

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

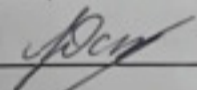
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу
“Корпус редуктора 65М.001”»

08-64.МКР.018.00.000 ПЗ

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

 Остапчук Я. Ю.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Репінський С. В.

« 5 » 12 2023 р.


Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В. П.

« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л. Г.

« 16 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 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.

« 16 » жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Остапчуку Ярославу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»

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

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

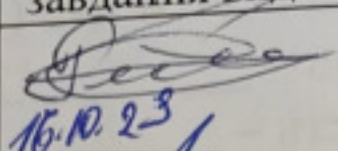
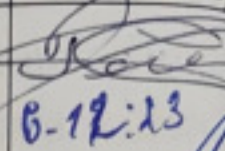
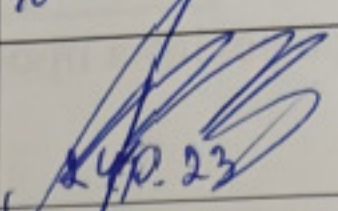
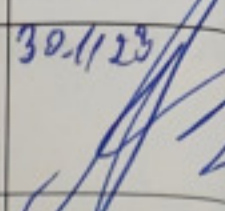
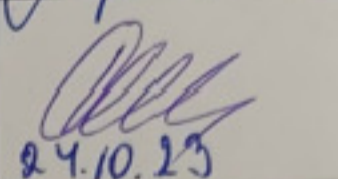
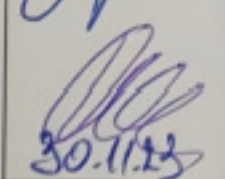
2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Корпус редуктора 65М.001»; базовий маршрут механічної обробки; річна програма випуску 8 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»; удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»; розрахунок ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»; економічна доцільність удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
креслення деталі «Корпус редуктора 65М.001» (2А1); 3D-модель деталі (А3); креслення заготовки (А1); 3D-модель заготовки (А3); маршрут механічної обробки деталі (А1+2А2); розмірний аналіз ТП (А2); карта налагоджень (операція 015) (А1); пристосування верстатне (2А1); розрахунок приводу пристосування (4А1); 3D-модель пристосування (А1); план ділянки механічної обробки (А1); техніко-економічні показники (А1)

6. Консультанти розділів роботи

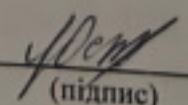
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання приймав
Спеціальна частина	Репінський С. В., доцент кафедри ТАМ	 16.10.23	 6.12.23
Економічна частина	Лесько О. Й., завідувач кафедри ЕПВМ	 24.10.23	 30.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С. В., професор кафедри БЖДПБ	 24.10.23	 30.11.23

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

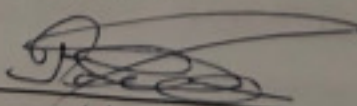
№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Прим.
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 24.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 27.10.23	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 1.11.23	
4	Розв'язання поставлених задач	до 21.11.23	
5	Формулювання висновків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

Студент


(підпис)

Остапчук Я. Ю.

Керівник роботи


(підпис)

Репінський С. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Остапчук Я. Ю. Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця : ВНТУ, 2023. 149 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 24; табл. 54.

У магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001». У загальній частині роботи проведено огляд технологій виготовлення деталі типу «Корпус», обґрунтована доцільність удосконалення існуючого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

В технологічній частині виконано варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки; розроблено варіанти маршруту механічної обробки деталі типу «Корпус редуктора 65М.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; спроектовано верстатне пристосування для свердлильної операції; для гідравлічного приводу затискного пристосування побудовано залежність питомих витрат напору на тертя в напірному трубопроводі від діаметру трубопроводу; 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 технології та дільниці механічної обробки. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

ABSTRACT

Ostapchuk Ya. Yu. Improvement of the technology of mechanical processing of the workpiece of the «Gear case 65M.001» type part. Master's qualification work in specialty 131 – applied mechanics, educational program – mechanical engineering technology. Vinnytsia : VNTU, 2023. 149 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 28 titles; fig.: 24; tabl. 54.

In the master's qualification work, the technology of mechanical processing of the workpiece of the type «Gear case 65M.001» was improved. In the general part of the work, a review of manufacturing technologies of the "Housing" type part was carried out, the justified feasibility of improving the existing technological process of mechanical processing of the workpiece of the «Gear case 65M.001» type part was substantiated.

In the technological part, the variant selection and technical and economic justification of the method of manufacturing the workpiece is performed; options for the route of mechanical processing of the «Gear case 65M.001» type part using 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; designed machine tool for drilling operation; for the hydraulic drive of the clamping device, the dependence of the specific pressure losses due to friction in the pressure pipeline on the diameter of the pipeline is constructed; 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 improving the technology and the mechanical processing area are calculated. The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

Key words: technological process, machining, workpiece, part, device, machining area.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»	10
1.1 Характеристика об'єкта виробництва, його призначення та технічні умови на виготовлення	10
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Корпус»	11
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.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	28
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	42
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чорнових та чистових технологічних баз	44
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки удосконаленого технологічного процесу	46
2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічних процесів за мінімумом приведених витрат	50
2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу	57
2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів	65
2.10 Призначення режимів різання	72
2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання	78
2.12 Визначення технічних норм часу	79
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК	83
3.1 Вихідні дані для проектування пристосування	83
3.2 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки	83
3.3 Аналіз похибки установки в пристосуванні	84

	6
3.4 Розробка конструктивної схеми пристосування	87
3.5 Розрахунок зусилля закріплення	92
3.6 Силовий розрахунок пристосування	96
3.7 Розмірне моделювання та аналіз конструкції пристосування на точність	101
3.8 Технічні характеристики конструкції розробленого пристосування	102
4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»	104
4.1 Розрахунок приведеної програми	104
4.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	107
4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці	110
5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»	112
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	112
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»	119
5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	125
5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу	129
5.5 Розрахунок величини чистого прибутку	130
5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення	130
5.7 Висновки	133
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	134
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	134
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	137
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження обстановки при аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин на території підприємства	142
ВИСНОВКИ	145
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	147
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної роботи	150
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративна частина	151

ВСТУП

Актуальність. Удосконалення технологічних процесів (ТП) механічної обробки в машинобудуванні є важливою складовою для досягнення високої продуктивності та підвищення конкурентоспроможності в галузі. Це напрямок досліджень покликаний оптимізувати виробничі процеси, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та покращення якості виготовлених деталей. У цьому контексті, у даній роботі детально розглянуті питання, пов'язані із сучасними тенденціями та можливостями удосконалення технологічних процесів механічної обробки для досягнення оптимальних результатів у виробництві.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» на основі варіантного підходу;
- розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу удосконаленої технології механічної обробки;
- проектування верстатного пристосування для операції;
- вибір розрахунків затискного приводу пристосування;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуемій дільниці;
- проведення економічних розрахунків по впровадженню запропонованих у роботі рішень;
- виконання розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Предмет дослідження – удосконалена технологія механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів при виконанні розмірно-точнісного моделювання ТП механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»; метод лінійного програмування (симплекс-метод) при визначенні оптимальних режимів різання.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше для гідравлічного приводу затискного пристосування для вертикально-свердлильного верстата з ЧПК побудовано залежність питомих втрат напору на тертя в напірному трубопроводі від діаметру трубопроводу на основі виконаного гідравлічного розрахунку за заданими вхідними даними витрати, густини та кінематичної в'язкості рідини, діаметра, довжини та типу трубопроводу з урахуванням режиму руху рідини в трубопроводі та рекомендаційних довідникових норм.

Практичне значення одержаних результатів. В роботі удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001». При цьому запропоновані такі рішення:

- для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при цьому способі (0,8) більший, ніж з при виготовленні заготовки литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші (0,73); також собівартість виготовлення заготовки при машинному формуванні суміші складає 244,8 грн., що менше у порівнянні з ручним формуванням – 257,3 грн.;

- на основі варіантного підходу удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» з використанням верстатів з ЧПК;

- спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 015 операції на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК моделі ГФ2171М4;

- для гідравлічного приводу затискного пристосування, що використовується на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК, побудовано залежність питомих втрат напора на тертя в напірному трубопроводі від діаметру трубопроводу. Отримана залежність може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків і проектування подібних гідроприводів.

- спроектовано дільницю механічної обробки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

Апробація результатів роботи. Доповідь на конференції: ЛІ науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2023), Вінниця, 21-23 червня 2023 р. У співавторстві опубліковано тезу доповіді [1].

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС»

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

Деталь «Корпус редуктора 65М.001» є складовою частиною черв'ячного редуктора. Деталь має досить складну і нестандартну форму, також деталь є технологічною, виходячи з візуального аналізу. Оскільки технологічний процес за яким на даний момент на базовому підприємстві виготовляється деталь не забезпечує необхідних вимог точності, то постала проблема розробити новий технологічний процес механічної обробки, який надасть змогу отримувати якісні деталі і, по можливості, знизити собівартість деталі. Виконати поставлені задачі можливо тільки із використанням обладнання із числовим програмним керуванням.

Корпус редуктора 65М.001 призначений для базування деталей, які входять до складу вузла.

Виготовляється заготовка із сірого чавуну СЧ18 ГОСТ 1412-85 методом лиття в піщано-глинисті форми та річною програмою випуску 8000 шт.

Найбільш відповідальними поверхнями деталі є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$, $\varnothing 144H7^{(+0,04)}$, $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

- позиційний допуск групи отворів М8-Н7 відносно бази С;
- позиційний допуск групи отворів М8-Н7 відносно бази Т;
- позиційний допуск групи отворів М8-Н7 відносно бази Р;
- позиційний допуск групи отворів М8-Н7 відносно бази П;
- співвісність отворів $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$;
- співвісність отвору $\varnothing 144H7^{(+0,04)}$ відносно бази Н;
- перпендикулярність осі отвору $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$ відносно бази Н;
- паралельність осі отворів $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$ відносно бази Н.

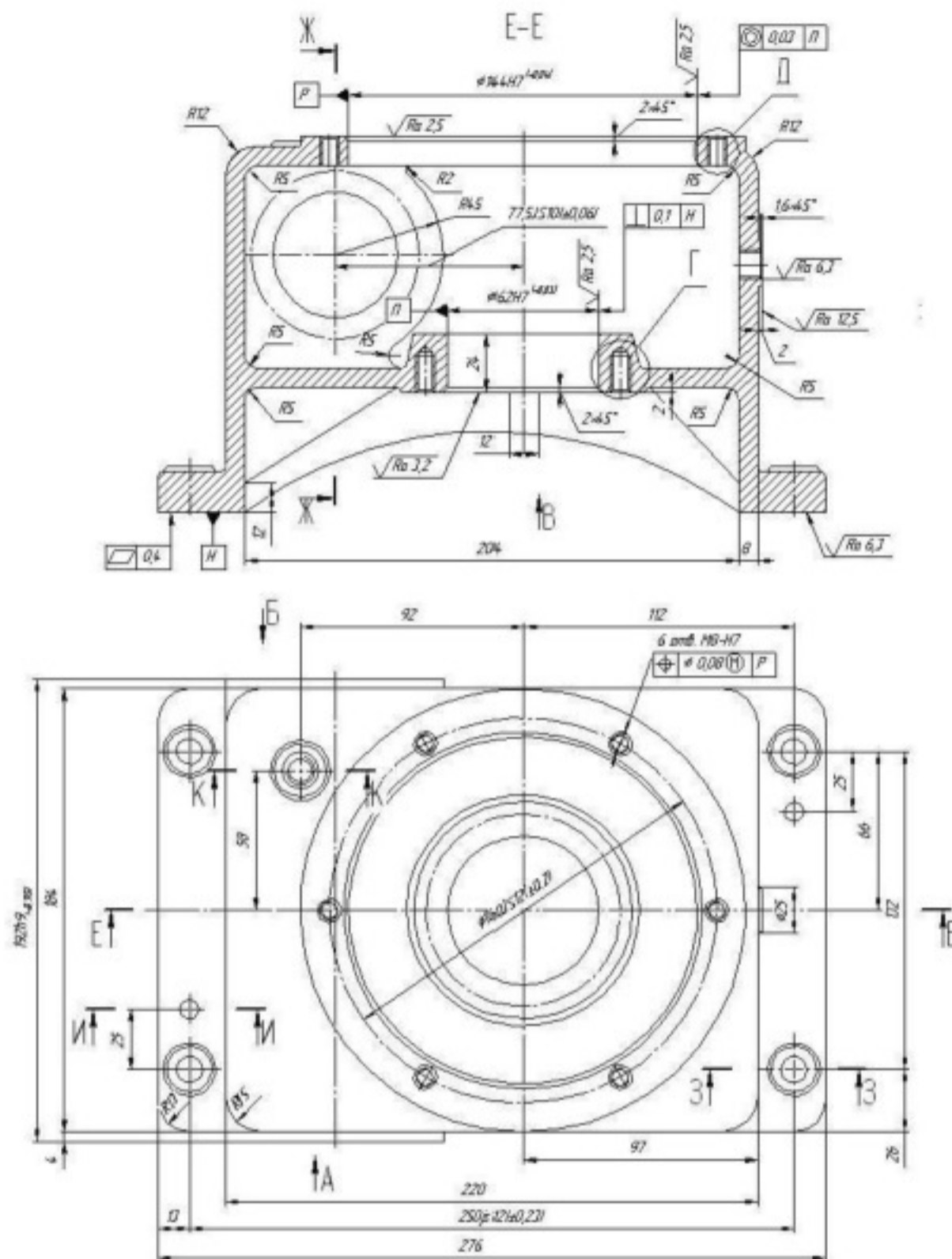


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Корпус редуктора 65М.001»

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

При розробці маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові або групові технологічні процеси обробки подібних деталей [2-8].

Задану деталь «Корпус редуктора 65М.001» можна віднести до класу корпусних. В дрібносерійному виробництві доцільно застосовувати високопродуктивне обладнання, верстати з ЧПК, багатоцільові верстати і т. ін., оснастка може бути стандартною, УСП, і спеціалізована.

Розглянемо типовий маршрут механічної обробки корпусу.

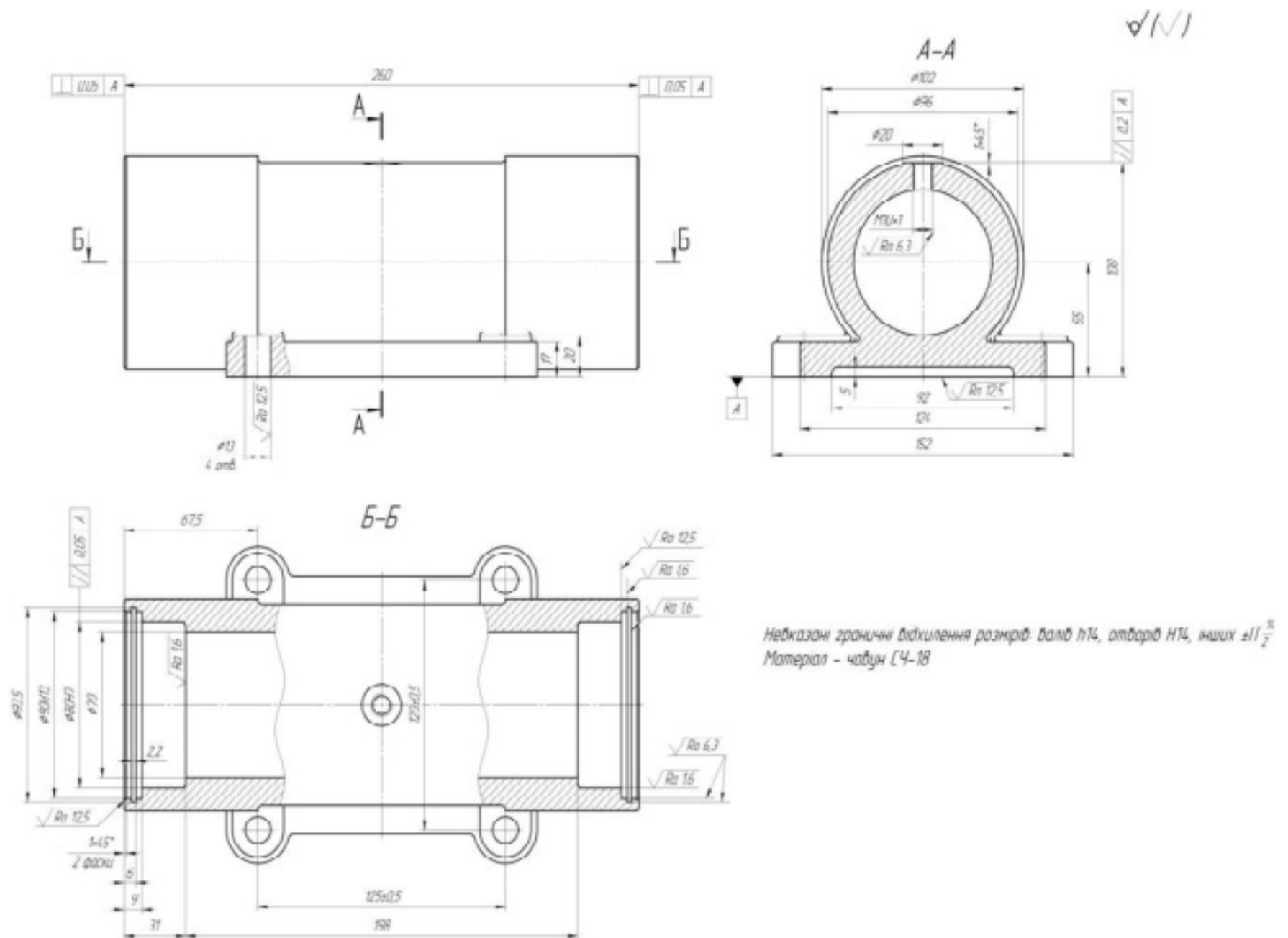


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі «Корпус»

Таблиця 1.1 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус»

№ операції	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення виливка		
015	1. Фрезерувати площину основи остаточно. 2. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. 3. Фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ остаточно.	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
	4. Свердлити і нарізати різь M10×1-7H в одному отворі остаточно. 5. Фрезерувати торець Ø102, витримуючи розмір 230 остаточно. 6. Розточити розточки Ø80H7; Ø90H13 і фаску 1×45° остаточно. 7. Фрезерувати канавку b=2,2±0,5 остаточно. 8. Повернути стіл на 180°. 9. Розточити розточки Ø80H7; Ø90H13 і фаску 1×45° остаточно. 10. Фрезерувати канавку b=2,2±0,5 остаточно.		
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

Розглядувана типова деталь «Корпус» і «Корпус редуктора 65M.001» є приблизно однаковими за складністю деталями. Таким чином, ми можемо використати деякі елементи маршруту механічної обробки типового корпусу при проектуванні маршруту механічної обробки деталі «Корпус редуктора 65M.001».

На першій операції необхідно обробляти базові поверхні, (площину основи, чотири кріпильні Ø11 отвори та два установочні отвори Ø8H9^{+0,036}), які в подальшому будуть служити технологічними базами. Базування заготовки здійснюється по необробленим чорновим базам одноразово.

Після обробки базових поверхонь здійснюється фрезерна, розточувальна та свердлильна обробка всіх зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі. Після чистової обробки проводиться доводочні операції: обробка різьбових отворів, канавок, фасок і т. ін. Різьбові отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК.

Фінішною операцією є остаточно розточування. При остаточно розточуванні можна досягти 6-7 квалітет точності і чистоту поверхні шорсткістю Ra 0,8-1,6 мкм.

Варіанти маршруту механічної обробки деталей типу «Корпус редуктора 65М.001» показано в таблиці 1.2 та таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Технологічна схема виготовлення деталей типу «Корпус редуктора 65М.001» (варіант 1)

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Свердлильно-фрезерна з ЧПК Фрезерування площини та кріпильних отворів, що в подальшому використовуються як чистові бази	Фрезерний з ЧПК
010	Свердлильно-фрезерно розточувальна. Технологічні бази - поверхні та отвори.	Багатоцільовий верстат з ЧПК
015	Свердлильно-фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК
020	Кінцевий контроль	

Таблиця 1.3 – Технологічна схема виготовлення деталей типу «Корпус редуктора 65М.001» (варіант 2)

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
005	Вертикально-фрезерна	6МІЗП
010	Вертикально свердлильна	2Н135
015	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Р81
020	Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний 2431
025	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2М55
030	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Р81
035	Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний 2431
040	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2М55
045	Вертикально-фрезерна	6МІЗП
050	Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний 2431
055	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2М55
060	Радіально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2М55
065	Кінцевий контроль	

Для деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» в якості кращого технологічного процесу обираємо варіант 1 (табл. 1.2). Використавши верстат із ЧПК, можна зменшити кількість верстатів, які будуть виконувати переходи

механічної обробки, а відповідно і площі, які займаються обладнанням. Крім того зменшиться необхідна кваліфікація робітників та їх кількість, оскільки для верстатів з ЧПК часто застосовують багатOVERстатне обслуговування, а отже буде економія заробітної плати.

В базовому технологічному процесі (табл. 1.3) використовується універсальне обладнання, це призводить до значних затрат часу на налагодження верстатів, крім того для їх обслуговування необхідно використовувати робітників високих розрядів. Внаслідок неможливості обробляти більше однієї поверхні на фрезерних і свердлильних верстатах, виникає похибка базування на взаємне розміщення поверхонь.

Для кількісного і якісного порівняння складемо порівняльну таблицю маршрутів (базового і удосконаленого) виготовлення деталей типу «Корпус редуктора 65М.001».

Таблиця 1.4 – Порівняльну таблицю маршрутів (базового і удосконаленого) виготовлення деталей типу «Корпус редуктора 65М.001»

Технологічний процес виготовлення	№ операції	Кількість обладнання	Кількість основних робітників	Розряд основних робітників
Базовий	005 010	2	2	5-6
Удосконалений	005	1	1	3-4
Базовий	015 020 025 030 035 040	6	6	5-6
Удосконалений	010	1	1	4-5
Базовий	045 050 055 060	4	4	5-6
Удосконалений	015	1	1	3-4

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Деталь «Корпус редуктора 65М.001» (рис. 2.1) є складовою частиною черв'ячного редуктора і призначена для базування деталей, які входять до складу вузла.

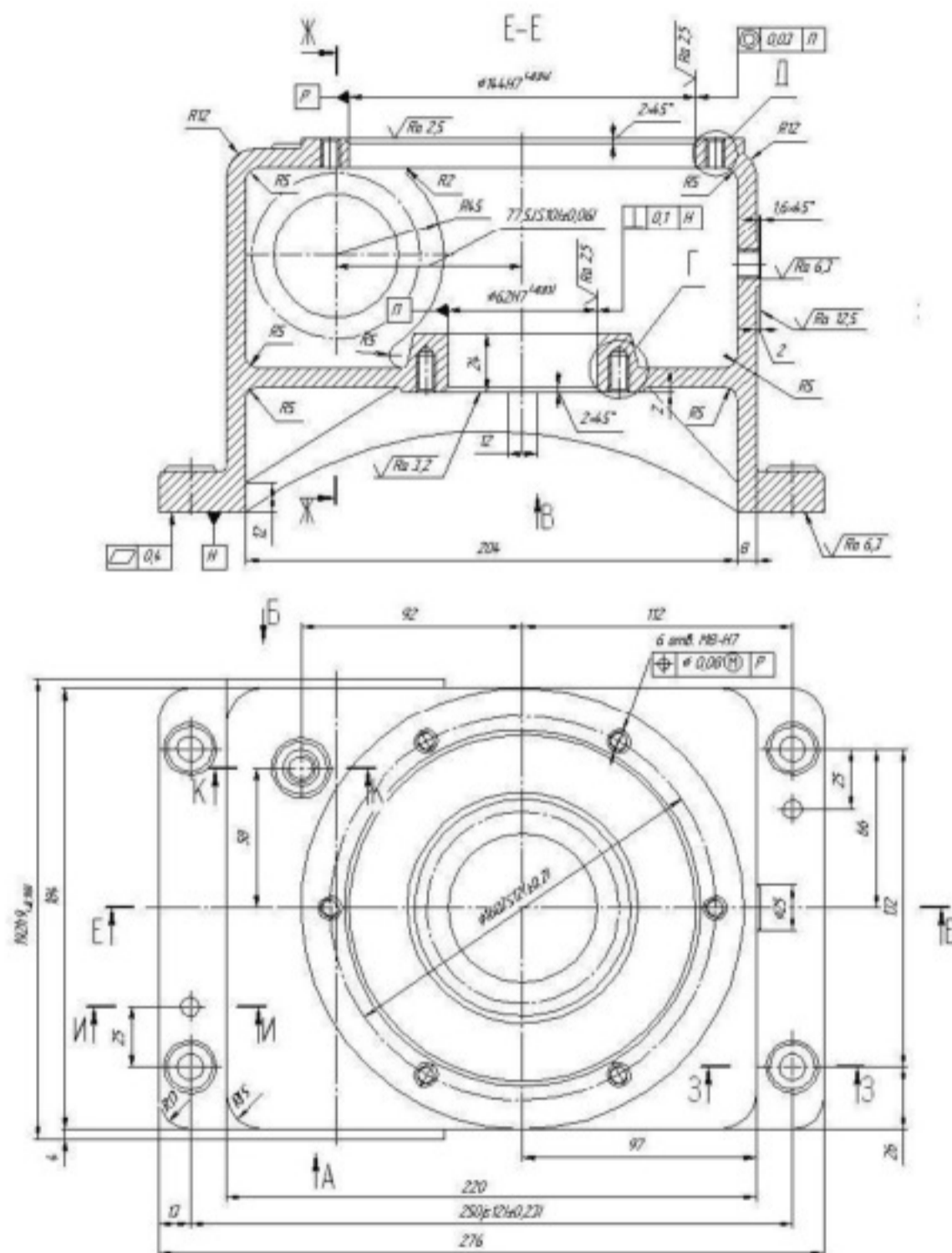


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі «Корпус редуктора 65М.001»

Конструкція до якої входить деталь «Корпус редуктора 65М.001» працює в середньонавантаженому режимі та неагресивному середовищі. Виготовляється

заготовка із сірого чавуну СЧ 15 ГОСТ 1412-85 методом лиття в піщано-глинисті форми та річною програмою випуску 8000 шт. Конструкцію деталі спростити важко, оскільки вона складається із поверхонь простої форми, а тому недоцільно.

