0,125 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка).

Лиття в оболонкові форми: для розміру $\varnothing 130H9(^{+0,1})$ допуск розмірів виливка 4,0 мм, допуск розмірів деталі 0,1 мм, співвідношення $0,1/4,0 = 0,025$, отже, 3 переходи (чистова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$\varnothing 22^{+0,05}$ – $0,052/2,4 = 0,0216 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$\varnothing 13 \quad 0,43/2,2 = 0,195 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$\varnothing 36^{-0,062} \quad 0,062/2,8 = 0,022 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$\varnothing 44 \quad 0,05/3,2 = 0,0156 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

$14+0,2 \quad 0,4/3,2 = 0,125 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$93 \pm 0,3 \quad 0,6/3,6 = 0,167 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$60 \pm 0,3 - 0,6/3,2 = 0,188 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$44 \pm 0,3 \quad 0,6/3,2 = 0,188 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$169+0,3 \quad 1,0/4,4 = 0,227 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$92_{0,6} \quad 0,6/3,6 = 0,166 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка);

$20_{0,4} \quad 0,4/2,4 = 0,167 \rightarrow 1$ перехід (чорнова обробка).

По відхиленням форми, відносного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і вилівка:

- лиття в піщано-глинисті форми для розмірів

$\varnothing 130^{-0,1} \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline \square & \square & \square \\ \hline \end{array} \right) \quad 0,05/1,2 = 0,042 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

- лиття в оболонкові форми для розмірів

$\varnothing 130^{-0,1} \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline \square & \square & \square \\ \hline \end{array} \right) \quad 0,05/1,0 = 0,05 \rightarrow 2$ переходи (напівчистова обробка);

Загальний припуск призначено з урахуванням загального допуску вилівка. При литті в оболонкові форми для розміру $\varnothing 130$: загальний допуск 4,0 мм, чистова обробка, ряд припусків 5 \rightarrow загальний припуск становить 1,0 мм. Аналогічно вибрано і для інших розмірів.

Отримані дані представлені у таблиці 2.6 та 2.7.

Таблиця 2.6 Лиття в піщано-глинисті форми

Розміри	Ø130H9(^{+0,05})	Ø22H9(^{+0,05})	Ø13	Ø36H9(^{+0,06})	Ø44 _{h0,05}	14±0,2	93±0,3	60±0,3	44±0,3	169±0,5	92 _{±0,6}	20 _{±0,4}
Допуски розмірів	5,0	3,2	2,8	3,6	4,0	2,8	4,4	4,0	4,0	5,6	4,4	3,2
Допуск форми/розміщення	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0
Допуск на зміщення по площині роз'єднання форми	-	-	-	-	-	2,8	2,8	-	-	2,8	-	2,8
Зміщення через перехід/переріж	1,8	1,6	1,6	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Допуск маси	16%											
Допуск нерівностей	1,2											
Загальний допуск	5,6	3,6	3,6	4,4	4,0	5,0	6,4	4,0	4,0	8,0	5,0	5,0
Мінімальний припуск складає 0,8 мм												
за точністю розмірів	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1	2	2
за відхиленням форми	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Прийнята кількість переходів	4	4	1	4	4	2	2	2	1	1	2	2
Загальний припуск	6,7	4,9	2,9	5,6	5,4	4,9	5,8	4,4	6,9	4,8	4,9	4,9
Розміри заготовки	116,6	12,2	7,2	24,8	54,8	14,5	98,8	64,4	54,9	173,8	101,8	24,9

Таблиця 2.7 – Лиття в оболонковій формі

Розміри	Ø130H9(±0,1)	Ø22H9(±0,05)	Ø13	Ø36H9(±0,05)	Ø85H11	Ø65H11	Ø44 _{0,05}	14±0,2	93±0,3	60±0,3	44±0,3	169±0,5	92 _{0,6}	20 _{0,1}
Допуски розмірів	4.0	2.4	2.2	2.8	3.6	3.6	3.2	2.2	3.6	3.2	3.2	4.4	3.6	2.4
Допуск форми, розміщення	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2	0.8	0.8
Допуск на зміщення по площині роз'єднання форми	-	-	-	-	-	-	-	2.2	2.2	-	-	2.2	-	2.2
Зміщення через перекіс стержня	1.4	1.2	1.2	1.0										
Допуск маси							16%							
Допуск нерівностей							0.5							
Загальний допуск	4.4	2.8	2.8	3.2	5.0	3.2	3.2	4.0	5.0	3.2	3.2	5.6	4.0	4.0
Мінімальний припуск складає 0,5 мм														
за точністю розмірів	1	1	1	3	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1
за відхиленням форми	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Прийнята кількість переходів	3	3	1	3	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1
Загальний припуск	4.9	3.5	2.2	3.9	5.8	2.4	4.3	2.8	5.8	2.4	2.4	3.6	2.8	2.8
Розміри заготовки	120.2	15	8.6	28.2	88.6	88.6	52.6	13.5	98.8	63.2	46.4	172.6	97.6	22.8

Загальний припуск призначено з врахуванням загальний допуск виливка, від кінцевої обробки і ряду припуску.

Розрахунок розмірів заготовки. При розрахунку внутрішніх (зовнішніх) діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск додається і віднімається (додається) від (до) розміру готової деталі:

При визначенні лінійних розмірів потрібно виявити як формується розмір заготовки:

- якщо розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються і являються охоплюваними, то припуски складаються і додаються до розміру готової деталі;

- якщо лінійній поверхню зв'язує два розміри, то береться до уваги більше значення припуску.

Дані розрахунків представлені в таблиці 2.8, 2.9.

Таблиця 2.8 Розрахунок розмірів заготовки для лиття у піщано-глинисті форми

Розрахунок розмірів заготовки				
Ø130/19	130-2·6,7 = Ø116,6	92	92+2·4,9 = 101,8	
Ø22/19	22-2·4,9 = Ø12,2	93	93+5,8 = 98,8	
Ø13	13-2·2,9 = Ø7,2	60	60+4,4 = 64,4	
Ø36	36-2·5,6 = Ø24,8	44	44+6,9 = 50,9	
Ø44	44+2·5,4 = Ø54,8	20	20+4,9 = 24,9	
169	169+4,8 = 173,8	14	14·4,4+4,9 = 14,5	

Таблиця 2.9 Розрахунок розмірів заготовки для лиття в оболонковій формі

Розрахунок розмірів заготовки				
Ø130/19	130-2·4,9 = Ø120,2	169	169+3,6 = 172,6	
Ø22/19	22-2·3,5 = Ø15	92	92-2·2,8 = 97,6	
Ø13	13-2,2 = Ø8,6	93	93+5,8 = 98,8	
Ø36	36-2·3,9 = Ø28,2	60	60+4,1 = 64,1	
Ø44	44+2·4,3 = Ø52,6	44	44+2,4 = 46,2	
Ø85/11	85·3,6 = Ø88,6	20	20+2,8 = 22,8	
Ø65/11	65·3,6 = Ø68,6	14	14·3,3+2,8 = 13,5	

Вибір конструктивних елементів заготовки

Мінімальна товщина стінок залежить від габаритних розмірів заготовки.

Зведений габаритний розмір складає

$$N = \frac{(l + b + h) \cdot (186 + 132 + 260)}{3} = 292 \text{ (мм)} = 0,292 \text{ (м)}$$

де l, b, h – габаритні розміри, м.

Товщину стінок можна визначити за графіком, або згідно довідникових таблиць $S_{\min} = 3-4$ мм. В даному випадку немає товщини стінки, яка є меншою за мінімально допустиму.

Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень згідно з рекомендаціями [6] вибрано в залежності від співвідношення $(S + S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Радіуси заокруглень в суміжних поверхнях заготовки в залежності від матеріалу, товщини стінок і кута між ними $\alpha = 90^\circ$ вибрано з таблиць [6] ($R = 4...6$ мм).

Нахили

Нахили встановлені ГОСТ 3212-80. Для нашої заготовки висота стінок $S_{\min} = 25$ (мм), $\alpha = 0^\circ-45^\circ$. Нахили місцевих платиків, бобишок прийняті $30-45^\circ$.

2.3.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Згідно із спроектованими ескізами заготовок, розроблено 3D-моделі заготовок, що показані на рис. 2.3 і рис. 2.4.

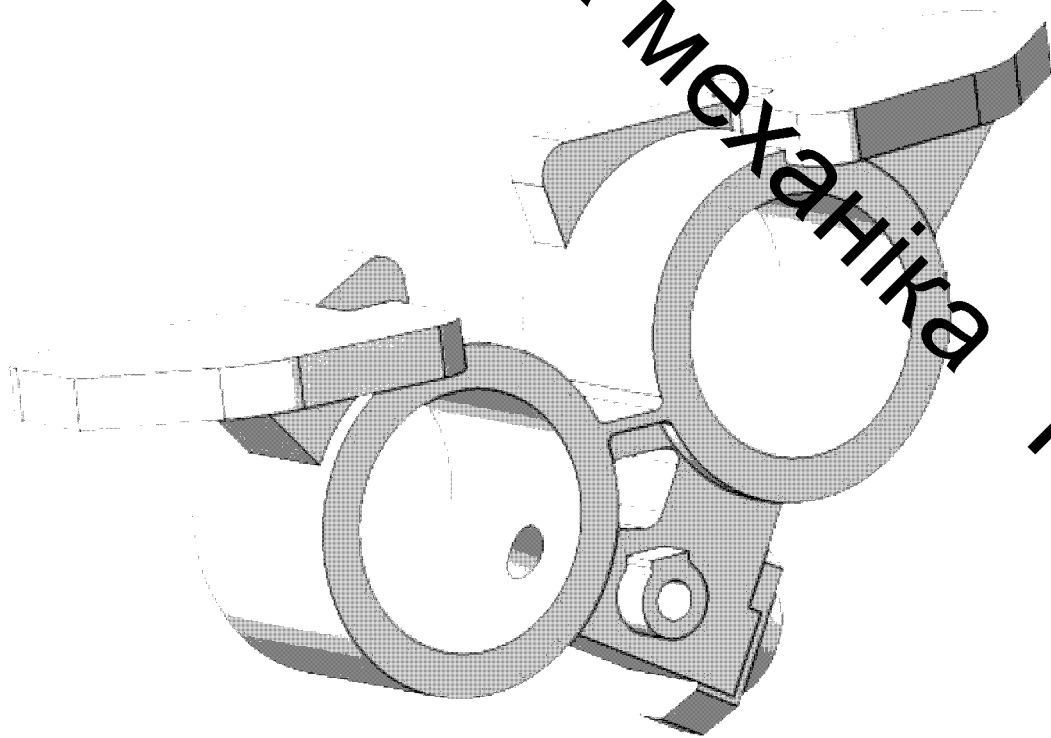


Рисунок 2.3 – 3D-модель заготовки, виготовленої литтям в піщано-глинисті форми

МКР

131

Прикладна механіка ТАМ

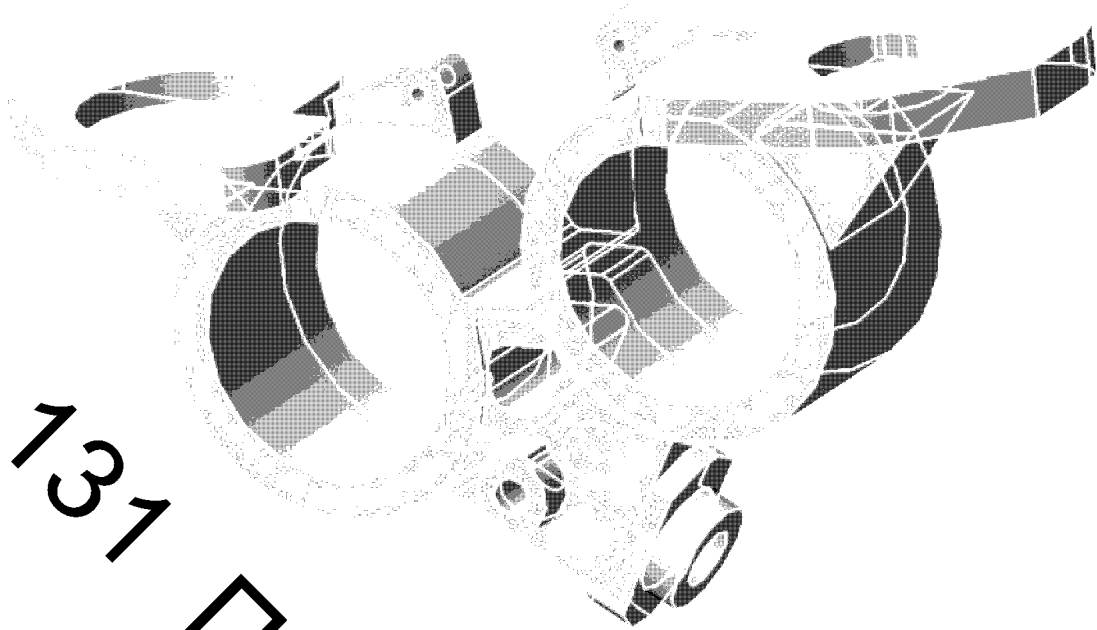


Рисунок 2.4 3D модель заготовки, виготовленої литтям в оболонковій формі

2.3.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів виготовлення заготовки

Коефіцієнт точності маси заготовки:

$$\gamma = \frac{a_{дет}}{a_{дет+л}} \quad (2.17)$$

де $a_{дет}$ – маса деталі; $a_{дет+л}$ – маса заготовки.

Для розрахунку маси і коефіцієнтів точності маси для обох варіантів виготовлення заготовки використано комп'ютерну програму:

Інформація	
Ім'я файлу:	...
Мета:	...
Деталь:	...
Деталь:	...
Склад:	...
Матеріал:	...
Діаметр:	...
Маса:	...
Деталь:	...

Рисунок 2.5 Масо-центрувальні характеристики заготовки виготовленої литтям в піддано-глинисті форми

Коефіцієнт точності маси заготовки при литті в піщано-глинисті форми:

$$\gamma_1 = \frac{5,6}{9,115} = 0,61 \%$$

Інформація	
Файл	Болондор
Деталь	
Площа	S = 149752,432118 мм ²
Об'єм	V = 2502942,277077 мм ³
Матеріал	АК7ЛШ ГОСТ 1583 ВС
Щільність матеріалу	ρ = 70,122750 г/см ³
Маса	m = 176360,8333 г
Центр маси	Xc = 102,197496 мм Yc = 10,964290 мм Zc = -10,045000 мм

Рисунок 2.6 – Маса-центр гравітаційні характеристики заготовки виготовленої литтям в оболонковій формі

Коефіцієнт точності маси заготовки при литті в оболонковій формі

$$\gamma_2 = \frac{2,1}{7,98} = 0,67 \%$$

2.3.5 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначасмо за формулою [6]:

$$C_{\text{загот}} = \frac{Q_{\text{загот}}}{10000} \cdot C_{\text{баз}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}} \cdot \left(\frac{Q_{\text{загот}}}{10000} - \frac{Q_{\text{загот}}}{10000} \right) \cdot C_{\text{загот}} \text{ (грн.)}, \quad (2.18)$$

де $C_{\text{баз}}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн., враховуючи спосіб виготовлення литої заготовки;

$K_{\text{Т}}$, $K_{\text{М}}$, $K_{\text{С}}$, $K_{\text{В}}$, $K_{\text{П}}$ – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, матеріал заготовки, групу складності заготовки, масу заготовки та коефіцієнт, що за-

лежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок;

$C_{в.л.к}$ – вартість 1 т відходів, для алюмінію $C_{в.л.к} = 65000$ грн.

Таблиця 2.10 – Вартість литої заготовки

Коефіцієнти	Лиття в піщано-глинисті форми	Лиття в оболонкові форми
C_K	26600	35340
K_T	1,05	1,0
K_M	5,94	4,23
K_C	1,0	1,0
K_B	0,96	0,86
K_{II}	1,0	1,06

Лиття в піщано-глинисті форми:

$$C_{загот} = \frac{9,115}{1000} \cdot 26600 \cdot 1,05 \cdot 5,94 \cdot 1,0 \cdot 0,96 \cdot 1,0 + \frac{(9,115 - 5,6)}{1000} \cdot 65000 = 1428,9 \text{ (грн.)}$$

Лиття в оболонкові форми:

$$C_{загот} = \frac{7,983}{1000} \cdot 35340 \cdot 1,0 \cdot 4,23 \cdot 1,0 \cdot 0,86 \cdot 1,06 + \frac{(7,983 - 5,6)}{1000} \cdot 65000 = 1072,41 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при використанні лиття в оболонкові форми:

$$E = (1428,9 - 1072,41) \cdot 2500 = 891225 \text{ (грн.)}$$

В результаті розрахунків встановлено, що коефіцієнт точності маси заготовки для лиття в оболонкові форми більший, ніж для лиття в піщано-глинисті форми (маса стружки при литті в піщано-глинисті форми буде більша ніж при литті в оболонкові форми), вартість заготовки при литті в піщано-глинисті форму більше вартості заготовки при литті в оболонкові форми.

Виходячи з вище сказаного остаточно вибрано як спосіб виготовлення заготовки – лиття в оболонкові форми.

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

Кількість переходів, які необхідно виконати для досягнення заданої точності діаметральних розмірів визначено за загальним уточненням

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{зад}}}{T_{\text{поч}}} = \frac{T_1}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \quad (2.19)$$

де ε_i – окремі ступені уточнення. Для першого переходу чорнкової обробки $\varepsilon_{\text{чор}} < 6$; для переходів напівчистої обробки $\varepsilon_{\text{напч}} = 3 \dots 4$; для чистої обробки (ІТ 8 – ІТ 10) $\varepsilon_{\text{чист}} = 2 \dots 2,5$; для фінішної обробки (ІТ 5 – ІТ 7) $\varepsilon_{\text{фініш}} = 1,5 \dots 2$.

Розглянуто вибір способів механічної обробки для поверхонь з підвищеними вимогами точності, а саме для отворів: $\phi 130/H9^{+0,1}$, $\phi 22/H9^{+0,052}$, $\phi 85/H11^{+0,22}$, $\phi 65/H11^{+0,19}$.

Отвір $\phi 130/H9^{+0,1}$.

Допуск заготовки $T_3 = 4000$ мкм;

Допуск деталі $T_1 = 0,1$ мкм.

Загальне уточнення

$$\varepsilon = \frac{4000}{0,1} = 40.$$

Отже, можна проводити обробку за три або чотири переходи. Відповідно до рекомендацій приймемо такі ступені уточнення по переходах механічної обробки: $\varepsilon_1 = 5$; $\varepsilon_2 = 4$; $\varepsilon_3 = 2$.

Розподіл уточнення $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5 \cdot 4 \cdot 2 = 40$.

Допуск розміру деталі

- після першого переходу

$$T_2 = \frac{T_{\text{зад}}}{\varepsilon_1} = \frac{0,1}{5} = 0,02 \text{ (мкм)} \rightarrow \text{ІТ 16};$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{T_{\text{зад}}}{\varepsilon_2} = \frac{800}{4} = 200(\text{мкм}) \rightarrow (\text{IT}12),$$

- після третього переходу:

$$T_3 = \frac{T_{\text{зад}}}{\varepsilon_3} = \frac{200}{2} = 100(\text{мкм}) \rightarrow (\text{IT}9).$$

Водячи з виконаних розрахунків призначено способи обробки:

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

Результати розрахунків та вибір способів обробки для інших поверхонь показано у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Кількість переходів та способи обробки поверхонь

Поверхня, розмір	Загальне уточнення	Розподіл уточнень	Квалітети по переходах	Способи обробки
1	2	3	4	5
Ø130H9(+0,01)	$\varepsilon_3 = \frac{4000}{100} = 40$	$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 6 \cdot 5 \cdot 1,67 = 50,1$	IT 16 IT 12 IT 9	Розточ. чорнове Розточ. чистове Розточ. тонке
Ø22H9(+0,052)	$\varepsilon_2 = \frac{2400}{52} = 46,15$	$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 6 \cdot 5 \cdot 1,54 = 46,2$	IT 14 IT 10 IT 9	Розточ. чорнове Розточ. чистове Розточ. тонке
Ø85H11(+0,22)	$\varepsilon_3 = \frac{3600}{220} = 16,36$	$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5 \cdot 3 \cdot 1,2 = 18$	IT 16 IT 13 IT 11	Розточ. чорнове Розточ. чистове Розточ. тонке
Ø65H11(+0,09)	$\varepsilon_2 = \frac{3600}{190} = 18,95$	$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5 \cdot 3 \cdot 1,2 = 18$	IT 16 IT 13 IT 11	Розточ. чорнове Розточ. чистове Розточ. тонке
Ø36H9(+0,062)	$\varepsilon_3 = \frac{2800}{62} = 45,16$	$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 6 \cdot 5 \cdot 1,5 = 45$	IT 14 IT 10 IT 9	Розточ. чорнове Розточ. чистове Розточ. тонке Розточ. фаску

2.5 Вибір технологічних баз

2.5.1 Вибір чистових технологічних баз

Схема базування на операція 010 і 015 показана на рис. 2.7. За чистові технологічні бази використано площини 1 і 2 (установна база) і два точних отвори $\phi 6H8$ (подвійна опорна і опорна бази). Встановлення заготовки на обох операціях здійснюється на чотирьох опорних пластинах і два пальні (круглий і зрізаний). Поверхні чистових баз готуються на першій операції (005).

Оскільки на операціях 010 і 015 використовується один і той же комплект баз, то таке рішення забезпечує дотримання принципу постійності баз і, таким чином мінімізує похибку базування на лінійні розміри і вимоги відносного розташування стосовно поверхонь, які утворюються обробкою на цих операціях.

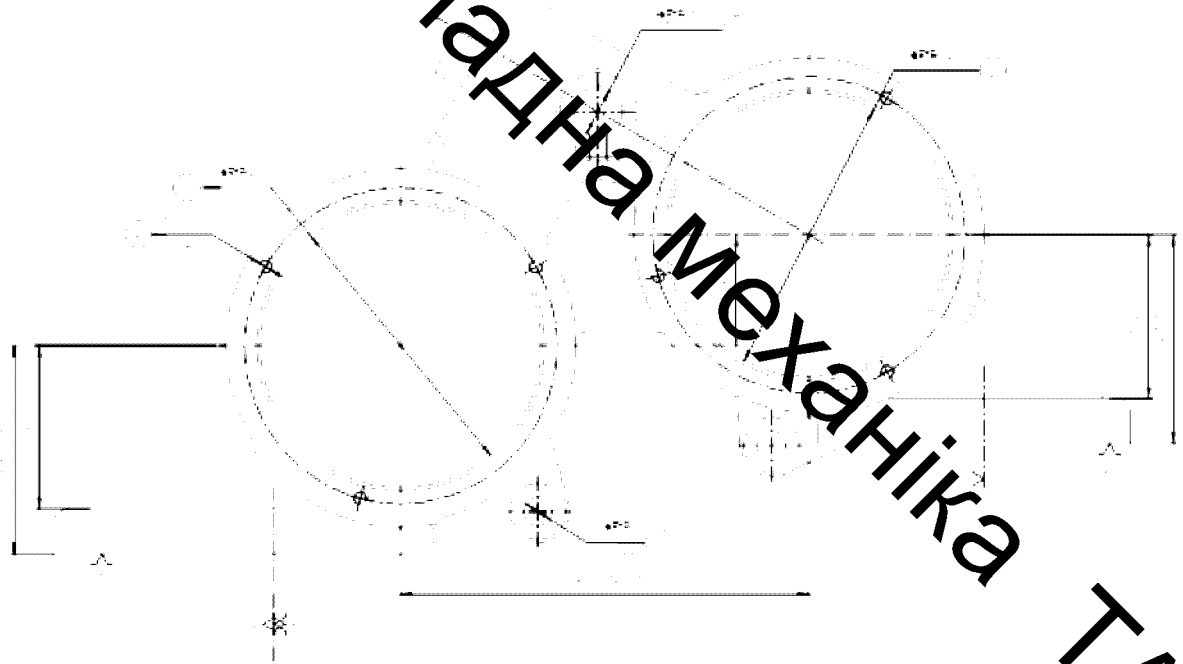


Рисунок 2.7 Чистові технологічні бази (операції 010 і 015)

2.5.2 Вибір чорнових технологічних баз

На першій операції (005) вихідна заготовка базується на необроблених поверхнях 4, 5 і 6 (рис. 2.18).