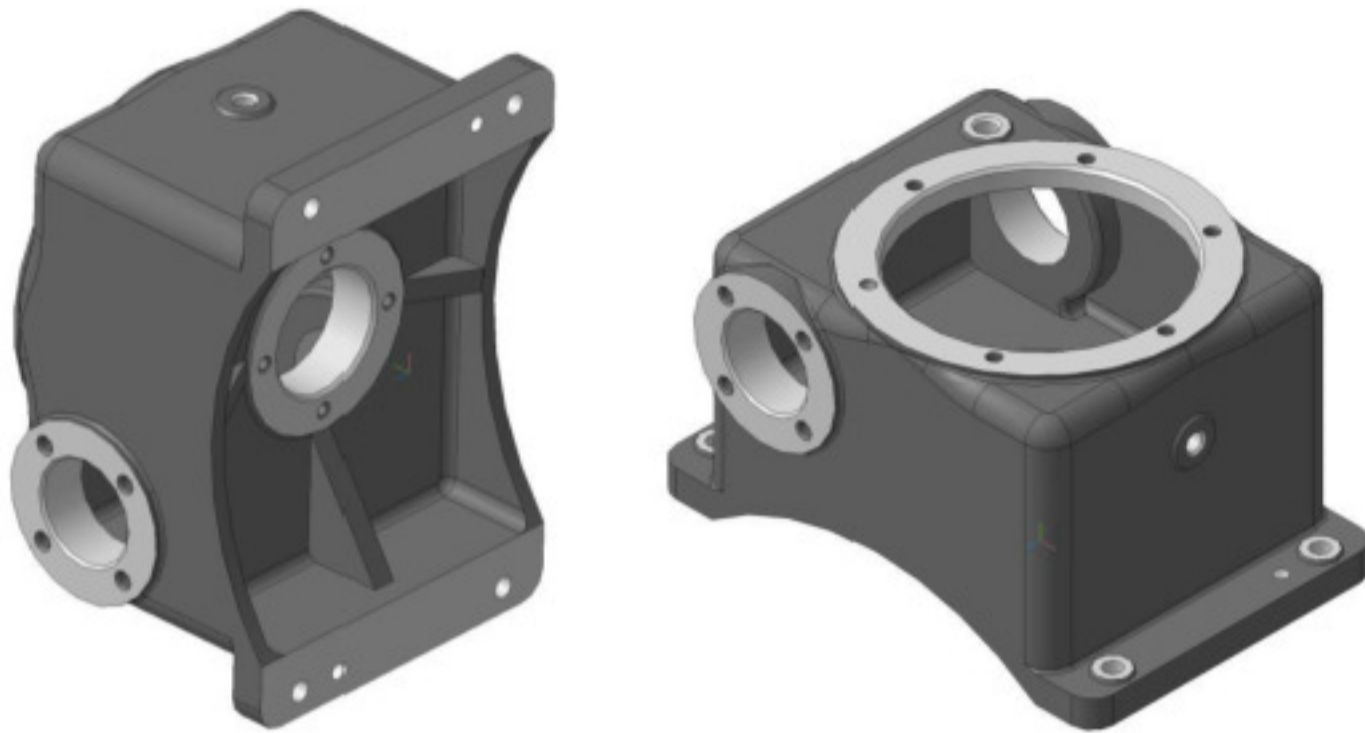


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Корпус редуктора 65M.001»

Деталь відноситься до типу корпусу, тому для обробки її поверхонь доцільно застосувати високопродуктивні методи обробки, такі як токарна, фрезерна та свердлильна механічні обробки.

Під час механічної обробки деталі корпус важкодоступними місцями для обробки три групи кріпильних отворів М8, тому що інструмент не має можливості працювати на прохід. Решта конструктивних елементів деталі є технологічним і не складними для механічної обробки.

На робочому кресленні деталі не виявлено специфічних вимог забезпечення яких вимагає застосування додаткових технологічних операцій.

Для одержання заготовок в даному випадку доцільно використати метод лиття, а саме спосіб лиття в піщано-глинисті форми.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Визначаємо коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів за формулою:

Продовження таблиці 2.1

13	+								
12(2)	+								
8(3)	+								
4(2)	+								
2(8)	+								
1,6(11)	+								
1(10)	+								
$\Sigma 85$	$\Sigma 71$	$\Sigma 46$	$\Sigma 38$	$\Sigma 23$	$\Sigma 23$	$\Sigma 50$	$\Sigma 50$	$\Sigma 28$	$\Sigma 28$

Визначимо коефіцієнт шорсткості поверхонь згідно ГОСТ 18831-73 за допомогою формул:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{\varphi}}, \quad (2.2)$$

де

$$Ш_{\varphi} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{n_i}. \quad (2.3)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість деталі, $Ш_i$ – шорсткість i -ї поверхні деталі, n_k – кількість поверхонь.

Таблиця 2.2 – Параметри шорсткості поверхонь

Шорсткість Ra, мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 (Ø8H9 ^(+0,036) (2 шт.), Ø52H7 ^(+0,03) (2 шт.), Ø144H7 ^(+0,04) , Ø62H7 ^(+0,03))	6	6·1,6 = 9,6
3,2 (ØM8-H7 (10 отв.))	10	10·3,2=32
6,3 (M12 (2 шт.), Ø11 (4 шт.), Ø186, Ø100, Ø90 (2 шт.), 276 (2 пов.))	12	12·6,3=75,6
Всього	28	117,2

$$Ш_{\varphi} = \frac{6 \cdot 1,6 + 10 \cdot 3,2 + 12 \cdot 6,3}{6 + 10 + 12} = 4,18 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,18} = 0,24 .$$

Визначимо загальний коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}; \quad (2.4)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності.

Середній квалітет точності визначаємо за формулою:

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (2.5)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь даної деталі, що мають точність T_i квалітету.

Квалітет точності обробки наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри точності поверхонь

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7(Ø52H7(+0,03) (2 шт.), Ø144H7(+0,04), Ø62H7(+0,03), M8-H7(18 шт.))	22	22·7 = 154
8 (Ø70JS8 (2 шт.))	2	2·8=16
9 (Ø8H9(+0,036) (2шт.),	2	2·9 = 18
10 (77,5js10)	1	1·10=10
11 (107js11)	1	1·11 = 11
12 (Ø80JS12, Ø160JS8)	2	2·12=24
14	56	56·14 = 784
Всього	86	1017

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum 1017}{\sum 86} = 11,82, \text{ тоді } K_T = 1 - \frac{1}{11,82} = 0,91.$$

Висновок. Коефіцієнти $K_y=0,9>0,77$; $K_w=0,24>0,32$; $K_T=0,91>0,8$. Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною. На основі проведеного

аналізу встановлено, що деталь технологічна за якісним та кількісними показниками.

2.2 Попереднє визначення типу виробництва і форми організації робіт

В машинобудуванні розрізняють три види виробництва: масове, серійне та одиничне.

Визначення типу виробництва будемо виконувати за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

де $\sum O_i$ – сумарна кількість операцій, що виконуються на даному робочому місці; $\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Виконаємо розрахунок для визначення типу виробництва за таким алгоритмом [9].

Визначаємо найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі:

- розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ попередньо (згідно 14 квалітету);
- розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ остаточно;
- розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 14 квалітету);
- розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(^{+0,03})$ остаточно;
- розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 14 квалітету)(2 отв.);
- розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 11 квалітету) (2 отв.);
- розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(^{+0,03})$ остаточно(2 отв.).

Норми часу $T_{\text{осн}}$ необхідного для обробки вказаних поверхонь визначається за формулами наближеного нормування.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{\text{шт-к}}$ визначається за формулою:

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

де φ_k – коефіцієнт.

При програмі випуску $N = 8000$ шт. і масі деталі – 11,82 кг згідно довідкових таблиць встановлюємо, що виробництво великосерійне. Для великосерійного виробництва за таблицею вибрано φ [2, 9].

Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot m \cdot \eta_z}, \quad (2.8)$$

де N – річна програма, шт. ($N = 8000$ шт.);

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

F_{∂} – дійсний річний фонд часу, год. ($F_{\partial} = 3890$ год.);

η_z – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_z = 0,65$ – для великосерійного типу виробництва – попередньо визначено згідно [9]).

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$C_{p1} = \frac{8000 \cdot 0,408}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,02 .$$

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ остаточно:

$$C_{p2} = \frac{8000 \cdot 0,408}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,02 .$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$C_{p3} = \frac{8000 \cdot 0,34}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,017 .$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(+0,03)$ остаточно;

$$C_{p4} = \frac{8000 \cdot 0,34}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,017 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ попередньо (згідно 14 квалітету)(2 отв.):

$$C_{p5} = \frac{8000 \cdot 0,625}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,031 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ попередньо (згідно 11 квалітету) (2 отв.):

$$C_{p6} = \frac{8000 \cdot 0,35}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,0176 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ остаточно(2 отв.):

$$C_{p7} = \frac{8000 \cdot 0,625}{60 \cdot 3890 \cdot 0,65} = 0,031 \text{ .}$$

Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 1 \text{ .}$$

Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою:

$$\eta_{\text{ф}} = \frac{C_p}{P}, \quad (2.9)$$

де P – прийняте число робочих місць.

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\text{сп}1} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(^{+0,04})$ остаточно:

$$\eta_{\text{сп}2} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\text{сп}3} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,017}{1} = 0,017 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(^{+0,03})$ остаточно:

$$\eta_{\text{сп}4} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,017}{1} = 0,017 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 14 квалітету)(2 отв.):

$$\eta_{\text{сп}5} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,031}{1} = 0,031 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(^{+0,03})$ попередньо (згідно 11 квалітету) (2 отв.):

$$\eta_{\text{сп}6} = \frac{C_{p6}}{P_6} = \frac{0,0176}{1} = 0,0176 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ остаточно (2 отв.):

$$\eta_{\text{ф}7} = \frac{C_{\text{р}7}}{P_7} = \frac{0,031}{1} = 0,031 \text{ .}$$

Кількість операцій закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_{\text{м}}}{\eta_{\text{ф}}}, \quad (2.10)$$

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(+0,04)$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$O_1 = \frac{0,65}{0,02} = 32,5 \triangleright 33 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}144\text{H}7(+0,04)$ остаточно:

$$O_2 = \frac{0,65}{0,02} = 32,5 \triangleright 33 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(+0,03)$ попередньо (згідно 14 квалітету):

$$O_3 = \frac{0,65}{0,017} = 38,2 \triangleright 38 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}62\text{H}7(+0,03)$ остаточно:

$$O_4 = \frac{0,65}{0,017} = 38,2 \triangleright 38 \text{ .}$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ попередньо (згідно 14 квалітету)(2 отв.):

$$O_5 = \frac{0,65}{0,031} = 20,96 \triangleright 21.$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ попередньо (згідно 11 квалітету) (2 отв.):

$$O_6 = \frac{0,65}{0,0176} = 36,9 \triangleright 37.$$

Розточувати $\text{Ø}52\text{H}7(+0,03)$ остаточно(2 отв.):

$$O_7 = \frac{0,65}{0,031} = 20,96 \triangleright 21.$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{\text{з.о.}} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{33 + 33 + 38 + 38 + 21 + 37 + 21}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 31,57;$$

$20 \leq K_{\text{з.о.}} \leq 40$ – виробництво дрібносерійне.

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{8000}{254} = 31,5 \text{ (шт.)} \quad (2.11)$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к.сп}}} \cdot \eta_s = \frac{952}{0,44} \cdot 0,65 = 2163 \text{ (шт.)}, \quad (2.12)$$

де $T_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт-к.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт-к.ср i}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.13)$$

$$T_{шт-к.ср} = \frac{0,408 + 0,408 + 0,34 + 0,34 + 0,625 + 0,35 + 0,625}{7} = 0,44 \text{ (хв.)},$$

де $T_{шт-к i}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних переходів механічної обробки.

Так як $N_a \leq Q_a$, то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{8000 \cdot 6}{254} = 189 \text{ (шт.)}$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей:

$$c = \frac{T_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,44 \cdot 189}{476 \cdot 0,8} = 0,21 > 1.$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c_{пр}}{T_{шт-к.ср}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{0,44} = 865,45 > 866 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 866 шт.

Висновок: тип виробництва дрібносерійний, форма організації роботи групова.

2.3 Варіантний вибір та техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки

Вихідні дані:

- річна програма виготовлення – 8000 шт. (дрібносерійний тип виробництва);
- матеріал деталі – СЧ15 ГОСТ 1412-85;
- маса деталі $m_d = 11,82$ кг;
- габарити деталі $276 \times 192 \times 156$ мм;
- шорсткість поверхонь після обробки: $R_{amax} = 12,5$ мкм; $R_{amin} = 1,6$ мкм;
- квалітет точності розмірів деталі: max 7-й квалітет; min 14-й квалітет;

Виходячи із заданої інформації, можна запропонувати такі способи отримання заготовки [10, 11]: лиття в піщано-глинисті форми; лиття в оболонкові форми; лиття в облицьований кокіль.

Проаналізувавши всі можливі способи лиття, ми обираємо два найоптимальніші з них. В даному випадку це буде лиття в піщано-глинясті форми з ручним формуванням суміші та лиття піщано-глинясті форми з машинним формуванням суміші. Ці два способи дозволяють нам найбільш точно виготовити нашу заготовку, що в подальшому зменшує час на механічну обробку. Так, як лиття в оболонкові форми та облицьований кокіль є досить дорогим при дрібносерійному виробництві

Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення [11, 12]

- Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки. Запишемо всі вибрані припуски до таблиці 2.6.

Клас розмірної точності вилівка призначаємо враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір вилівка (276 мм), тип матеріалу – СЧ15:

- з ручним формуванням: 9 - 13;
- з машинним формуванням: 7 - 12.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 276 мм, найменший – 8 мм, отже, відношення – $8/276=0,029$. Також враховуємо кількість використання форми і термообробку:

- з ручним формуванням: 6 - 9;
- з машинним формуванням: 6 - 9.

Таблиця 2.6 – Норми точності виливка отриманих литтям в піщано-глинисті форми

Вихідні дані	З ручним формуванням		З машинним формуванням	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	9 - 13	12	7 - 12	10
Ступінь жолоблення елементів виливки	6 - 9	8	6 - 9	7
Ступінь точності поверхні виливка	13 - 19	18	10 - 17	15
Шорсткість поверхонь виливка	Ra 100		Ra 50	
Клас точності маси	9т - 16	12	7т - 14	10
Ряд припусків	9 - 12	11	6 - 9	8

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (276 мм) і матеріал – СЧ18:

- з ручним формуванням: 13 - 19;
- з машинним формуванням: 10 - 17.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятого ступеня точності поверхонь виливка:

- з ручним формуванням: $R_a=50$ мкм;
- з машинним формуванням: $R_a=100$ мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка і тип матеріалу.

- з ручним формуванням: 9т - 16;
- з машинним формуванням: 7т - 14.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні.

- з ручним формуванням: 9 - 12;
- з машинним формуванням: 6 - 9.

- Вибір допусків.

Допуск розмірів вибирається враховуючи клас розмірної точності (з ручним формуванням – 12, з машинним формуванням – 10) і номінальний розмір на який призначаємо допуск.

Допуск форми і розміщення вибирається враховуючи ступінь жолоблення (з ручним формуванням – 8, з машинним формуванням – 7) і номінальний розмір нормованої ділянки.

Допуск нерівностей – враховуємо ступінь точності поверхні виливка (з ручним формуванням – 18, з машинним формуванням – 15).

Допуск маси – залежно від класу точності маси виливка (з ручним формуванням – 12, з машинним формуванням – 10) і номінальної маси виливка.

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати де буде проходити площина роз'єму (див. креслення заготовки). При литті це зміщення буде впливати на лінійний розмір $156h9_{(-0,1)}$, $2h14_{(-0,25)}$. Для яких допуск вибираємо враховуючи клас розмірної точності виливка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок виливка, які виходять на роз'єм. У нашого випадку розмір найтоншої стінки становить 8 мм для двох обраних варіантів лиття.

$\varnothing 144H7^{(+0,04)}$ – товщина стінки $S_1=(184-144)/2=20$ (мм):

- з ручним формуванням: 3,2;

- з машинним формуванням: 1,6.

$\varnothing 62H7(+0,03)$ – товщина стінки $S_2=(90-62)/2=14$ (мм):

- з ручним формуванням: 2,8;

- з машинним формуванням: 1,4.

$\varnothing 52H7(+0,03)$ – товщина стінки $S_3=(90-52)/2=19$ (мм):

- з ручним формуванням: 3,2;

- з машинним формуванням: 1,6.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

- Вибір припусків.

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків.

- з ручним формуванням: ряд припусків 11 – 2,0;

- з машинним формуванням: ряд припусків 11 – 1,2.

Кількість переходів механічної обробки:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням;

для розміру $192h9(-0,115)$ допуск розмірів вилівка 7 мм, допуск розмірів деталі 0,115 мм, співвідношення $0,115/7=0,016$, отже, 3 переходи (чистова обробка). Аналогічно вибираємо для всіх інших розмірів:

$156h9(-0,1)$ – $0,1/6,4=0,015 \rightarrow 3$ (чистова);

$\varnothing 144H7(+0,04)$ – $0,04/6,4=0,0061 \rightarrow 4$ (тонка);

$\varnothing 62H7(+0,03)$ – $0,03/5=0,006 \rightarrow 4$ (тонка);

$\varnothing 52H7(+0,03)$ – $0,03/5=0,006 \rightarrow 4$ (тонка);

$24h14(-0,52)$ – $0,52/3,6=0,14 \rightarrow 2$ (напівчистова);

$17h14(-0,43)$ – $0,43/3,6=0,12 \rightarrow 2$ (напівчистова);

$2h14(-0,25)$ – $0,25/2=0,125 \rightarrow 2$ (напівчистова).

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$192h9(-0,115)$ – $0,115/3,6=0,032 \rightarrow 3$ (чистова);

$156h9(-0,1)$ – $0,1/3,2=0,031 \rightarrow 3$ (чистова);

$\varnothing 144H7(+0,04) - 0,04/3,2=0,012 \rightarrow 4$ (тонка);

$\varnothing 62H7(+0,03) - 0,03/2,4=0,012 \rightarrow 4$ (тонка);

$\varnothing 52H7(+0,03) - 0,03/2,4=0,012 \rightarrow 4$ (тонка);

$24h14(-0,52) - 0,52/1,8=0,28 \rightarrow 2$ (напівчистова);

$17h14(-0,43) - 0,43/1,82=0,24 \rightarrow 2$ (напівчистова)

$2h14(-0,25) - 0,25/1,2=0,2 \rightarrow 1$ (чорнова);

- по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру вилівка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і вилівка:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням:

$156 h9(-0,1) - 0,4/1,0=0,4 \rightarrow 1$ (чорнова).

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням;

$156 h9(-0,1) - 0,4/0,8=0,5 \rightarrow 1$ (чорнова).

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск вилівка, від кінцевої обробки і ряду припуску:

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням:

для розміру $192h9(-0,115)$: загальний допуск 8,0 мм, чистова обробка, ряд припусків 11 \rightarrow загальний припуск становить 9,8 мм;

$156h9(-0,1) -$ загальний припуск $\rightarrow 8,3$;

$\varnothing 144H7(+0,04) -$ загальний припуск $\rightarrow 9,0$;

$\varnothing 62H7(+0,03) -$ загальний припуск $\rightarrow 7,8$;

$\varnothing 52H7(+0,03) -$ загальний припуск $\rightarrow 7,8$;

$24h14(-0,52) -$ загальний припуск $\rightarrow 5,6$;

$17h14(-0,43) -$ загальний припуск $\rightarrow 5,6$;

$2h14(-0,25) -$ загальний припуск $\rightarrow 4,1$;

$107js(\pm 0,11) -$ загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір $17h14(-0,43) \rightarrow 5,6$;

$26h14(-0,52), 96(-0,87) -$ загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір $192h9(-0,115) \rightarrow 9,8$;

19h14_(-0,52) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
17h14_(-0,43) → 5,6;

12h14_(-0,43) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
156h9_(-0,1) → 8,3;

4_(-0,3) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір 192h9_(-0,115) →
9,8;

2h14_(-0,25) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
24h14_(-0,52) → 5,6;

12h14_(-0,43) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
17h14_(-0,43) → 5,6.

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

192h9_(-0,115) – загальний припуск → 5,3;

156h9_(-0,1) – загальний припуск → 4,5;

Ø144H7^(+0,04) – загальний припуск → 4,8;

Ø62H7^(+0,03) – загальний припуск → 4,1;

Ø52H7^(+0,03) – загальний припуск → 4,1;

24h14_(-0,52) – загальний припуск → 3,2;

17h14_(-0,43) – загальний припуск → 3,2;

2h14_(-0,25) – загальний припуск → 2,0;

107js(±0,11) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
17h14_(-0,43) → 3,2;

26h14_(-0,52), 96_(-0,87) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
192h9_(-0,115) → 5,3;

19h14_(-0,52) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
17h14_(-0,43) → 3,2;

12h14_(-0,43) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір
156h9_(-0,1) → 4,5;

4_(-0,3) – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір 192h9_(-0,115) →
5,3;

$2h14_{(-0,25)}$ – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір $24h14_{(-0,52)} \rightarrow 3,2$;

$12h14_{(-0,43)}$ – загальний припуск приймаємо такий же, як на розмір $17h14_{(-0,43)} \rightarrow 3,2$.

Запишемо всі попередньо вибрані і розраховані розміри заготовок до зведених таблиць 2.7 і 2.8.

Таблиця 2.7 – Вибір допусків, припусків та розрахунок розмірів заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

Розрахункові розміри	192h9 (-0,115)	156h9 (-0,1)	$\varnothing 144H7$ (+0,04)	$\varnothing 62H7$ (+0,03)	$\varnothing 52H7$ (+0,03)	24h14 (-0,52)	17h14 (-0,43)	2h14 (-0,25)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Допуски розмірів	7,0	6,4	6,4	5,0	5,0	3,6	3,6	2,0
Допуски форми чи розміщення	1,0	0,8	0,8	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Допуски зміщення по площині роз'єму	---	3,2	---	---	---	---	---	3,2
Допуски зміщення через перекося стержня	---	---	3,2	2,8	3,2	---	---	---
Допуски маси	20%							
Нерівностей	2,4							
Загальний допуск	8,0	6,4	6,4	5,0	5,0	4,0	4,0	2,2
Припуск мінімальний	2,0							
	Кількість переходів механічної обробки							
За точністю розмірів	3	3	4	4	4	2	2	2
За відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	---	1	---	---	---	---	---	---
Прийнята кількість переходів	3	3	4	4	4	2	2	2
Загальний припуск	9,8	8,3	9,0	7,8	7,8	5,6	5,6	4,1
Розміри заготовки	211,6	169,9	126	46,4	36,4	29,6	22,6	6,1

Таблиця 2.8 – Вибір допусків, припусків та розрахунок розмірів заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Розрахункові розміри	192h9 (-0,115)	156h9 (-0,1)	Ø144H7 (^{+0,04})	Ø62H7 (^{+0,03})	Ø52H7 (^{+0,03})	24h14 (-0,52)	17h14 (-0,43)	2h14 (-0,25)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Допуски розмірів	3,6	3,2	3,2	2,4	2,4	1,8	1,8	1,2
Допуски форми чи розміщення	0,8	0,64	0,64	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски зміщення по площині роз'ємну	---	1,6	---	---	---	---	---	1,6
Допуски зміщення через перекося стержня	---	---	1,6	1,4	1,6	---	---	---
Допуски маси	10%							
Нерівностей	1,2							
Загальний допуск	4,0	3,2	3,2	2,4	2,4	2,2	2,2	1,4
Припуск мінімальний	1,0							
	Кількість переходів механічної обробки							
За точністю розмірів	3	3	4	4	4	2	2	1
За відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	---	1	---	---	---			---
Прийнята кількість переходів	3	3	4	4	4	2	2	1
Загальний припуск	5,3	4,5	4,8	4,1	4,1	3,2	3,2	2,0
Розміри заготовки	202,6	163,7	134,4	53,8	43,8	27,2	20,2	4

- Розрахунок розмірів заготовки

- лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням:

$$192h9_{(-0,115)} \rightarrow 192 + (2 \cdot 9,8) = 211,6 \text{ (мм);}$$

$$156h9_{(-0,1)} \rightarrow 156 + 8,3 + 5,6 = 169,9 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}144H7^{(+0,04)} \rightarrow \text{Ø}144 - (2 \cdot 9,0) = \text{Ø}126 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}62H7^{(+0,03)} \rightarrow \text{Ø}62 - (2 \cdot 7,8) = \text{Ø}46,4 \text{ (мм);}$$

$$\text{Ø}52H7^{(+0,03)} \rightarrow \text{Ø}52 - (2 \cdot 7,8) = \text{Ø}36,4 \text{ (мм);}$$

$$24h14_{(-0,52)} \rightarrow 24 + 5,6 = 29,6 \text{ (мм);}$$

$$17h14_{(-0,43)} \rightarrow 17 + 5,6 = 22,6 \text{ (мм);}$$

$$2h14_{(-0,25)} \rightarrow 2 + 4,1 = 6,1 \text{ (мм);}$$

$$107js(\pm 0,11) \rightarrow 107+5,6=112,6 \text{ (мм)};$$

$$26h14(-0,52) \rightarrow 26+9,8=35,8 \text{ (мм)};$$

$$96(-0,87) \rightarrow 96+9,8=105,8 \text{ (мм)};$$

$$19h14(-0,52) \rightarrow 19+(2 \cdot 5,6)=30,2 \text{ (мм)};$$

$$12h14(-0,43) \rightarrow 12+8,3=20,3 \text{ (мм)};$$

$$4(-0,3) \rightarrow 4+9,8=13,8 \text{ (мм)};$$

$$2h14(-0,25) \rightarrow 2+5,6=7,6 \text{ (мм)};$$

$$12h14(-0,43) \rightarrow 12+5,6=17,6 \text{ (мм)}.$$

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням:

$$192h9(-0,115) \rightarrow 192+(2 \cdot 5,3)=202,6 \text{ (мм)};$$

$$156h9(-0,1) \rightarrow 156+4,5+3,2=163,7 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 144H7(+0,04) \rightarrow \varnothing 144-(2 \cdot 4,8)=\varnothing 134,4 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 62H7(+0,03) \rightarrow \varnothing 62-(2 \cdot 4,1)=\varnothing 53,8 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 52H7(+0,03) \rightarrow \varnothing 52-(2 \cdot 4,1)=\varnothing 43,8 \text{ (мм)};$$

$$24h14(-0,52) \rightarrow 24+3,2=27,2 \text{ (мм)};$$

$$17h14(-0,43) \rightarrow 17+3,2=20,2 \text{ (мм)};$$

$$2h14(-0,25) \rightarrow 2+2=4 \text{ (мм)};$$

$$107js(\pm 0,11) \rightarrow 107+3,2=110,2 \text{ (мм)};$$

$$26h14(-0,52) \rightarrow 26+5,3=31,3 \text{ (мм)};$$

$$96(-0,87) \rightarrow 96+5,3=101,5 \text{ (мм)};$$

$$19h14(-0,52) \rightarrow 19+(2 \cdot 3,2)=25,4 \text{ (мм)};$$

$$12h14(-0,43) \rightarrow 12+4,5=16,5 \text{ (мм)};$$

$$4(-0,3) \rightarrow 4+5,3=9,3 \text{ (мм)};$$

$$2h14(-0,25) \rightarrow 2+3,2=5,2 \text{ (мм)};$$

$$12h14(-0,43) \rightarrow 12+3,2=15,2 \text{ (мм)}.$$

Вибір товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів та інших конструктивних елементів литої заготовки [11, 12]

Радіуси заокруглень згідно рекомендацій вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S|)/2$ і від матеріалу вилівка: $(12+8)/2=10$ – приймаємо $R=3$ мм. При $(8+8)/2=8$ – приймаємо $R=3$ мм.

Враховуючи технологічні вимоги, приймаємо радіуси заокруглень 2...5 мм.

Нахили

- при литті в піщано-глинисті форми: $h_n=101,6$ мм – $0^\circ26'$; $h_n = 61,8$ мм – $0^\circ34'$.

Оформлення ескізів двох варіантів заготовок

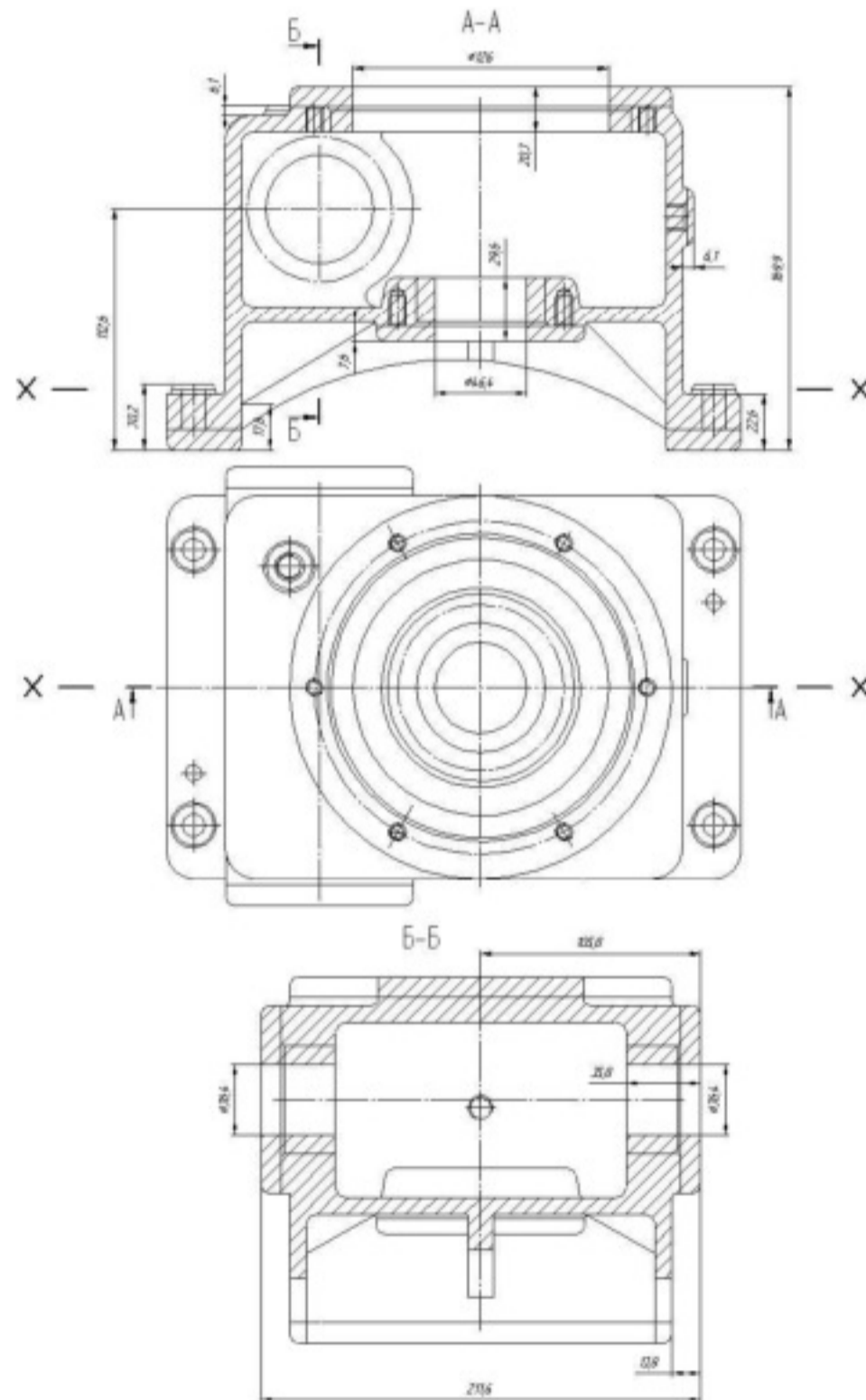


Рисунок 2.3 – Ескіз виготовлення вилівка заготовки в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

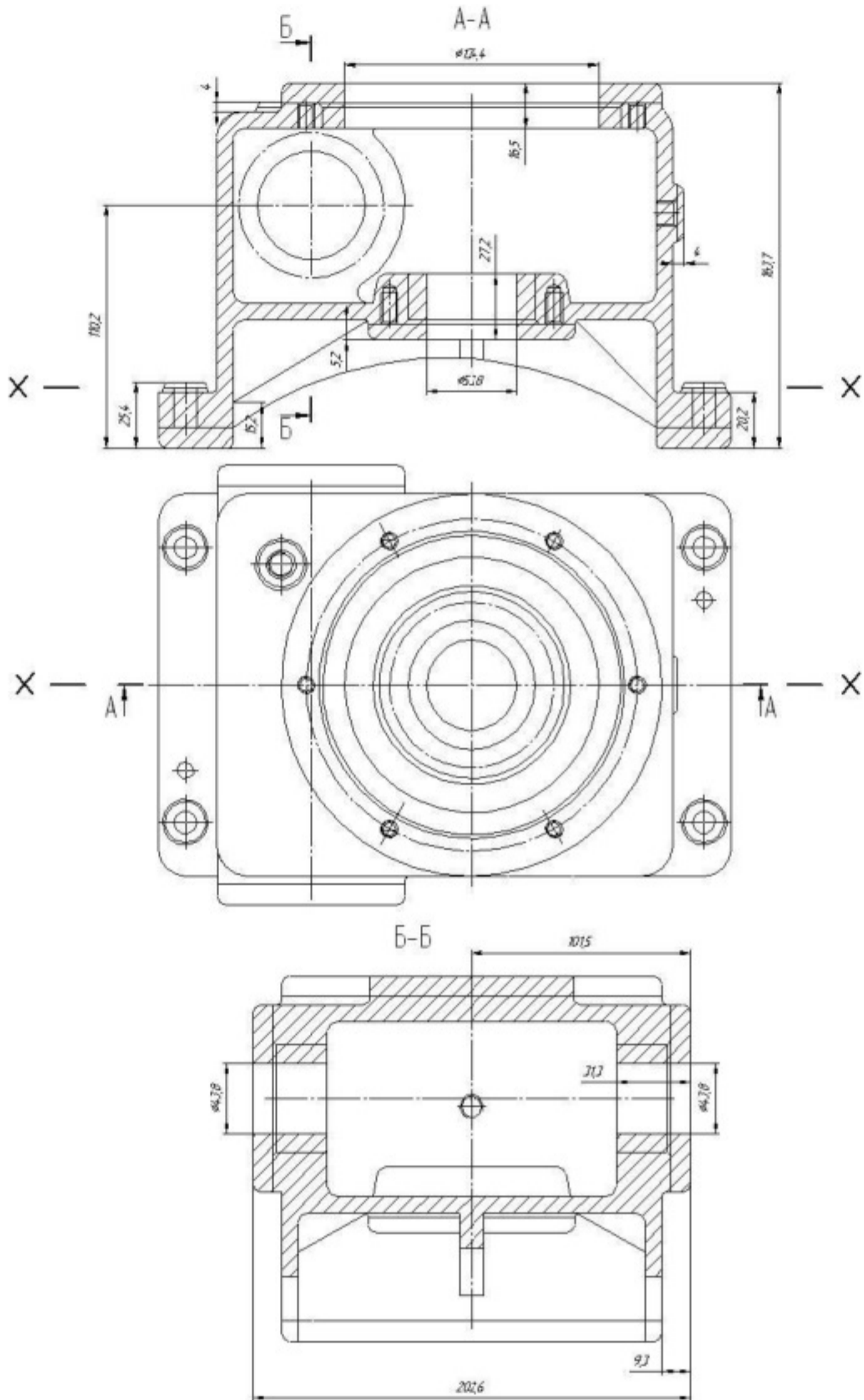


Рисунок 2.4 – Ескіз виготовлення виливка заготовки в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовок

За допомогою комп'ютерної програми розрахуємо масу заготовок для лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням.

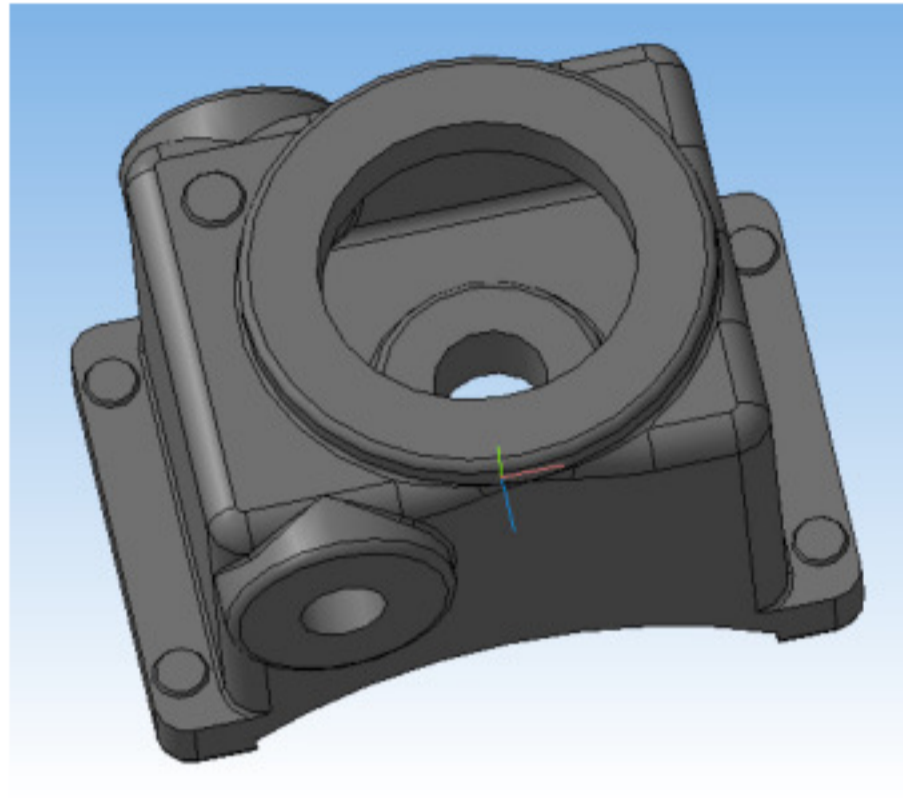


Рисунок 2.5 – 3D-модель заготовки при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

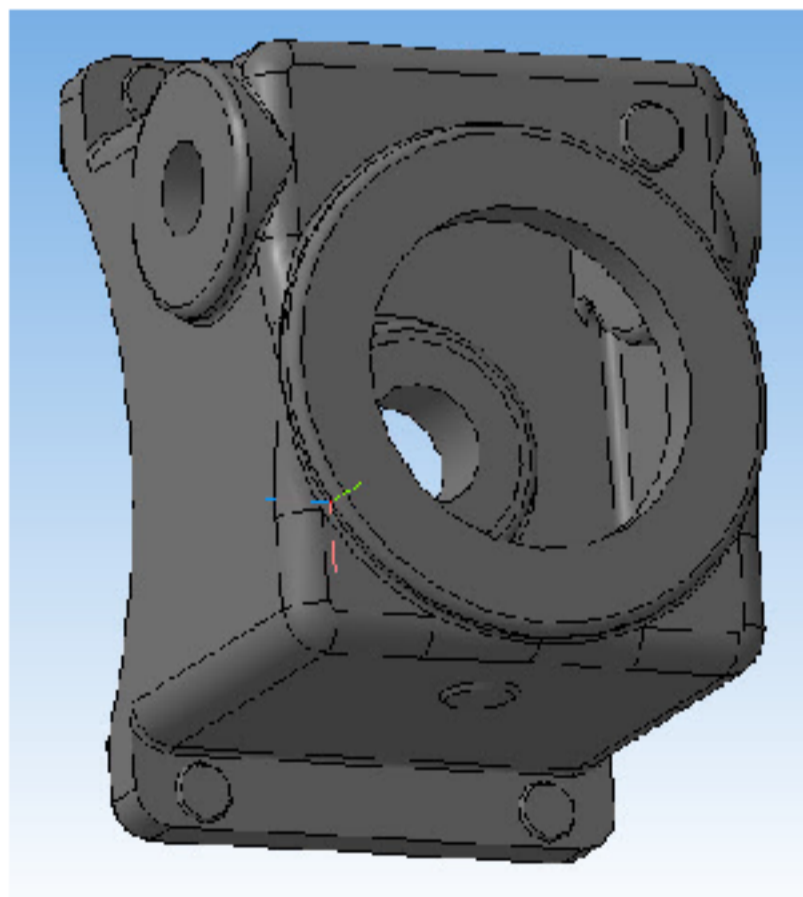


Рисунок 2.6 – 3D-модель заготовки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Коефіцієнт точності маси заготовки при виготовленні в піщано-глинистих формах з ручним формуванням:

$$\gamma_1 = \frac{Q_d}{Q_{\text{мр}1}} = \frac{11,82}{16,1} = 0,73 . \quad (2.14)$$

Коефіцієнт точності маси при виготовленні заготовки в піщано-глинистих формах з машинним формуванням:

$$\gamma_2 = \frac{Q_d}{Q_{\text{мр}2}} = \frac{11,82}{14,67} = 0,8 . \quad (2.15)$$

Отже, коефіцієнт точності маси при виготовленні заготовки в піщано-глинистих формах з машинним формуванням більший, ніж при виготовленні в піщано-глинистих формах з ручним формуванням, тобто менше матеріалу буде йти у стружку.

Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначаємо за формулою [11]:

$$C_{\text{мр.мр}} = \frac{(Q_{\text{мр}} \cdot C_{\text{л}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{мр}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \text{ [грн.],} \quad (2.16)$$

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

$K_{\text{т}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{в}}$, $K_{\text{п}}$ – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси і об'єму виробництва заготовок.

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів, $C_{\text{відх}} = 2000$ грн/т.

Запишемо всі отримані коефіцієнти до таблиці 2.9.

Ручне формування форм:

$$C_{\text{заг.литн 1}} = \frac{(16,1 \cdot 18600 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1)}{1000} - \frac{(16,1 - 11,82) \cdot 2000}{1000} = 257,3 \text{ (грн.)}$$

Машинне формування форм:

$$C_{\text{заг.литн 2}} = \frac{(14,67 \cdot 21300 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 1)}{1000} - \frac{(14,67 - 11,82) \cdot 2000}{1000} = 244,8 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 2.9 – Коефіцієнти для визначення вартості заготовок

Коефіцієнти	Ручне формування форм	Машинне формування форм
$Q_{\text{заг}}$	16,1	14,67
$C_{\text{л}}$	18600	21300
K_T	1,05	0,95
K_M	1	1
K_C	1	1
K_B	0,84	0,84
$K_{\text{П}}$	1	1

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість литої заготовки з машинним формуванням форм менша ніж при ручному формуванні.

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

$$E = (257,3 - 244,8) \cdot 8000 = 100000 \text{ (грн.)}$$

Тобто економічно доцільніше використовувати лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

Технічні вимоги на заготовку.

- Точність вилівка 10-7-15-10 ГОСТ 26645-85.
- Маса 11,82-0,72-2,13-14,67 ГОСТ 26645-85.

- Не вказані ливарні радіуси R3 мм, формувальні нахили 0°34'.
- На необробленій поверхні допускаються раковини до Ø1 мм на заглиблення не більше 1 мм.

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

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою [2, 9]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \frac{T_i}{T_{\text{дет}}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_n = \sum_i \varepsilon_i, \quad (2.17)$$

де ε – загальне уточнення; ε_i окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

$T_{\text{д}}$, T_3 , T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Розподіл ε здійснюємо в залежності від кількості ступенів механічної обробки за наступним законом: $\varepsilon_1 = 4,8 \dots 5,8$; $\varepsilon_2, \varepsilon_3 = 2 \dots 3$; $\varepsilon_4, \varepsilon_5 = 1,2 \dots 2$. Далі ε менше 1,2.

Для розміру $\text{Ø}62\text{H}7^{(+0,03)}$ матимемо:

Допуск розміру деталі становить 0,03 мм, допуск розміру заготовки має значення 2,4 мм. Тепер коефіцієнт уточнення:

$$\varepsilon = T_{\text{заг}}/T_{\text{дет}} = 2,4/0,03 = 80. \quad (2.18)$$

Приймаємо $n = 4$. Здійснюємо розподіл окремих уточнень:

$$\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_4 = 5,7 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1,56 = 80.$$

Значить:

$$T_1 = 2,4/5,7 = 0,42 \text{ (мм)} \quad (\approx \text{IT13});$$

$$T_2 = 0,42/3 = 0,14 \text{ (мм)} \quad (\approx \text{IT11});$$

$$T_3 = 0,14/3 = 0,046 \text{ (мм)} \quad (\approx \text{IT8});$$

$$T_4 = 0,046/1,56 = 0,03 \text{ (мм)} \quad (\text{IT7}).$$

Використовуючи довідник, знаходимо відповідність отриманому допуску квалітет: 1-й, 2-й, 3-й. Як бачимо, даний заданий квалітет буде забезпечений при 4-х ступенях механічної обробки.

Методи обробки вибираємо відповідно до кожної операції:

- розточити попередньо;
- розточити попередньо;
- розточити попередньо;
- розточити остаточно.

Аналогічно виконуємо розрахунок для решти поверхонь. Запишемо всі дані у таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
1	2	3	4	5	6
192h9 _(-0,115)	$\varepsilon = \frac{3,6}{0,115} = 31,3$	$\varepsilon_1=5,2$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=2$	$T_1 = 0,69$ $T_2 = 0,23$ $T_3 = 0,115$	13 11 9	фрезерувати попередньо фрезерувати попередньо фрезерувати остаточно
156h9 _(-0,1)	$\varepsilon = \frac{3,2}{0,1} = 32$	$\varepsilon_1=5,4$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=2$	$T_1 = 0,6$ $T_2 = 0,2$ $T_3 = 0,1$	13 11 9	фрезерувати попередньо фрезерувати попередньо фрезерувати остаточно

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6
Ø144H7(+0,04)	$\varepsilon = \frac{3,2}{0,04} = 80$	$\varepsilon_1=5,7$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,56$	$T_1 = 0,56$ $T_2 = 0,187$ $T_3 = 0,062$ $T_4 = 0,04$	13 11 8 7	фрезерувати попередньо фрезерувати попередньо фрезерувати попередньо фрезерувати остаточно
Ø62H7(+0,03)	$\varepsilon = \frac{2,4}{0,03} = 80$	$\varepsilon_1=5,7$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,56$	$T_1 = 0,42$ $T_2 = 0,14$ $T_3 = 0,046$ $T_4 = 0,03$	13 11 8 7	розточити попередньо розточити попередньо розточити попередньо розточити остаточно
Ø52H7(+0,03)	$\varepsilon = \frac{2,4}{0,03} = 80$	$\varepsilon_1=5,7$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,56$	$T_1 = 0,42$ $T_2 = 0,14$ $T_3 = 0,046$ $T_4 = 0,03$	13 11 8 7	розточити попередньо розточити попередньо розточити попередньо розточити остаточно
24h14(-0,52)	$\varepsilon = \frac{1,8}{0,52} = 3,4$				фрезерувати однократно
17h14(-0,43)	$\varepsilon = \frac{1,8}{0,43} = 5,2$	$\varepsilon_1=2,6$ $\varepsilon_2=2$	$T_1 = 0,69$ $T_2 = 0,43$	15 14	фрезерувати попередньо фрезерувати остаточно
Ø11H14					свердлити отвір
Ø8H9(+0,036)	$\varepsilon = \frac{0,15}{0,036} = 4,17$		$T = 0,15$ $T_1 = 0,036$		свердлити отвір розвернути
19h14					цекувати боки
M8-H7					свердлити отвір зенкувати фаску нарізати різь
M12-H7					свердлити отвір зенкувати фаску нарізати різь
M12×1,25					свердлити отвір зенкувати фаску нарізати різь
2h14(-0,25)					фрезерувати однократно

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз [2, 9]

На рис. 2.7 представлена схема чистових технологічних баз: це базування на площину і два пальця. Крім того в подальшому для мінімізації похибки базування планується використовувати верстат з поворотним столом, це дасть змогу обробляти поверхні з одного установа.

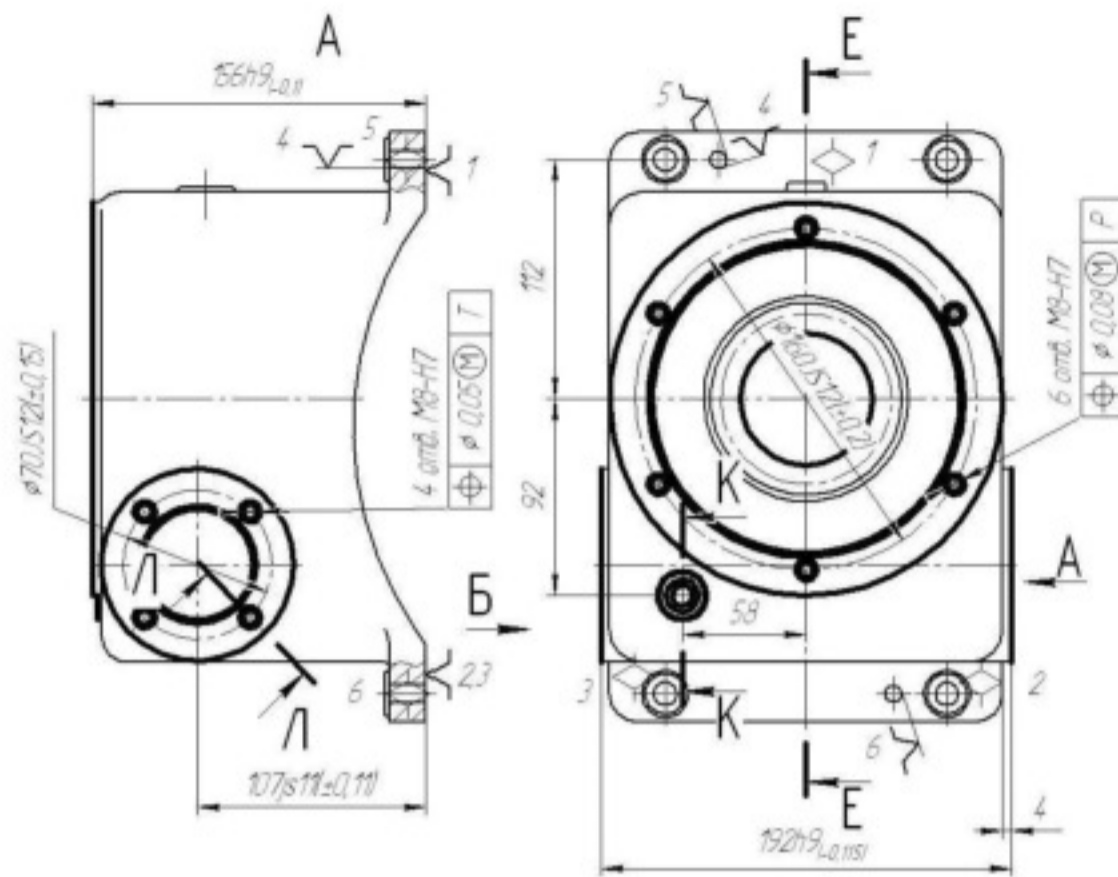


Рисунок 2.7 – Схема чистових технологічних баз

Проведемо аналіз похибки базування, що може виникати під час обробки:

$\epsilon_{6156} = \epsilon_{6112} = \epsilon_{6107} = \epsilon_{619} = \epsilon_{62} = 0$ – принцип співпадання вимірювальних і технологічних баз;

$\epsilon_{64} = \epsilon_{624} = \epsilon_{666} = \epsilon_{677,5} = \epsilon_{692} = \epsilon_{658} = \epsilon_{6192} = \epsilon_{696} = 0$ – обробка з одного установа.