Згідно із схемою базування, під час вибору технологічних баз для першої операції розв'язана задача забезпечення необхідної точності розмірів, які пов'язують оброблені поверхні з необробленими, а саме розмірів: а саме розмірів 80.5 ± 0.11 мм та $20_{-0.52}$ мм (рис. 2.8).

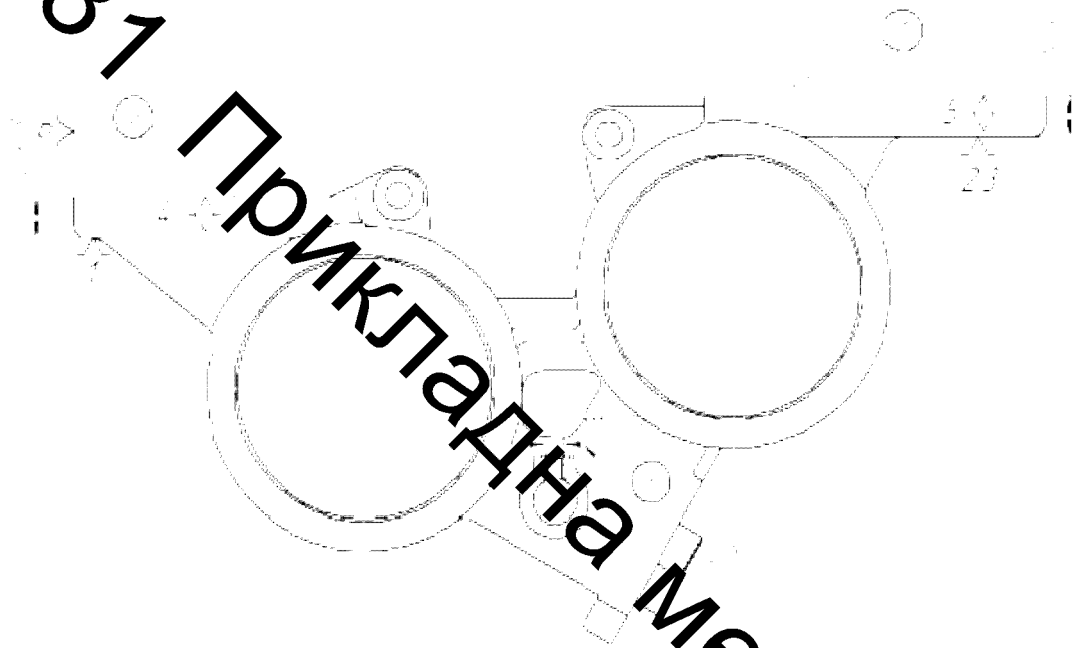



Рисунок 2.8 Чорнові технологічні бази (операція 005)

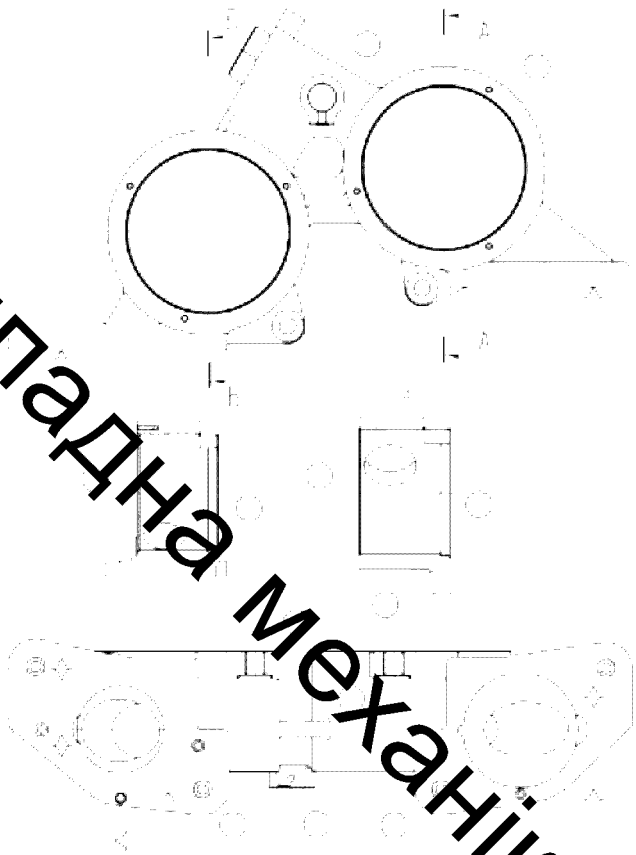
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу

Варіанти удосконаленого маршруту обробки показані у таблицях 2.12 і 2.13.

Таблиця 2.12 – Маршрут механічної обробки (варіант 1)

№ оп.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Тип і модель обладнання
1	2	3	4
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати пов. 1 і 2, двократно. 3. Фрезерувати пов. 3 однократно. 4. Розточити 2 отв. 8 і 9 попередньо. 5. Розточити 2 отв. 8 і 9 остаточно. 6. Центрувати 4 отв. 4, отв. 5, 2 отв. 6 і 2 отв. 7. 7. Свердлити 4 отв. 4 під різь. 8. Нарізати різь в 4 отв. 4. 9. Свердлити отв. 5 під різь. 10. Нарізати різь в отв. 5. 11. Розвернути 2 отв. 6. 12. Свердлити 2 отв. 7 під різь. 13. Нарізати різь в 2 отв. 7. 14. Зняти заготовку. 		<p>Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3 (магазин на 14 інструментів)</p>

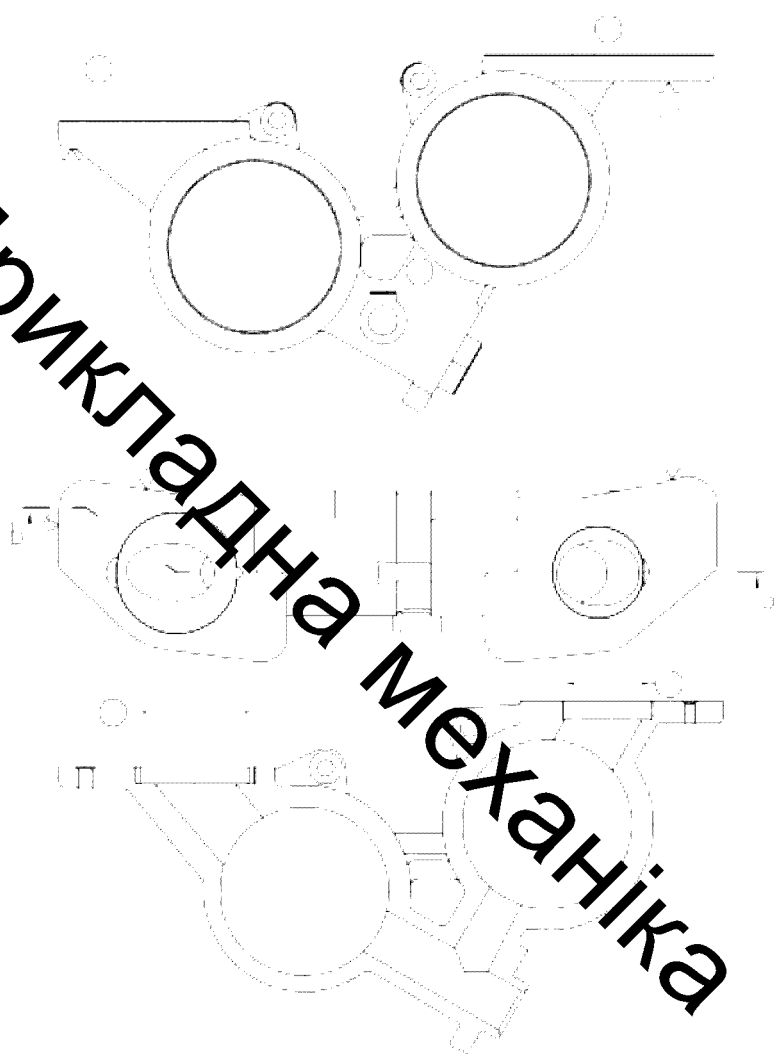
Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площини 1 і 3 однократно. 3. Фрезерувати бабілку однократно. 4. Розточити 2 отв. 6 і 7 попередньо. 5. Розточити 2 отв. 6 і 7 попередньо. 6. Розточити 2 отв. 6 і 7 остаточно. 7. Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо. 8. Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо. 9. Розточити 2 отв. 4 і 5 остаточно. 10. Розточити отв. 8 попередньо. 11. Розточити отв. 8 попередньо. 12. Розточити отв. 8 остаточно. 13. Центрувати 2 отв. 9, 2 отв. 12, 6 отв. 10. 14. Свердлини 2 отв. 9. 15. Свердлини 6 отв. 10 під різь. 16. Нарізати різь в 6 отв. 10. 17. Фрезерувати пов. 11 однократно. 18. Зняти заготовку. 		<p>Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3 (з поворотним столом)</p>

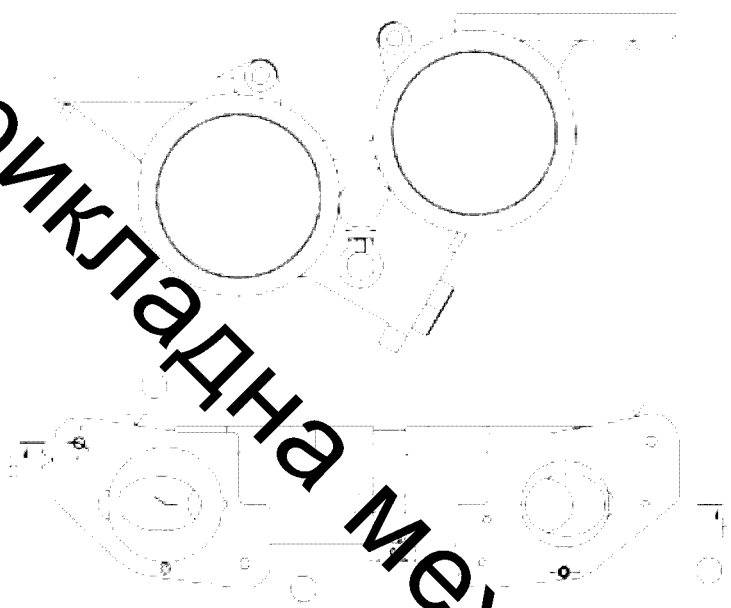
Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4
015	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площини 1 і 2 однократно. 3. Розточити отв. 3 поперечно. 4. Розточити отв. 3 поєєдьно. 5. Розточити отв. 3 остаточно. 6. Розточити фаску 4 однократно. 7. Центрувати 2 отв. 5 і 6. 8. Свердлити отв. 5. 9. Свердлити отв. 6. 10. Нарізати різь в отв. 5. 11. Зняти деталь. 		<p>Багатоцільовий з ЧПК ЛТ260МФ3</p>
020	Контрольна		

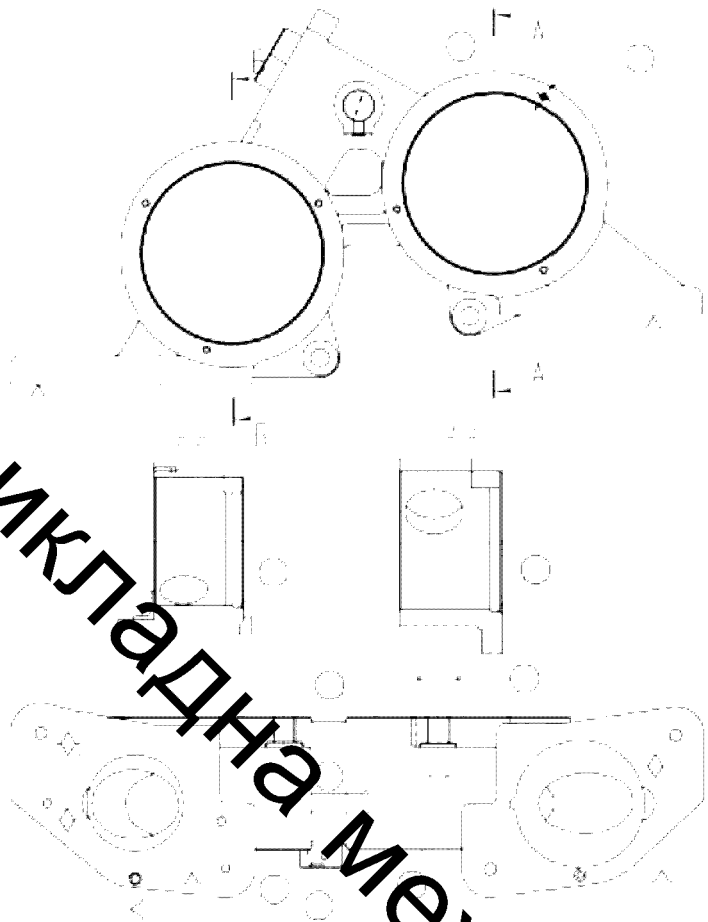
Таблиця 2.13 – Маршрут механічної обробки деталі (варіант 2)

№ оп.	Назва операції, зміст переходів	Ескіз обробки, схема базування	Тип і модель обладнання
1	2	3	4
005	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закрити. 2. Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно. 3. Фрезерувати пов. 3 однократно. 4. Розточити 2 отв. 8 і 9 попередньо. 5. Розточити 2 отв. 8 і 9 остаточно. 6. Зняти заготовку. 		<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3</p>

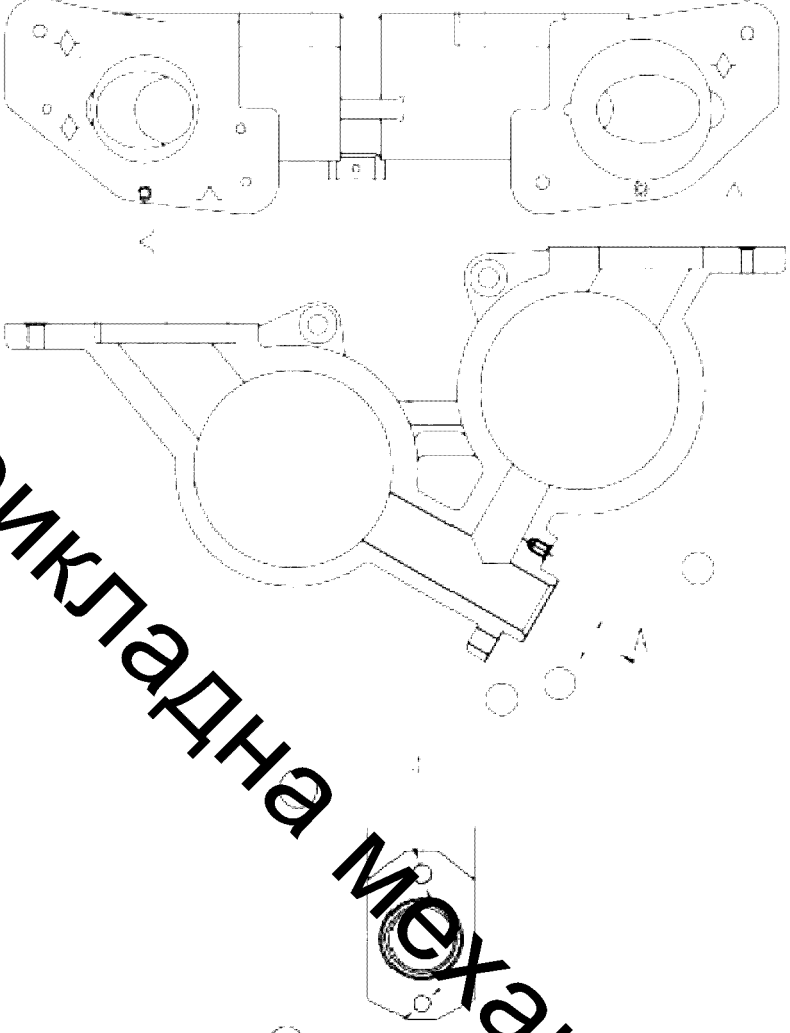
Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
010	<p>Вертикально-свердильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Центрувати 4 отв. 4, отв. 5, 2 отв. 6 і 2 отв. 7. 3. Свердлити 4 отв. 4 під різь. 4. Нарізати різь 4 отв. 4. 5. Свердлити отв. 5 під різь. 6. Нарізати різь в отв. 5. 7. Розвернути 2 отв. 6. 8. Свердлити 2 отв. 7 під різь. 9. Нарізати різь в 2 отв. 7. 10. Розточити отв. 8 попередньо. 11. Розточити отв. 8 попередньо. 12. Розточити отв. 8 остаточ-но. 13. Зняти заго-товку. 		Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
015	<p>015 Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно. 3. Розточити отв. 3 поперечно. 4. Розточити отв. 3 поперечно. 5. Розточити отв. 3 остаточно. 6. Розточити фаску 4 однократно. 7. Центрувати 2 отв. 5 і 6. 8. Свердлити отв. 5. 9. Свердлити отв. 6 під різь. 10. Нарізати різь в отв. 5. 11. Зняти заготовку. 		<p>Багатоцільовий IP500ПМФ4</p>

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
020	<p>015 Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно. 3. Розточити отв. 3 попередньо. 4. Розточити отв. 3 попередньо. 5. Розточити отв. 3 остаточно. 6. Розточити фаску 4 однократно. 7. Центрувати 2 отв. 5 і 6. 8. Свердлити отв. 5. 9. Свердлити отв. 6 під різь. 10. Нарізати різь в отв. 5. 11. Зняти деталь. 		Багатоцільовий PR500ПМФ4
025	Контрольна		

МКР

737

Прикладна механіка ТАМ

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

З використанням наближених формул [4] виконаємо технічне порівняння операцій, що відрізняються. Такими є операція 015 першого варіанту маршруту обробки та операції 015, 025 другого варіанту маршруту. Усі інші операції однакові.

Технологічна собівартість механічної обробки розраховано за формулою [3, 4]:

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{вер}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot k_{\text{в}}} \quad [\text{грн.}], \quad (2.20)$$

де $C_{\text{пр}}$ – приведені витрати роботи верстата, грн./год.; $T_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час обробки; $k_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм, який звичайно приймається рівним 1,3.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} \cdot \phi_{\text{н}} \quad [\text{хв.}],$$

де $t_{\text{осн}}$ – основний час виконання обробки; $\phi_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що визначається типом обладнання.

Для наближених розрахунків можна користуватися узагальненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад на свердління отвору визначається за формулою:

$$t_{\text{осн}} = 6,0 \cdot l,$$

Так, наприклад, при виконанні першого переходу першого варіанту маршруту механічної обробки, де обробляється торць:

$$T_{\text{оп}} = 2 \cdot 6,0 \cdot 171 \cdot 10^{-3} = 2,052 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 2.14-2.15.

І відповідно штучно-калькуляційний час для операції для даного переходу механічної обробки складатиме:

$$T_{\text{шт}} = 2,052 \cdot 1,65 = 3,39 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно визначається штучно-калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиць 2.16.

Таблиця 2.14 Основний час маршруту механічної обробки (варіант 1)

Назва операції, переходу	Формула	Основний час на виконання переходу $T_{\text{оп}}$, 10^3 хв.	
		Розрахункові параметри	Результат
1	2	3	4
005 Багажниця			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6,0 \cdot l$	$2 \cdot 6 \cdot 171$	2,052
Фрезерувати пов. 3 однократно	$6,0 \cdot l$	$6 \cdot 20,0$	0,120
Розточити 2 отв. 8 і 9 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,20 \cdot 85 \cdot 14$	0,952
Розточити 2 отв. 8 і 9 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,18 \cdot 85 \cdot 14$	0,857
Центрувати 4 отв. 4, отв. 5, 2 отв. 6 і 2 отв. 7	$0,52 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 6$ $2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 6$ $2 \cdot 0,52 \cdot 7 \cdot 6$ $2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 10$	0,17
Свердлити 4 отв. 4 під різь	$0,52 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,52 \cdot 10,2 \cdot 20$	0,424
Нарізати різь 4 отв. 4	$0,40 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,4 \cdot 12 \cdot 20$	0,384
Свердлити отв. 5 під різь	$0,52 \cdot d \cdot l$	$0,52 \cdot 8,4 \cdot 9$	0,039
Нарізати різь в отв. 5	$0,40 \cdot d \cdot l$	$0,40 \cdot 10 \cdot 9$	0,036
Розвернути 2 отв. 6	$0,27 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,27 \cdot 6 \cdot 20$	0,065
Свердлити 2 отв. 7 під різь	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 6 \cdot 20$	0,125
Нарізати різь в 2 отв. 7	$0,40 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,40 \cdot 8 \cdot 20$	0,128
Усього			5,691

Продовження таблиці 2.14

Назва операції, переходу	Основний час на виконання переходу T_{op} , 10^3 хв.		
	Формула	Розрахункові параметри	Результат
1	2	3	4
010 Багатоцільова			
Фрезерувати пов. 1 та 3 однократно	$6,0 \cdot l$	$2 \cdot 6 \cdot 158$	1,896
Фрезерувати бабішку 2 однократно	$6,0 \cdot l$	$6 \cdot 37,5$	0,225
Розточити 2 отв. 6 і 7 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,20 \cdot 128 \cdot 8$	0,410
Розточити 2 отв. 6 та 7 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,20 \cdot 129,6 \cdot 8$	0,415
Розточити 2 отв. 6 і 7 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,18 \cdot 130 \cdot 8$	0,749
Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,20 \cdot 134 \cdot 8$	0,858
Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,20 \cdot 134,6 \cdot 8$	0,861
Розточити отв. 4 і 5 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0,18 \cdot 135 \cdot 8$	0,778
Розточити отв. 8 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 21 \cdot 8$	0,034
Розточити отв. 8 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 21,6 \cdot 8$	0,035
Розточити отв. 8 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$0,18 \cdot 22 \cdot 8$	0,032
Центрувати 2 отв. 9, 2 отв. 12, 6 отв. 10.	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 18$	0,075
Свердлити 2 отв. 9	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 18$	0,243
Свердлити 6 отв. 10 під різь	$0,52 \cdot d \cdot l$	$6 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 22$	0,275
Нарізати різь в 6 отв. 10	$0,40 \cdot d \cdot l$	$6 \cdot 0,40 \cdot 6 \cdot 20$	0,288
Фрезерувати пов. 11 однократно	$6,0 \cdot l$	$6 \cdot 316$	1,896
Усього			9,28
015 Багатоцільова			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6,0 \cdot l$	$2 \cdot 6 \cdot 146$	1,752
Розточити отв. 3 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$0,18 \cdot 36 \cdot 112$	0,725
Розточити фаску 4 однократно	$0,21 \cdot d \cdot l$	$0,21 \cdot 37 \cdot 112$	0,870
Центрувати 2 отв. 5 і 6	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 6$	0,925
Свердлити отв. 5	$0,52 \cdot d \cdot l$	$0,52 \cdot 7 \cdot 20$	0,073
Свердлити отв. 6 під різь	$0,52 \cdot d \cdot l$	$0,52 \cdot 12 \cdot 17$	0,506
Нарізати різь в отв. 5	$0,40 \cdot d \cdot l$	$0,40 \cdot 13 \cdot 17$	0,088
Усього			9,173

Таблиця 2.15 – Основний час маршруту механічної обробки (варіант 2)

Назва операції, переходу	Основний час на виконання переходу $T_{\text{ос}}$, 10^3 хв.		
	Формула	Розрахункові параметри	Результат
1	2	3	4
005 Вертикально-фрезерна з ЧПК			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6.0 \cdot l$	$2 \cdot 6 \cdot 171$	2.052
Фрезерувати пов. 3 однократно	$6.0 \cdot l$	$6 \cdot 20.0$	0.120
Розточити 2 отв. 8 і 9 попередньо	$0.20 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0.20 \cdot 85 \cdot 14$	0.952
Розточити 2 отв. 8 і 9 остаточно	$0.18 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0.18 \cdot 85 \cdot 14$	0.857
Усього			3.981
010 Вертикально-свердлильна з ЧПК			
Центрувати 4 отв. 4, 5, 6, 7	$0.52 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 6$ $0.52 \cdot 4 \cdot 6$ $2 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 6$ $2 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 20$	0.17
Свердлити 4 отв. 4 під різь	$0.52 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0.52 \cdot 10.2 \cdot 20$	0.424
Нарізати різь 4 отв. 4	$0.40 \cdot d \cdot l$	$4 \cdot 0.4 \cdot 12 \cdot 20$	0.384
Свердлити отв. 5 під різь	$0.52 \cdot d \cdot l$	$0.52 \cdot 8.4 \cdot 9$	0.039
Нарізати різь в отв. 5	$0.40 \cdot d \cdot l$	$0.40 \cdot 10 \cdot 9$	0.036
Розвернути 2 отв. 6	$0.27 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0.27 \cdot 6 \cdot 20$	0.065
Свердлити 2 отв. 7 під різь	$0.52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0.52 \cdot 6 \cdot 20$	0.125
Нарізати різь в 2 отв. 7	$0.40 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0.40 \cdot 8 \cdot 20$	0.128
Розточити отв. 8 попередньо	$0.20 \cdot d \cdot l$	$0.20 \cdot 21 \cdot 8$	0.034
Розточити отв. 8 попередньо	$0.20 \cdot d \cdot l$	$0.20 \cdot 21.6 \cdot 8$	0.035
Розточити отв. 8 остаточно	$0.18 \cdot d \cdot l$	$0.18 \cdot 22 \cdot 8$	0.032
Усього			9.28
015 Багатоцільова			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6.0 \cdot l$	$2 \cdot 6 \cdot 146$	1.752
Розточити отв. 3 попередньо	$0.20 \cdot d \cdot l$	$0.20 \cdot 32.5 \cdot 112$	0.734
Розточити отв. 3 попередньо	$0.20 \cdot d \cdot l$	$0.20 \cdot 32.8 \cdot 112$	0.734
Розточити отв. 3 остаточно	$0.18 \cdot d \cdot l$	$0.18 \cdot 36 \cdot 112$	0.725
Розточити фаску 4 однократно	$0.21 \cdot d \cdot l$	$0.21 \cdot 37 \cdot 112$	0.870
Центрувати 2 отв. 5 і 6	$0.52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0.52 \cdot 4 \cdot 6$	0.25
Свердлити отв. 5	$0.52 \cdot d \cdot l$	$0.52 \cdot 7 \cdot 20$	0.073
Свердлити отв. 6 під різь	$0.52 \cdot d \cdot l$	$0.52 \cdot 12 \cdot 17$	0.106
Нарізати різь в отв. 5	$0.40 \cdot d \cdot l$	$0.40 \cdot 13 \cdot 17$	0.088
Усього			9.173

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4
020 Багатоцільова			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6,0 \cdot l$	$2 \cdot 6,0 \cdot 146$	1,752
Розточити отв. 3 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 попередньо		$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$0,18 \cdot 36 \cdot 112$	0,725
Розточити фаску 4 однократно	$0,21 \cdot d \cdot l$	$0,21 \cdot 37 \cdot 112$	0,870
Центрувати 2 отв. 5 і 6	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 6$	0,925
Свердлити отв. 5		$0,52 \cdot 7 \cdot 20$	0,073
Свердлити отв. 6 під різь		$0,52 \cdot 12 \cdot 17$	0,106
Парізувати різь в отв. 5		$0,40 \cdot d \cdot l$	$0,40 \cdot 13 \cdot 17$
Усього			9,173

Таблиця 2.16 Штучно-калькуляційний час

№ операції	Основний час $T_{осн}$, хв.	Коефіцієнт $\varphi_{ш}$	Штучний час $T_{шт}$, хв.
			Перший варіант
005	5,9		9,7
010	26,35	1,65	43,47
015	0,56		0,93
		Другий варіант	
005	11,33		18,7
010	10,32	0,65	17,03
015	10,93		18,04

Технологічну собівартість операцій механічної обробки наведено у табл. 2.17.

Таблиця 2.17 Технологічна собівартість операцій механічної обробки

Тип верстату	Штучний час $T_{шт}$, хв.	Годинні приведені витрати $C_{пр}$, грн/год	Технологічна собівартість $C_{ог}$, грн
			Перший варіант
ЛТ260МФ3	9,7	80,7	10,74
ЛТ260МФ3	43,47	80,7	39,23
ЛТ260МФ3	0,93	80,7	1,0
	Усього		50,57
		Другий варіант	
6Р13РФ3	18,7	83,1	19,34
2Р135Ф2	17,03	70,4	17,61
ІР500ІІМФ4	18,04	82,6	16,77
Усього			53,72

Таким чином, при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операції виготовлення деталі складатиме 50,57 грн., а при використанні другого варіанту – 53,72 грн.

Економічний ефект складатиме:

$$E = (53,72 - 50,57) \cdot 2500 = 7875 \text{ (грн.)}$$

Отже, вироби виготовлені за першим (удосконаленим ТП) із запропонованих технологічних процесів будуть мати меншу собівартість у порівнянні з деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки (базовим ТП).

2.8 Визначення припусків та проміжних технологічних розмірів

Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 130H9/k9$ розглянуто у розділі 3.

2.8.1 Визначення за нормативними проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку найточніших циліндричних поверхонь

Розрахунок виконано для отворів: $\varnothing 22H9/k9$ мм, $\varnothing 85H11/k11$ мм, $\varnothing 65H11/k11$ мм, $\varnothing 36H9/k9$ мм. Мінімальні проміжні припуски визначались за нормативними таблицями [13].

Таблиця 2.18 Припуски і технологічних розмірів для розточування отвору $\varnothing 22H9(k9)$ мм

Маршрут обробки	Мінімальні припуску, мкм $2 \cdot Z_{\min}$	Розрахункові розміри, мм $D_{\text{роз}}$	Допуск, мкм.	Прийняті розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
				D_{max}	D_{min}	$2 \cdot Z_{\text{max}}$	$2 \cdot Z_{\text{min}}$
Заготовка		17.1	2400	17.1	14.7		
Розточування чорнове	2-2000	21,16	270	21,16	20,89	2-3100	2-2000
Розточування чистове	2-300	21,76	104	21,76	21,66	2-390	2-300
Розточування тонке	2-150	22,059	52	22,059	22	2-170	2-150
		Загальний припуск				2-3660	2-2450

Таблиця 2.19 – Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на розточування отвору $\varnothing 85H11(-0,11)$

Маршрут обробки	Мінімальні припуску, мкм $2 \cdot Z_{\min}$	Розрахункові розміри, мм $D_{\text{роз.}}$	Допуск, мкм.	Прийняті розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
				D_{max}	D_{min}	$2 \cdot Z_{\text{max}}$	$2 \cdot Z_{\text{min}}$
Заготовка		80,6	3600	80,6	77		
Розточування чорнове	2·2000	84,62	270	84,62	84,35	2·3680	2·2000
Розточування чистове	2·300	85,22	104	85,22	85,00	2·330	2·300
Загальний припуск						2·4000	2·2300

Таблиця 2.20 – Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на розточування отвору $\varnothing 65H11(-0,11)$ мм

Маршрут обробки	Мінімальні припуску, мкм $2 \cdot Z_{\min}$	Розрахункові розміри, мм $D_{\text{роз.}}$	Допуск, мкм.	Прийняті розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
				D_{max}	D_{min}	$2 \cdot Z_{\text{max}}$	$2 \cdot Z_{\text{min}}$
Заготовка		60,6	3600	60,6	57		
Розточування чорнове	2·2000	64,59	270	64,59	64,3	2·3650	2·2000
Розточування чистове	2·300	65,19	104	65,19	65,00	2·350	2·300
Загальний припуск						2·4000	2·2300

Таблиця 2.21 – Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на розточування отвору $\varnothing 36H9(+0,063)$ мм

Маршрут обробки	Мінімальні припуску, мкм $2 \cdot Z_{\min}$	Розрахункові розміри, мм $D_{\text{роз.}}$	Допуск, мкм.	Прийняті розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
				D_{max}	D_{min}	Z_{max}	$2 \cdot Z_{\text{min}}$
Заготовка		31,2	2800	31,2	28,4		
Розточування чорнове	2·2000	35,16	270	35,16	34,89	2·3100	2·2000
Розточування чистове	2·300	35,76	104	35,76	37,66	2·390	2·300
Розточування тонке	2·150	36,062	52	36,062	35,000	2·170	2·150
Загальний припуск						2·3660	2·2450

2.9 Призначення режимів різання

Операція 010 (Багатоцільова).

Модель верстата ЛТ260МФ3. Потужність електродвигуна привода головного руху $N_{ед} = 5,5$ кВт.

Перехід 1.

Розточити отвір попередньо в розмір $\varnothing 128,45^{+0,8}$ мм. Розмір отвору у вихідній заготовці $\varnothing 116,6^{+0,1}$ мм.

Різальний інструмент – розточувальна головка з різцева вставка з твердого сплаву ВК8.

Глибину різання визначено, виходячи із заданого припуску. Згідно з даними таблиці 3.8 глибина різання склала 7,1 мм.

Припуск знімаємо за один робочий хід.

Подачу визначено за даними [16]. Для різців зі сплаву ВК8 із заданими параметрами шорсткості ($R_a = 50$ мкм) обробленої поверхні рекомендована подача $s = 0,3 — 0,6$ мм/об.

Прийнято $s = 0,3$ мм/об.

Допустиме зусилля $P_{доп} = 2000$ Н.

Вибираємо період стійкості різця. Вибрано $t_{st} = 90$ хв.

Швидкість різання, допустима різними властивостями пластини різця $V_{доп} = 200$ м/хв. Матеріал заготовки без кірки $k_{mv} = 1$; матеріал різця ВК8, $k_{mv} = 1$;

$$V_{різ} = V_{доп} \cdot k_{mv} \cdot k_{mv} = 200 \cdot 1 \cdot 1 = 200 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складе 490 об/хв.

Потужність різання при розточуванні згідно з [16] $N_{доп} = 4,2$ кВт.

Допустима потужність верстата на шпинделі

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

$$N_{різ} < N_{в}$$

Умова щодо забезпечення необхідної потужності різання виконується.

Основний (машинний) час по переходам складає:

$$T = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{92 \cdot 1}{250 \cdot 0,3} = 1,231 (\text{хв})$$

де $L = gl + y + \Delta = 85 + 4 + 3 = 92$ (мм).

Перехід 9.

Свердлити 2 отв. $\varnothing 13$ (мм) згідно ескізу.

Різнаний інструмент: свердло спіральне Р6М5 (ГОСТ 10903-77); $2\phi = 118^\circ$.

Глибина різання складає:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 (\text{мм})$$

Призначаємо подачу для ПВ ≤ 229 , матеріал заготовки АК7П.

Вибрано II групу подач $S_{II} = 0,22-0,3$ мм/об.

Приймаємо $S = 0,3$ (мм/об).

Глибина свердління $l/d \leq 3$; $k_{IV} = 1,0$.

$$S_{II} = S_{таб} \cdot k_{IV} = 0,22 \cdot 1 = 0,22 (\text{мм/об}).$$

Приймаємо $S_{II} = 0,2$ (мм/об).

Призначаємо період стійкості свердла $T = 90$ (хв).

Визначаємо швидкість різання, допустиму різними властивостями інструмента $V_{таб} = 55$ м/хв, $k_{IV} = 1$:

$$V_{різ} = V_{таб} \cdot k_{IV} = 55 \cdot 1 = 55 (\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя складе:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 13} = 1347 (\text{об} \cdot \text{хв})$$

Визначимо потужність різання при заданих режимах різання $N_{різ} = 1,2$ кВт.

Допустима потужність верстата на шпинделі 4,4 кВт, $N_{таб} < N_{кв}$.

Умова щодо забезпечення необхідної потужності різання виконується.

Основний (машинний) час складає:

$$T = \frac{L + l}{n \cdot S} = \frac{29 + 1}{800 \cdot 0,2} = 0,18 \text{ (хв.)}$$

де $L = lg + y + A = 20 + 5 + 4 = 29$ (мм).

Для двох отворів

$$T = 2 \cdot 0,18 = 0,36 \text{ (хв.)}$$

2.10 Оптимізація режимів різання

Оптимізацію режимів різання виконано з використанням спеціальної комп'ютерної програми. Програма призначена для визначення оптимальних режимів різання для точіння й розточування.

На рисунку 2.9 показано результати оптимізації режимів різання для чорного розточування поверхні $\varnothing 130/19$ (мм) (операція 010).

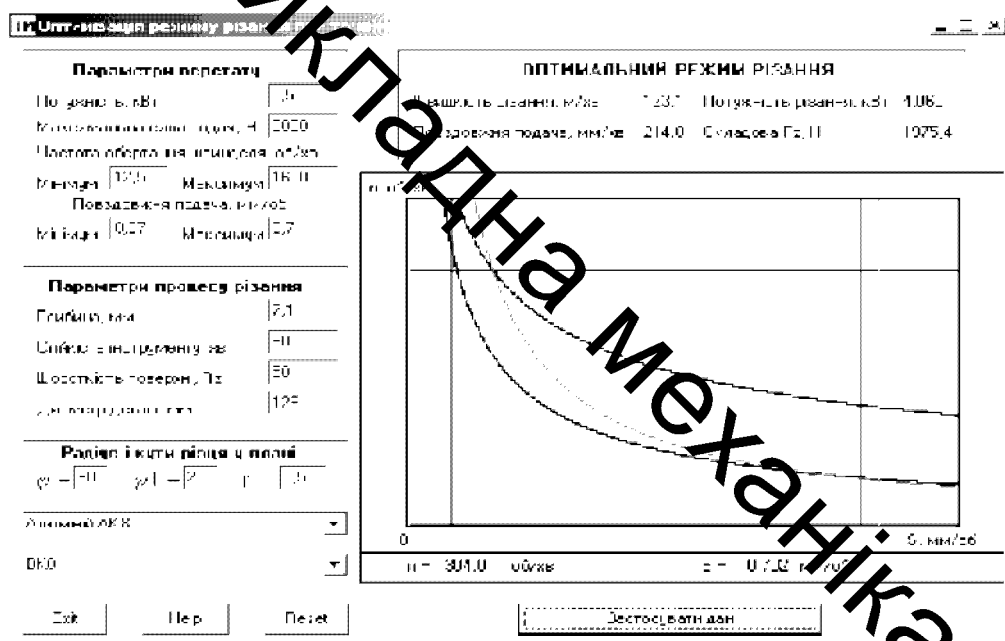


Рисунок 2.9 – Результат оптимізації режимів різання

Порівняння режимів різання, отриманих в результаті їх оптимізації, показує, що подачу і швидкість різання можна збільшити у порівнянні з отриманими у підрозділі 2.9. Основний час на розточування отвору становитиме

$$T_{opt} = \frac{L + l}{n \cdot S} = T_{opt} = \frac{92 + 1}{804 \cdot 0,7} = 0,44 \text{ (хв.)},$$

що значно менше ніж основний час, отриманий у підрозділі 2.9.

2.11 Визначення технічних норм часу

Для наближених розрахунків використано укрупненими нормативами визначення норм часу [1, 3, 4]. Результати показані у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 Норми основного часу

Назва операції, переходу	Формула	Основний час на виконання переходу $t_{op} \cdot 10^3$ хв.	
		Розрахункові параметри	Результат
1	2	3	4
005 Багатоцільова з ЧПК			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	6,0·l	2·6·171	2,052
Фрезерувати пов. 3 однократно		6·20,0	0,120
Розточити 2 отв. 8 і 9 попередньо	0,20·dl	4·0,20·85·14	0,952
Розточити 2 отв. 8 і 9 остаточно	0,18·dl	4·0,18·85·14	0,857
Центрувати 4 отв. 4, отв. 5, 2 отв. 6 і 2 отв. 7	0,52·dl	4·0,52·4·6	0,17
		0,52·4·6	
		2·0,52·4·6	
		2·0,52·4·20	
Свердлити 4 отв. 4 під різь	0,52·dl	4·0,52·10,2·20	0,424
Нарізати різь 4 отв. 4	0,40·dl	4·0,4·12·20	0,384
Свердлити отв. 5 під різь	0,52·dl	0,52·8,4·9	0,039
Нарізати різь в отв. 5	0,40·dl	0,40·10·9	0,036
Розвернути 2 отв. 6	0,27·dl	2·0,27·6·20	0,065
Свердлити 2 отв. 7 під різь	0,52·dl	2·0,52·6·20	0,125
Нарізати різь в 2 отв. 7	0,40·dl	2·0,40·8·20	0,128
Всього			5,691
010 Багатоцільова з ЧПК			
Фрезерувати пов. 1 та 3 однократно		2·6·156	1,896
Фрезерувати бабішку 2 однократно	6,0·l	6·37,5	0,225
Розточити 2 отв. 6 і 7 попередньо	0,20·dl	4·0,20·128·8	1,010
Розточити 2 отв. 6 та 7 попередньо		4·0,20·129,6·8	0,127
Розточити 2 отв. 6 і 7 остаточно	0,18·dl	4·0,18·130·8	0,749
Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо	0,20·dl	4·0,20·134·8	0,858
Розточити 2 отв. 4 і 5 попередньо		4·0,20·134,6·8	0,861
Розточити отв. 4 і 5 остаточно	0,18·dl	4·0,18·135·8	0,778
Розточити отв. 8 попередньо	0,20·dl	0,20·21·8	0,034
Розточити отв. 8 попередньо		0,20·21,6·8	0,035
Розточити отв. 8 остаточно		0,18·22·8	0,032

Продовження таблиці 2.22

Центрувати 2 отв. 9, 2 отв. 12, 6 отв. 10.		$2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 18$	0,075
Свердлити 2 отв. 9	$0,52 \cdot d \cdot l$	$2 \cdot 0,52 \cdot 13 \cdot 18$	0,243
Свердлити 6 отв. 10 під різь		$6 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 22$	0,275
Нарізати різь в 6 отв. 10	$0,40 \cdot d \cdot l$	$6 \cdot 0,40 \cdot 6 \cdot 20$	0,288
Фрезерувати пов. 11 однократно	$6,0 \cdot l$	$6 \cdot 316$	1,896
Всього			9,28
015 Багатоцільова з ЧПК			
Фрезерувати пов. 1 і 2 однократно	$6,0 \cdot l$	$2 \cdot 6,0 \cdot 146$	1,752
Розточити отв. 3 попередньо	$0,20 \cdot d \cdot l$	$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 попередньо		$0,20 \cdot 32,8 \cdot 112$	0,734
Розточити отв. 3 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	$0,18 \cdot 36 \cdot 112$	0,725
Розточити фаску 4 однократно	$0,21 \cdot d \cdot l$	$0,21 \cdot 37 \cdot 112$	0,870
Центрувати 2 отв. 5 і 6		$2 \cdot 0,52 \cdot 4 \cdot 6$	0,925
Свердлити отв. 5	$0,52 \cdot d \cdot l$	$0,52 \cdot 7 \cdot 20$	0,073
Свердлити отв. 6 під різь		$0,52 \cdot 12 \cdot 17$	0,106
Нарізати різь в отв. 5	$0,40 \cdot d \cdot l$	$0,40 \cdot 13 \cdot 17$	0,088
Всього			9,173

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{штучно-кальк.} = T_{основн.} \cdot \varphi_k \text{ [хв.]},$$

де φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання.

Результати визначення штучно-калькуляційного часу показано у таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 Норми штучно-калькуляційного часу

№ операції	Основний час $T_{осн.}$, хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучний час $T_{штучно-кальк.}$, хв.
005	5,691	2,27	12,92
010	9,28	2,27	21,07
015	9,173	2,27	20,82
Всього			$\Sigma T_{штучно-кальк.} = 54,81$

З ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ І ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО- ТОЧНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Постановка задачі дослідження

Визначення раціональних значень мінімальних припусків є важливою частиною проектування операцій механічної обробки. Особливого значення ця задача набуває в серійному і масовому виробництві, коли завищені припуски можуть спричинити перевитрату матеріалів, підвищити трудомісткість і невиправдано збільшити собівартість продукції. Разом з тим, недостатній розмір припуску може не забезпечити необхідної якості деталі.

Під час проектування вихідної заготовки загальні припуски для механічної обробки усіх поверхонь, які підлягають такій обробці, зазвичай визначаються за відповідними стандартами, зокрема під час проектування виливків використовують ГОСТ 26625 – 85 [6]. Разом з тим, застосування розрахунково-аналітичного методу для визначення мінімального проміжного припуску [11], дозволяє суттєво підвищити точність такого розрахунку, оскільки у цьому випадку враховуються конкретні технологічні умови маршруту обробки, зокр. ч. схему базування на першій операції.

Відомо, що із застосуванням розрахунково-аналітичного методу мінімальний проміжний [1 та ін.], припуск на механічну обробку отримав визначення за формулою

$$\Delta_{i, \text{min}} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} - \sqrt{R_{z_{i-1}}^2 + h_{i-1}^2} \right) \text{ [МКМ]}, \quad (3.1)$$

де i – порядковий виконуваного технологічного переходу;

$R_{z_{i-1}}, h_{i-1}$ – відповідно висота мікронерівностей і товщина дефектного шару металу, що утворився в процесі виготовлення вихідної заготовки, або на технологічному переході механічної обробки, що передує виконуваному;

$\rho_{\Sigma 1}$ – сумарні просторові відхилення поверхні відносно технологічних баз;

$\rho_{\Sigma 2}$ – похибка установлення заготовки у верстатній пристрій, яка виникає на виконуваному технологічному переході.