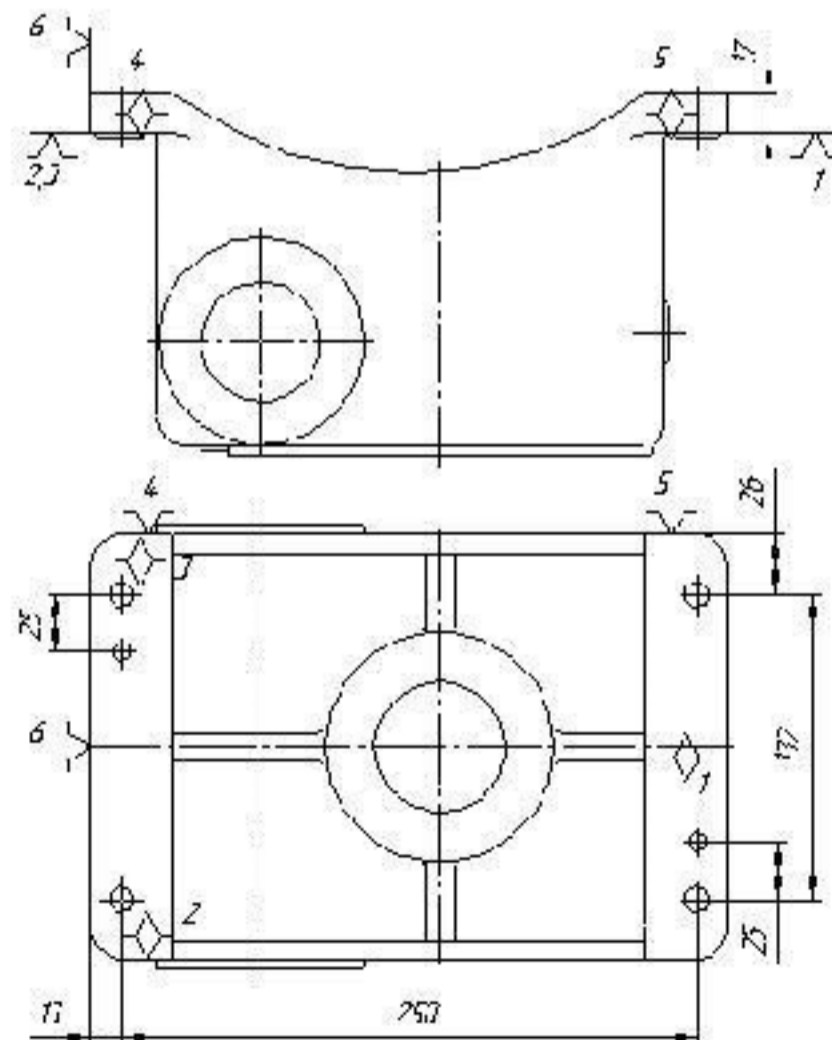
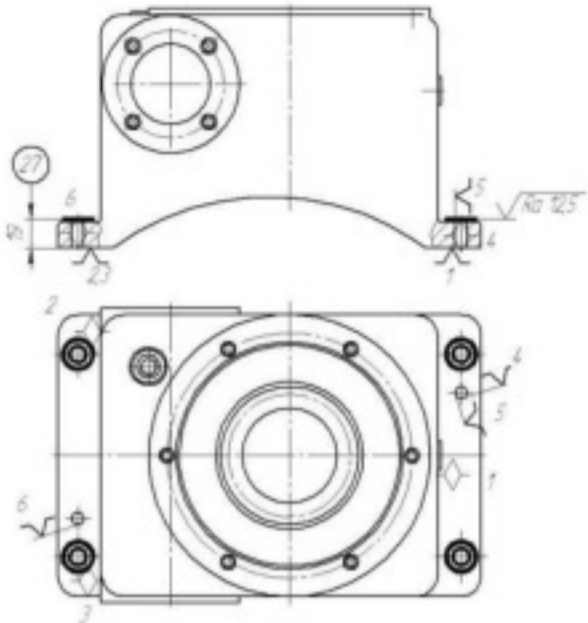


Рисунок 2.8 – Схема чорнових технологічних баз

Продовження таблиці 2.12

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми базування	Обладнання
<p>010</p> <p><i>Фрезерно-свердильно-розточна з ЧПК</i></p> <p><i>Позиція 1</i></p> <p>1. Встановити і закріпити деталь</p> <p>2. Фрезерувати пов. 4 попередньо</p> <p>3. Фрезерувати пов. 4 попередньо</p> <p>4. Фрезерувати пов. 4 остаточно</p> <p>5. Розточити отв. 5 попередньо</p> <p>6. Розточити отв. 5 попередньо</p> <p>7. Розточити отв. 5 попередньо</p> <p>8. Розточити отв. 5 остаточно</p> <p>9. Розточити фаску 6</p> <p>10. Центрувати 4 отв. 7</p> <p>11. Свердлити 4 отв. 7</p> <p>12. Зенкувати 4 фаски 8</p> <p>13. Нарізати різь в 4 отв. 7</p> <p><i>Позиція 2</i></p> <p>14. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 9 попередньо, 10 однократно</p> <p>15. Фрезерувати пов. 9 попередньо</p> <p>16. Фрезерувати пов. 9 остаточно</p> <p>17. Фрезерувати отв. 11 попередньо</p> <p>18. Фрезерувати отв. 11 попередньо</p> <p>19. Фрезерувати отв. 11 попередньо</p> <p>20. Фрезерувати отв. 11 остаточно</p> <p>21. Фрезерувати фаску 12</p> <p>22. Центрувати 6 отв. 13 та отв. 14</p> <p>23. Свердлити 6 отв. 13</p> <p>24. Свердлити отв. 14</p> <p>25. Зенкувати 6 фасок 15 та фаску 16</p> <p>26. Нарізати різь в 6 отв. 13</p> <p>27. Нарізати різь в отв. 14</p> <p><i>Позиція 3</i></p> <p>28. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 17 попередньо</p> <p>29. Фрезерувати пов. 17 попередньо</p> <p>30. Фрезерувати пов. 17 остаточно</p> <p>31. Розточити отв. 18 попередньо</p> <p>32. Розточити отв. 18 попередньо</p> <p>33. Розточити отв. 18 попередньо</p> <p>34. Розточити отв. 18 остаточно</p> <p>35. Розточити фаску 6</p> <p>36. Центрувати 4 отв. 19</p> <p>37. Свердлити 4 отв. 19</p> <p>38. Зенкувати 4 фаски 8</p> <p>39. Нарізати різь в 4 отв. 19</p> <p><i>Позиція 4</i></p> <p>40. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 20 попередньо</p> <p>41. Фрезерувати пов. 20 остаточно</p> <p>28. Розточити отв. 21 попередньо</p> <p>42. Розточити отв. 21 попередньо</p> <p>43. Розточити отв. 21 попередньо</p> <p>44. Розточити отв. 21 остаточно</p> <p>45. Розточити фаску 22</p> <p>46. Центрувати 4 отв. 23</p> <p>47. Свердлити 4 отв. 23</p> <p>48. Зенкувати 4 фаски 8</p> <p>49. Нарізати різь в 4 отв. 23</p> <p><i>Позиція 5</i></p> <p>50. Повернути стіл на 90° фрезерувати поверхню 24 однократно</p> <p>52. Центрувати отв. 25</p> <p>53. Свердлити отв. 25</p> <p>54. Зенкувати фаску 26</p> <p>55. Нарізати різь отв. 25</p> <p>56. Зняти деталь</p>	<p>Technical drawing showing various views of a mechanical part: A (top view), B (bottom view), E-E (cross-section), G-M-MO, L-LO (2:1) (cross-section), K-K (2:1) (cross-section), and Ж-Ж (cross-section). Dimensions and tolerances are provided for various features.</p>	<p>Обладнання</p> <p>Высокоскоростной багатопольовий горизонтальний свердильно-фрезерно-розточувальний з ЧПК МС800-Г/055Х</p>	

Продовження таблиці 2.12

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми базування	Обозначення
015	<p>Свердильна</p> <p>1. Встановити і закріпити деталь 2. Цекувати 4 пов. 27 3. Зняти деталь</p>		Радіально-свердильний 2М155

2.7 Аналіз техніко-економічних показників варіантів технологічного процесу по мінімуму приведених витрат

В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, а саме годинні приведені витрати [2]:

$$C_{п.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n \cdot (K_c + K_3) \text{ [грн.]}, \quad (2.19)$$

де C_3 – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, грн/год;

$C_{ч.з.}$ – годинні затрати по експлуатації робочого місця, грн/год;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування складає 0,15;

K_c – питомі годинні капітальні вкладення в верстат і будову, грн./год;

K_3 – питомі годинні капітальні вкладення в будову, грн/год.

Але можна скористатися даними наведеними в довідниках, де наведено годинні приведені витрати для кожного типу верстату [2]. Наприклад для багатоцільового верстата моделі ИСБ500ПМФ4 вони складають 70,4 грн/год.

Аналогічно вибираються дані для інших моделей верстатів, занесені до табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Годинні приведені витрати

Модель верстату	Φ_k	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$, грн./год
ИС800-ГЛОБУС	1,65	85,0
ИСБ500ПМФ4	1,65	70,4
ГФ2171М4	1,65	87,2
ЛТ260МФ3	1,65	86,3
2М55	1,75	45,5

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = \frac{C_{п.з.} \cdot t_{шт}}{60 \cdot K_v} \text{ [грн.],} \quad (2.20)$$

де K_v – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3;

$t_{шт}$ – штучно-калькуляційний час на виконання операції.

Для точних розрахунків визначається нормуванням операцій технологічного процесу. Норми часу операцій (штучний час $t_{шт}$) визначається як сума:

$$t_{шт.} = t_o + t_d + t_{oo} + t_{To} + t_v \text{ [хв]}, \quad (2.21)$$

де t_o – основний час (час роботи інструмента); t_d – допоміжний час; t_{oo} – час на організаційне обслуговування; t_{To} – час на технічне обслуговування; t_v – час на відпочинок.

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

$$t_o = 0,52 \cdot dl = 0,52 \cdot 11 \cdot 19 \cdot 10^{-3} = 0,11 \text{ (хв.)} \quad (2.22)$$

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 2.13.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_o \cdot \varphi_k [\text{хв}],$$

$$t_{шт} = 0,11 \cdot 1,65 = 0,18 (\text{хв.})$$

Аналогічно визначається штучно-калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиць 2.14-2.16.

Таблиця 2.14 – Штучно-калькуляційний час маршруту механічної обробки (варіант 1, 2)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.				
	Формула, 10^{-3}	Розрахункові параметри			Результат
		D	d	l	
005 – Фрезерна з ЧПК					
Фрезерувати поверхню 1 попередньо	$6 \cdot l \cdot 2$			184	2,2
Фрезерувати поверхню 1 остаточно	$4 \cdot l \cdot 2$			184	1,47
Центрувати 4 отв. 2 і 2 отв. 3	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 6$		2	5	0,031
Свердлити 4 отв. 2	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$		11	19	0,43
Свердлити 2 отв. 3	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 2$		8	17	0,14
Розвертувати 2 отв. 3	$0,27 \cdot d \cdot l \cdot 2$		8	17	0,07
Всього					4,34
Штучно-калькуляційний час $T_{шт} = \varphi_k \cdot t_o$					7,16

Таблиця 2.15 – Штучно-калькуляційний час маршруту механічної обробки (варіант 1)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.				
	Формула, 10^{-3}	Розрахункові параметри			Результат
		D	d	l	
1	2	3	4	5	6
010 – Фрезерно-свердильно-розточна з ЧПК					
Фрезерувати пов. 4 попередньо	$6 \cdot l$			90	0,54
Фрезерувати пов. 4 попередньо	$4 \cdot l$			90	0,36

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6
Фрезерувати пов. 4 остаточно	6·l			90	0,54
Розточити отв. 5 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 5 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 5 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 5 остаточно	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити фаску 6	0,18·d·l	52		2	0,02
Центрувати 4 отв. 7	0,52·d·l·4	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 7	0,52·d·l·4	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	0,52·d·l·4	8		1	0,016
Нарізати різь в 4 отв. 7	0,4·d·l·4	8		15	0,19
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 9 попередньо, 10 однократно	6·(l+3,14·d)		184	25	3,6
Фрезерувати пов. 9 попередньо	4·3,14·d		184		2,3
Фрезерувати пов. 9 остаточно	6·3,14·d		184		3,46
Фрезерувати отв. 11 попередньо	6·3,14·D		144		2,7
Фрезерувати отв. 11 попередньо	4·3,14·D	144			1,8
Фрезерувати отв. 11 попередньо	6·3,14·D	144			2,7
Фрезерувати отв. 11 остаточно	6·3,14·D	144			2,7
Фрезерувати фаску 12	6·3,14·D	144			2,7
Центрувати 6 отв. 13 та отв. 14	0,52·d·l·7		2	5	0,036
Свердлити 6 отв. 13	0,52·d·l·6	8		12	0,3
Свердлити отв. 14	0,52·d·l	12		10	0,062
Зенкувати 6 фасок 15 та фаску 16	0,52·d·l·7		8	1	0,03
Нарізати різь в 6 отв. 13	0,4·d·l·6	8		12	0,23
Нарізати різь в отв. 14	0,4·d·l	12		10	0,05
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 17 попередньо	6·l			90	0,54
Фрезерувати пов. 17 попередньо	4·l			90	0,36
Фрезерувати пов. 17 остаточно	6·l			90	0,54
Розточити отв. 18 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 18 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 18 попередньо	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити отв. 18 остаточно	0,18·d·l	52		26	0,24
Розточити фаску 6	0,18·d·l	52		2	0,02
Центрувати 4 отв. 19	0,52·d·l·4	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 19	0,52·d·l·4	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	0,52·d·l·4	8		1	0,016

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6
Нарізати різь в 4 отв. 19	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		15	0,19
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 20 однократно	$6 \cdot 3,14 \cdot D$	100			1,9
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити фаску 22	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		2	0,02
Центрувати 4 отв. 23	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 23	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		1	0,016
Нарізати різь в 4 отв. 23	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		15	0,19
Всього					33,136
Штучно-калькуляційний час $T_{шт} = \varphi_k \cdot t_o$					54,67
015 – Фрезерно-свердлильна з ЧПК					
Фрезерувати поверхню 24 однократно	$6 \cdot l$			25	0,15
Центрувати отв. 25	$0,52 \cdot d \cdot l$	2		5	0,005
Свердлити отв. 25	$0,52 \cdot d \cdot l$	12		17	0,1
Зенкувати фаску 26	$0,52 \cdot d \cdot l$	12		1	0,006
Нарізати різь отв. 25	$0,4 \cdot d \cdot l$	12		10	0,05
Цекувати 4 пов. 27	$0,31 \cdot d \cdot l$		22	2	0,014
Всього					0,325
Штучно-калькуляційний час $T_{шт} = \varphi_k \cdot t_o$					0,568

Таблиця 2.16 – Штучно-калькуляційний час маршруту механічної обробки (варіант 2)

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_o , хв.				
	Формула, 10^{-3}	Розрахункові параметри			Результат
		D	d	l	
1	2	3	4	5	6
010 – Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК					
Фрезерувати пов. 4 попередньо	$6 \cdot l$			90	0,54
Фрезерувати пов. 4 попередньо	$4 \cdot l$			90	0,36
Фрезерувати пов. 4 остаточно	$6 \cdot l$			90	0,54
Розточити отв. 5 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4	5	6
Розточити отв. 5 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити отв. 5 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити отв. 5 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити фаску 6	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		2	0,02
Центрувати 4 отв. 7	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 7	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		1	0,016
Нарізати різь в 4 отв. 7	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		15	0,19
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 9 попередньо, 10 однократно	$6 \cdot (l + 3,14 \cdot d)$		184	25	3,6
Фрезерувати пов. 9 попередньо	$4 \cdot 3,14 \cdot d$		184		2,3
Фрезерувати пов. 9 остаточно	$6 \cdot 3,14 \cdot d$		184		3,46
Фрезерувати отв. 11 попередньо	$6 \cdot 3,14 \cdot D$		144		2,7
Фрезерувати отв. 11 попередньо	$4 \cdot 3,14 \cdot D$	144			1,8
Фрезерувати отв. 11 попередньо	$6 \cdot 3,14 \cdot D$	144			2,7
Фрезерувати отв. 11 остаточно	$6 \cdot 3,14 \cdot D$	144			2,7
Фрезерувати фаску 12	$6 \cdot 3,14 \cdot D$	144			2,7
Центрувати 6 отв. 13 та отв. 14	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 7$		2	5	0,036
Свердлити 6 отв. 13	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 6$	8		12	0,3
Свердлити отв. 14	$0,52 \cdot d \cdot l$	12		10	0,062
Зенкувати 6 фасок 15 та фаску 16	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 7$		8	1	0,03
Нарізати різь в 6 отв. 13	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 6$	8		12	0,23
Нарізати різь в отв. 14	$0,4 \cdot d \cdot l$	12		10	0,05
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 17 попередньо	$6 \cdot l$			90	0,54
Фрезерувати пов. 17 попередньо	$4 \cdot l$			90	0,36
Фрезерувати пов. 17 остаточно	$6 \cdot l$			90	0,54
Розточити отв. 18 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити отв. 18 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити отв. 18 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити отв. 18 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		26	0,24
Розточити фаску 6	$0,18 \cdot d \cdot l$	52		2	0,02
Центрувати 4 отв. 19	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 19	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		1	0,016
Нарізати різь в 4 отв. 19	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		15	0,19

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4	5	6
Повернути стіл на 90 фрезерувати пов. 20 однократно	$6 \cdot 3,14 \cdot D$	100			1,9
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 попередньо	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити отв. 21 остаточно	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		24	0,27
Розточити фаску 22	$0,18 \cdot d \cdot l$	62		2	0,02
Центрувати 4 отв. 23	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	2		5	0,02
Свердлити 4 отв. 23	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	7		17	0,25
Зенкувати 4 фаски 8	$0,52 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		1	0,016
Нарізати різь в 4 отв. 23	$0,4 \cdot d \cdot l \cdot 4$	8		15	0,19
Фрезерувати поверхню 24 однократно	$6 \cdot l$			25	0,15
Центрувати отв. 25	$0,52 \cdot d \cdot l$	2		5	0,005
Свердлити отв. 25	$0,52 \cdot d \cdot l$	12		17	0,1
Зенкувати фаску 26	$0,52 \cdot d \cdot l$	12		1	0,006
Нарізати різь отв. 25	$0,4 \cdot d \cdot l$	12		10	0,05
Всього					34,447
Штучно-калькуляційний час $T_{шт} = \varphi_k \cdot t_o$					55,2
015 – Свердлильна					
Цекувати 4 пов. 27	$0,31 \cdot d \cdot l$		22	2	0,054
Всього					0,054
Штучно-калькуляційний час $T_{шт} = \varphi_k \cdot t_o$					0,95

Технологічна собівартість операції 005, що виконується на вертикально-фрезерному верстаті буде рівна (варіант 1):

$$C_o = 87,2 \cdot 7,16 / (60 \cdot 1,3) = 8 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість усіх інших операцій (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Приведені годинні витрати

Тип верстату	Штучний час $t_{шт}$, хв	Годинні приведені витрати $C_{п.з.}$, грн./год	Технологічна собівартість C_o , грн.
<u>Перший варіант</u>			
ГФ2171М4	7,16	87,2	8
ИСБ500ПМФ4	54,67	70,4	49,34
ГФ2171М4	0,568	87,2	0,63
Всього			57,97
<u>Другий варіант</u>			
ЛТ260МФ3	7,16	86,3	7,92
ИС800-ГЛОБУС	55,2	85,0	60,15
2М55	0,95	45,5	0,55
Всього			68,62

Отже, при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операцій виготовлення деталі складатиме 57,97 грн., а при використанні другого варіанту – 60,15 грн.

Економічний ефект складатиме:

$$E = (60,15 - 57,97) \cdot 8000 = 17\,440 \text{ (грн.)}$$

2.8 Розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів [2]

Розміщення технологічних розмірів показана на рисунку 2.9.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на всі розміри зведені в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	Z_1	Z_2
Квалітет	15	14	14	11	9	8	17	17
Допуск, мм	0,84	0,43	0,87	0,22	0,087	0,04	1,8	3,5