Величини R_z і h визначаються за таблицями, наприклад [1], з урахуванням способу механічної обробки.

Величину $\rho_{\Sigma 2}$ можна знайти за відомими методиками [8] з обов'язковим урахуванням того, що $\rho_{\Sigma 2}$ під час розрахунку припусків визначається як поле розсіювання дійсних значень розміру між вершиною настроєного на розмір інструмента і віссю отвору, у якого зрізатиметься припуск.

Величину $\rho_{\Sigma 1}$ для випадку обробки отворів у корпусних деталях можна знайти за формулою [1 та ін.]:

$$\rho_{\Sigma 1} = \sqrt{\rho_{\text{жовт}}^2 + \rho_{\text{сіт}}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (3.2)$$

де $\rho_{\text{жовт}}$ і $\rho_{\text{сіт}}$ – просторові відхилення, спричинені відповідно жолобленням і зміщенням отвору.

Величина $\rho_{\text{жовт}}$ досить просто визначити за рекомендаціями [1 та ін.].

Що ж стосується величини $\rho_{\text{сіт}}$, то її можна визначити за використання запропонованого у роботі [12] підходу до кількісного знаходження цієї величини на основі застосування розмірного аналізу технологічних процесів.

На погляд автора цієї роботи певний науковий і практичний інтерес складатимуть порівняння величини припуску, визначеного за нормативами, з припуском, встановленого за допомогою розрахунково-аналітичного методу із застосуванням апарату розмірно-точнісного моделювання технологічних процесів.

Отже, метою дослідження є порівняльний аналіз результатів визначення мінімального припуску за нормативами і за допомогою розрахунково-аналітичного методу з використанням розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу, яке враховує конкретні технологічні умови виконання цього процесу.

3.2 Результати аналітичного дослідження

3.2.1 Знаходження рівнянь технологічних розмірних ланцюгів і встановлення початкових кількісних даних для проведення дослідження

Дослідження виконувались на прикладі технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус СНГ 18-001». Розглянуто визначення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, а також припусків на усі переходи механічної обробки (розточуванням) головного отвору $\text{Ø}130\text{H}9$ мм. Розрахунковий ескіз обробки показано на рис. 3.1.

Маршрут механічної обробки розроблено і показано у розділі 2 (таблиця 2.12).

Згідно з маршрутом обробки на першій операції розв'язується задача забезпечення розмірів між обробленими і необробленими поверхнями деталі, а саме розмірів $80,5 \pm 0,11$ мм і $20_{-0,52}$ мм.

Відповідно до маршруту обробки побудовані розмірні схеми технологічного процесу у напрямках осей X і Y і спрямовані перпендикулярно до осі отвору $\text{Ø}130\text{H}9$ мм. Ці схеми показані на рис. 3.2 і рис. 3.3.

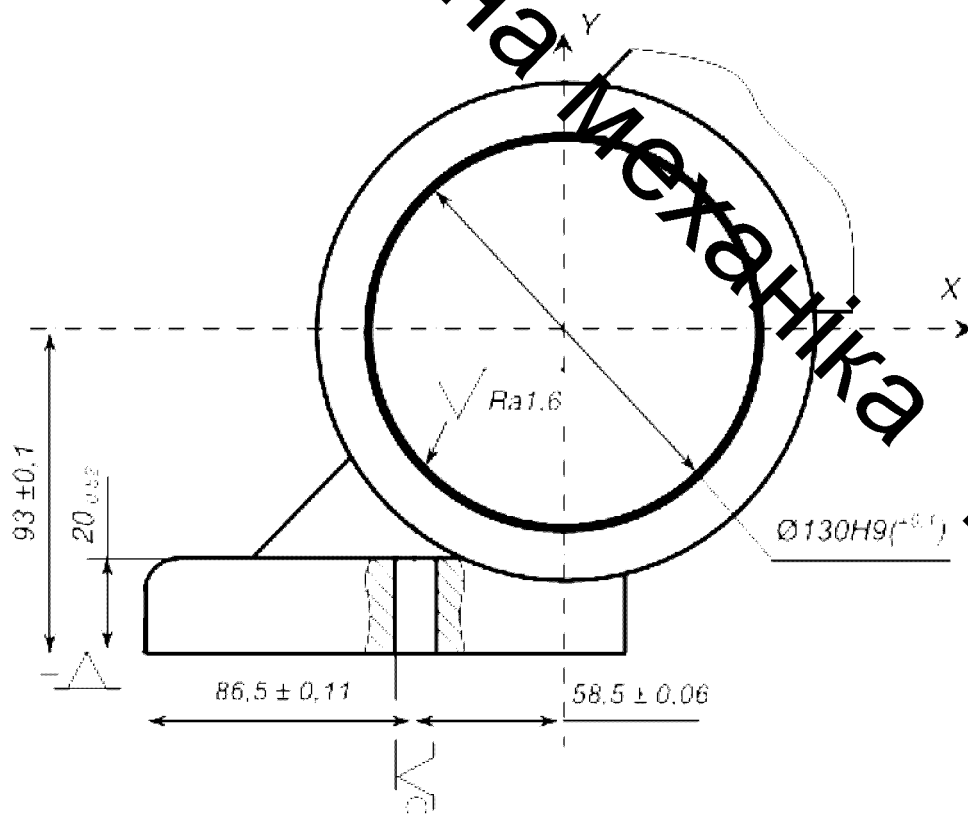


Рисунок 3.1 — Розрахунковий ескіз обробки

МКР

137

Прикладна механіка

ТАМ

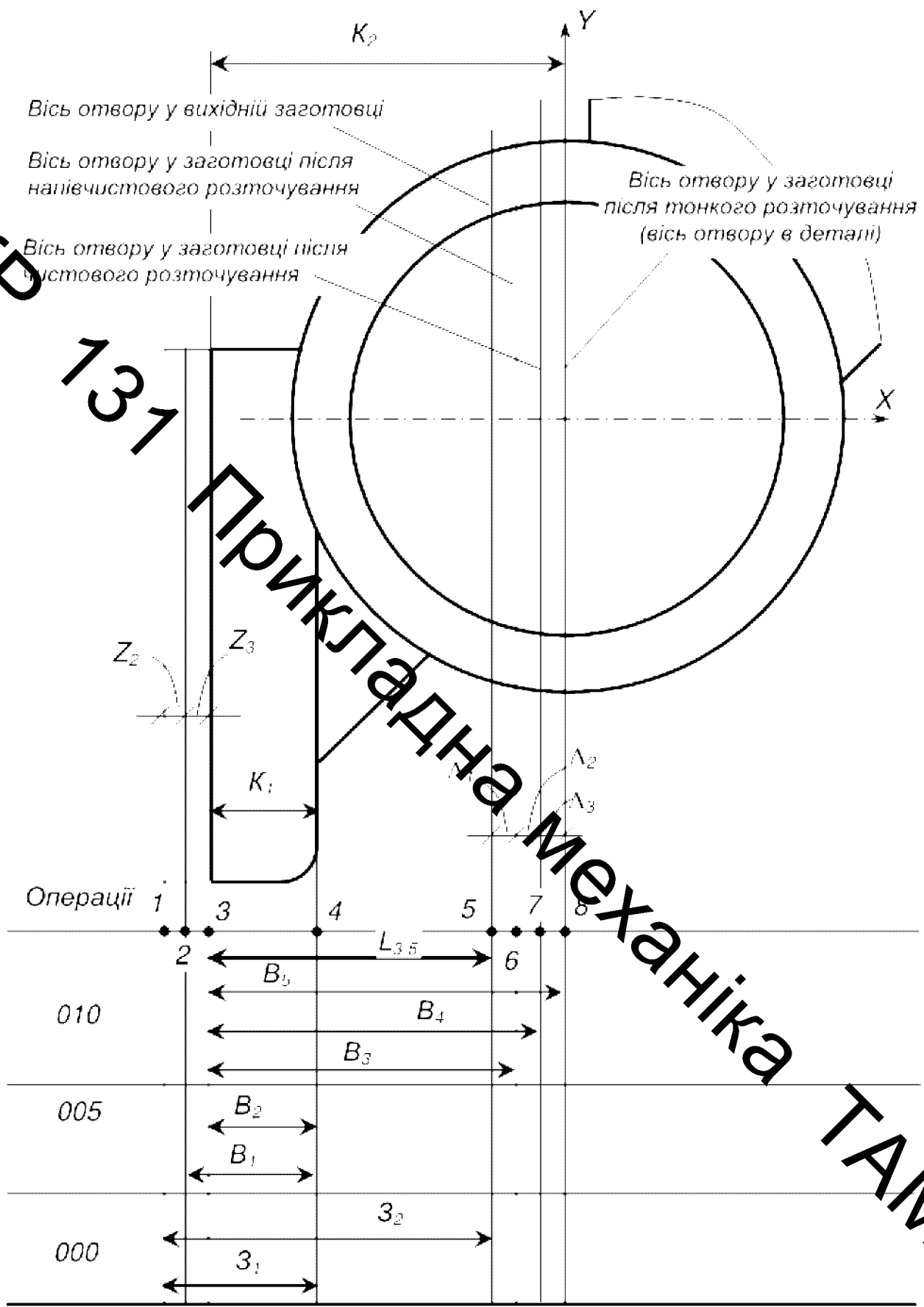


Рисунок 3.2 Розмірна схема технологічного процесу (у напрямі осі X)

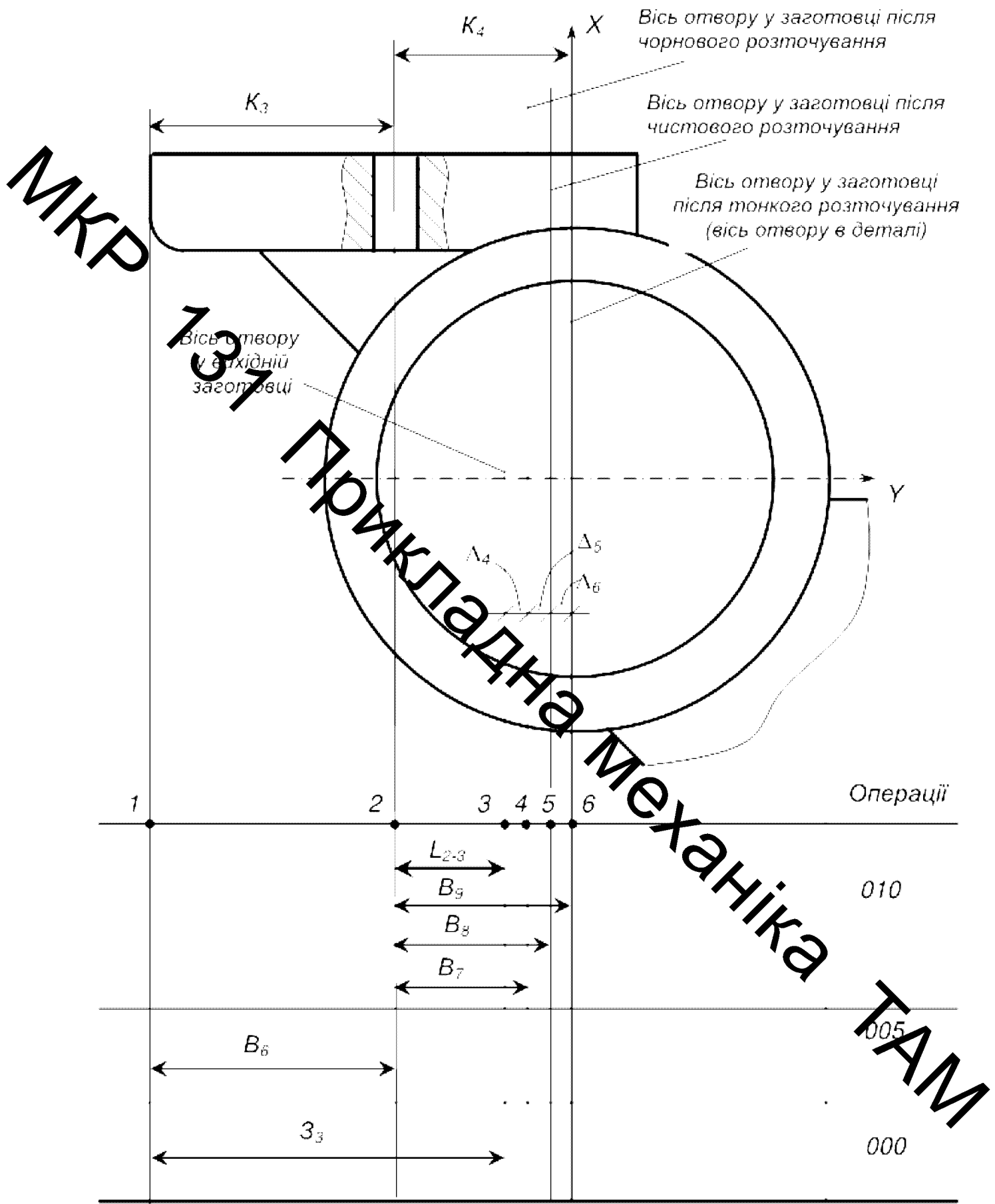


Рисунок 3.3 — Розмірна схема технологічного процесу (у напрямі осі Y)

Відповідно до розмірних схем технологічного процесу побудовані похідні і вихідні графи дерева, а також суміщені графи у напрямках осей X та Y (рис. 3.3 і рис. 3.4).

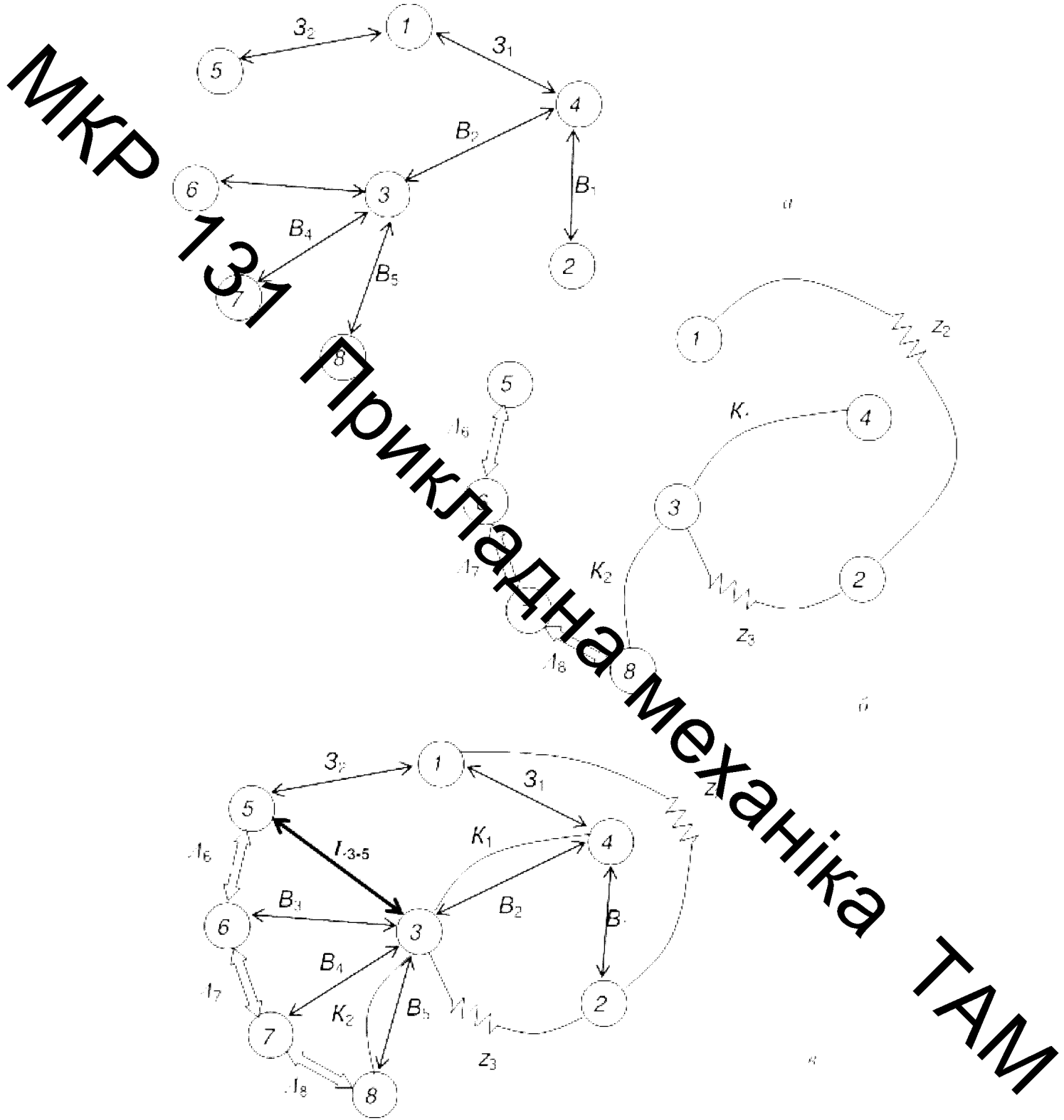


Рисунок 3.4 Похідний (а), вихідний (б) графи-дерева і суміщений граф (в) у напрямі осі X

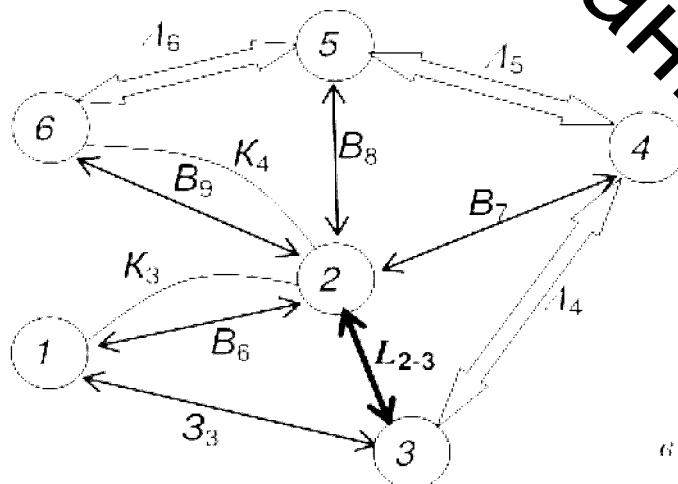
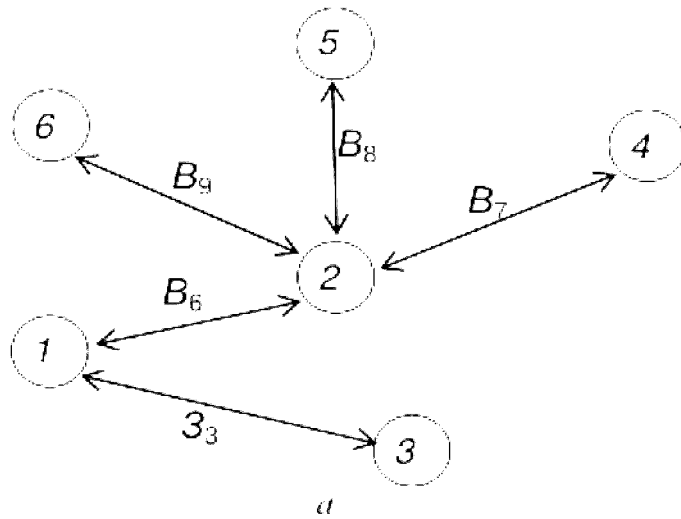


Рисунок 3.5 Похідний (а), вихідний (б) графи-дерева і суміщений граф (в) у напрямі осі Y

МКР

131

Прикладна механіка ТАМ

На основі суміщених графів записано рівняння технологічних розмірних ланцюгів (таблиці 3.1 і 3.2).

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

№	Розрахункове	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$K_1 - B_2 = 0$	$K_1 - B_2$	B_2
2	$K_1 + B_3 = 0$	$K_1 + B_3$	B_3
3	$-z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$z_3 - B_1 + B_2$	B_1
4	$z_2 + z_1 - B_1 = 0$	$z_2 - z_1 + B_1$	z_1
5	$\Lambda_8 - B_4 + B_5 = 0$	$\Lambda_8 = B_4 - B_5$	B_4
6	$-\Lambda_7 - B_3 + B_2 = 0$	$\Lambda_7 = B_3 - B_2$	B_3
7	$\Lambda_6 - z_2 + z_1 - B_5 + B_3 = 0$	$\Lambda_6 = z_2 - z_1 + B_5 - B_3$	z_2

Таблиця 3.2 Рівняння технологічних розмірних ланцюгів (у напрямі осі Y)

№	Розрахункове	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 - B_2 = 0$	$K_1 + B_2$	B_2
2	$-K_1 + B_3 = 0$	$K_1 - B_3$	B_3
3	$-\Lambda_6 - B_8 + B_7 = 0$	$\Lambda_6 = B_8 - B_7$	B_8
4	$\Lambda_5 - B_7 - B_8 = 0$	$\Lambda_5 = B_7 + B_8$	B_7
5	$\Lambda_4 - z_1 - B_1 + B_2 = 0$	$\Lambda_4 = z_1 + B_1 - B_2$	z_1

Для подальших розрахунків і аналітичного дослідження вибрано допуски технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, які відображені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 — Допуски технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки

Технологічний розмір (B), розмір вихідної заготовки (z)	Вид обробки, способів виготовлення заготовки	Квалітет точності, клас розмірної точності (для вихідної заготовки)	Величина допуску, мкм
1	2	3	4
B_1	Чорнове фрезерування	15	0,84
B_2	Чистове фрезерування	14	0,52
B_3	Чорнове розточування	14	0,87

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4
B_4	Чистове розточування	12	0,35
B_5	Тонке розточування	11	0,20
B_6	Свердління після зацентрування	11	0,22
B_7	Чорнове розточування	14	0,43
B_8	Чистове розточування	12	0,18
B_9	Тонке розточування	11	0,12
z_1			2,4
z_2	Лиття в оболонковій формі	11	3,6
z_3			4,0

Примітка: клас розмірної точності та кількісні значення допусків вихідної заготовки вибиралися за ГОСТ 26041-85 [6].

Відповідно до креслення деталі конструкторські розміри мають такі значення: $K_1 = 20_{-0,05}^0$ мм; $K_2 = 93 + 0,1$ мм; $K_3 = 86,5 + 0,11$ мм; $K_4 = 58,5 - 0,06$ мм.

Прийняті згідно з [13] мінімальні проміжки для фрезерування плоских поверхонь показані у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь, мм

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
z_2	Чорнове фрезерування	1,0
z_3	Чистове фрезерування	0,3

3.2.2 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки і максимальних припусків у напрямі осі X

Послідовно розв'яжемо рівняння технологічних розмірних ланцюгів, які записані у таблиці 3.1.

Рівняння 1

$$K_1 = B_2,$$

Звідки знаходимо $B_2 = K_1 = 20_{\pm 0,52}$ мм.

Рівняння 2

$$K_2 = B_1,$$

Звідки знаходимо $B_1 = K_2 = 93 \pm 0,1$ мм.

Рівняння 3

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

$$B_{1 \text{ min}} = B_{2 \text{ max}} - Z_{1 \text{ min}} + Z_{2 \text{ min}} = 20 + 0,3 - 20,3 \text{ (мм)},$$

$$B_{1 \text{ max}} = B_{2 \text{ min}} + T(Z_1) = 20,3 + 0,84 = 21,14 \text{ (мм)},$$

Оскільки розмір B_1 є розміром охоплюваної поверхні, то за номінальний прийнято розмір $B_{1 \text{ max}}$. Розмір в технологічному документі $21,14_{\pm 0,22}$ мм.

Рівняння 4

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

$$Z_{3 \text{ min}} = B_{1 \text{ max}} + Z_{2 \text{ min}} - Z_{1 \text{ min}} = 21,14 + 1,0 - 22,14 \text{ (мм)},$$

$$Z_{3 \text{ max}} = Z_{1 \text{ max}} + T(Z_2) = 21,14 + 2,4 = 23,54 \text{ (мм)},$$

Згідно з [6] за номінальне значення розміру Z_3 беремо середнє його значення. На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$\begin{aligned} Z_3 &= Z_{3 \text{ max}} + \frac{1}{2} T(Z_3) = \frac{Z_{3 \text{ max}} + Z_{3 \text{ min}}}{2} + \frac{1}{2} T(Z_3) \\ &= \frac{21,14 + 23,54}{2} + 1,2 = 22,4 + 1,2 \text{ мм}, \end{aligned}$$

Рівняння 5

$$\Delta_1 = B_2 - B_1;$$

Ланкою замикання цього рівняння є розмір Δ_5 . Вважатимемо, що

$$(\Delta_1)_{\text{доп}} - (\Delta_5)_{\text{доп}} = 0,$$

де $(\Delta_1)_{\text{доп}}$ – середнє значення розміру Δ_1 .

Отже,

$$B_{1\text{доп}} - B_{2\text{доп}} - B_{3\text{доп}} - B_{4\text{доп}} = 93 \text{ (мм)}$$

З урахуванням того, що поле допуску розміру B_1 має бути розташоване симетрично відносно $B_{1\text{доп}}$, в технологічному документі потрібно вказати розмір

$$B_1 = \frac{1}{2}T(B_1), \text{ тобто } 92 \pm 0,18 \text{ мм.}$$

Рівняння 6

$$\Delta_2 = B_4 - B_3$$

Як і під час розв'язання попереднього рівняння, прийнято, що

$$(\Delta_2)_{\text{доп}} - (\Delta_5)_{\text{доп}} = 0,$$

Отже,

$$B_{4\text{доп}} - B_{3\text{доп}} - B_{5\text{доп}} - B_{6\text{доп}} = 93 \text{ (мм)}.$$

З урахуванням того, що поле допуску розміру B_4 має бути розташоване симетрично відносно $B_{4\text{доп}}$, в технологічному документі слід вказати розмір

$$B_4 = \frac{1}{2}T(B_4), \text{ тобто } 93 \pm 0,43 \text{ мм.}$$

Рівняння 7

$$\Delta_3 = Z_1 - Z_2 - B_2 + B_1$$

Прийнято, що номінальні розташування осі отвору у вихідній заготовці і осі отвору після першого переходу збігаються, тобто

$$\Delta_3 = 0.$$

Отже,

$$Z_{1\text{ср}} - Z_{2\text{ср}} - B_{2\text{ср}} + B_{3\text{ср}} = 0,$$

$$Z_{2\text{ср}} = Z_{1\text{ср}} - B_{2\text{ср}} + B_{3\text{ср}}. \quad (3.3)$$

$$B_{2\text{ср}} = \frac{B_{\text{max}} + B_{\text{min}}}{2} = \frac{20 + 19,48}{2} = 19,74 \text{ (мм)}.$$

Підставивши знайдені вище кількісні значення $B_{3\text{ср}}$, $Z_{1\text{ср}}$ і $B_{2\text{ср}}$ у (3.3), отримаємо

$$Z_{1\text{ср}} = 22,34 - 19,74 + 93 = 95,6 \text{ (мм)}.$$

На кресленні заготовки має бути вказаний розмір

$$Z_{1\text{н}} = Z_{1\text{ср}} + \frac{T(Z_1)}{2} = 95,6 \pm 1,8 \text{ (мм)}.$$

З використанням отриманих вище граничних значень технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, виходячи з рівнянь (3) і (4) таблиці 3.1, визначено максимальні припуски

$$\Delta_{\text{max}} = B_{\text{max}} - B_{\text{нmax}} = 21,11 - 19,48 = 1,66 \text{ (мм)};$$

$$\Delta_{\text{нmax}} = Z_{1\text{н}} - B_{\text{нmax}} = 23,54 - 20,30 = 3,24 \text{ (мм)}.$$

Значення максимальних припусків зведено у таблицю 3.5.

Визначені в результаті виконання розмірного аналізу, величини технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски показані в таблиці 3.6.

3.2.3 Визначення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки у напрямі осі Y

Розрахунки виконувались подібно до п. 3.2.1 з використанням рівнянь технологічних розмірних ланцюгів, які показані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.5 — Максимальні припуски, мм

$\delta_{2 \max}$	$\delta_{3 \max}$
3,24	1,66

Таблиця 3.6 — 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	20,3	21,14	0,84	21,14	$21,14_{\pm 0,84}$	
B_2	19,48	20	0,52	20	$20_{\pm 0,52}$	
B_3	92,57	93,43	0,87	93	$93 \pm 0,43$	
B_4	92,82	93,18	0,35	93	$93 \pm 0,18$	—
B_5	92,9	93,10	0,2	93	$93 \pm 0,1$	
z_1	21,2	58,6	2,4	23,6	—	$22,4 + 1,2$
z_2	93,8	97,4	3,6	95,6	—	$95,6 + 1,8$

Рівняння 1

$$K_1 = B_1$$

$$B_1 = K_1 = 86,5 \pm 0,11 \text{ (мм)}$$

Рівняння 2

$$K_2 = B_2$$

$$B_2 = K_2 = 58,5 \pm 0,11 \text{ мм}$$

Рівняння 3

$$A_1 = B_3 - B_2$$

Вважалось, що

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} = B_{2 \max} = B_{2 \min} = 58,5 \text{ (мм)}$$

а

$$(A_1)_{\max} = (A_1)_{\min} = 0,$$

де $(A_{7,8})_{\text{ном}}$ – середнє значення розміру $A_{7,8}$.

Отже, з урахуванням того, що поле допуску розміру B_8 має бути розташоване симетрично відносно $B_{7,8}$, в технологічному документі слід вказати розмір

$$B_{8, \text{ном}} = \frac{1}{2}T(B_8), \text{ тобто } 58,5 \pm 0,09 \text{ мм.}$$

Рівняння 4

$$A_5 = B_7 + B_8$$

Як і при розв'язанні попереднього рівняння прийнято, що

$$(A_5)_{\text{ном}} = (A_{7,8})_{\text{ном}} = 0,$$

Отже,

$$B_{7, \text{ном}} = B_{8, \text{ном}} = B_{7,8} = 58,5 \text{ (мм)}.$$

Оскільки поле допуску розміру B_7 має бути розташоване симетрично відносно $B_{7,8}$, то в технологічному документі слід вказати розмір $B_{7, \text{ном}} = \frac{1}{2}T(B_7)$, тобто $58,5 \pm 0,22$ (мм).

Рівняння 5

$$A_6 = B_7 + B_8 + Z_{7,8}$$

Прийнято, що номінальні розташування осі отвору в вихідній заготовці і осі отвору після першого переходу збігаються, тобто

$$(A_6)_{\text{ном}} = (A_{7,8})_{\text{ном}} = 0,$$

Отже,

$$B_{7, \text{ном}} + B_{8, \text{ном}} + Z_{7,8} = 0,$$

$$Z_{7,8} = B_{7, \text{ном}} + B_{8, \text{ном}} \quad (3.4)$$

$$Z_{7,8} = 86,5 + 58,5 = 145 \text{ (мм)}.$$

На кресленні заготовки має бути вказано розмір

$$Z_3 = Z_1 = \frac{T(Z_1)}{2} = 145 \pm 2 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 3.7 — Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів у напрямі осі Y, 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	86,39	86,61	0,22	86,5	$86,5 \pm 0,11$	
B_7	58,28	58,72	0,42	58,5	$58,5 \pm 0,22$	
B_8	58,41	58,59	0,18	58,5	$58,5 \pm 0,09$	
B_9	58,44	58,56	0,12	58,5	$58,5 \pm 0,06$	
Z_3	143	147	4,0	100		$145 \pm 2,0$

3.2.4 Визначення мінімальних проміжних припусків для обробки отвору $\varnothing 130/19$ мм за результатами розмірно-топографічного моделювання

З використанням отриманих у п.п. 3.3.1 і 3.3.2 значень розмірів визначимо величину поля розсіювання $\delta(L_{i-1})$ дійсних значень розміру L_{i-1} (див. рис. 3.2) під час обробки партії заготовок. Цей розмір послужить технічною установною базою і вісь отвору у вихідній заготовці. Поле розсіювання розміру L_{i-1} буде використане під час визначення однієї із складових мінімального припуску на поверхні розточування отвору розрахунково-аналітичним способом, а саме просторового відхилення (ρ) поверхні, що обробляється, відносно поверхонь технологічних баз.

Для задачі, що розглядається, значення ρ може бути визначене за формулою (3.2).

Величина ρ_{i-1} у даному випадку становитиме

$$\rho_{i-1} = \sqrt{[(\rho_{i-1})_x]^2 + [(\rho_{i-1})_y]^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.5)$$

де $(\rho_{23})_i$ і $(\rho_{34})_i$ – відповідно зміщення осі отвору у напрямках осей X та Y .

Очевидно, що $(\rho_{23})_i = \delta(L_{2-3})$.

Із суміщеного графа (див. рис. 3.3, в) випливає, що

$$-L_{2-3} + B_2 - Z_1 + Z_2 = 0.$$

Записавши це рівняння відносно ланки замикання L_{2-3} , отримаємо

$$L_{2-3} = B_2 - Z_1 + Z_2.$$

Оскільки розмірний ланцюг, що розглядається, має три складових ланки, то для визначення поля розсіювання ланки замикання $\delta(L_{2-3})$ використаємо імовірнісний метод. Тому запишемо

$$(\rho_{23})_i = \delta(L_{2-3}) = t \sqrt{[\lambda(B_2)W(B_2)]^2 + [\lambda(Z_1)W(Z_1)]^2 + [\lambda(Z_2)W(Z_2)]^2} \quad [\text{мм}], \quad (3.6)$$

де t – 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_2 , Z_1 і Z_2 .

Прийmemo, що $t = 3$. При цьому $P=0,27\%$. Вважалось, що розподіл дійсних значень всіх розмірів підпорядковується закону нормального розподілу. При цьому $\lambda(B_2) = \lambda(Z_1) = \lambda(Z_2) = 0,33$.

Підставивши в (3.6) прийняті значення коефіцієнтів λ і допусків розмірів, отримаємо

$$(\rho_{23})_i = \delta(L_{2-3}) = 3 \sqrt{[0,33 \cdot 0,52]^2 + [0,33 \cdot 2,4]^2 + [0,33 \cdot 3,6]^2} = 4,33 \text{ (мм)}. \quad (3.6)$$

Визначимо $(\rho_{34})_i$. Прийнято, що $(\rho_{34})_i$ дорівнює величині поля розсіювання розміру L_{2-3} .

Із суміщеного графа (див. рис. 3.4, в) випливає, що

$$L_{2-3} = B_1 + Z_1 = 0. \quad (3.7)$$

Записавши рівняння (3.7) відносно ланки замикання L_{2-3} , отримаємо

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

Розмірній ланцюг, що розглядається, має дві складових ланки, тому для визначення поля розсіювання ланки замикання $\delta(L_{2-3})$ використаємо метод максимуму-мінімуму. Тому запишемо

$$(\rho_{\pm})_c = \delta(L_{2-3}) = T(Z_1) - T(B_1) \quad (3.8)$$

Підставивши в (3.8) прийняті значення допусків розмірів, отримаємо

$$(\rho_{\pm})_c = \delta(L_{2-3}) = 4 - 0,22 = 4,22 \text{ (мм)}.$$

За формулою (2.5) визначимо загальну величину ρ_{\pm}

$$\rho_{\pm} = \sqrt{4,33^2 + 4,22^2} = 6,04 \text{ (мм)}.$$

З урахування отриманого вище значення ρ_{\pm} визначимо мінімальні проміжні припуски і технологічні розміри для обробки отвору $\varnothing 130H9$ мм. Розрахунковий ескіз обробки цього отвору показано на рис. 3.1.

Мінімальні проміжні припуски визначались за формулою (3.1)

Сумарне жолоблення заготовки (в діаметральному її осьовому напрямку) складо

$$\rho_{\pm} = \sqrt{(AK \cdot d)^2 + (AK \cdot l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 130)^2 + (0,7 \cdot 100)^2} = 110 \text{ (мкм)}.$$

Обчислена за формулою (3.2) величина просторових відхилень відносно технологічних баз осі отвору у вихідній заготовці (ρ_{\pm}) складала 6,05 мм.

Величина просторових відхилень осі отвору:

- після чорнового розточування

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\pm} = 0,05 \cdot 6,05 = 0,3 \text{ (мм)};$$

- після чистового розточування

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ (мм)}.$$

Похибка встановлення на чорновому розточуванні визначалась за формулою

$$\varepsilon_{\text{в}_1} = \sqrt{\varepsilon_{\text{в}_1}^2 + \varepsilon_{\text{в}_2}^2} \quad [\text{мкм}], \quad (3.9)$$

Похибки встановлення у напрямі кожної з осей визначено за методикою, розглянутою в [14] і склали: $\varepsilon_{\text{в}_1} = 86$ (мкм), $\varepsilon_{\text{в}_2} = 110$ мкм.

Підставивши величини складових похибки встановлення у (3.9), отримаємо $\varepsilon_{\text{в}_1} = 140$ мкм.

- на чистовому розточуванні

$$\varepsilon_{\text{в}_1} = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{в}_1} = 0,05 \cdot 140 = 7 \text{ (мкм);}$$

на тонкому розточуванні

$$\varepsilon_{\text{в}_1} = 0,01 \cdot \varepsilon_{\text{в}_1} = 0,01 \cdot 7 = 0 \text{ (мкм).}$$

З використанням отриманих даних розраховані технологічні розміри на всі переходи обробки, розміри вихідної заготовки, максимальні і загальні припуски для обробки отвору $\varnothing 130H9^{+0.1}$ мм. Результати розрахунків зведені у таблицю 3.8.

Порівняння отриманого в результаті розчорно-точнісного моделювання технологічного процесу загального припуску ($Z_{\text{заг}} = 6,75$ мм на сторону) із загальним припуском, визначеним за нормативами згідно з ГОСТ 26625-85 [6] ($Z_{\text{заг}} = 4,9$ мм на сторону) показує, що припуск $Z_{\text{заг}}$ на 30% більший за $Z_{\text{заг}}$. Аналіз даних таблиці 3.8 показує, що найсуттєвіший вплив на величину загального припуску чинить величина просторового відхилення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз.

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.

Таблиця 3.8 Результати розрахунку припусків, технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки (отвір Ø130H9/mm)

Технологічні переходи обробки отвору Ø130H9(+0.1)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск z_{min} , мкм		Допуск T , мкм	Граничні значення технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	ρ	e_v	z_{min}	Розрахунковий розмір d_p , мм		d_{min}	d_{max}	z_{min}	z_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка (вилков)	40	260	60	40		116.564	4000	112.6	116.6		
Розточування черпове	50	300	140		2-6342	129.248	800	128.45	129.25	2-6325	2-7925
Розточування чистове	25	—	—	—	2-351	129.95	200	129.75	129.95	2-350	2-650
Розточування тонке				0	2-75	130.100	100	130	130.10	2-75	2-125
Загальний припуск										2-6750	2-8700

Мінімальний припуск вибрано за [13].

З використанням даних таблиці 3.8 визначимо середній розмір отвору у вихідній заготовці. Цей розмір згідно з ГОСТ 26625-88 є і номінальним розміром. Отже

$$D_{\text{середній}} = D_{\text{номінальний}} = \frac{D_{\text{min}} + D_{\text{max}}}{2} = \frac{116.6 + 112.6}{2} = 114.6 \text{ (мм)}.$$

Висновки.

1. В роботі отримала подальший розвиток методика визначення величини просторових відхилень осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз з використанням розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу.

2. Виконано порівняльний аналіз результатів визначення загального припуску за нормативами і припуску, знайденого за допомогою розмірно-точнісного моделювання, яке враховує конкретні технологічні умови виконання цього процесу. Аналіз отриманих результатів показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво (на 30%) перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.

3. Якщо на першій операції технологічного процесу розв'язується задача забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними і необроблюваними поверхнями, то бажано визначати припуски на обробку відповідальних поверхонь за допомогою розрахунково-аналітичного методу, оскільки припуску, визначеного за нормативами, може не вистачити для забезпечення необхідної якості деталей.

МКР

137

Прикладна механіка

ТАМ

$$K = \sqrt{\frac{m_i}{m_{op}}} \quad (4.3)$$

де m_i – маса і-тої деталі.

m_{op} – маса розрахункового представника.

Для деталі 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt{\frac{3,1}{5,6}} = 0,67 \text{ .}$$

Для деталі 2 отримаємо:

$$K_{12} = \sqrt{\frac{3,0}{5,6}} = 0,66 \text{ .}$$

Для деталі 3 отримаємо:

$$K_{13} = \sqrt{\frac{9}{15,6}} = 0,64 \text{ .}$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

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

де N – програма випуску представника, N_i – програма випуску і-тої деталі;

α – коефіцієнт, який враховує точність, шореткість, складність конструкції та інші конструкторські показники (для легкого середнього машинобудування складає 0.15);

Для деталі 1 отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{10000}{2500} \right)^{0,15} = 1,23 \text{ .}$$

Для деталі 2 отримаємо:

$$K_{2,2} = \left(\frac{1200}{2500} \right)^{0,15} = 0,89 .$$

Для деталі 3 отримаємо:

$$K_{3,2} = \left(\frac{1500}{2500} \right)^{0,15} = 0,92 .$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_{2,1} = \frac{(\overline{K_{2,2}})^{n_2}}{(\overline{K_{1,2}})^{n_1}} \cdot \frac{(\overline{R_{2,2}})^{n_2}}{(\overline{R_{1,2}})^{n_1}} \quad (4.5)$$

де $\overline{K_{1,2}}, \overline{K_{2,2}}$ – середні значення точності деталі і представника;

$\overline{R_{1,2}}, \overline{R_{2,2}}$ – середні значення шорсткості деталі і представника.

Дані для розрахункового представника (корпуса) представлені в пункті 1.2.

Для деталі 1 знайдемо значення коефіцієнта $K_{1,1}$:

$$\overline{K_{1,1}} = \frac{\sum K_{1,1} \cdot n_{1,1}}{\sum n_{1,1}} = \frac{7 \cdot 3 + 9 \cdot 7 + 11 \cdot 9 + 12 \cdot 1 + 13 \cdot 8 + 14 \cdot 7}{3 + 7 + 9 + 1 + 8 + 7} = 11,1;$$

$$\overline{R_{1,1}} = \frac{\sum R_{1,1} \cdot n_{1,1}}{\sum n_{1,1}} = \frac{0,32 \cdot 3 + 0,8 \cdot 7 + 3,2 \cdot 8 + 2,1 \cdot 1 + 4}{3 + 7 + 8 + 1} = 3,48;$$

$$K_{1,1} = \left(\frac{11,1}{12,81} \right)^{0,1} \cdot \left(\frac{3,48}{4,9} \right)^{0,2} = \frac{0,94}{0,8} \cdot \frac{1,0}{1,0} = 1,175 .$$

Аналогічно для деталі 2 отримаємо:

$$K_{2,1} = \left(\frac{12,0}{12,81} \right)^{0,1} \cdot \left(\frac{4,19}{4,9} \right)^{0,2} = \frac{0,9}{0,8} \cdot \frac{1,0}{1,0} = 1,125 .$$

Для деталі 3 отримаємо:

$$K_{3,1} = \left(\frac{11,5}{12,81} \right)^{0,1} \cdot \left(\frac{8,02}{4,9} \right)^{0,2} = \frac{0,9}{0,8} \cdot \frac{0,95}{1,0} = 1,07.$$

Коефіцієнт приведення для деталі 1 складає:

$$K_1 = 0,66 \cdot 1,23 \cdot 1,175 = 0,89.$$

Коефіцієнт приведення для деталі 2 складає:

$$K_2 = 0,67 \cdot 0,89 \cdot 1,125 = 0,671.$$

Коефіцієнт приведення для деталі 3 складає:

$$K_3 = 0,64 \cdot 0,92 \cdot 1,07 = 0,63.$$

Тоді

$$N_{\text{пр}} = 2500 + 10000 \cdot 0,89 + 1200 \cdot 0,671 + 1500 \cdot 0,63 = 13150 \text{ (шт.)}$$

Отримані результати занесені до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг.	Коефіцієнт приведення				Приведена програма на річний випуск
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Корпус СІП 18-001	2500	5,6	1,0	1,0	1	1	2500
Деталь 1	10000	3,1	0,66	0,87	1,175	0,675	8900
Деталь 2	1200	3,0	0,67	0,89	1,125	0,671	805
Деталь 3	1500	2,9	0,64	0,92	1,07	0,63	945
Всього		–	–	–	–	–	13150

4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Згідно [3, 17] розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою:

$$C_{op} = \frac{N \cdot T_{штучно}}{60 \cdot \phi_{д}}, \quad (4.6)$$

де N – кількість деталей програми випуску; $T_{штучно}$ – штучно калькуляційний час, хв.; $\phi_{д}$ – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки на операції 005

$$C_{р005} = \frac{12,92 \cdot 13150}{60 \cdot 3890} = 0,73.$$

На операціях 010-015 використовуються однаковий комплект технологічних баз, тому ці операції доцільно об'єднати. Кількість верстатів необхідних для обробки на операції 010-015

$$C_{р010-015} = \frac{41,89 \cdot 13150}{60 \cdot 3890} = 2,93.$$

За розрахованими даними приймемо необхідну кількість обладнання на відповідні операції:

$$C_{обл05} = 1; C_{обл010-015} = 3.$$

Визначимо коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{д} = \frac{C_{op}}{C_{обл}}. \quad (4.7)$$

де $C_{\text{пл}}$ – розрахункова кількість верстатів; $C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів.