Таблиця 2.19 – Конструкторські розміри

Розмір	K ₁	K ₂
Квалітет	14	11
Допуск	0,43	0,14

- Розмірна схема технологічного процесу

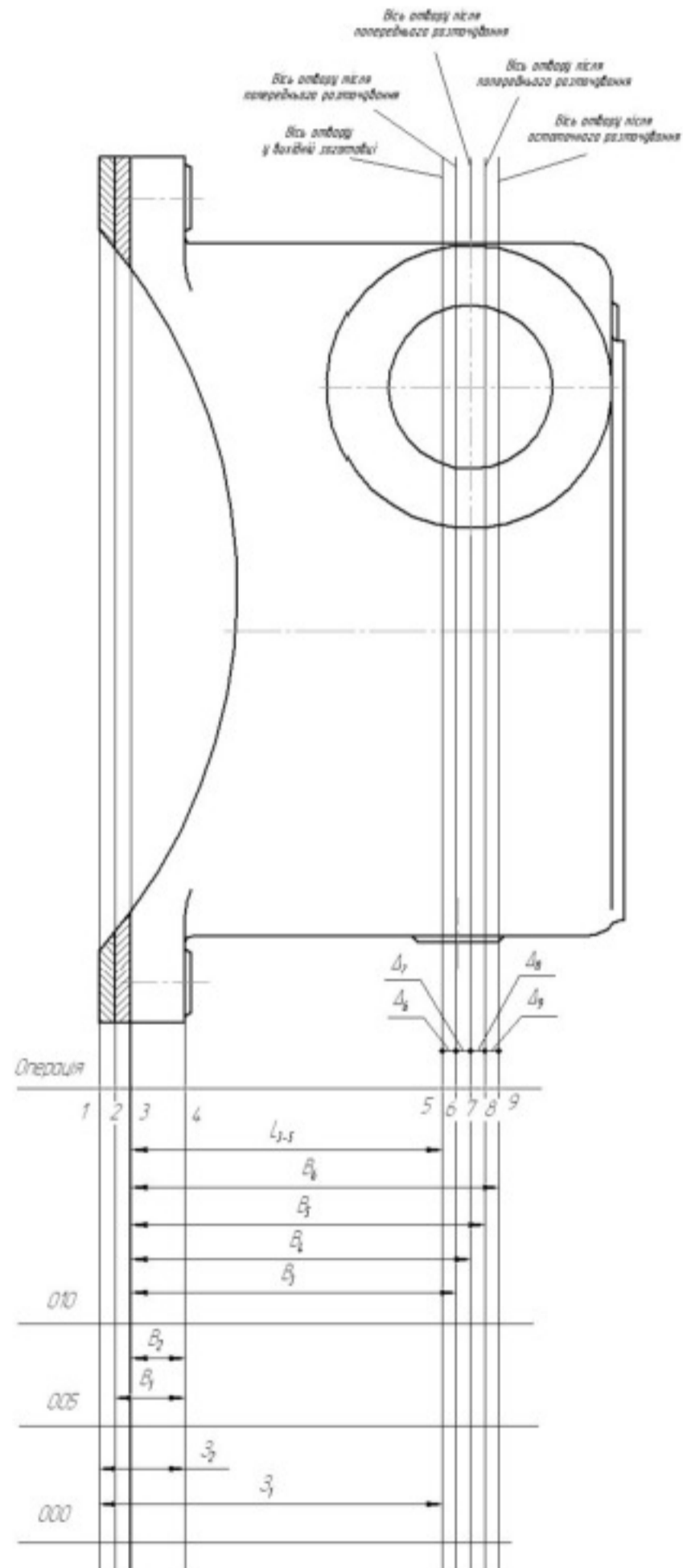


Рисунок 2.9 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

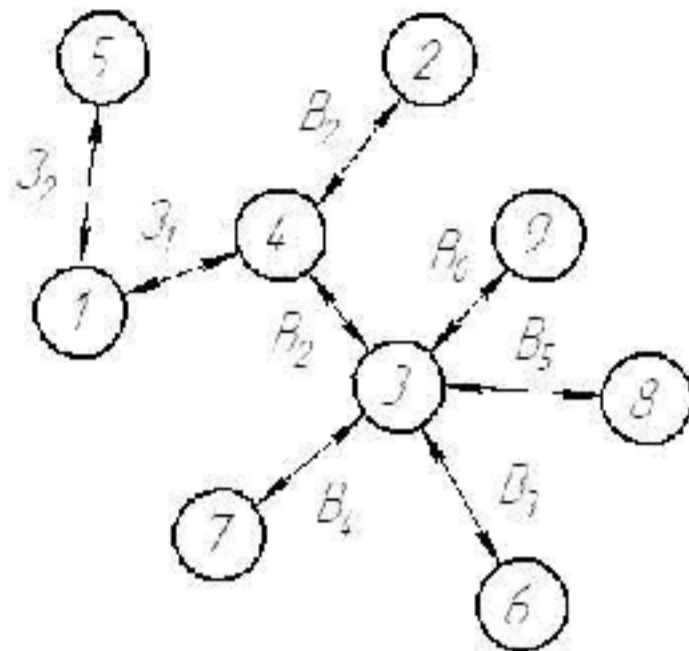


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

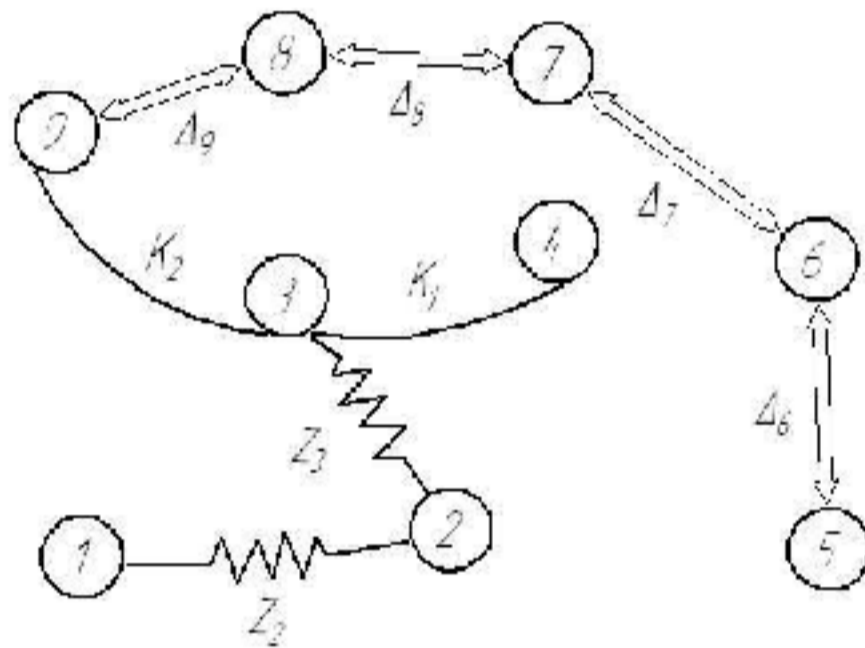


Рисунок 2.11 – Вихідний граф-дерево

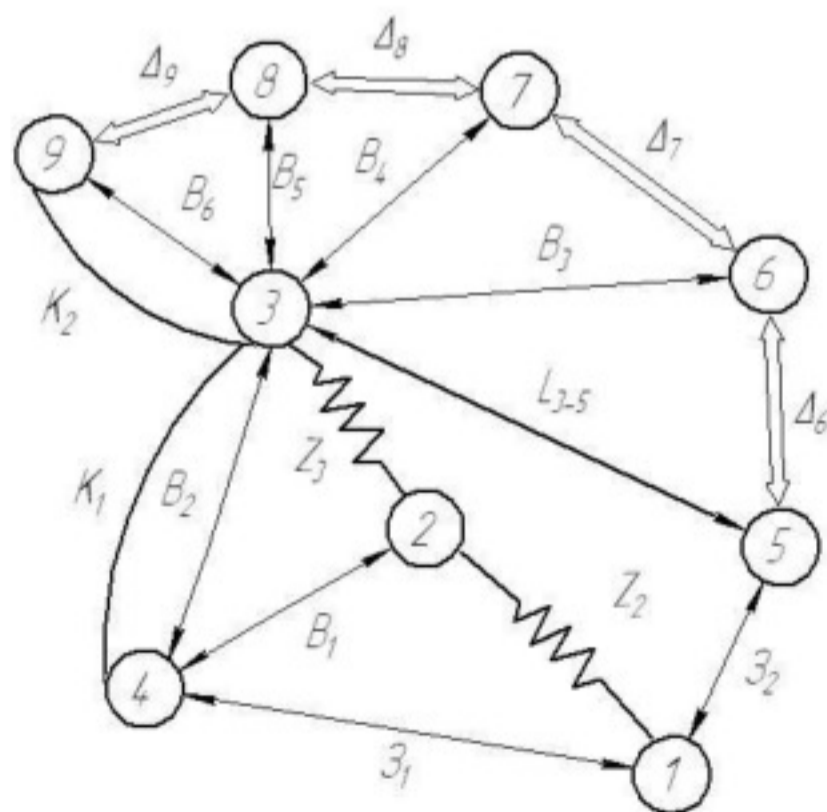


Рисунок 2.12 – Суміщений граф

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці, які входять в один діапазон, то мінімальний припуск буде [2, 4].

Таблиця 2.20 – Значення мінімальних припусків

Припуск	z_2	z_3
Спосіб обробки	Попереднє фрезерування	Чистове фрезерування
Значення мінімального припуску (z_{min}), мм	0,8	0,2

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Використовуючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
3	$-z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$z_3 = B_1 - B_2$	B_1
4	$-z_2 + z_3 - B_1 = 0$	$z_2 = z_3 - B_1$	z_3
5	$-\Delta_9 - B_5 + B_6 = 0$	$\Delta_9 = B_6 - B_5$	B_5
6	$-\Delta_8 - B_4 + B_5 = 0$	$\Delta_8 = B_5 - B_4$	B_4
7	$-\Delta_7 - B_3 + B_4 = 0$	$\Delta_7 = B_4 - B_3$	B_3
8	$-\Delta_6 - z_2 + z_3 - B_2 + B_3 = 0$	$\Delta_6 = z_3 - z_2 - B_2 + B_3$	z_2

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

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

1. $K_1=B_2$. Звідки знаходимо $K_1=B_2 = 17_{-0,43}$ (мм).
2. $K_2=B_6$. Звідки знаходимо $K_2=B_6 = 107\pm 0,02$ (мм).
3. $Z_{3\min}=B_{1\min}-B_{2\max}$;
 $B_{1\min}=B_{2\max}+Z_{3\min}=17+0,2=17,2$ (мм);
 $B_{1\max}=B_{2\min}+T(B_1)=17,2+0,84=18,04$ (мм);
 $Z_{3\max}=B_{1\max}-B_{2\min}=18,04-16,57=1,47$ (мм);
 $B_1=18,04_{-0,84}$ мм.
4. $Z_{2\min}=Z_{1\min}-B_{1\max}$;
 $Z_{1\min}=B_{1\max}+Z_{2\min}=18,04+0,8=18,84$ (мм);
 $Z_{1\max}=Z_{1\min}+T(Z_1)=18,84+1,8=20,64$ (мм);
 $Z_{2\max}=Z_{1\max}-B_{1\min}=20,64-17,2=3,44$ (мм);
 $Z_1=20,64_{-2,1}$ мм.
5. $\Delta_9=B_6-B_5$.

Для визначення значення ланки замикання цього рівняння вважатимемо, що в номіналі вісь отвору у заготовці після третього попереднього розточування і вісь отвору у заготовці після остаточного розточування співпадають. З урахуванням цього запишемо: $(\Delta_9)_{ном} = (\Delta_9)_{сер} = 0$, де $(\Delta_9)_{ном}$ і $(\Delta_9)_{сер}$ – відповідно номінальне й середнє значення зміщення осі 8 відносно осі 9 (рис. 2.4). Таким чином,

$$B_{6ном} = B_{6сер} = B_{5ном} = B_{5сер} = 107 \text{ мм.}$$

Вважаючи, що поле допуску розміру B_5 розташоване симетрично відносно $B_{5сер}$, запишемо

$$B_5 = 107\pm 0,0435 \text{ мм.}$$

6. $\Delta_8=B_5-B_4$.

Для визначення значення ланки замикання цього рівняння вважатимемо, що в номіналі вісь отвору у заготовці після другого попереднього розточування і вісь отвору у заготовці після третього попереднього розточування співпадають. З урахуванням цього запишемо: $(\Delta_8)_{ном} = (\Delta_8)_{сер} = 0$, де $(\Delta_8)_{ном}$ і $(\Delta_8)_{сер}$ – відповідно

номінальне й середнє значення зміщення осі 7 відносно осі 8 (рис. 2.4). Таким чином,

$$B_{5\text{ном}} = B_{5\text{сер}} = B_{4\text{ном}} = B_{4\text{сер}} = 107 \text{ мм.}$$

Вважаючи, що поле допуску розміру B_4 розташоване симетрично відносно $B_{4\text{сер}}$, запишемо

$$B_4 = 107 \pm 0,11 \text{ мм.}$$

$$7. \Delta_7 = B_4 - B_3.$$

Для визначення значення ланки замикання цього рівняння вважатимемо, що в номіналі вісь отвору у заготовці після другого попереднього розточування і вісь отвору у заготовці після першого розточування співпадають. З урахуванням цього запишемо: $(\Delta_7)_{\text{ном}} = (\Delta_7)_{\text{сер}} = 0$, де $(\Delta_7)_{\text{ном}}$ і $(\Delta_7)_{\text{сер}}$ – відповідно номінальне й середнє значення зміщення осі 6 відносно осі 7 (рис. 2.4). Таким чином,

$$B_{4\text{ном}} = B_{4\text{сер}} = B_{3\text{ном}} = B_{3\text{сер}} = 107 \text{ мм.}$$

Вважаючи, що поле допуску розміру B_3 розташоване симетрично відносно $B_{3\text{сер}}$, запишемо

$$B_3 = 107 \pm 0,435 \text{ мм.}$$

$$8. \Delta_6 = Z_1 - Z_2 - B_2 + B_3.$$

Вважатимемо, що в номіналі вісь отвору у вихідній заготовці і вісь отвору у заготовці після першого попереднього розточування також співпадають. З урахуванням цього запишемо

$$(\Delta_6)_{\text{ном}} = (\Delta_6)_{\text{сер}} = 0,$$

Таким чином,

$$Z_{1\text{сер}} - Z_{2\text{сер}} - B_{2\text{сер}} + B_{3\text{сер}} = 0;$$

і

$$Z_{2\text{сер}} = Z_{1\text{сер}} - B_{2\text{сер}} + B_{3\text{сер}};$$

$$Z_{1\text{ср}} = \frac{Z_{1\text{max}} + Z_{1\text{min}}}{2} = \frac{20,64 + 18,84}{2} = 19,74 \text{ (мм)};$$

Звідки

$$B_{2\text{ср}} = \frac{B_{2\text{max}} + B_{2\text{min}}}{2} = \frac{17 + 16,57}{2} = 16,785 \text{ (мм)};$$

$B_{3\text{ср}} = 107$ мм (допуск розміру B_3 симетричний);

$$Z_{2\text{ср}} = 19,74 - 16,785 + 107 = 109,475 \text{ (мм)};$$

$$Z_2 = 109,475 \pm 1,75 \text{ мм.}$$

З використанням отриманих значень розмірів можна знайти поле розсіювання $\delta(L_{3-5})$ дійсних значень розміру L_{3-5} , між технологічною установчою базою (площиною 3) і віссю отвору 5 у вихідній заготовці. Це поле розсіювання може бути використане під час визначення однієї із складових мінімального припуску на попереднє розточування отвору розрахунково-аналітичним способом, а саме просторового відхилення (ρ) поверхні, що обробляється, відносно базової поверхні заготовки.

За рекомендаціями для прикладу, що розглядається, значення ρ може бути визначене за формулою [2]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.23)$$

де $\rho_{\text{жол}}$ – жолоблення отвору, $\rho_{\text{зм}}$ – зміщення осі отвору у вихідній заготовці відносно технологічних баз.

Значення $\rho_{\text{зм}}$ у даному випадку може бути визначене за формулою

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{[(\rho_{\text{зм}})_x]^2 + [(\rho_{\text{зм}})_y]^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.24)$$

де $(\rho_{\text{зм}})_x$ і $(\rho_{\text{зм}})_z$ – відповідно зміщення осі отвору у горизонтальному й вертикальному напрямках.

Очевидно, що $(\rho_{\text{зм}})_z = \delta(L_{3-5})$.

З суміщеного графа (див. рис. 2.12) випливає, що

$$-L_{3-5} + B_2 - Z_1 + Z_2 = 0.$$

Записавши це рівняння відносно ланки замикання L_{3-5} , отримаємо

$$L_{3-5} = B_2 - Z_1 + Z_2.$$

Оскільки розглядалий розмірний ланцюг має три складових ланки, то для визначення поля розсіювання ланки замикання L_{3-5} можна скористатись імовірнісним методом. В цьому випадку можна записати:

$$(\rho_{zm})_z = L_{3-5} = t \sqrt{[\lambda(B_2)T(B_2)]^2 + [\lambda(Z_1)T(Z_1)]^2 + [\lambda(Z_2)T(Z_2)]^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.25)$$

де t – коефіцієнт, який залежить від бажаної імовірності P роботи без браку;

$\lambda(B_2)$, $\lambda(Z_1)$, $\lambda(Z_2)$ – коефіцієнти відносно розсіювання, які залежать від закону розподілу дійсних значень розмірів B_2 , Z_1 і Z_2 .

Прийmemo $t=3$. При цьому $P=0,27\%$. Вважатимемо, що розподіл дійсних значень всіх розмірів підпорядковується закону нормального розподілу. При цьому $\lambda(B_2)=\lambda(Z_1)=\lambda(Z_2)=0,333$.

Підставивши прийняті значення коефіцієнтів і допусків в (1), отримаємо:

$$(\rho_{zm})_z = \delta(L_{3-5}) = 3,5 \text{ мм.}$$

Для визначення величини $(\rho_{zm})_x$ потрібно виконати розмірний аналіз у напрямку осі x .

Отже, визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним. Результати розрахунків записано в таблицю 2.22.

Таблиця 2.22 – Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

Розмір	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
Min	17,2	16,57	106,565	106,89	106,9565	106,98
Max	18,04	17	107,435	107,11	107,0435	107,02
Розмір	z ₁			z ₂		
Min	18,84			107,725		
Max	20,64			111,225		
Припуск	z ₂			z ₃		
Min	0,8			0,2		
Max	3,44			1,47		

2.9 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів

2.9.1 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 62H7^{(+0,03)}$ [2]

Вихідні дані.

Заготовка – вилівка в піщано-глинисті форми.

Технологічний маршрут обробки: розточування попереднє; розточування попереднє; розточування попереднє; розточування попереднє; розточування остаточне.

Обробка виконується за один установ.

Базування виконується по площині основи 276 і два отвори $\varnothing 8H9^{(+0,036)}$ (попередньо обробленими).

Розрахунок припусків на обробку отвору $\varnothing 62^{+0,03}$ наведено в таблиці 4.9, в якій послідовно записано технологічний маршрут обробки і всі значення елементів припуску.

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [2], для заготовки $R_z+T=1000$ мкм. При попередньому розточуванні приймаємо $R_z=T=50$ мкм, а на наступному переході відповідно $R_z=T=30$ мкм, при чистовому розточуванні приймаємо – $R_z=20$ мкм, $T=25$ мкм, та при тонкому розточуванні $R_z=5$ мкм, $T=15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.26)$$

де $\rho_{жол}$ – просторові відхилення спричинені жолобленням;

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

Жолоблення отвору необхідно враховувати як в діаметральному так і в основному його перерізі, тому:

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 62)^2 + (0,7 \cdot 24)^2} = 46 \text{ (мкм)}, \quad (2.27)$$

де Δ_k – питоме жолоблення відливка;

d і l – діаметр і довжина оброблюємого отвору.

При визначенні $\rho_{зм}$ в даному випадку слід приймати до уваги допуски на зміщення через перекося стержня.

$$\rho_{зм} = 1400 \text{ мкм.}$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки:

$$\rho_{зм} = \sqrt{46^2 + 1400^2} = 1400,8 \text{ (мкм).}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]}, \quad (2.28)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 1400,8 = 84 \text{ (мкм);}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 21,89 = 4,2 \text{ (мкм).}$$

Похибка установки ε_y на переході, що виконується при визначенні проміжного припуску характеризується зміщенням оброблюваної поверхні, яке повинно компенсуватися додатковою складовою, що входить до складу проміжного припуску:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_\gamma^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad [\text{МКМ}], \quad (2.29)$$

де ε_δ – похибка базування;

ε_γ – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка положення заготовки в пристосуванні, $\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{10} \right) T$.

Похибка установки при попередньому розточуванні:

Похибка базування в даному випадку виникне за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при установці її на штирі пристосування. Перекіс при цьому виникає із-за зазорів між найбільшим діаметром установочних отворів і найменшим діаметром штирів.

Найбільший зазор між отворами і штирями:

$$S_{\text{max}} = \delta_A + \delta_B + S_{\text{min}}, \quad (2.30)$$

де δ_A – допуск на отвір $\text{Ø}8\text{H}9^{(+0,036)}$: $\delta_A = 36 \text{ мкм} = 0,036 \text{ мм}$;

δ_B – допуск на діаметр штиря $\text{Ø}8 f 7^{(+0,013 / -0,028)}$: $\delta_B = 31 \text{ мкм} = 0,031 \text{ мм}$;

S_{min} – мінімальний зазор між діаметром штиря і отвору:

$$S_{\text{min}} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм}.$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки на штирях може бути знайдений із співвідношення найбільшого зазору при повороті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\text{tg} \alpha = \frac{0,036 + 0,031 + 0,013}{\sqrt{(250^2 + 82^2)}} = 0,0003.$$

Похибка базування на отвір, що обробляється:

$$\varepsilon_{\varepsilon} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{(112^2 + 56^2)} \cdot 0,0003 = 0,037 \text{ (мм)}.$$

Похибка закріплення заготовки за таблицею $\varepsilon_3 = 150$ мкм [2].

Похибка положення заготовки в пристосуванні: $\varepsilon_{np} = \frac{1}{6} 150 = 25$ (мкм).

Тоді похибка установки при попередньому розточуванні (чорновому):

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{37^2 + 150^2 + 25^2} = 156 \text{ (мкм)}.$$

Остаточна похибка установки при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_{y2} = 0,05 \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} \approx 8 \text{ (мкм)}.$$

Так, як попереднє і остаточне розточування виконується з одного установою, то $\varepsilon_{yocm} = 0$.

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

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.31)$$

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування: $2Z_{1min} = 2 \cdot (1000 + \sqrt{1400,8^2 + 156^2}) = 4820$ (мкм);

Попереднє розточування: $2Z_{2min} = 2 \cdot (50 + 50 + 84) = 368$ (мкм);

Попереднє розточування: $2Z_{3min} = 2 \cdot (30 + 30 + 4,2) = 128,4$ (мкм);

Остаточне розточування: $2Z_{4min} = 2 \cdot (20 + 25 + 8) = 106$ (мкм).

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені: $d = 62,03$ мм.

Розрахункові розміри:

для остаточного розточування: $d_3 = 62,03 - 0,106 = 61,924$ (мм);

для попереднього розточування: $d_2 = 61,924 - 0,1284 = 61,7956$ (мм);

для попереднього розточування: $d_1 = 61,7956 - 0,368 = 61,4276$ (мм);

для заготовки: $d_3 = 61,4276 - 4,82 = 56,6076$ (мм).

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 62H7$ (+0,03)	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ϵ_1				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	1000	1400			54,2076	2400	54,2076	56,6076			
Розточування											
попереднє	50	50	84	156	4820	60,9676	460	60,9676	61,4276	4820	6760
попереднє	30	20	4,2	0	368	61,6056	190	61,6056	61,7956	368	638
попереднє	20	25	---	0	128,4	61,85	74	61,85	61,924	128,4	244,4
остаточне	5	15	---	8	106	62	30	62	62,03	106	150
								Σ		5392,4	7792,4

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

Так, для остаточного розточування значення допуску складає 30 мкм для попереднього остаточного розточування – 74 мкм (9 квалітет), для попереднього розточування – 190 мкм (11 квалітет), для попереднього розточування 460 мкм (13 квалітет), для заготовки – 2400 мкм (16 квалітет).

Граничні розміри:

- для остаточного розточування:

найбільший граничний розмір 62,03 мкм;

найменший $62,03 - 0,03 = 62$ (мм);

- для попереднього розточування:

найбільший граничний розмір 61,924 мм;

найменший $61,924 - 0,074 = 61,850$ (мм);

- для попереднього розточування:

найбільший граничний розмір 61,7956 мм;

найменший $61,7956 - 0,19 = 61,6056$ (мм);

- для попереднього розточування:

найбільший граничний розмір 61,4276 мм;

найменший $61,4276 - 0,46 = 60,9676$ (мм);

- для заготовки:

найбільший граничний розмір 56,6076 мм;

найменший $56,6076 - 2,4 = 54,2076$ (мм).

Отже, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min_4} = 62,03 - 61,924 = 0,106 \text{ мм} = 106 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max_4} = 62 - 61,850 = 0,15 \text{ мм} = 150 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min_3} = 61,924 - 61,7956 = 0,1284 \text{ (мм)} = 128,4 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max_3} = 61,850 - 61,6056 = 0,2444 \text{ (мм)} = 244,4 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min_2} = 61,7956 - 61,4276 = 0,338 \text{ (мм)} = 368 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max_2} = 61,6056 - 60,9676 = 0,638 \text{ (мм)} = 638 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 61,4276 - 56,6076 = 4,82 \text{ (мм)} = 4820 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 60,9676 - 54,2076 = 6,76 \text{ (мм)} = 6760 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 4820 + 338 + 128,4 + 106 = 5392,4 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 6760 + 638 + 244,4 + 150 = 7792,4 \text{ (мкм)}.$$

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 6760 - 4820 = 1940 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 2400 - 460 = 1940 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 638 - 368 = 270 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 460 - 190 = 270 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 244,4 - 128,4 = 116 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 190 - 74 = 116 \text{ (мкм)}.$$

Отже, всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

2.9.2 Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів

Таблиця 2.24 – Нормативний вибір припусків та міжопераційних розмірів на інші поверхні [2, 13]

Поверхня Ø52H7(^{+0,03}), R _a = 2,5 мкм							
Технологічні переходи обробки	Розрахунковий мінімальний припуск 2Z _{min} , мм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
				d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	–	43,8	2400	41,4	43,8	–	–
1. Розточування попереднє	2·2600	49	460	48,54	49	5,2	7,14
2. Розточування попереднє	2·1000	51	190	50,81	51	2	2,27
3. Розточування попереднє	2·400	51,8	46	51,754	51,8	0,8	0,944
3. Розточування остаточне	2·115	52,03	30	52	52,03	0,23	0,246
Поверхня Ø144H7(^{+0,04}), R _a = 2,5 мкм							
Заготовка	–	134,4	3200	131,2	134,4	–	–
1. Фрезерування попереднє	2·2	138,4	630	137,77	138,4	4	6,57
2. Фрезерування попереднє	2·2	142,4	250	142,15	142,4	4	4,38
3. Фрезерування попереднє	2·0,6	143,6	63	143,537	143,6	1,2	1,387
4. Фрезерування остаточне	2·0,22	144,04	40	144	144,04	0,44	0,463

2.10 Призначення режимів різання

Наведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для розточування попереднього (чорнового) для розміру Ø62H7(^{+0,03}).

Визначаємо глибину різання: виконуємо розрахунок на перший перехід – розточування попереднє де будуть виникати найбільші сили різання і відповідно де буде найбільша потужність різання. 2Z_{1max} = 6,76 мм, тоді t = 3,38 мм.

Визначаємо величину подачі S.

В залежності від вильоту різця або оправки (виліт різця 100 мм), від вище прийнятого припуску і матеріалу деталі чавун приймаємо подачу: S=0,3 мм/об.

Величина швидкості різання при розточуванні може бути розрахована із залежності [2, 13]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \quad [\text{м/хв}], \quad (2.32)$$

де T – середнє значення стійкості інструменту, $T=30-60$ хв., приймаємо $T=50$ хв.;

C_y , x , y , m – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання.

Згідно з [2, 13] вони рівні:

$$C_v=292 \cdot 0,9=262,8; x=0,15 \cdot 0,9=0,135; y=0,2 \cdot 0,9=0,18; m=0,2 \cdot 0,9=0,18;$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v=K_{mv} K_{nv} K_{iv}$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

Поправочний коефіцієнт K_{mv} , який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{iv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1,0, \quad (2.33)$$

де $n_v = 1,25$ – показник степені при обробці.