Визначаємо коефіцієнт завантаження для операції 005

$$\eta_{\text{час}} = \frac{0,73}{1} = 0,73 \text{ .}$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження обладнання для операції 010-015

$$\eta_{\text{завантаж}} = \frac{2,36}{3} = 0,79 \text{ .}$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{0,73 + 0,79}{2} = 0,76 \text{ .}$$

Визначаємо коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{T_{\text{ос}}}{T_{\text{ос.пл}}} \text{ .} \quad (4.8)$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом для операції 005

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{5,691}{12,92} = 0,44 \text{ .}$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом для операції 010

015

$$\eta_{\text{ос}} = \frac{18,453}{41,89} = 0,44 \text{ .}$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{0,44 + 0,44}{2} = 0,44 \text{ .}$$

4.3 Побудова графіків завантаження обладнання

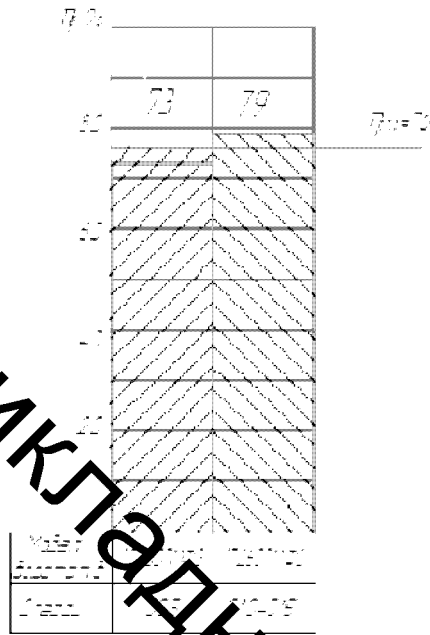


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

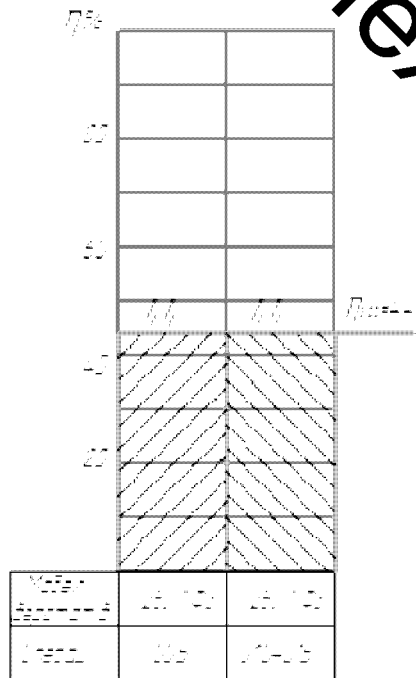


Рисунок 4.2 – Графік завантаження обладнання за основним часом

МКР
131
ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА ТАМ

Верстатні завантажені в достатній мірі. Для підвищення коефіцієнту використання по часу необхідно зменшувати допоміжний час, механізувати закріплення і розкріплення деталей та інші заходи.

4.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [3, 17]:

$$P_v = \frac{\Phi_{\text{op}} \cdot C_{\text{op}} \cdot \eta_{\text{z}} \cdot \eta_{\text{vob}}}{\Phi_{\text{r}} \cdot K_{\text{v}}} \quad [\text{шт.}], \quad (4.9)$$

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

Φ_{r} – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_{\text{r}}=1860$ год. (тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

Φ_{op} – ефективний фонд роботи верстата, год.;

K_{v} – коефіцієнт багатостаночного обслуговування, $K_{\text{v}} = 1,0, \dots, 2,2$;

η_{z} – коефіцієнт завантаження обладнання;

η_{vob} – коефіцієнт використання обладнання по основному часу.

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{\text{vob}} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,73 \cdot 0,44}{1860 \cdot 1} = 0,67 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 робітника-верстатника.

Кількість верстатників на операціях 010-015 складає:

$$P_{\text{оп}} = \frac{3 \cdot 3890 \cdot (0,79 + 0,44)}{1860 \cdot 1} = 2,18 \text{ .}$$

Приймаємо 3 робітника-верстатника.

Результати розрахунків занесяємо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Кількість робітників-верстатників

№ оп.	Назва операції	Прийнята кількість верстатів, $C_{\text{вр}}$	$\Phi_{\text{вр}}$, год.	$\eta_{\text{в}}$	$\eta_{\text{оп}}$	$K_{\text{вр}}$	$P_{\text{вр}}$, чол.	$P_{\text{оп}}$, чол.
005	Багатоцільова з ЧПК	1	3890	0,73	0,44	1	0,67	1
010-015	Багатоцільова з ЧПК	3	3890	0,79	0,44	1	2,18	3

Так як, на операціях робітники повністю не завантажені, то потрібно довантажити їх роботою з іншими деталями, крім врахованих в приведеній програмі.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх сезонних робочих – 4 чол.

Кількість допоміжних робітників:

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

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,16 \dots 0,22) \cdot 4 = 0,64 \dots 0,88.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР.

Кількість службовців:

$$P_{\text{служ}} = (0,09 \dots 0,019) \cdot 4 = 0,036 \dots 0,076.$$

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

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (1+1+1+1) = 0,14.$$

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

Отримані дані занесемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
1	2	3	4
Основні робітники-верстатники	розрахунок	4	4
Допоміжні робітники	20%...22%	0,8...1,0	1
ІТР	16%...17%	0,64...0,88	1
СКП	0,9...1,9%	0,036...0,076	1
МОП	2%	0,14	1

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС СПГ 18-001»

5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної 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 розробки (за 5-ти бальною шкалою)

Критерій	«0»	«1»	«2»	«3»	«4»
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненість концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розробниками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено робоздатність 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 аналогах	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогах	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогах	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогах

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 переклики					
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
Практична здійсненість					
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 невзначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне невзначне навчання фахівців	С фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які 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 вільково-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні 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 отримати повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

ММКР

131

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА ТАМ

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 $\overline{СБ}$	$\frac{\sum СБ}{СБ} = \frac{30 + 28 + 26}{3} = 28$		

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 в 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:

$$K_{\text{абс}} = \sum P_m \cdot \alpha_{m,i} \quad (5.1)$$

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

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

Визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівняючи 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.	8	4	2,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	8		2,0	0,2
Середній розряд робітників	5	3	1,67	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,56	0,76	1,36	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,4	0,44	1,1	0,15
Собівартість заготовки, грн.	1428,9	1072,41	-	-

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

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{ан}}}. \quad (5.2)$$

або

$$q = \frac{P_i}{P_{i0}} \quad (5.3)$$

де P_{i0} , P_i – числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{відн}} = \sum q_i \cdot \alpha_i \quad (5.4)$$

$$K_{\text{відн}} = 2,0 \cdot 0,4 + 2,0 \cdot 0,2 + 1,67 \cdot 0,1 + 1,36 \cdot 0,15 + 1,1 \cdot 0,15 = 1,74.$$

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 одні з 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:

$$K = \frac{I_{\text{тех}}}{I_{\text{ек}}} \quad (5.5)$$

де $I_{\text{тех}}$ – індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення); $I_{\text{ек}}$ – індекс економічних параметрів.

Індеке економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ек}} = \frac{\sum P_{\text{нов}}}{\sum P_{\text{баз}}}, \quad (5.6)$$

де $P_{\text{нов}}$, $P_{\text{баз}}$ – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

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

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,74. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{\text{ек}} = \frac{1072,41}{1428,9} = 0,75$$

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

$$K = \frac{1,74}{0,75} = 2,32$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Групе СПГ 18-001» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СІП 18 001»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу [18]

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

$$K = Z + Z_{\text{д}} + Z_{\text{п}} + V_{\text{б}} + V_{\text{т}} + V_{\text{о}} + V_{\text{т}} + V_{\text{п}} + V_{\text{т}} + V_{\text{п}} + V_{\text{т}} + V_{\text{п}} \quad [\text{грн.}], \quad (5.7)$$

де Z – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{\text{д}}$ – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

$Z_{\text{п}}$ – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$V_{\text{б}}$ – вартість будівлі, до її заїмас ділянка, грн.;

$V_{\text{т}}$ – початкова вартість технологічного обладнання, грн.;

$V_{\text{о}}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

$V_{\text{т}}$ – початкова вартість інструменту та оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$V_{\text{п}}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$V_{\text{п}}$ – вартість програм управління, грн.;

$V_{\text{п}}$ – передвиробничі витрати, грн.; $V_{\text{т}}$ – вартість оборотних засобів, грн.

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

$$Z = \sum_{k=1}^n \frac{M_{\text{д}} \cdot T_{\text{д}}}{T_{\text{д}}} \quad [\text{грн.}], \quad (5.8)$$

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

n – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.5 Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	9500	431,8	10	4318	
Інженер-технолог	9000	409,1	8	3272,73	
Інженер-конструктор	9000	409,1	8	3272,73	
Економіст	9000	409,1	2	818,18	
Всього				3	11681,64

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = 0,1 \cdot 11681,64 = 1168,164 \text{ (грн.)}$$

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_{\text{ЄСВ}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{ЄСВ}} \quad \text{[грн.]} \quad (5.10)$$

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

$$3) \quad (11681,64 + 1168,164) \cdot 0,22 = 2826,96 \text{ (грн.)}$$

5.2.5 Вартість будівлі, що її займає дільниця

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

$$B_{\text{д}} = U_{\text{д}} \cdot S_{\text{д}} \text{ [грн.]} \quad (5.11)$$

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

$S_{\text{д}}$ – загальна площа виробничої дільниці, м².

$$B_{\text{д}} = 600 \cdot 115 = 69000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{об}} = \sum_{i=1}^k U_i \cdot C_{\text{об}i} \cdot K \text{ [грн.]} \quad (5.12)$$

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на дільниці.

Таблиця 5.6 Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K	Вартість, грн.
1	Багатоцільовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3	400000	4	1,1	1760000
Всього					1760000

Придбані верстати були у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій дільниці:

- 2 верстати 6P13PФ3 $2 \cdot 60000 = 120000$ (грн.);

- 2 верстати 2P135Ф2 $2 \cdot 50000 = 100000$ (грн.);

- 4 верстати LP500PMФ4 $4 \cdot 100000 = 400000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 620000 грн. Отже, витрати на обладнання:

$$o = 1760000 - 620000 = 1140000 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{ин}} = B_{\text{об}} \cdot \frac{K_{\text{ин}}}{100\%} \text{ [грн.],} \quad (5.13)$$

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

$K_{\text{норм}}$ – нормативний відсоток витрат в залежності від типу виробництва;

$$B_{\text{обл}} = 1140000 \cdot 0,10 = 114000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{осн}} = 114000 \cdot 0,25 = 28500 \text{ (грн.)}$$

Вартість контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів ($B_{\text{квп}}$), не закріплених за окремими роботами місяцями і обслуговуючих одночасно всю ділянку, встановлюють пропорційно вартості інструменту і технологічного оснащення в межах 6...12% та розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{квп}} = 0,1 \cdot 114000 = 11400 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{інст}} = B_{\text{обл}} + B_{\text{осн}} + B_{\text{квп}} \text{ [грн.]} \quad (5.16)$$

$$B_{\text{інст}} = 114000 + 28500 + 11400 = 153900 \text{ (грн.)}$$

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 ($V_{\text{ПК}}$) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

$$V_{\text{ПК}} = (0,05 \dots 0,1) \cdot V_{\text{ТЧ}} \text{ [грн.]}; \quad (5.17)$$

$$V_{\text{ПК}} = 0,1 \cdot 1140000 = 114000 \text{ (грн.)}$$

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:

$$\begin{aligned} K &= 11681,64 + 1168,16 + 2826,96 + 69000 + 1140000 + 153900 + 114000 = \\ &= 1492576,76 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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 СШ 18-001» складає 1072,41 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію ($B_{\text{с}}$) розраховують за формулою:

$$B_{\text{с}} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{\text{в}} \cdot t_i \cdot U \cdot K_{\text{в}}}{\eta_i} \quad [\text{грн.}], \quad (5.18)$$

де $W_{\text{в}}$ – 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.;

U – вартість 1 кВт-години електроенергії, $U = 5,1$ грн.;

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta = 0,96$.

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Найменування операції, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	5,5	0,095	2,67
010 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	5,5	0,155	4,35
015 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	5,5	0,153	4,29
Всього			$\Sigma 11,31$

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ($Z_{\text{ос}}$) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_{\text{ос}} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \quad [\text{грн.}] \quad (5.19)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконання одиниці роботи, 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:

$$C_i = \frac{M_{\text{ос}} \cdot K_1 \cdot K_2}{t_i} \quad [\text{грн.}] \quad (5.20)$$

де $M_{\text{ос}}$ – розмір мінімальної місячної заробітної плати, $M_{\text{ос}} = 6700$ грн. (з 01.10.2022 р.);

K_1 – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_2 – 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

$T_{\text{ср}}$ – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_{\text{ср}} = 22$ дні;

t_i – тривалість зміни, год.

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

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування операцій, верстат	Тривалість операцій, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	0,095	3	1,35	77,09	7,32
010 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	0,155	3	1,35	77,09	11,95
015 Багатоцільова з ЧПК, ЛТ260МФ3	0,153	3	1,35	77,09	11,8
Всього					Σ 31,07

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$z_{\text{доп}} = H_{\text{доп}} \cdot z_{\text{осн}} \quad [\text{грн.}] \quad (5.21)$$

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

$$z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 31,07 = 3,11 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

$$z_{\text{ЄСВ}} = (z_{\text{осн}} + z_{\text{доп}}) \cdot H_{\text{ЄСВ}} \quad [\text{грн.}] \quad (5.22)$$

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

$$z_{\text{ЄСВ}} = (31,07 + 3,11) \cdot 0,22 = 7,52 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальноновиробничих статей витрат

Величину загальноновиробничих витрат розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{зв}} = 2,5 \cdot 31,07 = 77,68 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.
Витрати на матеріали в одиницю продукції, грн.	M	1072,41
Витрати на силову електроенергію, грн.	B	11,31
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{зв}}$	31,07
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$Z_{\text{д}}$	3,11
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	$Z_{\text{с}}$	7,52
Загальноновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{зв}}$	77,68
Всього	$S_{\text{в}}$	1203,1

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

$$H_{\text{нж}} = S_{\text{в}} \cdot \left(1 + \frac{P}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{v}{100} \right) \quad [\text{грн.}] \quad (5.24)$$

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

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

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.01.2022 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.

$$H_{\text{дог}} = 1203,1 \cdot (1+0,2) \cdot (1-0,2) = 1732,46 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($H_{\text{дог}}$) 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 $H_{\text{дог}} = 1732,46$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

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

де $H_{\text{дог}}$ – 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, $f = 16,67\%$;

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

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

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

$$H = \left[1732,46 - \frac{(1732,46 - 1072,41) \cdot 16,67}{100} - 1203,1 - \frac{10 \cdot 1203,1}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \cdot 2500 = 612990,31 \text{ (грн.)}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтованого доходу

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

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

де H_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.

$$\begin{aligned}
 NPV &= \frac{612990,31}{(1+0,2)^1} + \frac{612990,31}{(1+0,2)^2} + \frac{612990,31}{(1+0,2)^3} + \frac{612990,31}{(1+0,2)^4} - 1492576,76 \\
 &= 94292,45 \text{ (грн.)}
 \end{aligned}$$

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:

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

де H_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.

$$IRR_{min} = \sqrt[4]{\frac{612990,31 + 612990,31 + 612990,31 + 612990,31}{1492576,76}} - 1 = 0,13$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

$$T = \frac{\Delta K + K_1}{H} \text{ [років]}, \quad (5.28)$$

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

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

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

$$T = \frac{1492576,76}{612990,31} = 2,44 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус ОПГ 18-001», 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 1492576,76 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 612990,31 грн., термін окупності 2,44 року.

Отже, удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус ОПГ 18-001» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аналіз умов праці проведено на робочому місці, де здійснювалося удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус СІПГ 18-001». На дослідника, могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [19]:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи понижена вологість повітря;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні:

- розумове перевантаження;
- перенапруга аналізаторів;
- статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів сформуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1 Вимоги безпеки під час роботи

Оскільки в роботі розглядається удосконалення технологічного процесу обробки деталі, розглянемо вимоги безпеки під час робіт з металообробки.

Під час проведення робіт з обробки металу на верстатах звертати особливу увагу:

- До виконання робіт з обробки металу на верстатах допускаються особи, не молодше 18 років, та які пройшли професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі; медичний огляд відповідно до вимог

Положення про медичний огляд працівників певних категорій; спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці.

- Забороняється виконувати роботи на несправних верстатах, а також на верстатах з несправними або незакріпленими огороженнями.
- Застосовування у виробничих приміщеннях рубильників відкритого типу або рубильників з прорізом у кожухах для рукоятки або ножів не допускається.
- Не дозволяється використовувати на верстатах інструмент із забитими або спрацьбованими конусами та хвостовиками.
- Не дозволяється під час роботи верстата очищувати та поправляти різальний інструмент, пристосування та оброблювані деталі.
- Не дозволяється під час роботи верстата перевіряти рукою гостроту різальних кромek інструменту, глибину отвору та вихід свердла з отвору в деталі, а також охолоджувати свердла мокрою ганчіркою.
- Не дозволяється виконувати роботи на свердильних верстатах у рукавицях, рукавичках або із забинтованими кистями рук.

6.1.2 Електробезпека приміщення

Робоче приміщення, для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом, повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016 [24].

Категорія приміщення з електробезпеки – без підвищеної небезпеки, згідно ПУЕ [25].

Лінія електромережі для живлення приладів, периферійних пристроїв ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК виконана як окрема групова тринпровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконан-

ням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації лінії електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран – під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до користувача;

- перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;

- відрегулювати освітленість робочого місця:

- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;

приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері:

- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусі, в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися;

– для уникнення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу «миша» належить забезпечувати вільну велику поверхню столу для переміщення миші і зручного упору ліктьового суглоба;

– не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми;

періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильною розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Нормування мікроклімату на робочому місці відбувається згідно ДСН 3.3.6.042 99 [23]. Дослідження антен за енерговитратами відноситься до категорії І 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	22-24	55 0,1-0,2
Холодний	21-25	75 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована водяна система опалення. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється дослідження, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, вуглекислий газ та озон. Джерелом озону є офісна техніка

(принтер). Пил потрапляє у приміщення ззовні. 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	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вентиляційного прибирання.

6.2.3 Виробниче освітлення

У приміщенні, де здійснюється дослідження використовується штучне та природне освітлення. Робочі місця по відношенню до світлових прорізів повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

Норми освітленості при штучному освітленні та КНО (для III пояса світлового клімату згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 «Піричне і штучне освітлення» [21]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 6.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу, використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

Таблиця 6.3 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Щодозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнювання з фоном	Характеристика фону	Освітленість, Лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє-бічне	Бокове	Верхнє або верхнє-бічне	Бокове
Дуже високої точності	0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	750	200	7	2,5	4,2	1,5

6.2.4 Виробничий шум

Встановлено, що шум погіршує умови праці, чинячи шкідливу дію на організм людини. При тривалій дії шуму на людину відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага. Сильний тривалий шум може стати причиною функціональних змін серцево-судинної і нервової систем.

Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.4 (згідно ДСТУ 3.3.6.037-99 [22]).

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівня звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (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	

Основними заходами боротьби з шумом є ліквідація або ослаблення джерела шуму шляхом застосування звукопоглинаючих матеріалів у приміщенні і раціональне планування виробничого приміщення.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Під час виконання роботи із антенами на працівника діє підвищений рівень електромагнітного поля. Випромінювання можуть бути небезпечними для здоров'я. Низькочастотні поля при тривалому опроміненні можуть привести до порушень фізіологічних процесів.

Анени тексаметрового діапазону є джерелом електростатичного поля; слабких електромагнітних випромінювань в низькочастотному і високочастотному діапазонах (2 гц – 400 гц).

Допустимі значення параметрів іонізуючих електромагнітних випромінювань на робочому місці проєктувальника наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від антени	10В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від	0,3А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	
для дорослих користувачів	20кВ/м
для дітей дошкільних установ і що вчається середніх спеціальних і вищих учбових закладів	15кВ/м

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на проєктувальника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

6.2.6 Оцінка умов праці

Результати аналізу умов праці на робочому місці проектувальника заносимо до карти умов праці (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 Фрагмент карти умов праці на робочому місці

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Значення чинника (ГДК, ГДР)	
	Норма	Факт
Шкідливі хімічні речовини		
Оксид вуглецю	1	0,7
Озон	0,1	0,03
Пил нетоксичний	0,15	0,12
Шум, Дб	50	45
Мікроклімат		
Температура повітря, °С	21...25°С	24 °С
Швидкість руху повітря, м/с	0,1 м/с	0,1 м/с
Відносна вологість, %	40...60%	40 %
Рівень іонізації повітря в приміщенні		
n+	1500-3000	3000
n-	3000-5000	45000
Природне (КПО, %)	1,5	1,5
Загальна кількість чинників		

Таким чином, на робочому місці дослідника умови праці є допустимими і відповідають встановленим нормам з охорони праці.

6.3 Заходи з цивільного захисту. Технічні заходи та засоби оповіщення

Для вирішення завдань оповіщення в ССЦЗ створюється спеціальна система централізованого оповіщення (СЦО). СЦО забезпечує можливість циркулярного або вибіркового оповіщення посадових осіб центральних і місцевих органів виконавчої влади, керівників визначених підприємств, установ та організацій, населення залежно від рівня НС і заходів, яких необхідно невідкладно вжити.

СЦО складається із загальнодержавної, регіональних і спеціальних систем централізованого оповіщення; локальних та об'єктових систем оповіщення, систем циркулярного виклику. Загальнодержавна СЦО створюється на випадок загрози або виникнення НС загальнодержавного рівня. Вона забезпечує доведення інформації про НС до центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування. На випадок загрози або виникнення НС регіонального рівня (в АРК, кожній області, містах Києві та Севастополі, а також у містах, віднесених до відповідних категорій і груп), створюються регіональні системи СЦО місцевих органів виконавчої влади і населення.

Оповіщення про виникнення НС на АЕС здійснюється за допомогою спеціальних систем оповіщення. Ці системи передбачають можливість передачі сигналу "Увага всім!" і повідомлень на території АЕС та її промислової зони, у пристанційних населених пунктах з робочого місця начальника зміни станції (чергового диспетчера), а також оповіщення чергових служб територіальних органів ЦЗ. Оповіщення населення у 30-кілометровій зоні навколо АЕС здійснюється оперативним черговим відповідного територіального органу ЦЗ. Уздовж аміакопроводів, магістральних і відвідних нафто- і газопроводів створюються спеціальні системи централізованого оповіщення чергових служб територіальних органів ЦЗ, органів внутрішніх справ та населення, яке знаходиться в зоні можливого ураження. Ці системи мають сполучення з відповідними регіональними системами централізованого оповіщення.

У разі виникнення загрози катастрофічного затоплення внаслідок руйнування однієї чи декількох гребель на водосховищах Дніпровського каскаду та інших річках відповідні чергові служби гідроелектростанції оповіщають чергових служб органів ЦЗ та населення за допомогою спеціальних СЦО, створених у відповідно середньо на гідротехнічних спорудах. На випадок виникнення НС безпосередньо на ПНО створюються локальні та об'єктові системи оповіщення, які мають сполучення з регіональними СЦО. 28 Локальні системи оповіщення створюються на ПНО, зона ураження від яких (при виникненні НС) досягає заселених територій або інших підприємств, установ, організацій. До їх складу входять абонентські

радіоточки мережі радіомовлення та відомчих радіотрансляційних вузлів, вуличні гучномовці, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, система централізованого виклику, магнітофони, магнітні стрічки із записаними текстами звернень. Оповіщення працівників об'єкта і населення, які знаходяться за межами локальної системи оповіщення, покладається на оперативних чергових відповідників територіальних органів ЦЗ, для чого можуть залучатися сили та засоби органів МВС.

У населених пунктах, де немає цілодобового чергування територіальних органів ЦЗ та МНС, їх функції з оповіщення можуть покладатися на чергових органів МВС, На ПНО, зона ураження яких не виходить за їх територію, створюються об'єктові системи оповіщення, елементами яких виступають абонентські радіоточки і вуличні гучномовці державної мережі радіомовлення та відомчих радіовузлів, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, телефони, підключені до системи централізованого виклику, та інші технічні засоби. Загальний контроль за технічним станом спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення покладається на головних інженерів підприємств.

МКР
137
Прокладна механіка
ТАМ

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі удосконалено технологію виготовлення деталі типу «Корпус СПГ 18-001». В результаті виконання роботи отримано такі результати.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми. Встановлено, що економічно доцільним є виготовлення заготовки литтям в оболонкові форми, оскільки вартість заготовки складає 1072,41 грн., що менше у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми – 1428,9 грн.

3. Спроектовано варіанти удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СПГ 18-001». Обидва варіанти – з використанням верстатів з ЧПК. Їх порівняння за мінімумом приведених витрат дозволило вибрати дешевший варіант, яким і прийнятий для подальшого проектування.

4. Визначено режими різання і норми часу для виконання технологічних операцій. Виконано оптимізацію режимів різання за допомогою спеціальної комп'ютерної програми.

5. Виконано розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки, визначені припуски і технологічні розміри. Уточнені розміри вихідної заготовки.

6. Отримала подальший розвиток методика визначення величини просторових відхилень осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз з використанням розмірно-точнісного моделювання технологічного процесу.

7. Виконано порівняльний аналіз результатів визначення загального припуску за нормативами і припуску, знайденого за допомогою розмірно-

точнішого моделювання, яке враховує конкретні технологічні умови. Аналіз отриманих результатів показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво (на 30%) перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.

8. Показано, що у випадку розв'язання на першій операції задачі забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними та необроблюваними поверхнями необхідно визначати припуски на обробку відповідальних поверхонь за допомогою розрахунково-аналітичного методу, оскільки припуску, визначеного за нормативами, може не вистачити для забезпечення необхідної якості поверхонь деталей.

9. Для удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СНГ 18-001» та заготовок інших подібних деталей спроектовано дільницю, встановлено приведену програму ($N_{\text{д.г.}} = 13150$ шт.) для роботи в дрібносерійному виробництві; розраховано необхідну кількість верстатів – 4 шт.; кількість основних робітників – 4 чоловіки, всіх працівників – 8 чоловік.

10. Проведено економічні розрахунки доцільності впровадження запропонованих рішень, визначено капітальні вкладення – 1492576,76 грн., одержаний прибуток – 612990,31 грн., термін окупності вкладень – 2,44 року.

11. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус СНГ 18-001».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – М. : ООО ИД «Альяне», 2007. – 256 с.
2. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1987. – 736 с.
3. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репіньський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
4. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
5. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Л. І. Боженко. – Львів : «Світ», 1996. – 367 с.
6. Отливки из металлов и сплавов. Изделия размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. [Числий від 1987-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
7. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шимідь, С. В. Репіньський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / А. Г. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.] ; под ред. А. Г. Косинцовой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / Ю. А. Абрамов, В. П. Андреев, Б. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. Г. Косинцовой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

10. Барановський Ю. В. Режимы резания металлов: Справочник. Ю. В. Барановський, Л. А. Брахман, Ц. З. Бродский [и др.] : / под ред. Ю. В. Барановского. — М. : Машиностроение, 1972. — 407 с.

11. Основы технологии машиностроения / [Кован В. М., Корсаков В. С., Косилова А. Г. и др.] : под ред. В. С. Корсакова. — М. : Машиностроение, 1977. — 416 с.

12. 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.

13. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 116 с.

14. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 116 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. — М. : Экономика, 1990. — 206 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. — М. : Экономика, 1990. — 473 с.

17. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко : под ред. А. М. Дальского — М. : Машиностроение, 1970. — 352 с.

18. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. П. Лесько, В. В. Кавецький. — Вінниця : ВНТУ, 2021. — 42 с.

19. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу:

http://online.budstandart.com/ua/catalog/top/catalogua/healthprotection/11_nakazy_ta_pra_pov_183575/2-8+58074_detail.html.

20. ДСТУ В.В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом- [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=65395.

21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Електронний ресурс] Режим доступу:

http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=79885

22. 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>

23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:

<http://mozdoes.kiev.ua/view.php?id=1972>

24. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів - [Електронний ресурс] - Режим доступу:

https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=48146

25. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>.

МКР

737

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА ТАМ

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технології виготовлення деталі типу «Корпус
2ПГ 18-001»

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	92,6%
КП2		
Тривога/Білі знаки	Схожість	7,4%

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 намірені 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)

Коваленко К. С.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку Сердюк О. В.
(прізвище, ініціали)

Експерт Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

МКР

131

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

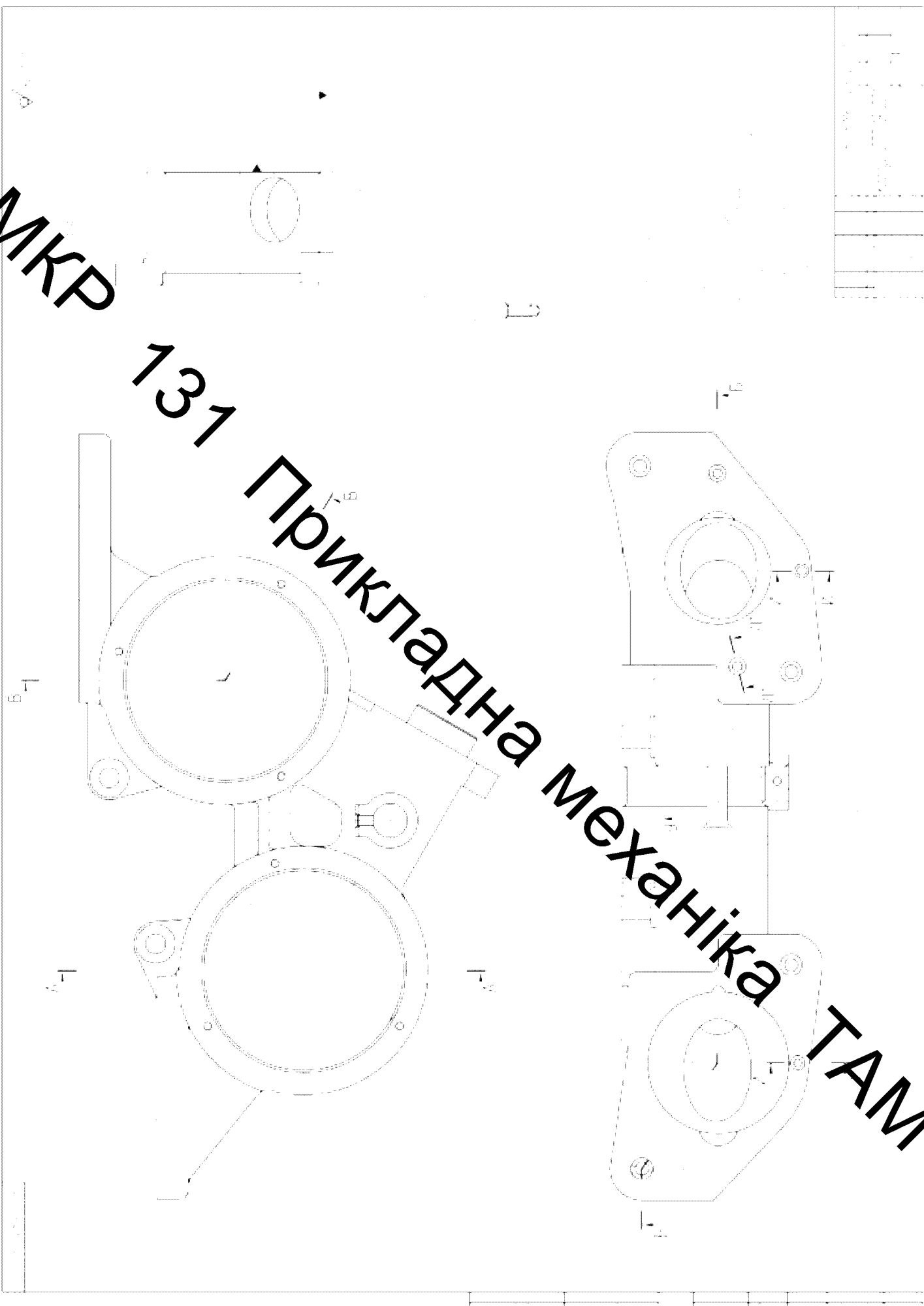
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КОРПУС СПГ 18-001»

Прикладна механіка ТАМ

МКР

131

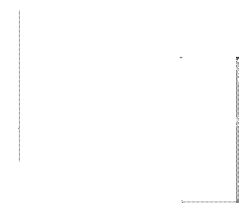
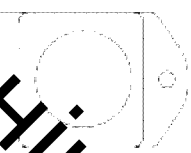
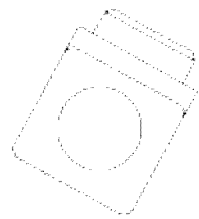
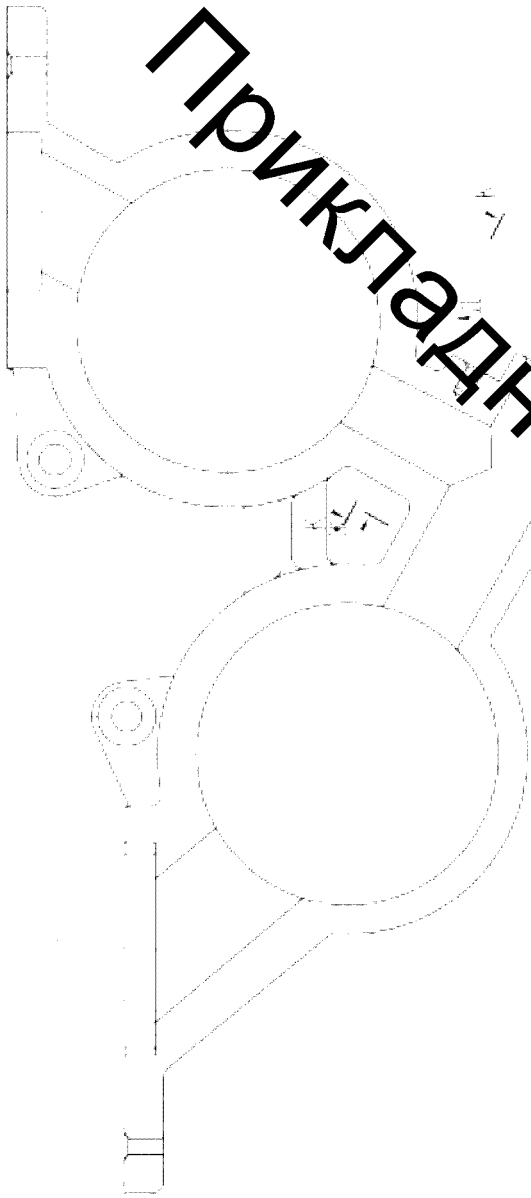
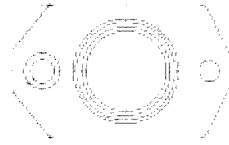
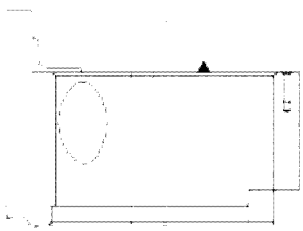
Прикладна механіка ТАМ



МКР

131

Прикладна механіка ТАМ



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

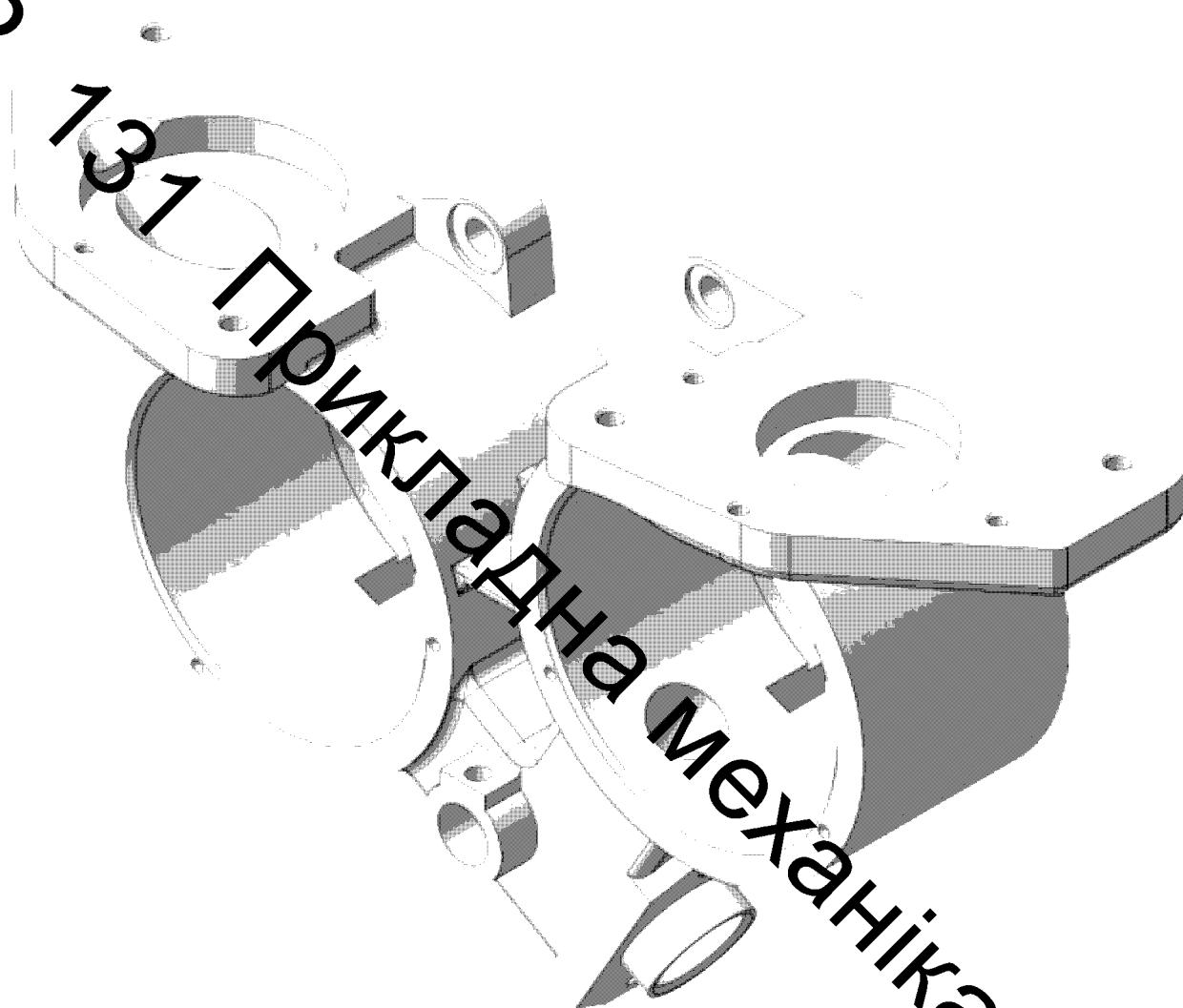
3D-модель деталі

МКР

131

Прикладна механіка

ТАМ

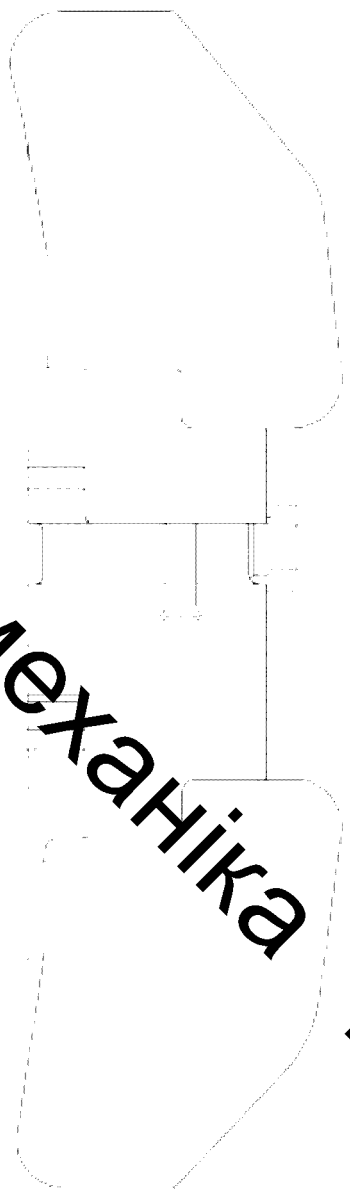
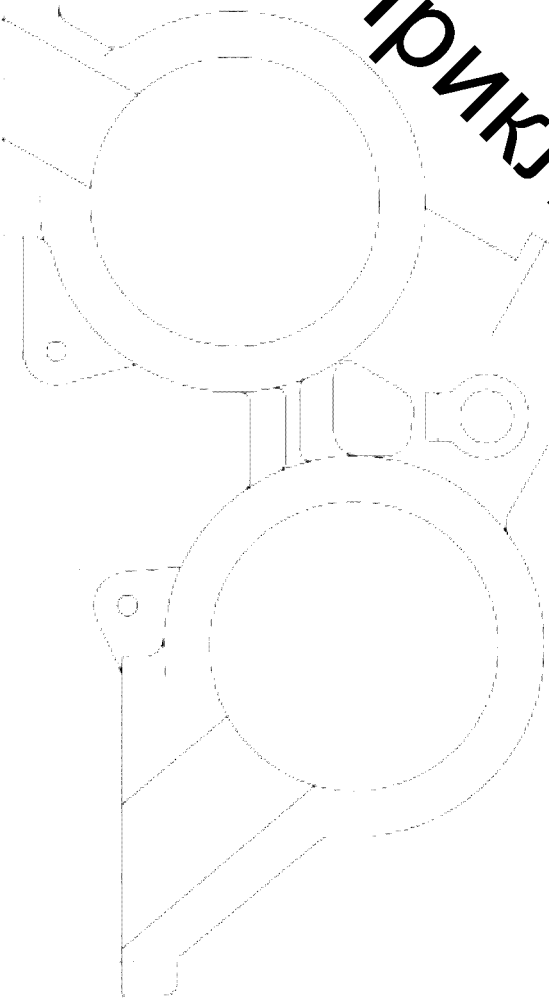


МКР

131

Прикладна механіка

ТАМ



№	Назва	Масштаб	Матеріал	Колір

№	Назва	Масштаб	Матеріал	Колір

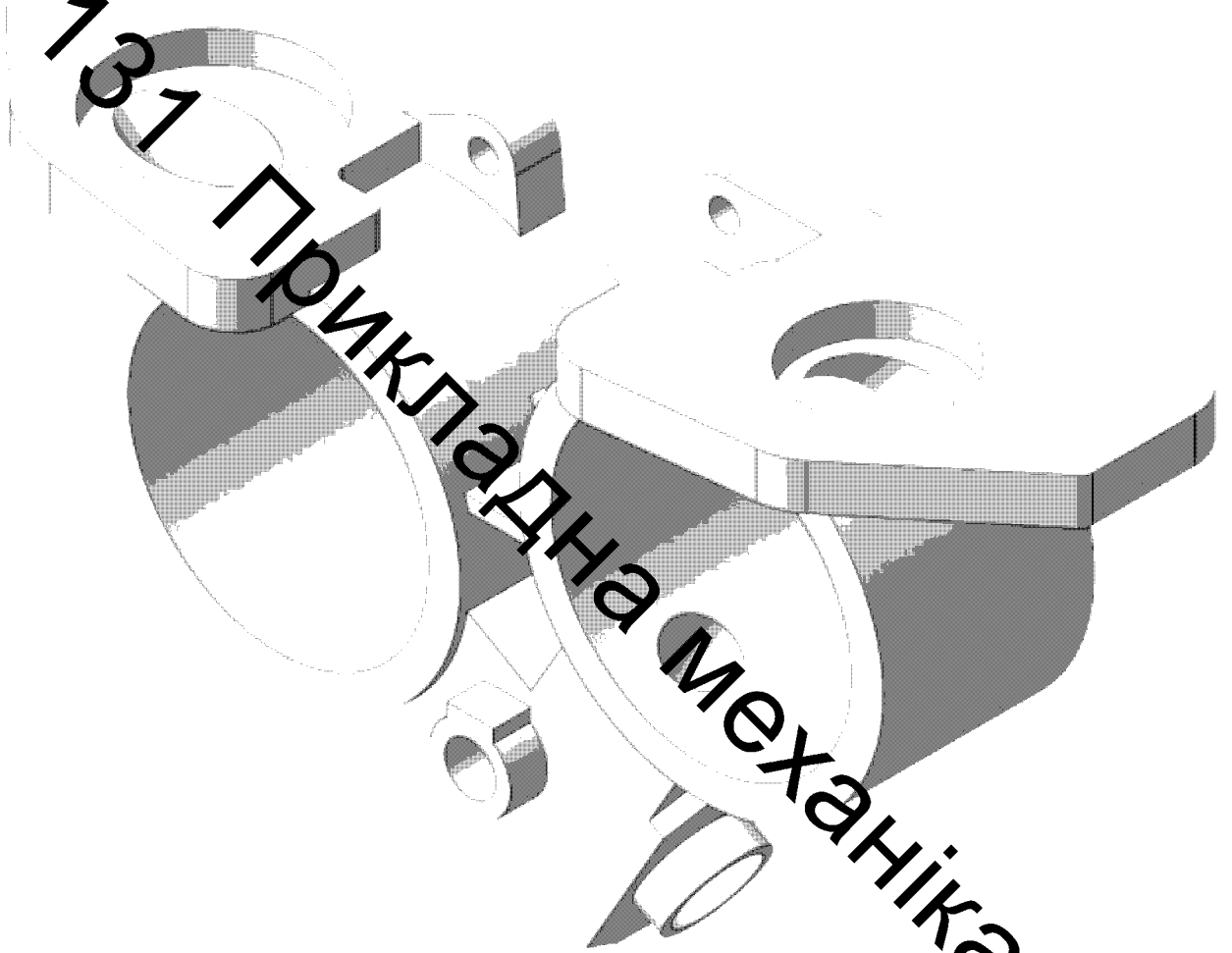
3D-модель заготовки

МКР

131

Прикладна механіка

ТАМ



МКР

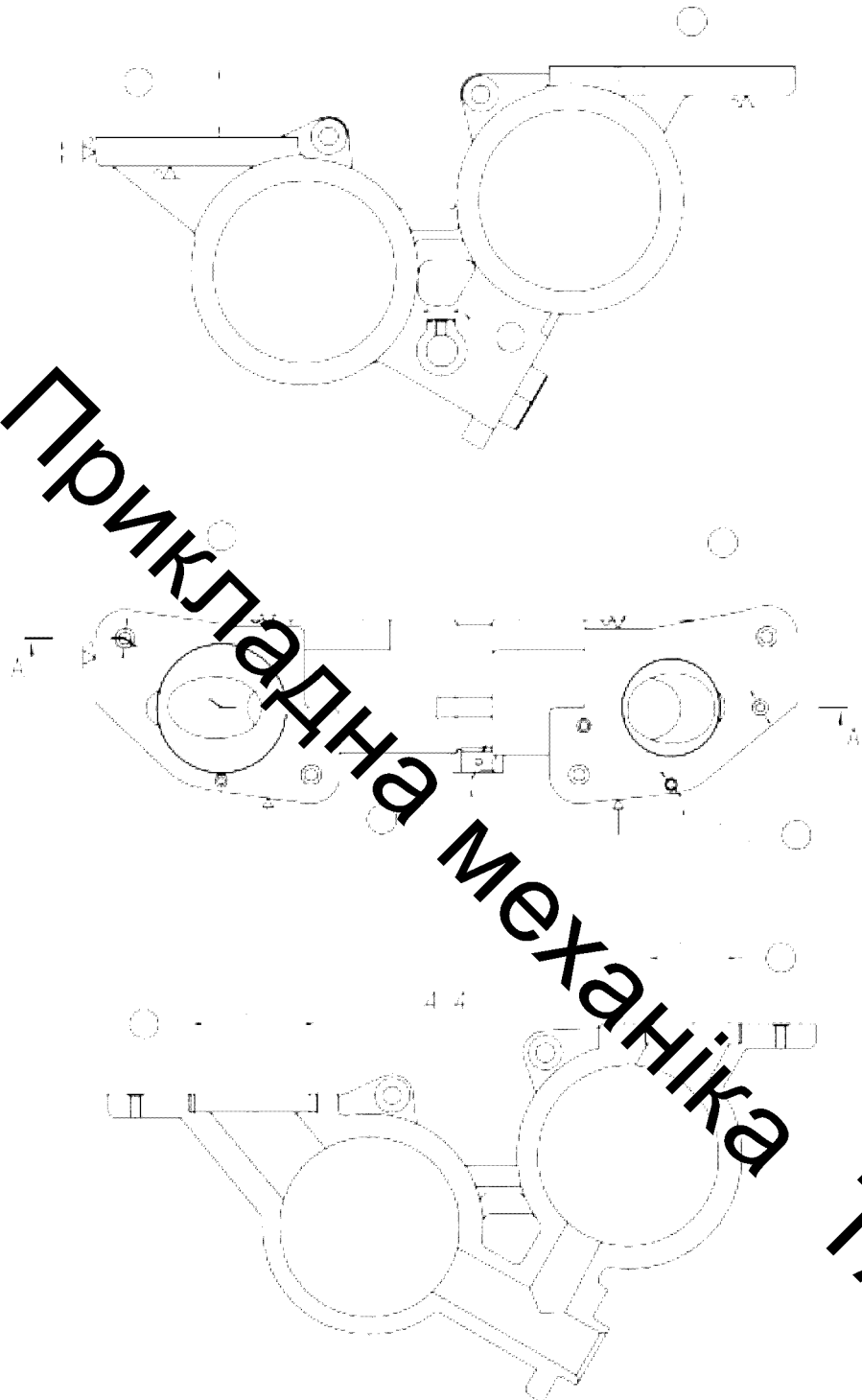
131

Прикладна механіка

ТАМ

Деталь машини з МКР

1. Назначення деталі
2. Назначення матеріалу
3. Назначення режимів механічної обробки
4. Назначення режимів механічної обробки
5. Назначення режимів механічної обробки
6. Назначення режимів механічної обробки
7. Назначення режимів механічної обробки
8. Назначення режимів механічної обробки
9. Назначення режимів механічної обробки
10. Назначення режимів механічної обробки