Поправочний коефіцієнт $K_{mv}=0,85$, який враховує вплив стану поверхні, враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

Поправочний коефіцієнт $K_{mv}=1,0$ який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_v=1 \cdot 0,85 \cdot 1=0,85.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{262,8}{50^{0,18} \cdot 3,38^{0,135} \cdot 0,3^{0,18}} \cdot 0,85 = 116,4 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання n розраховується:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 116,4}{3,14 \cdot 62} = 618,8 \text{ (об/хв.)}$$

Корегувати значення n за паспортними даними верстата моделі ИСБ500ПМФ4 не має необхідності, так як головний привод має безступеневе регулювання: $V_{\phi} = V = 116,8 \text{ м/хв.}$

Сила різання при точінні розраховується за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{pz} \text{ [Н]}, \quad (2.34)$$

де t – глибина різання, $t=0,99$;

Коефіцієнти, та показники степені згідно з [2, 13] вони рівні:

$$C_p = 92; x=1; y = 0,75; n = 0.$$

Поправочний коефіцієнт K_p для чавуну, який враховує фактичні умови різання:

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.35)$$

де

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,4/0,55} = 1,0; \quad (2.36)$$

$$K_{\phi p} = 1,08; K_{\gamma p} = 1,25; K_{\lambda p} = 1,0; K_{rp} = 0,87;$$

$$K_{pz} = 1 \cdot 1,08 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,17.$$

Сила різання буде дорівнювати:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 3,38^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 116,4^0 \cdot 1,17 = 1474,8 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1474,8 \cdot 116,8}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{ (кВт)}. \quad (2.37)$$

Визначаємо потужність, яку необхідно витратити приводу верстата на різання:

$$N_p = \frac{N_e}{\eta} = \frac{2,8}{0,8} = 3,5 \text{ (кВт)}, \quad (2.38)$$

де $\eta = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у вузлах верстата.

$N_p < N_e$ ($1,4 < 20,0$) – обробка є можливою ($N_e = 20,0$ кВт потужність приводу головного руху верстата моделі ИСБ500ПМФ4).

Визначаємо величину основного часу, що витрачаються на обробку:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} \text{ [хв]}, \quad (2.39)$$

де $S = 0,3$ – повздовжня подача мм/об.;

$n = 618,8,6$ об/хв. – число обертів шпинделя;

L_p – довжина робочого ходу інструмента;

$$L_p = L_{рез} + y + L_{дон}$$

$L_{рез} = 24$ мм – довжина різання;

$y = 14$ згідно [2, 13] – довжина підводу, врізання і перебігу інструмента;

$L_{дон} = 0$ – додаткова довжина ходу.

$$L_p = 24 + 14 + 0 = 48 \text{ (мм)}.$$

Отже, основний час для попереднього розточування буде дорівнювати [3, 4]:

$$T_o = \frac{48}{0,3 \cdot 618,8} = 0,23 \text{ (хв.)}$$

В таблиці 2.24 наведені результати визначення (за нормативами) режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів для раніше обробленого маршруту механічної обробки даної деталі [2, 13].

Таблиця 2.24 – Режими різання на операції

Назва переходу, операції	t, мм	S, мм/об	n, об/хв.	V, м/хв.
1	2	3	4	5
005 Фрезерна з ЧПК				
Фрезерувати поверхню 1 попередньо	2,2	0,3	835	131,2
Фрезерувати поверхню 1 остаточно	1,0	0,2	985	154,7
Центрувати 4 отв. 2 і 2 отв. 3	-	0,2	1020	25,6
Свердлити 4 отв. 2	5,5	0,2	1204	41,6
Свердлити 2 отв. 3	3,4	0,2	1254	25,6
Розвернути 2 отв. 3	0,2	0,35	565	14,2
010 Фрезерно-свердлильно-розточна з ЧПК				
Фрезерувати пов. 4 попередньо	3,5	0,2	323,8	122
Фрезерувати пов. 4 попередньо	1,4	0,15	390	147
Фрезерувати пов. 4 остаточно	0,4	0,1	456	172,3
Розточити отв. 5 попередньо	2,5	0,3	2360	351,3
Розточити отв. 5 попередньо	1,8	0,2	2420	375,4
Розточити отв. 5 попередньо	0,4	0,15	2510	393,5
Розточити отв. 5 остаточно	0,1	0,1	2600	410,3
Розточити фаску 6	2	0,2	2360	351,3
Центрувати 4 отв. 7	-	0,2	1020	25,6

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5
Свердлити 4 отв. 7	3,4	0,15	1230	26,38
Зенкувати 4 фаски 8	1	0,15	800	19,8
Нарізати різь в 4 отв. 7	-	1,125	625	15,7
Повернути стіл на 90°, фрезерувати пов. 9 попередньо, 10 однократно	3 2	0,2 0,2	1450 1450	127,6 127,6
Фрезерувати пов. 9 попередньо	1,2	0,2	1780	156,8
Фрезерувати пов. 9 остаточно	0,3	0,1	2030	178,3
Фрезерувати отв. 11 попередньо	2	0,3	1450	127,7
Фрезерувати отв. 11 попередньо	2	0,2	1600	141,2
Фрезерувати отв. 11 попередньо	0,6	0,15	1580	158,3
Фрезерувати отв. 11 остаточно	0,2	0,1	1900	191,4
Фрезерувати фаску 12	2	0,3	1450	127,7
Центрувати 6 отв. 13 та отв. 14	-	0,2	1020	25,6
Свердлити 6 отв. 13	3,4	0,15	1230	26,38
Свердлити отв. 14 попередньо	5,2	0,15	820	26,28
Зенкувати 6 фасок 15 та фаску 16	1 1,6	0,15 0,15	800 800	19,8 19,8
Нарізати різь в 6 отв. 13	-	1,25	625	15,7
Нарізати різь в отв. 14	-	1,25	410	15,7
Повернути стіл на 90°, фрезерувати пов. 17 попередньо	3,5	0,2	323,8	122
Фрезерувати пов. 17 попередньо	1,4	0,15	390	147
Фрезерувати пов. 17 остаточно	0,4	0,1	456	172,3
Розточити отв. 18 попередньо	2,5	0,3	2360	351,3
Розточити отв. 18 попередньо	1,8	0,2	2420	375,4
Розточити отв. 18 попередньо	0,4	0,15	2510	393,5
Розточити отв. 18 остаточно	0,1	0,1	2600	410,3
Розточити фаску 6	2	0,25	1400	121,5
Центрувати 4 отв. 19	-	0,2	1020	25,6
Свердлити 4 отв. 19	3,4	0,15	1230	26,38
Зенкувати 4 фаски 8	1	0,15	800	19,8
Нарізати різь в 4 отв. 19	-	1,125	625	15,7
Повернути стіл на 90°, фрезерувати пов. 20 однократно	3,6	0,15	1710	150,3
Розточити отв. 21 попередньо	3,4	0,3	618,8	116,4
Розточити отв. 21 попередньо	0,3	0,2	770	150,3
Розточити отв. 21 попередньо	0,12	0,15	980	191,4
Розточити отв. 21 остаточно	0,08	0,1	1110	217,8
Розточити фаску 22	2	0,25	630	121,5
Центрувати 4 отв. 23	-	0,2	1020	25,6
Свердлити 4 отв. 23	5,1	0,15	820	26,28

Продовження таблиці 2.24

1	2	3	4	5
Зенкувати 4 фаски 8	1	0,15	800	19,8
Нарізати різь в 4 отв. 23	-	1,25	625	15,7
015 Фрезерно-свердлильна з ЧПК				
Фрезерувати поверхню 24 однократно	2	0,2	1450	127,6
Центрувати отв. 25	-	0,2	1020	25,6
Свердлити отв. 25	5,1	0,15	820	26,28
Зенкувати фаску 26	1	0,15	800	19,8
Нарізати різь отв. 25	-	1,75	410	15,7
Цекувати 4 пов. 27	3,2	0,15	485	39,56

2.11 Математичне моделювання технологічного процесу та оптимізація режимів різання на ЕОМ

Використано комп'ютерну програму для визначення оптимального режиму різання [2].

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для попереднього розточування отвору $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$ та попереднього фрезерування поверхні $\varnothing 90$, що зв'язується лінійним розміром $192h9^{(-0,115)}$.

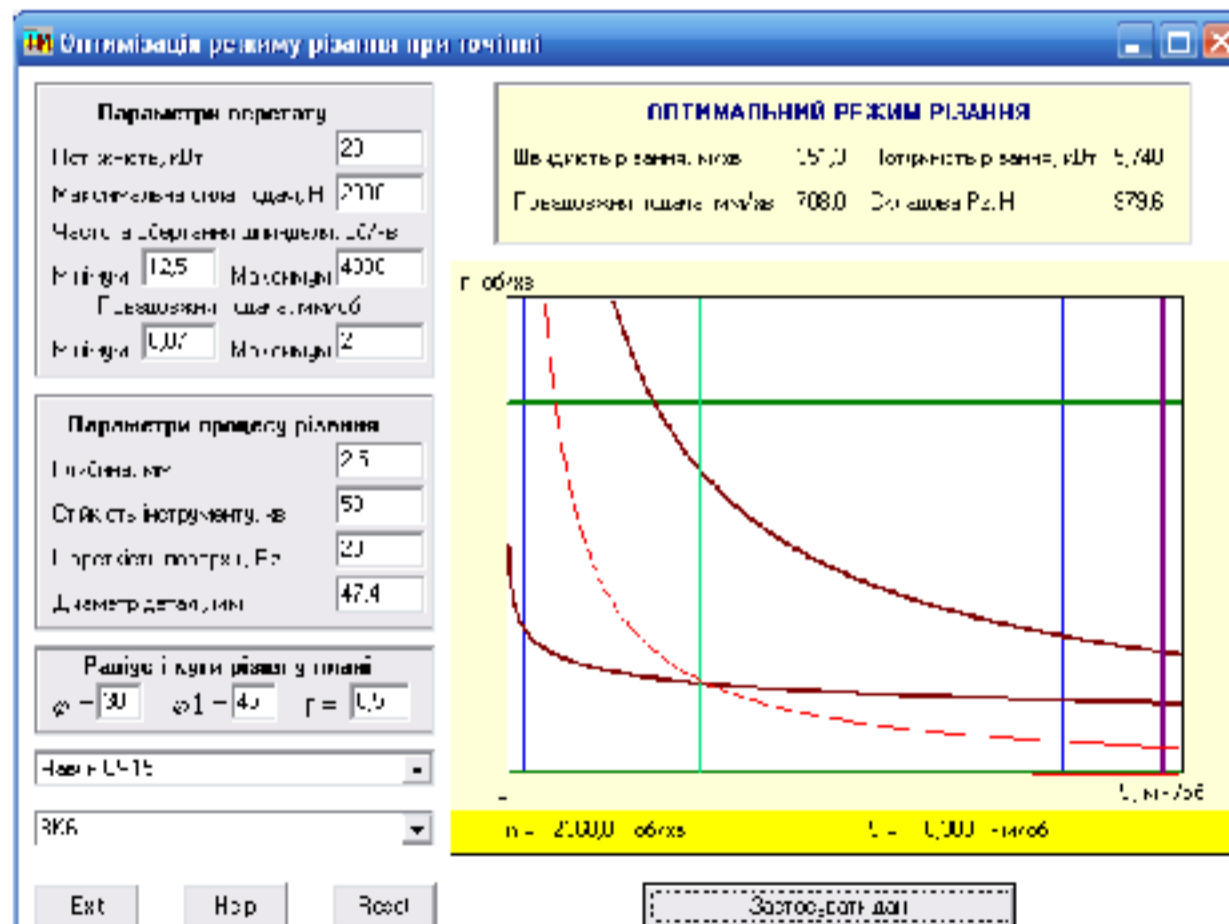


Рисунок 2.13 – Оптимізація режимів різання при розточуванні отвору $\varnothing 52H7^{(+0,03)}$

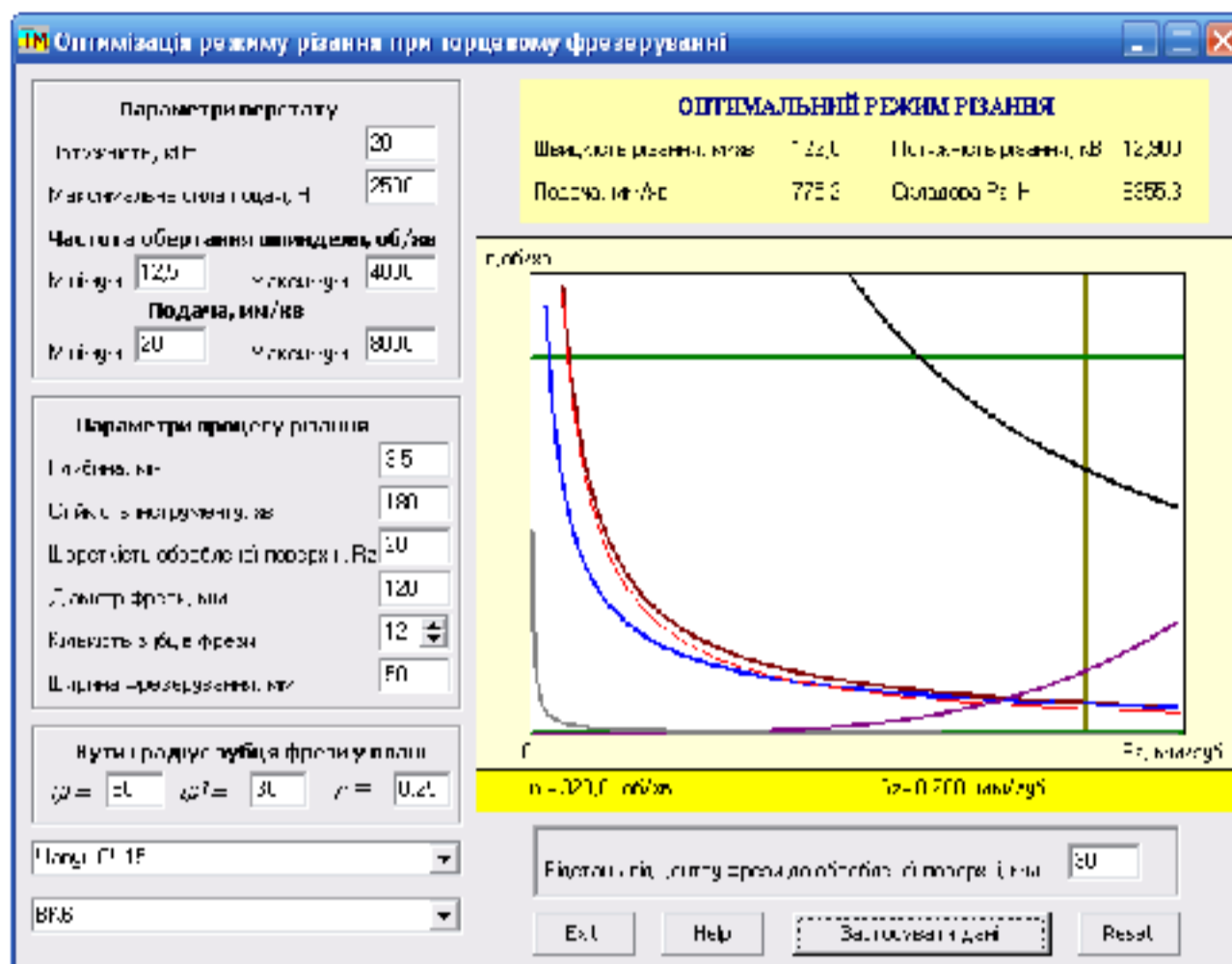


Рисунок 2.14 – Оптимізація режимів різання для фрезерування поверхні $\varnothing 90$, що зв'язується лінійним розміром $192h9^{(-0,115)}$

Результати отримані за допомогою ЕОМ мають незначну розбіжність з прийнятими режимами різання. Таким чином максимальна продуктивність обробки на верстатах з ЧПК буде забезпечена.

2.12 Визначення технічних норм часу

Норма штучного часу розраховується по залежності [2, 13]:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп} \text{ [хв.]}, \quad (2.40)$$

де T_o – основний технологічний час, хв.,

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.,

$T_{обс}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, хв.,

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

Після визначення штучного часу визначається штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт.}} \quad [\text{хв.}], \quad (2.41)$$

де $T_{\text{п.з.}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.; n – величина партії запуску, шт.

Для фрезерної операції з ЧПК 005 наведемо повний розрахунок технічної норми часу.

Операція 005 – Фрезерна з ЧПК.

Вихідні дані. Деталь – «Корпус редуктора 65М.001». Матеріал – чавун сірий СЧ15 ГОСТ 1412-74. Заготовка – вилівок. Маса деталі – 11,82 кг.

Обладнання – фрезерний верстат моделі ГФ2171М.

Пристосування – спеціальне. Обробка – без охолодження.

Партія – 40 шт.

Організаційні умови:

- отримання і здача інструмента виконується самим робітником;
- заточування інструмента – централізоване;
- планування робочого місця відповідає вимогам наукової організації праці.

Вимірювальний інструмент – штангенциркуль ЩЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-80.

Основний час визначаємо в залежності від виду механічної обробки, для операції 005 [2, 9, 13]:

- фрезерувати попередньо поверхню основи 1: $T_o = \frac{198}{1002,8} \cdot 2 = 0,39 \text{ (хв.)}$

- фрезерувати остаточно поверхню основи 1: $T_o = \frac{198}{985 \cdot 6 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,33 \text{ (хв.)}$

- свердлити чотири отвори $\varnothing 11$: $T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot 4 = \frac{26}{0,2 \cdot 1204} \cdot 4 = 0,43 \text{ (хв.)}$

- свердлити два отвори $\varnothing 8\text{H9}^{(+0,036)}$: $T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot 2 = \frac{22}{0,2 \cdot 1254} \cdot 2 = 0,17 \text{ (хв.)}$

- розвернути два отвори $\varnothing 8H9^{(+0,036)}$: $T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot 2 = \frac{22}{0,35 \cdot 565} \cdot 2 = 0,11$ (хв.)

Допоміжний час $T_{дон}$ визначається для кожного переходу по елементам:

- допоміжний час на установку і зняття деталі $t_{уст} = 0,15$ хв.;
- допоміжний час, пов'язаний з переходом – 0,22 хв.;
- час на прийоми, що пов'язані з переходом і не ввійшли в комплекс;
- поставити і зняти захисний щиток огороження від стружки (шарнірний) – 0,07 хв.;
- час закріплення і відкріплення деталі – 0,04 хв.;
- час на контрольні вимірювання – 0,19 хв.;

Всього

$$T_{дон} = 0,15 + 0,22 + 0,07 + 0,04 + 0,19 = 0,67 \text{ (хв.)}$$

Поправковий коефіцієнт на допоміжний час в залежності від серійності робіт: $K_{т.в} = 1,0$.

Час на обслуговування робочого місця: $a_{обсл} = 4\%$ від оперативного часу.

Час на відпочинок і фізичні потреби: $a_{відп} = 4\%$ від оперативного часу.

Величина підготовчо-заключного часу складе:

- на налагодження верстата, інструмента і пристосування – 9 хв.;
- на отримання інструмента і пристосування до початку і здачу їх після закінчення обробки – 10 хв.

Всього

$$T_{п.з} = 10 + 9 = 19 \text{ (хв.)}$$

Визначасмо норму штучного часу:

$$T_{шт} = (T_o + T_{дон} + K) \cdot \left(1 + \frac{a_{обсл} + a_{відп}}{100} \right) =$$

$$= ((0,39 + 0,43 + 0,17 + 0,11) + 0,67 \cdot 1,0) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,912$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{шт.}}{n} + T_{шт} = 1,912 + \frac{19}{866} = 1,93 \text{ (хв.)} \quad (2.42)$$

Для операції 010-015 норми часу було визначено аналогічно, результати розрахунків занесено в таблицю 2.25.

Таблиця 2.25 – Зведена таблиця норм часу механічної обробки деталі «Корпус редуктора 65М.001»

№ операції	Назва операції	Основний час T_o , хв.	Час автоматичної роботи (для верстатів з ЧПК), T_a , хв.	Допоміжний час, $T_{доп}$, хв.	Оперативний час $T_{оп}$, хв.	Час на технічне обслуговування і відпочинок $T_{обсл} + T_{відп}$, хв.	Штучний час $T_{шт}$, хв	Підготовчо-заключний час, $T_{пз}$, хв.	Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$, хв.
005	Фрезерна з ЧПК	1,1	-	0,67	1,74	0,15	1,912	19	1,93
010	Горизонтально-свердлильно-фрезерно-розточувальна з ЧПК	9,343	5,6	6,67	16,013	0,5	17,3	35	17,34
015	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	0,325	-	0,67	0,995	0,1	1,095	19	1,12

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА З ЧПК

3.1 Вихідні дані для проектування пристосування

Найменування та галузь застосування: пристосування спеціальне для верстата моделі ГФ2171М4. Операція 015 фрезерно-свердлильна з ЧПК.

Вихідні дані для проектування пристосування:

- креслення деталі «Корпус редуктора 65М.001»;
- річний об'єм випуску деталей $N_p = 8000$ шт.;
- маса деталі $m = 11,82$ кг;
- матеріал деталі СЧ 15 ГОСТ 1412-85.

Основними документами на проектування є креслення деталі, операційна карта або креслення заготовки.

Пристосування обслуговується верстатником третього розряду.

3.2 Розробка та вибір схем базування та установки заготовки

При повному базуванні заготовку необхідно лишити 6-ти ступенів вільності. Зажимна сила забезпечує контакт із заготовкою і надає їй нерухомість.

Від правильного базування залежить точність механічної обробки, надійність і конструкція пристосування. Оптимальним варіант схеми базування є варіант з мінімальною похибкою базування, тобто коли $\delta_\delta = 0$.

Для моєї деталі на даній операції заготовку базуємо по поверхням. В якості установчої бази приймаємо центрові отвори, опорною поверхнею є поверхня деталі.

Єдиним варіантом базування деталі є базування деталі на площину та на два пальці.

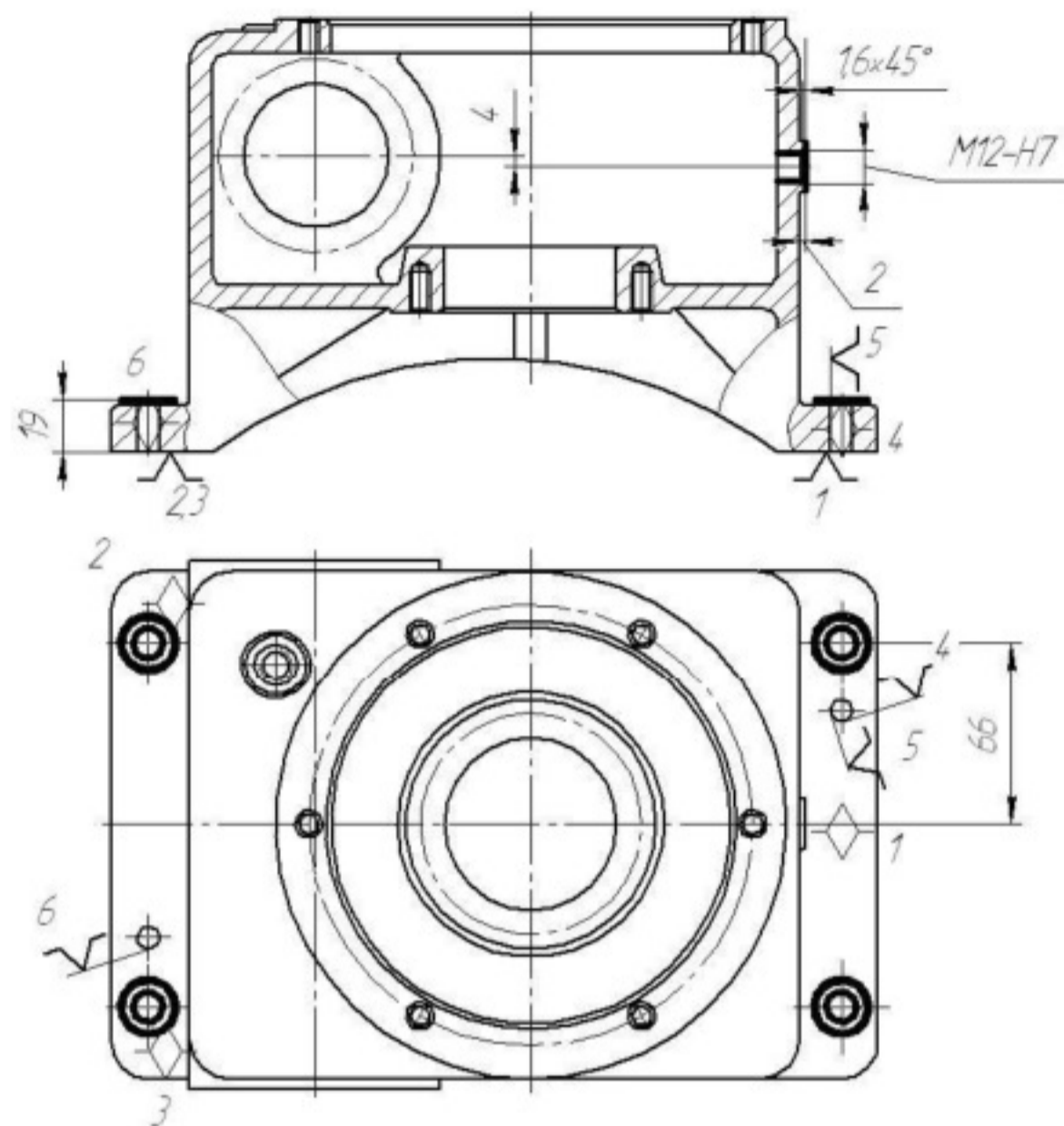


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі

Аналіз похибок базування на операції 015:

$\delta_{619}=0$ – співпадання вимірювальної і конструкторської бази;

$\delta_{6M12}=0$ – діаметральний розмір;

$\delta_{64}=T_{107}=0,22$ мм;

$\delta_{666}=T_{25}=0,52$ мм;

$\delta_{62}=T_{92}=0,0,87$ мм.

3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування

Пристосування розроблено на операцію, яка виконується на вертикальному консольному верстаті моделі ГФ2171М4.

Деталь встановлюється на два установчих пальця і площину.

Пальці запресовані в горизонтальну плиту, яка приєднана до основи пристосування за допомогою чотирьох гвинтів. Через отвори пристосування

проходять тяги, які за допомогою різних шайб затискають деталь на пристосуванні. Тяги з'єднані з штоком гідроциліндра шарнірним з'єднанням. Гідروциліндр кріпиться на основі пристосування за рахунок 4 болтів. Кріплення пристосування здійснюється за допомогою 4 болтів. Схема установки зображена на рис. 3.2.

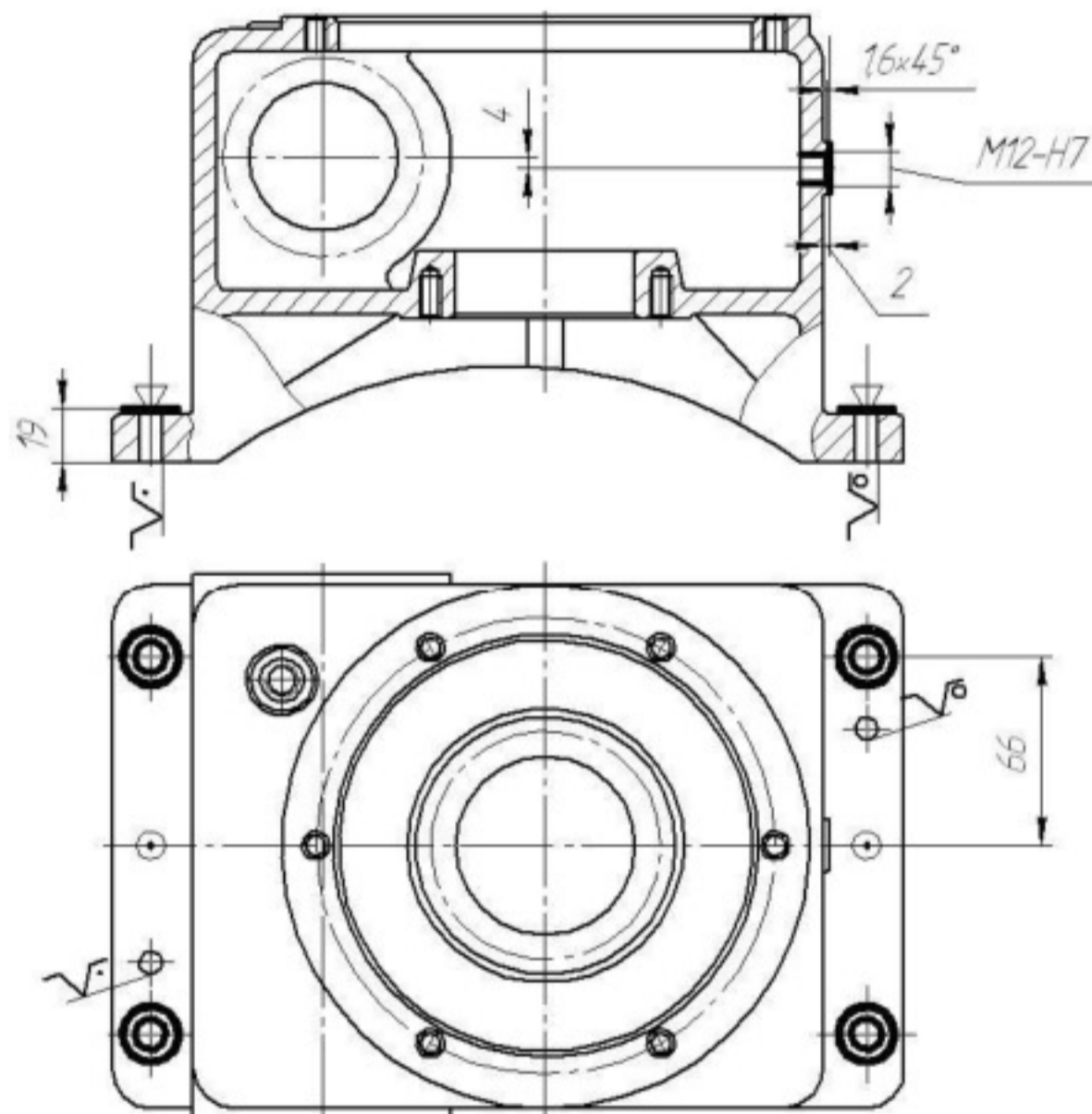


Рисунок 3.2 – Схема установки деталі

Розрахунок розмірів опор

Установочними елементами є циліндричний палець $\text{Ø}8f7$ та зрізаний палець $\text{Ø}8f7$.

Ескізи опорних та установочних елементів зображено на рис. 3.3-3.5.

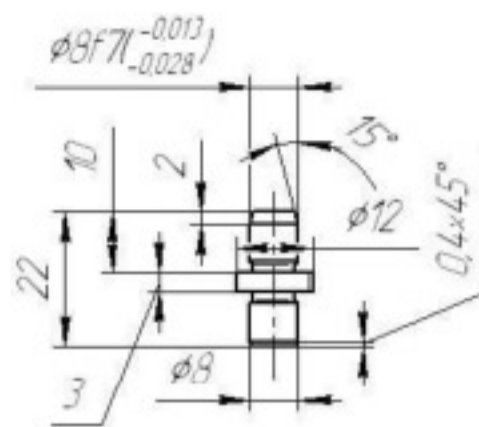


Рисунок 3.3 – Палець установчий циліндричний 7030-0904 по ГОСТ 12209-66*

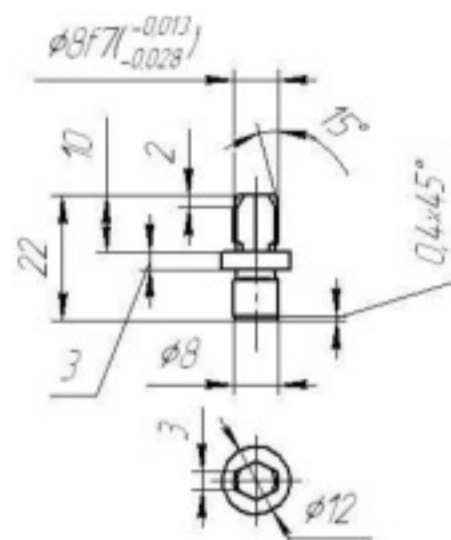


Рисунок 3.4 – Палець установчий зрізаний 7030-0924 по ГОСТ 12210-66*

Технологічні бази деталі на попередній операції оброблені з достатньою точністю і низькою шорсткістю, тому в якості опори розглядаємо і вибираємо підшву заготовки.

В зв'язку з тим, що виробництво серійне, використано змінну плиту, для того, щоб забезпечити використання даного пристосування для інших типових деталей.

Для виключення трьох степеней вільності, встановлюємо деталь на два пальці. Кожний з пальців позбавляє деталь двох степеней вільності, тому один із пальців робимо зрізаним. Площина деталі буде оброблюватись фрезою і можливий поворот деталі, тому в один з отворів ставимо зрізаний палець, щоб зменшити коливання розмірів між осями отворів деталі та поворот деталі, приймаємо згідно [14, 15].

Установку заготовок на два циліндричні отвори з паралельними осями і перпендикулярну до них плоску поверхню застосовують при обробці корпусних

деталей малих і середніх розмірів. Установчу плоску поверхню заготовки обробляють начисто, отвори під пальці по 7-му квалітету.

Утановні пальці: вибираємо один циліндричний, що усуває дві степені вільності другий палець вибираємо зрізаним, який усуває одну степінь вільності.

Конструкція затискного механізму повинна бути надійною і безпечною в роботі. Пристосування в цілому повинно бути компактним, простим по конструкції і зручним в обслуговуванні. Цим вимогам відповідає зажимний механізм пневматичного типу.

Монтується пристосування на столі верстата болтами M12×1,5.

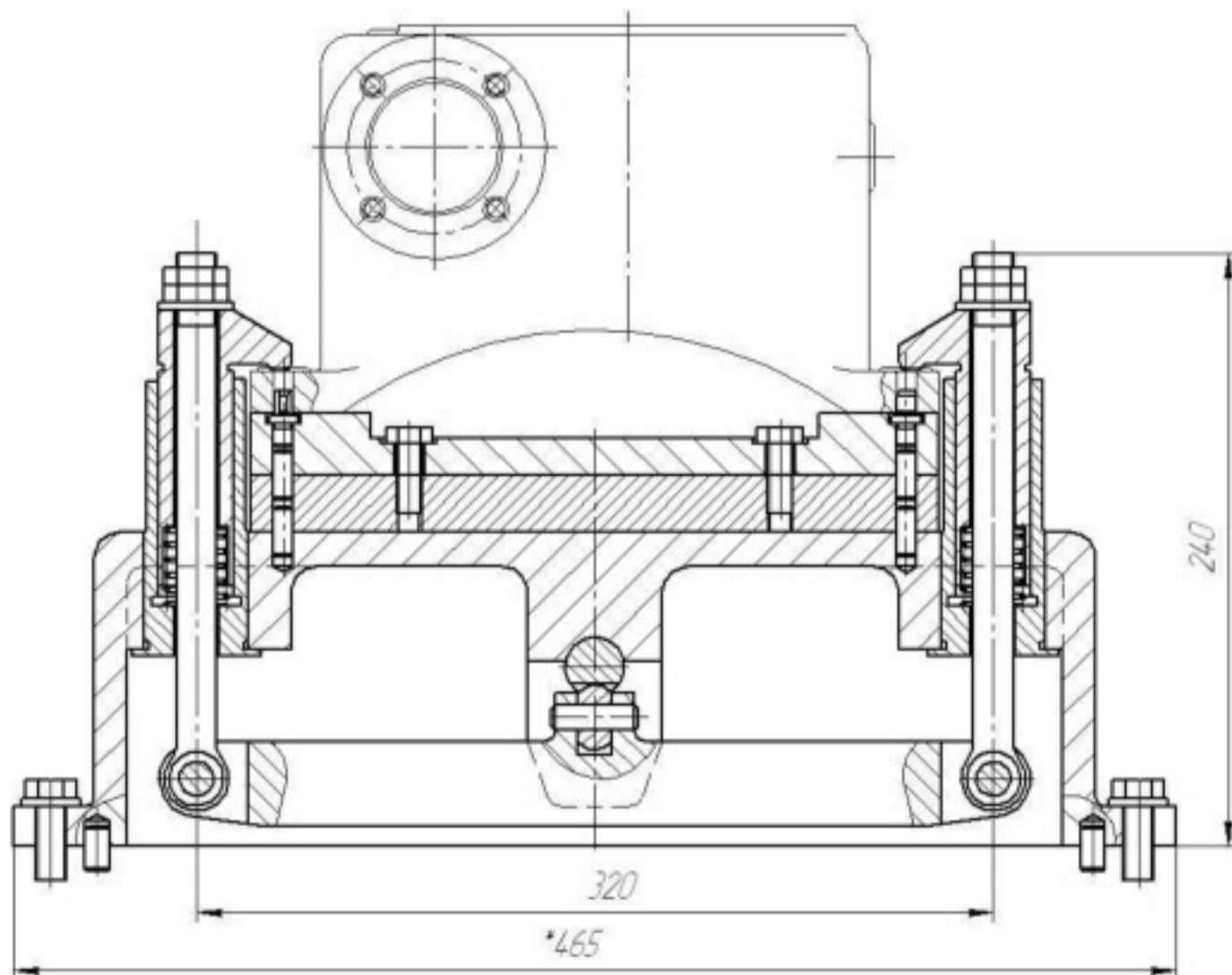


Рисунок 3.5– Конструктивна схема верстатного пристосування

3.4 Розрахунок зусилля закріплення

Вибір типу затискного пристрою

Після визначення схеми установки проводимо вибір схеми закріплення і конструкцію затискного механізму.

В процесі закріплення сили зажиму не повинно порушуватись положення заготовки, яке вона отримала після базування.

Сили затиску повинні бути достатніми, щоб не виникало зміщення та вібрації заготовки.

Конструкція затискного механізму повинна бути простою, надійною і безпечною в роботі.

Визначення сили закріплення

На операції 015, фрезерно-свердлильній, фрезерується поверхня $\varnothing 25$ в лінійний розмір 2 мм, свердлиться отвір і нарізається різь M12-H7, цекуються банки в розмір 19.

В зв'язку з тим, що найбільші сила на заготовку будуть виникати при цекуванні, для цього визначимо сили, які виникають цекуванні.

В процесі обробки цекуванням оброблювана заготовка знаходиться під дією крутного моменту різання $M_{кр}$ і осьової сили P_o .

Під дією крутного моменту різання $M_{кр}$ деталь намагається повернутися навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя $M_{тр}$, що створюється осьовим зусиллям і силою закріплення Q .

Складаємо схему дії сил різання (рис. 3.6).

Розраховуємо силу закріплення:

Оскільки в нашому випадку осьова сила P_o притискає заготовку до пристосування, що позитивно впливає на процес різання, то її не враховуємо.

$$M_{\Sigma 0} = 0;$$

$$F_{тр} L - M_{кр} = 0;$$

$$F_{тр} = Q_{31} \cdot f_{тр}.$$

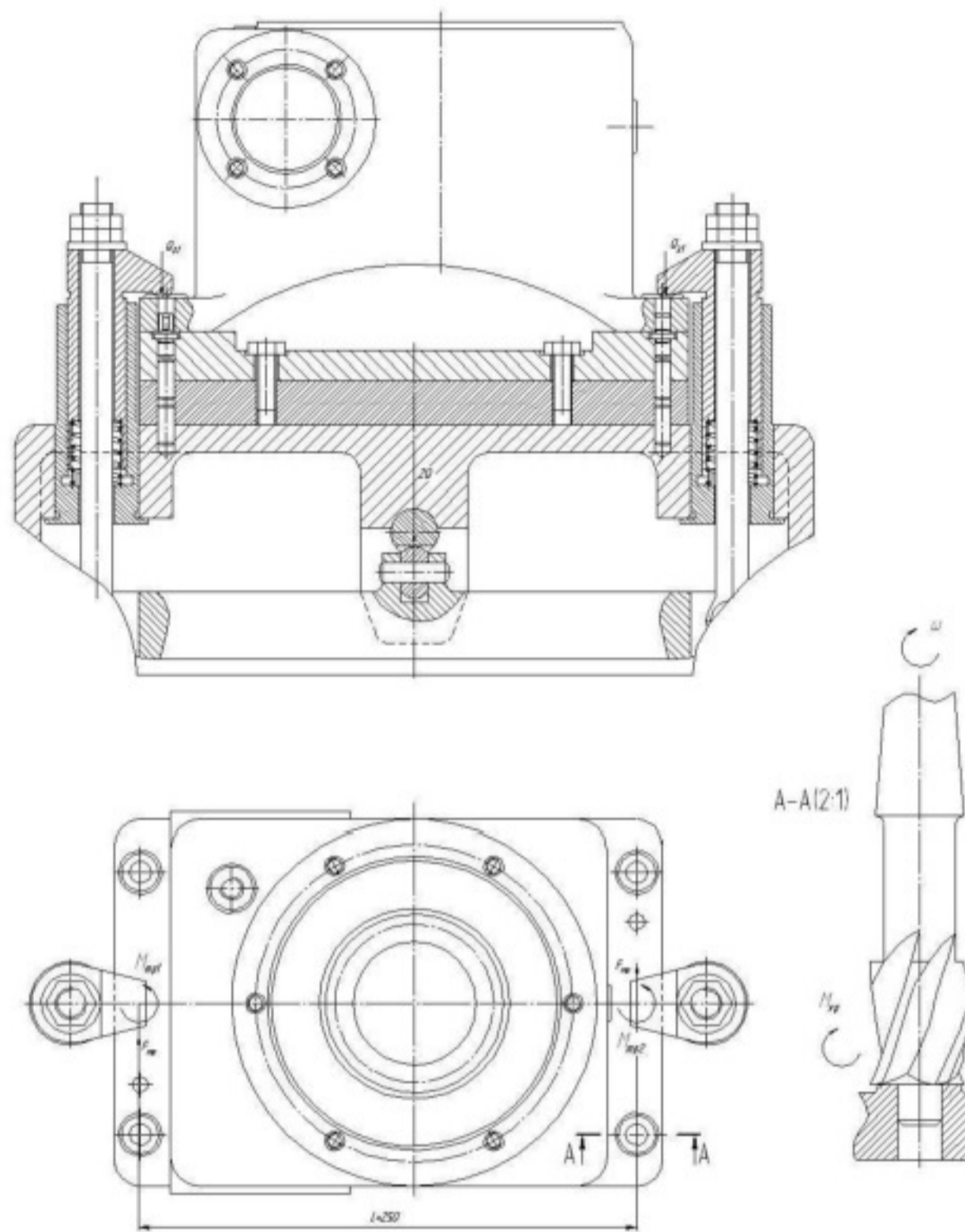


Рисунок 3.6 – Схема сил, що діють на заготовку при цекуванні

Оскільки сили $Q_{31} = Q_{32}$, то приймаємо, що $Q = Q_{31} = Q_{32}$

$$Q = \frac{M_{\text{эд}}}{f_{\text{дд}} \cdot L} \cdot K \quad [\text{H}], \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.2)$$

K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 – враховує нерівномірність припуску, $K_1 = 1,0$;

K_2 – враховує зростання сили різання при затупленні, інструмента, $K_2 = 1$;

K_3 – враховує наявність переривчастого різання, $K_3 = 1,0$;

K_4 – враховує умови стабільності сил закріплення, для ручного приводу, $K_4=1,3$;

K_5 – враховує зручність розташування рукояток керування, $K_5 = 1,1$;

K_6 – враховує особливість розташування опор, їх форми та діючих сил, $K_6=1,5$.

Отже,

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 3,22.$$

$f_{mp}=0,16$ – коефіцієнт тертя.

Визначаємо крутний момент при цекуванні.

Вибираємо цековку з конічним хвостовиком 2350-0719 по ГОСТ 26258-87.

Матеріал – Р6М5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{25 - 11}{2} = 7 \text{ (мм)}. \quad (3.3)$$

де $D_1 = 11$ мм – діаметр отвору;

$D_2 = 25$ мм – діаметр бочки, що обробляється.

Визначаємо величину подачі S , $S = 0,24 \dots 0,35$ мм/об.

Приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

Корегувати значення S за паспортними даними верстата моделі ГФ2171М4 не має необхідності, так як привод подач має безступеневе регулювання:

$$S_K = S = 0,20 \text{ мм/об.}$$

Крутний момент при цекуванні визначається за формулою [13]:

$$M_{\epsilon\delta} = \frac{\tilde{N}_p \cdot t^x \cdot D_z \cdot S_z^y}{2 \cdot 100} = \frac{92 \cdot 7^1 \cdot 25 \cdot 0,075^{0,75}}{2 \cdot 100} = 14,31 \text{ (Н}\cdot\text{м)}, \quad (3.4)$$

де $C_p = 97$; $x = 1,0$; $y = 0,75$;

$$S_z^y = \frac{S}{z} = \frac{0,3}{3} = 0,1 \text{ (мм/зуб)} - \text{подача на зуб цековки.}$$

Отже, сила закріплення буде дорівнювати:

$$Q = \frac{14,31}{0,16 \cdot 0,25} \cdot 3,22 = 1152 \text{ (Н).}$$

Сила на приводі становить:

$$F_{r\delta} = \frac{2Q}{i_c} \text{ [Н]}, \quad (3.5)$$

де i_c – передаточне відношення сил [14, 15]:

$$i_c = \frac{[1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{r\delta}) \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2r\delta}]}{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{r\delta}) + \operatorname{tg}\varphi_1]} = 2,9, \quad (3.6)$$

де φ , φ_1 – кути тертя відповідно по нахиленій і горизонтальній поверхні клину;

$\varphi_{np} = \operatorname{arctg}(d/D)\operatorname{tg}\varphi$ – приведений кут тертя по нахиленій поверхні клину;

$\varphi_{np2} = \operatorname{arctg}(3l/a)\operatorname{tg}\varphi_2$ – кут тертя одноопорного плунжера;

$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ$; $\varphi_{np} = \varphi_{np1} = 2^\circ$; $\varphi_{2np} = 11^\circ$;

D і d – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри роликів ($d/D = 0,5$);

a – довжина бокової опори плунжера;

l – відстань від сили Q до середини бокової опори плунжера.

Отже, сила на приводі F_{np} дорівнює:

$$F_{\text{від}} = \frac{2 \cdot 1152}{2,9} = 794,5 \text{ (Н)}.$$

Хід плунжера знаходимо за формулою [14, 15]:

$$S(Q) = \Delta_{\text{зап}} + \Delta + Q/I + \Delta S(Q) \text{ [мм]}, \quad (3.7)$$

де $\Delta_{\text{зап}} = 0,4$ мм – гарантований зазор для вільної установки заготовки;

Δ – відхилення розміру заготовки, мм;

$I = 1000$ Н/мм – жорсткість механізму;

$\Delta S(Q) = 0,4$ мм – запас ходу плунжера, який враховує знос і похибки виготовлення механізму.

Тоді

$$S(Q) = 0,4 + 0,06 + 892/1000 + 0,4 = 1,752 \text{ (мм)}.$$

Хід привода знаходимо за формулою [14, 15]:

$$S(F_{\text{пр}}) = S(Q) \cdot i_n \text{ [мм]}, \quad (3.8)$$

де $i_n = 5,67$ – передатне відношення переміщень [14, 15].

Отже,

$$S(F_{\text{пр}}) = 1,752 \cdot 5,67 = 9,934 \text{ (мм)}.$$

3.5 Розрахунок пристосування на точність

3.5.1 Аналіз похибки установки заготовки в пристосуванні

Визначення складових похибки установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\text{с}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (3.9)$$

Базування заготовки здійснюємо по площині і двом пальцям.

Установка в спеціальному пристосуванні з гідрозажимом.

Проведемо розрахунки на точність для розміру 66 мм. Необхідною умовою обробки є правило, коли сумарна похибка (ε_{Σ}) повинна бути меншою ніж допуск $T_{дет}$ на відповідний розмір $\varepsilon_{\Sigma} < T_{дет}$.

Запас точності служить для компенсації зносу опорних елементів зносу ріжучого інструменту, напрямних елементів і т. ін.

Сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_{\gamma}^2 + \varepsilon_{\text{уп}}^2 + \varepsilon_{\text{м}}^2 + \varepsilon_{\text{оп}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad [\text{мкм}], \quad (3.10)$$

де T – допуск виконуемого розміру; для розміру 66 він складає 0,74 мм;

K_T – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення; приймаємо $K_T = 1,0$ ($K_T = 1 \dots 1,2$);

K_{T1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T1} = 0,8$ ($K_{T1} = 0,8 \dots 0,85$);

K_{T2} – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, яка викликається факторами, не залежними від пристосування; приймаємо $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$);

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,1$ мм для обробки по 14-му квалітету;

ε_{δ} – похибка базування;

ε_{γ} – похибка закріплення [6, 14];

$\varepsilon_{\text{уп}}$ – похибка установлення пристосування на верстаті [6, 14];

$\varepsilon_{\text{м}}$ – похибка деталі через зношення установних елементів пристосування [14, 15];

$\varepsilon_{\text{оп}}$ – похибка від перекосу (зміщення) інструменту [6, 14].

- Похибка базування

Похибка базування – відхилення фактично досягнутого положення заготовки чи виробу при базуванні від необхідного. ε_a виникає при обробці заготовок у пристосуванні, якщо установча база не співпадає з вимірювальною. Це відбувається через те, що положення інструмента щодо установчої бази незмінне, а положення вимірювальної бази щодо установчої бази у партії заготовок змінюється в межах допуску T . Отже, у межах допуску T змінюється і одержуваний при обробці розмір. Таким чином, похибка базування чисельно дорівнює допуску на виконуваний розмір обробки.

В нашому випадку похибка базування складає: $\varepsilon_a = 520$ мкм.

- Похибка закріплення

Похибка закріплення – різниця між найбільшою та найменшою величиною проекцій зміщення вимірювальної бази на напрямок розміру, який виконується в результаті прикладання до заготовки сили закріплення. ε_b в основному виникає в результаті зсуву заготовки під дією сили закріплення P що викликає контактні деформації в місцях контакту заготовки з установчими елементами.

Величина ε_b відносно невелика. Для партії заготовок ε_b можна звести до нуля налагодженням верстата за умови, що величина ε_b буде постійною.

Постійність ε_b забезпечується однорідністю металу, якістю поверхні заготовки та особливою сталістю сили закріплення P , яка забезпечується механізованим приводом.

Деформації заготовки та корпусу пристосування не є похибкою закріплення – це наслідок похибки конструкції пристосування і до уваги не беруться, тому що при правильно сконструйованому пристосуванні вони практично відсутні.

Сила затиску направлена перпендикулярно розміру 66 мм, а тому не впливає на розмір. Приймаємо $\varepsilon_b = 0$.

- Похибка установлення пристосування на верстаті

Похибка установлення пристосування на верстаті, тобто похибка розташування посадочних поверхонь пристосування щодо посадочного місця верстата, що виникає при установці пристосування без вивірки на столі чи планшайбі шпинделя.