МКР

131

Прикладна

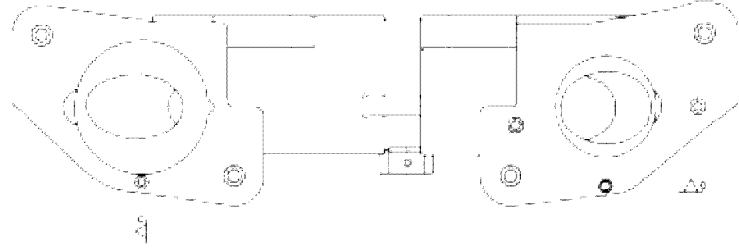
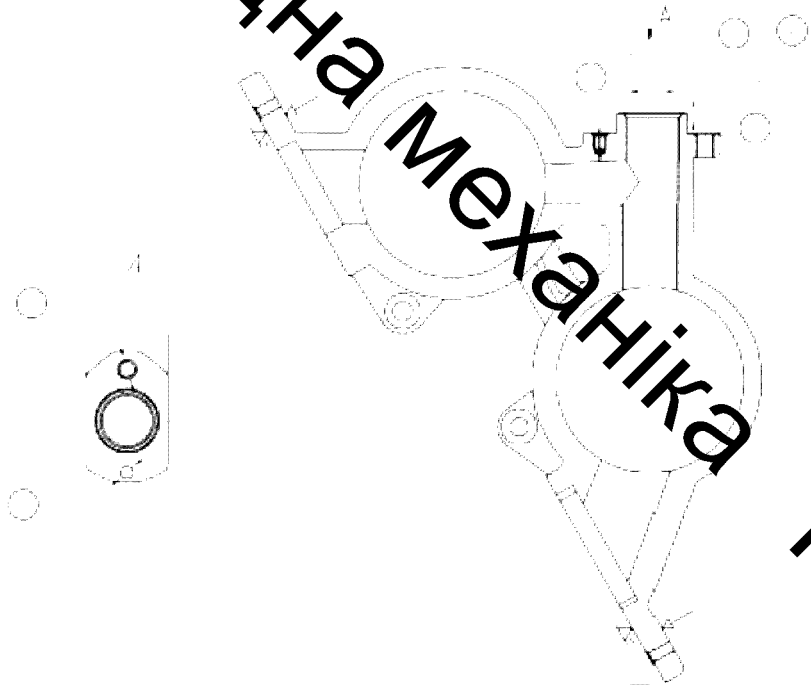
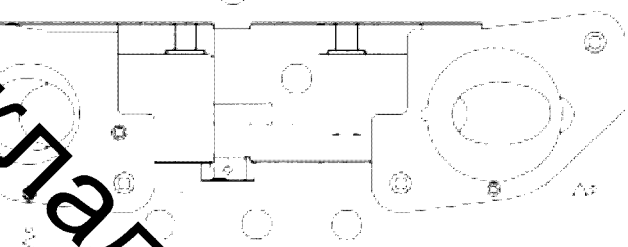
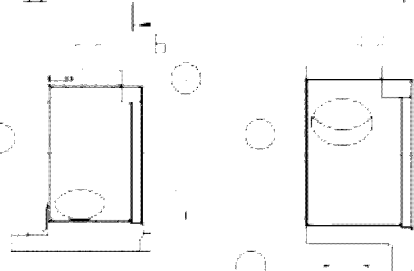
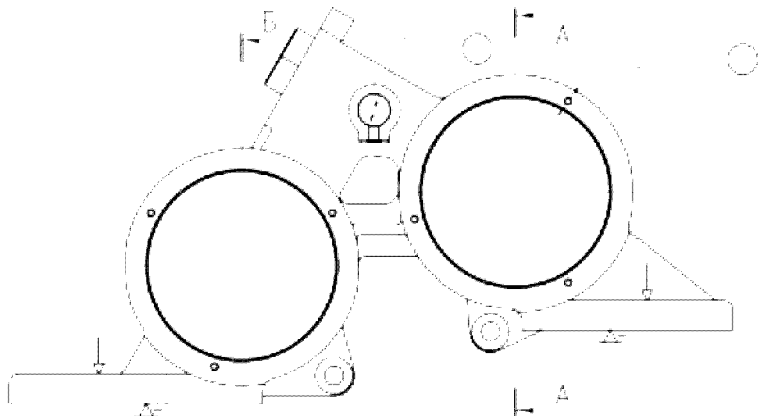
Механіка

ТАМ

Балеткерівська 1918

Балеткерівська 1918

Комп'ютер



ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ І ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧІСНИГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ (продовження)

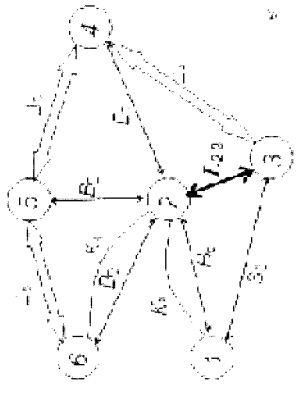
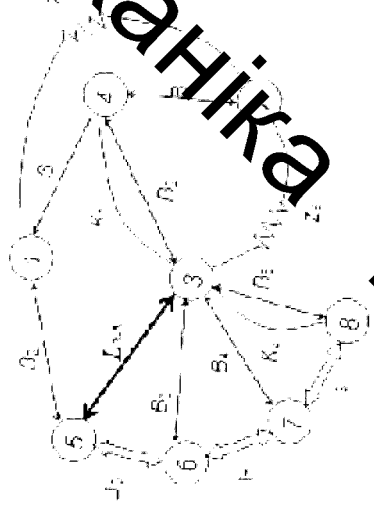
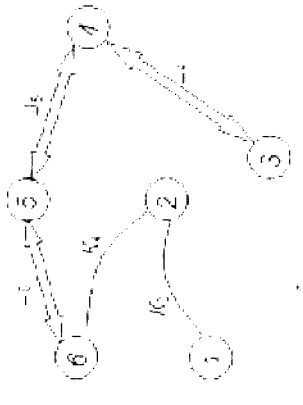
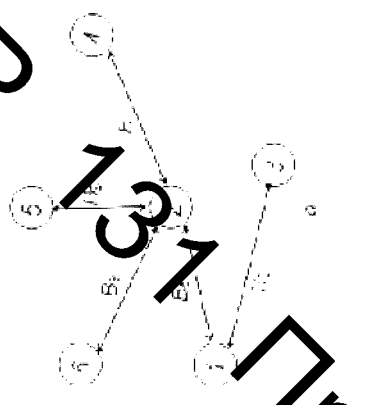
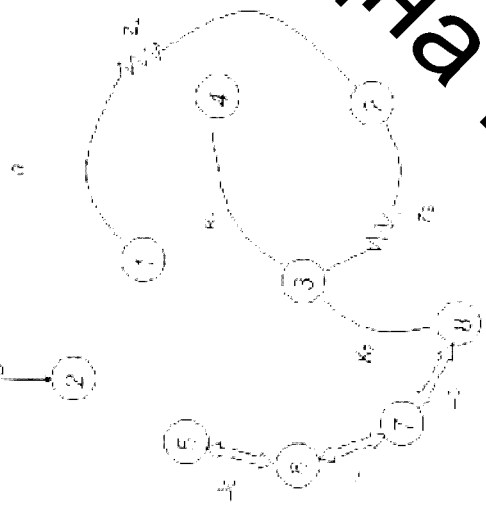
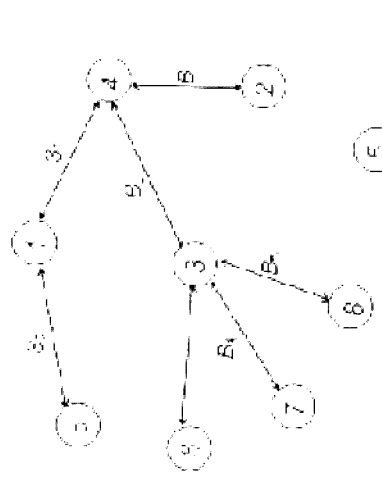


Рис. 1. Поділний (а), вузловий (б) графів-дерев і суміщений граф (в) у вигляді оди.Г.

Рис. 2. Поділний (а), вузловий (б) графів-дерев і суміщений граф (в) у вигляді оди.Г.

МАР

Прикладна механіка

ТАМ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ
 І ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
 (продовження)

Визначення технічної точності розмірів розширення і зменшення існуючих розмірів, вимірюваних у мм

Місце вимірювання, призначення поверхні, мм	Категорія поверхні за станом після механічної обробки	Класифікаційний коефіцієнт поверхні	Поворотний розмір		Відхилення розміру		Відхилення розміру на кожній з двох сторін	
			мінімальний розмір	максимальний розмір	випередження	відхилення		
22	1,0	0,16	20,3	21,34	0,82	21,14	21,34	
23	0,3	0,03	20,48	20	0,52	20	20,5	
Місце вимірювання, мм	Класифікаційний коефіцієнт поверхні	0,3	22	92	93,43	0,8	93	93,443
			23	93	93,18	0,35	93	93,418
			24	93	93,10	0,2	93	93,410
Місце вимірювання, мм			25	21,2	24	23,6	22,4	22
Середнє значення			93,8	97,4	3,6	95,6	95,6	
1,25								95,6
1,75								95,6

Визначення технічної точності розмірів розширення і зменшення існуючих розмірів, вимірюваних у мм

Місце вимірювання, призначення поверхні, мм	Категорія поверхні за станом після механічної обробки	Класифікаційний коефіцієнт поверхні	Поворотний розмір		Відхилення розміру		Відхилення розміру на кожній з двох сторін	
			мінімальний розмір	максимальний розмір	випередження	відхилення		
26	1,0	0,16	80,5	80,5	0,01	80,5	80,5	
27	0,3	0,03	58,5	58,5	0,02	58,5	58,5	
28	0,3	0,03	58,5	58,5	0,02	58,5	58,5	
29	0,3	0,03	58,5	58,5	0,02	58,5	58,5	
Середнє значення			115	117	2	115	115	
1,25								115
1,75								115

ТАМ

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ЗА НОРМАТИВАМИ
І ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗМІРНО-ТОЧІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**
(продовження)

Результати розрахунку припусків, техніко-технологічних розмірів, розмірів вихідних заготовок (табл. 1) та (табл. 2).

Техніко-технологічні параметри обробки	Розміри вихідних заготовок		Техніко-технологічні параметри обробки	Результати розрахунку припусків	Техніко-технологічні параметри обробки
	Р	h			
Характеристики матеріалу	40	200	40	116,504	116,5
Розміри вихідних заготовок	50	300	50	129,332	129,33
Розміри вихідних заготовок	25	15	25	2,351	2,35
Розміри вихідних заготовок	0	0	0	0,000	0,00
Всього припусків			1,67502		1,675

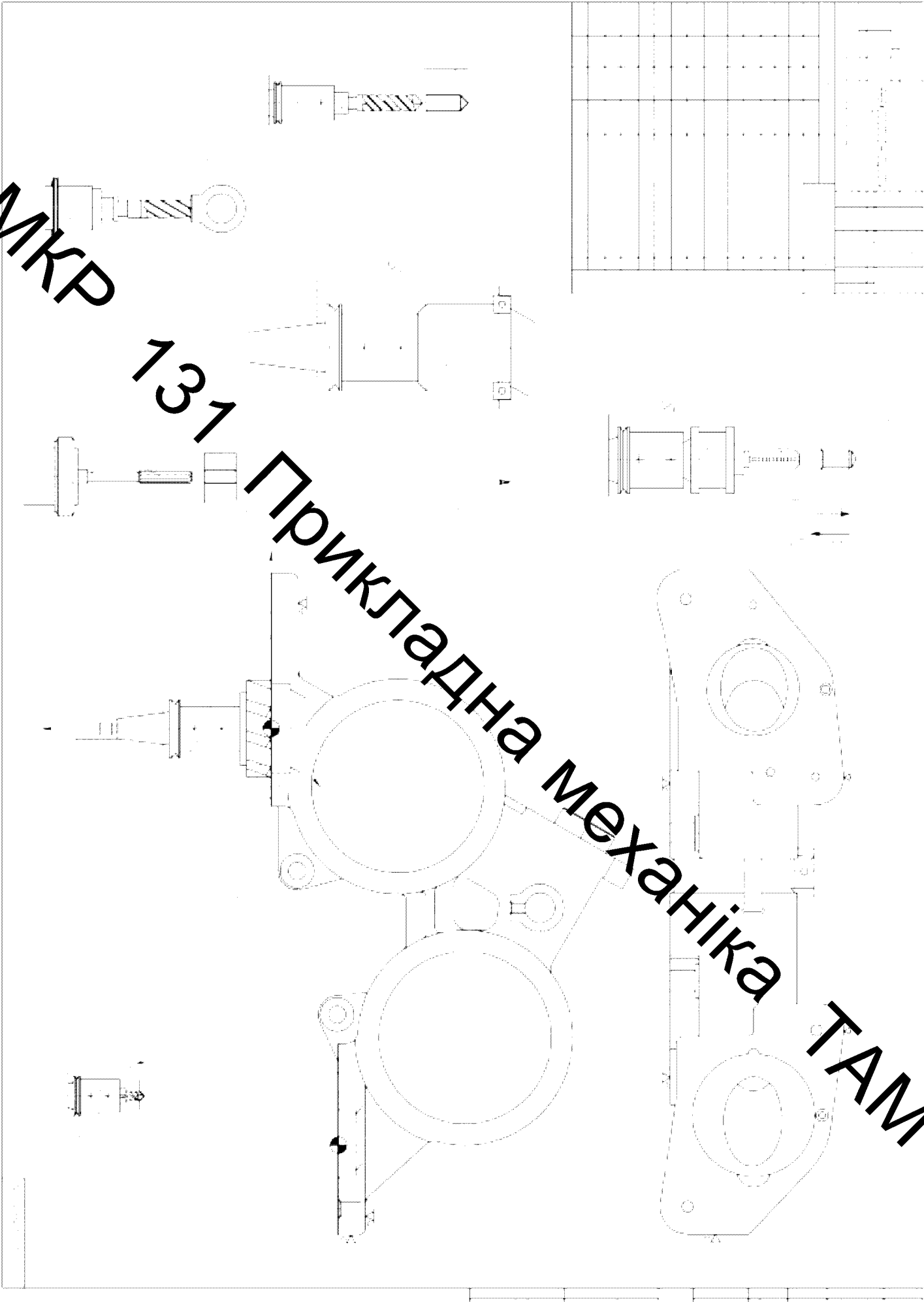
Висновки

1. В роботі отримала подальший розвиток методика визначення величини просторових відхилень осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз з використанням розмірно-точісного моделювання технологічного процесу.
2. Виконано порівняльний аналіз результатів визначення загального припуску за нормативами і припуску, знайденого за допомогою розмірно-точісного моделювання, яке враховує конкретні технологічні умови виконання цього процесу. Аналіз отриманих результатів показав, що розрахункове значення загального припуску суттєво (на 30%) перевищує значення припуску, визначеного за нормативами.
3. Якщо на першій операції технологічного процесу розв'язується задача забезпечення розмірного зв'язку між оброблюваними необробленими поверхнями, то бажано визначати припуски на обробку відповідальних поверхонь за допомогою розрахунково-аналітичного методу, оскільки припуску, визначеного за нормативами, може не вистачити для забезпечення необхідної якості деталей.

МКР

131

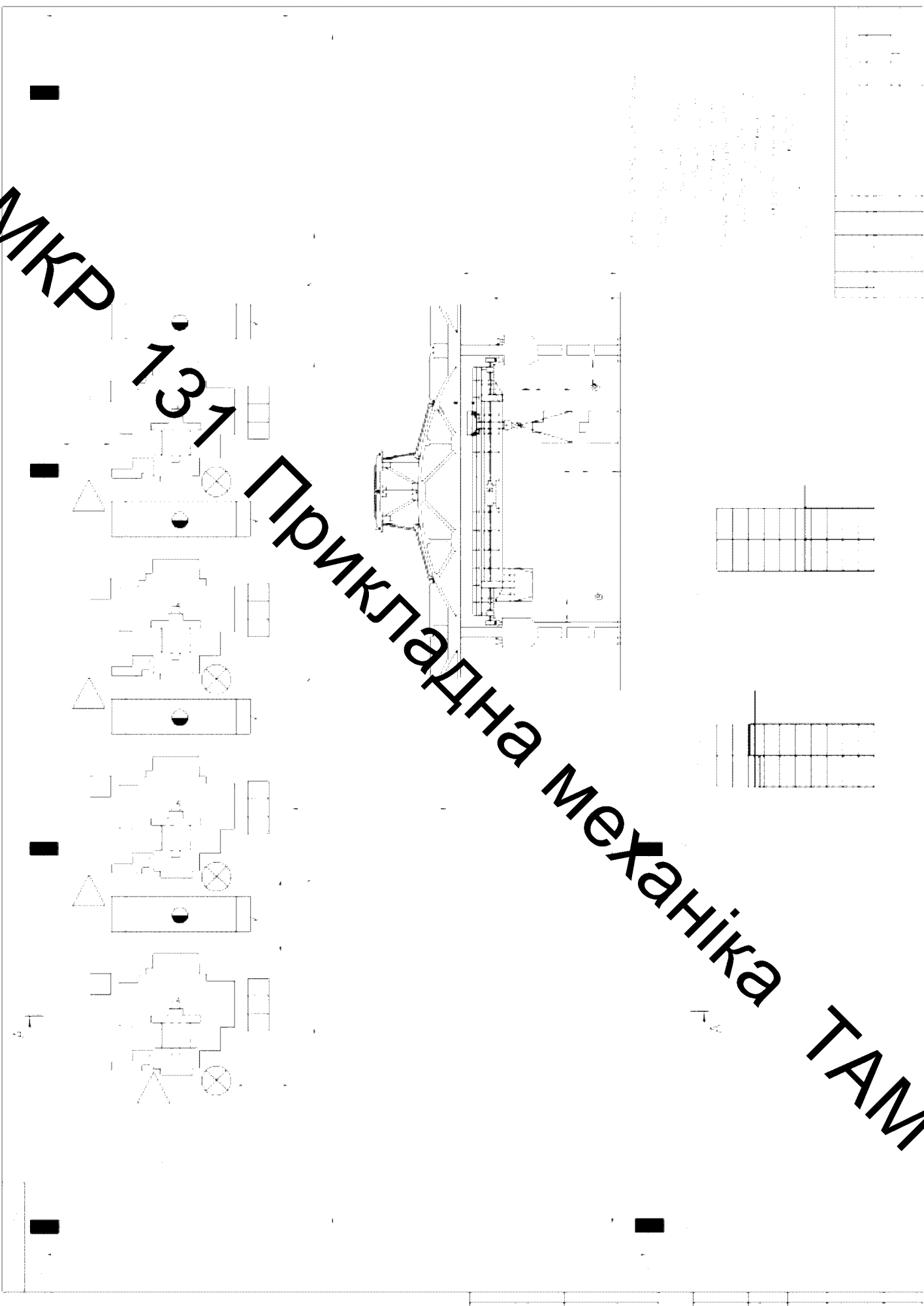
Прикладна механіка ТАМ



МКР

137

Прикладна механіка ТАМ



МКР

131

Прикладна механіка

ТАМ

Техніко-економічні показники технологічного процесу

Показники По базовому По узагальненому технологічному процесу технологічному процесу

1. Маса деталей, кг	5,6	5,6
2. Маса заготовки, кг	9,115	7,983
3. Коефіцієнт точності маси заготовки	0,67	0,67
4. Сабідартність заготовки, грн.	1428,9	1072,41
5. Кількість операцій, шт.	4	3
6. Кількість верстатів, шт.	8	4
7. Кількість основних робітників, осіб	8	4
8. Площа виробнича, м ²	210	100
9. Капітальні вкладення, грн.	-	1492576,76
10. Сабідартність деталі, грн.	1732,46	1203,1
11. Економічний ефект, грн.	-	612990,31
12. Термін служби, років	-	2,44