При розрахунку на точності похибка $\varepsilon_{\text{пр}}$ враховується лише тоді, коли зсув посадочних поверхонь щодо посадочного місця верстата збігається з вихідним розміром чи має складову в його напрямку. $\varepsilon_{\text{пр}}$ визначають як відстань між можливими крайніми положеннями посадочних поверхонь при установці пристосування, виміряна в напрямку вихідного розміру.

У серійному виробництві при періодичній зміні пристосувань на верстатах $\varepsilon_{\text{пр}}$ перетворюється в некомпенсовану випадкову величину, що змінюється у визначених межах. При правильному виборі зазорів між спряженими елементами і рівномірному затягуванню кріпильних деталей величину $\varepsilon_{\text{пр}}$ можна зменшити до 10...20 мкм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01 \text{ мм} - \text{за рекомендацією [6, 14].}$$

- Похибка зношення

Величина зносу залежить від програми випуску виробів, їхньої конструкції та розмірів, матеріалу й маси заготовки, стану її базової поверхні, а також умов установки заготовки в пристосування та її зняття.

Для пальців лінійний знос установчих елементів пристосування:

$$U = \frac{N \cdot K_y (1 + 0,03 L) \cdot 0,79 t_m}{m - m_1 \cdot \Pi - m_2 \cdot 0,1Q / FHV} \text{ [мкм]}, \quad (3.11)$$

де N – число встановлюваних заготовок;

K_y – коефіцієнт, що враховує умови обробки [14, 15];

L – довжина шляху ковзання заготовки по опорах при досиланні її до упора, мм (визначається за умовами експлуатації пристосування);

t_m – машинний час обробки заготовки в пристосуванні, хв;

m, m_1, m_2 – коефіцієнти [14, 15]; Π_1 – критерій зносостійкості; Q – навантаження на опору, Н; F – площа торкання опори з базовою поверхнею заготовки, мм^2 ; HV – твердість матеріалу опори по Віккерсу, рекомендації з її вибору наведені в [14, 15].

Міжремонтний період Π заміни чи відновлення установчих елементів

$$\Pi = \frac{12K[N]}{N_p}, \quad (3.12)$$

де K – коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність зносу установчих елементів ($K=08\dots0,85$); $[N]$ - допустиме число встановлюваних заготовок до граничного зносу установчих елементів; N_p - річна програма випуску деталей.

$$\varepsilon_m = 0,045 \text{ мм.}$$

Похибка від перекосу (зміщення) інструменту $\varepsilon_{r,z}=0$, тому що відсутні напрямні елементи для інструменту.

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (3.10):

$$\varepsilon_z \leq 0,74 - 1,0 \sqrt{(0,8 \cdot 0,52)^2 + 0,01^2 + 0,045^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,652 \text{ (мм).}$$

Умова виконується.

Вибір розрахункових параметрів, що визначають точність пристосування:

На даній операції нам необхідно отримати розмір $66 \pm 0,37$ мм.

3.6 Силовий розрахунок пристосування

Враховуючи серійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 8000$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з

гідроциліндром. Затискний механізм в нашому випадку складається з гідроциліндра, накладної плити, яка кріпиться до кондуктора. Сила затискання, яку потрібно розвинути відома.

З'ясуємо основні параметри конструкції гідроприводу [1, 16-18]:

- площа поршня:

$$F_1 = \frac{2 \cdot P}{p} = \frac{2 \cdot 794,5}{0,63} = 2522,22 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (3.13)$$

де P – необхідне зусилля на штоку, H ;

p – тиск робочої рідини, МПа.

- розрахунковий діаметр циліндра:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot P}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 794,5}{3,14 \cdot 0,63}} = 56,68 \text{ (мм)}. \quad (3.14)$$

Оскільки планується використовувати дане пристосування для базування інших деталей приймаємо стандартний діаметр циліндра $D_{\text{ном}} = 80$ мм, діаметр штока $d_{\text{шт}} = 20$ мм. Сила затиску буде регулюватись тиском робочої рідини.

- для забезпечення безударної та плавної роботи гідроциліндра слід призначити робочу швидкість переміщення поршня v в межах 0,2...1 м/с.

Приймаємо $v = 0,4$ м/с;

- час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/(1000 \cdot v) = 60/(1000 \cdot 0,4) = 0,1 \text{ (с)}; \quad (3.15)$$

- площа поршня з урахуванням стандартного діаметру:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D_{\text{ном}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} = 5,024 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$$

- площа штокової порожнини:

$$F_2 = \frac{\pi}{4}(D_{\text{вст}}^2 - d_{\text{вст}}^2) = \frac{3,14}{4}(0,08^2 - 0,02^2) = 4,71 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$$

- витрата робочої рідини за хід (робочий чи холостий):

$$Q = F \cdot v = 5,024 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)} = 120,6 \text{ (л/хв.)}; \quad (3.16)$$

- внутрішній розрахунковий діаметр трубопроводу:

$$d_{\text{рас}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,01 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 8,0}} = 0,018 \text{ (м)} = 18 \text{ (мм)}. \quad (3.17)$$

Прийнято стандартний діаметр трубопроводу $d_{\text{рас}} = 20$ мм.

Гідравлічний розрахунок гідроліній полягає у визначенні крім діаметра (внутрішнього) труб також і втрати напорі та падіння тиску по довжині труб [16-18].

Втрати напору по довжині $h_{\text{сп}}$ (формула Дарсі-Вейсбаха):

$$h_{\text{сп}} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ [м]}, \quad (3.18)$$

де λ – коефіцієнт Дарсі (коефіцієнт гідравлічного тертя); v – середня швидкість руху рідини в трубі діаметром d і довжиною ℓ .

Для ламінарного режиму руху в круглій трубі коефіцієнт λ визначається за теоретичною формулою

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \quad (3.19)$$

де Re – число Рейнольдса.

При турбулентному режимі руху коефіцієнт λ залежить в загальному випадку від числа Рейнольдса Re і відносної шорсткості Δ_c/d (де Δ_c – еквівалентна абсолютна шорсткість) і визначається за напівемпіричними і емпіричними формулами, а також за графіками та таблицями. При цьому розрізняють три області гідравлічних опорів – гідравлічно гладких труб, перехідну та квадратичну.

Останнім часом для турбулентного режиму руху рідини в трубах здобула визнання універсальна (використовується для всіх областей) формула А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_c}{d} \right)^{0,25}. \quad (3.20)$$

Падіння тиску по довжині трубопроводу

$$\Delta p_{\text{сп}} = \rho g h_{\text{сп}} \text{ [Па]}. \quad (3.21)$$

Згідно рівнянь (3.18)-(3.21) виконано гідравлічний розрахунок падіння тиску по довжині трубопроводу.

В результаті виконаних розрахунків, побудовано залежності втрат напору $h_{\text{сп}}$ (рис. 3.7) та падіння тиску по довжині $\Delta p_{\text{сп}}$ (рис. 3.9) від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу, а також залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу (рис. 3.8).

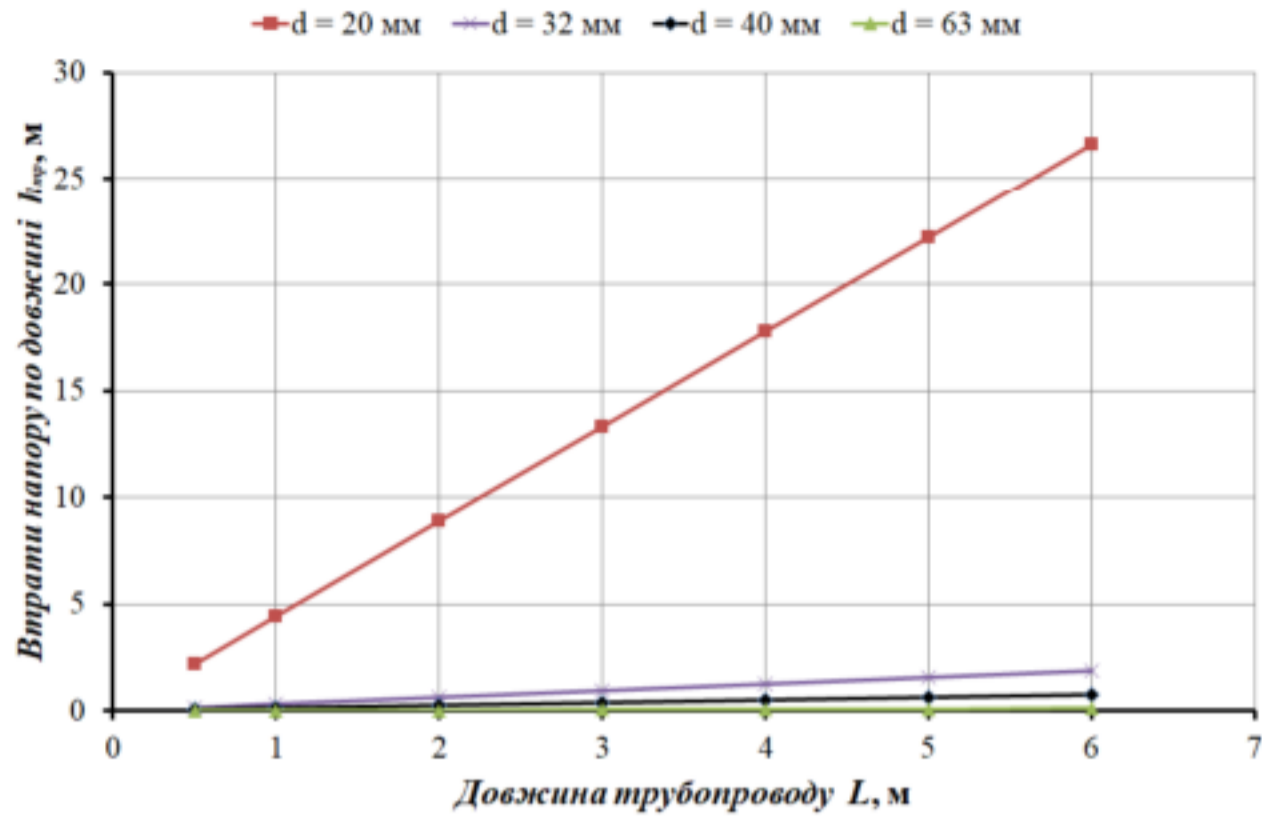


Рисунок 3.8 – Залежності втрат напору по довжині $h_{\text{втр}}$

від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

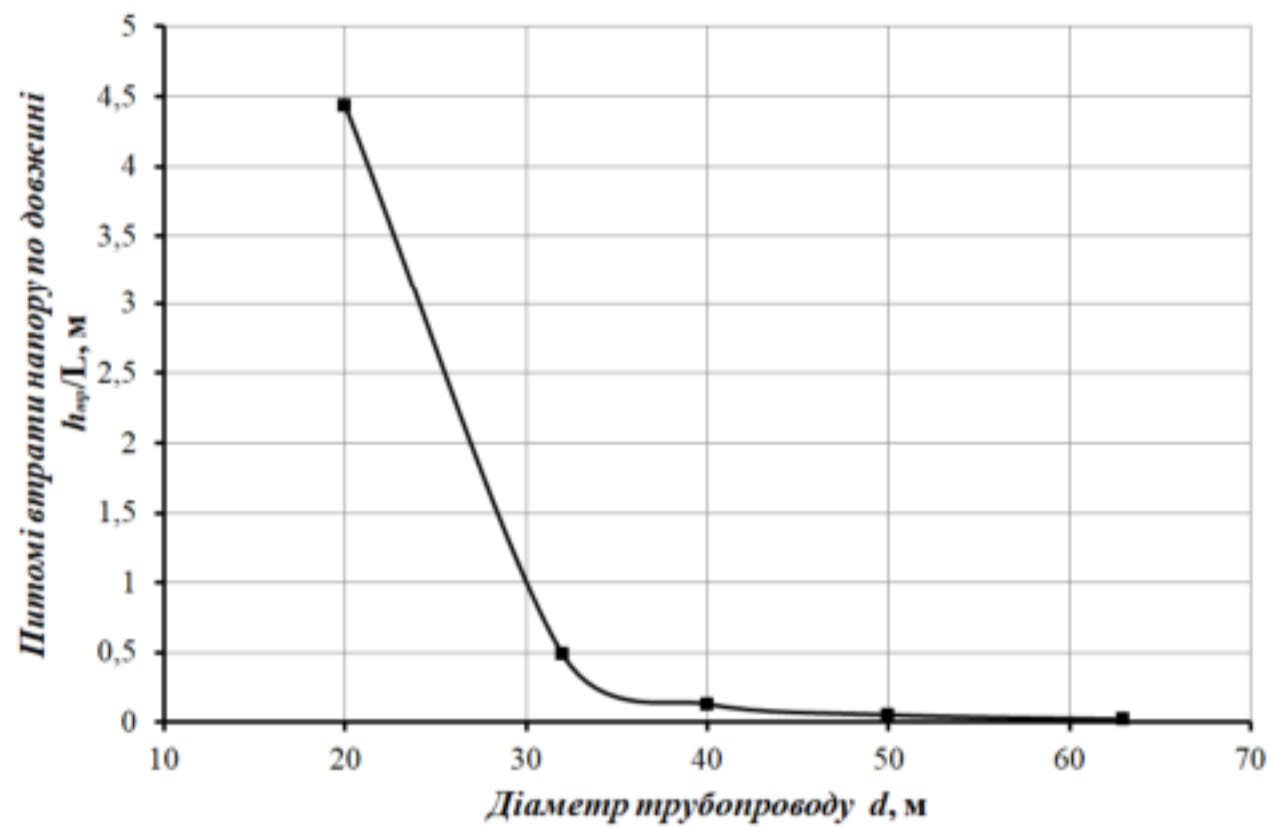


Рисунок 3.9 – Залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d трубопроводу

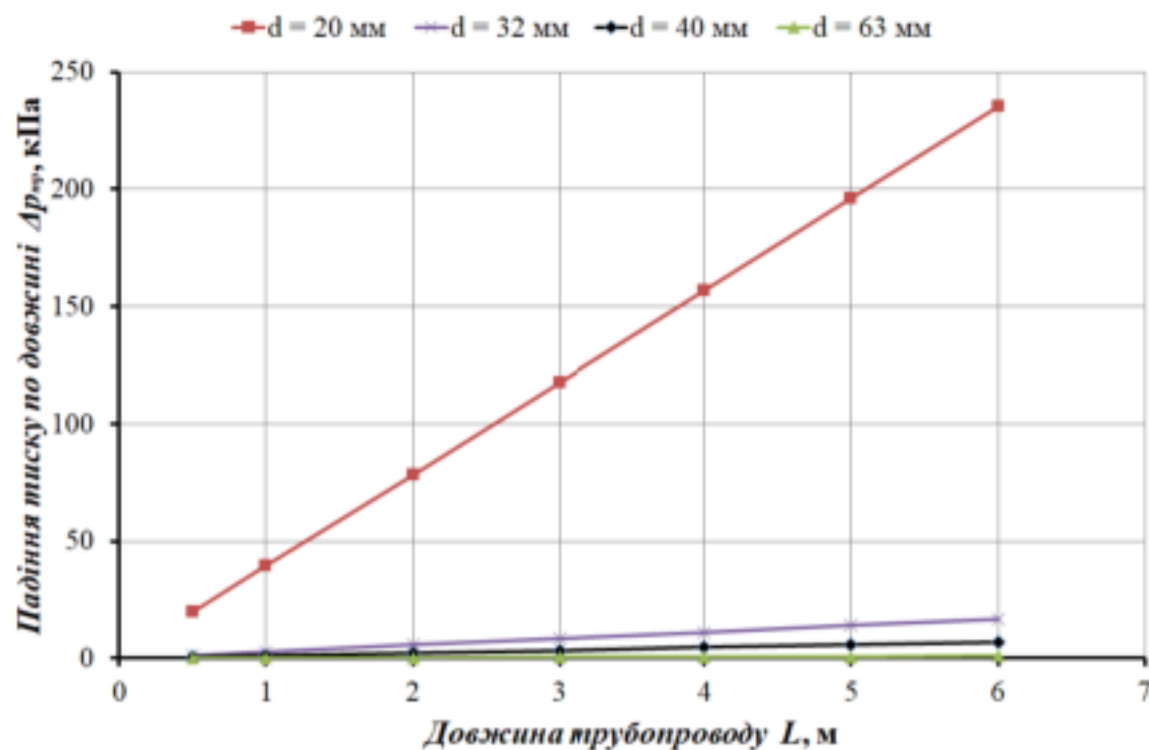


Рисунок 3.10 – Залежності падіння тиску по довжині $\Delta p_{тр}$ від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

Вхідні дані для розрахунку мали таке значення: $Q = 120,6$ л/хв.; $\rho = 900$ кг/м³; $\nu = 40 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\Delta_c = 0,02$ мм (рукава високого тиску).

Висновок. Отримані залежності свідчать, що зі збільшенням довжини L трубопроводу втрати напору $h_{тр}$ на падіння тиску по довжині (на тертя) $\Delta p_{тр}$ також збільшуються. Особливо це помітно для діаметру $d = 20$ мм. Це пояснюється тим, що при зменшенні діаметру трубопроводу d збільшується середня швидкість руху рідини v і при досягненні певного критичного значення $v_{кр}$ ламінарний режим руху рідини переходить у турбулентний, відповідно, втрати напору $h_{тр}$ та тиску $\Delta p_{тр}$ по довжині суттєво збільшуються.

3.7 Розрахунок деталей пристосування на міцність

3.7.1 Розрахунок на міцність деталей гвинта затискного механізму

- Розрахуємо гвинт затискного механізму:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] = 118 \text{ (МПа)}, \quad (3.18)$$

де $N = 1152$ – зусилля на гвинті;

- площа поперечного перерізу гвинта:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже,

$$\sigma = \frac{1152}{201} = 5,73 \leq [\sigma] = 118 \text{ (МПа)}.$$

Умова міцності виконується.

3.8 Опис роботи пристосування

Конструкція пристосування показана на рисунку 3.11.

Заготовку яка обробляється, встановлюють опорною площиною на опорну пластину 5 і орієнтують по двом отворах на циліндричний палець 17 і зрізаний палець 18. Закріплення деталі виконують двома при хватами 6. Сила закріплення на них передається від гідроциліндра 1 через рухомий клин 13, ролик 12, коромисло 11, тяги 9. Так, при подачі повітря в безштокову порожнину циліндра поршень з штоком переміщують клин 13 вліво; клин тисне на ролик і переміщує його разом з коромислом і тягами вниз до тих пір, поки прихвати не впруться в заготовку. При подачі повітря в штокову порожнину циліндра поршень зі штоком переміщають ними вправо, звільнюючи ролик; пружини 8 при цьому підіймають тяги і прихвати вверх, забезпечуючи розкріплення заготовки.

Монтується пристосування на столі верстату і кріпиться 4-ма болтами 14.

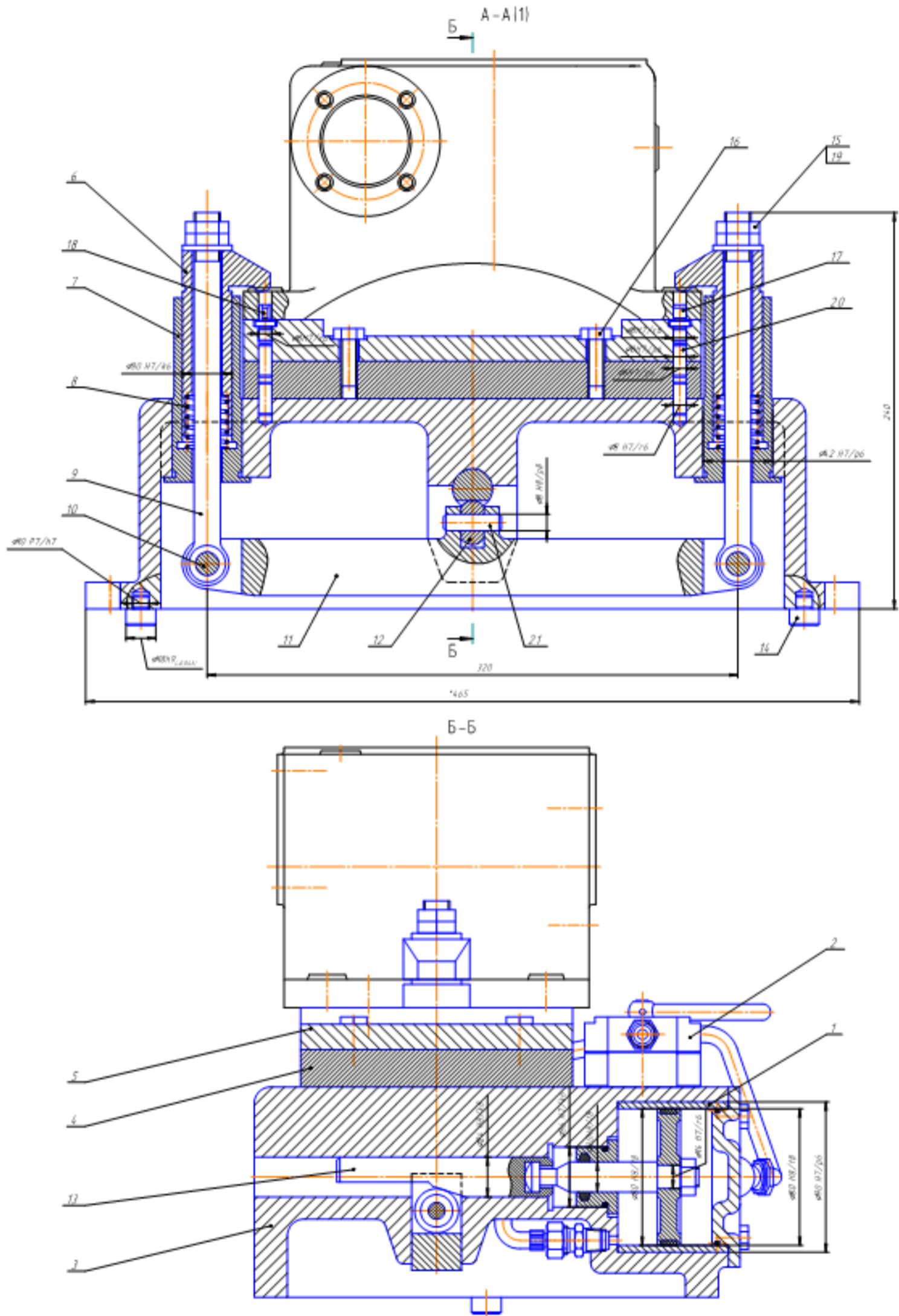


Рисунок 3.11 – Конструкція пристосування

4 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»

4.1 Уточнення виробничої програми

Проектування дільниць і цехів в умовах одиничного, дрібносерійного виробництва виконують по приведеній програмі. [9].

Всі деталі розбивають на групи за конструкційними і технологічними ознаками.

Таблиця 4.1 – Кількість квалітету та шорсткості типових деталей

Корпус редуктора 65М.001	Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14
	Кількість	24	-	2	1	1	4	-	58
	Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-
	Кількість	-	-	2	5	1	76	6	-
Корпус 1	Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14
	Кількість	22	-	1	-	5	4	4	48
	Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-
	Кількість	6	-	2	7	-	54	15	-
Корпус 2	Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14
	Кількість	12	4	1	2	-	4		37
	Шорсткість	0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-
	Кількість	4	-	-	5	28	7	16	-

В кожній групі вибирають деталь чи складальну одиницю-представник, дія якої ведуть розрахунки коефіцієнтів приведення інших подібних деталей. Дані про деталі і їх коефіцієнти приведення зведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Визначення приведеної програми

Програма випуску	Маса, кг	K_1	K_2	K_3	$K_{пр}$	$N_{пр}$
$N_{р.пр}=8000$	11,82	1	1	1	1	22480
$N_1=6000$	12	0,99	1,04	1,03	1,06	
$N_2=7000$	10	1,1	1,02	1,03	1,16	

де $N_{p.пр}$ – програма випуску розрахункового представника;

N_1, N_1 – програма випуску по кожному з найменувань деталей;

$N_{пр}$ – програма випуску.

Програму випуску можна розрахувати за формулою:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{пр_i} . \quad (4.1)$$

Всі деталі в групі приводяться до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$K_{пр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_n , \quad (4.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі:

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

де m_i – маса i -тої деталі;

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

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

$$K_1^1 = \sqrt[3]{\left(\frac{11,82}{12}\right)^2} = 0,99 ;$$

$$K_1^2 = \sqrt[3]{\left(\frac{11,82}{10}\right)^2} = 1,1 .$$

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності:

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

де N_i – програма випуску i -тої деталі;

N_{pm} – програма випуску представника;

α – коефіцієнт, який враховує точність, шорсткість, складність конструкції та інші конструктивні показники (для легкого середнього машинобудування складає 0,15);

$$K_2^1 = \left(\frac{8000}{6000} \right)^{0,15} = 1,04 ;$$

$$K_2^2 = \left(\frac{8000}{7000} \right)^\alpha = 1,02 .$$

K_3 – коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\overline{K_{mi}}}{\overline{K_{mnp}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\overline{R_i}}{\overline{R_{np}}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(\overline{K_{mi}})^{\alpha_1}}{(\overline{K_{mnp}})^{\alpha_1}} \cdot \frac{(\overline{R_i})^{\alpha_2}}{(\overline{R_{np}})^{\alpha_2}}, \quad (4.5)$$

де $\overline{K_{mi}}$ – середній квалітет i -тої деталі;

$\overline{K_{mnp}}$ – середній квалітет представника;

$\overline{R_i}$ – середня шорсткість i -тої деталі;

$\overline{R_{np}}$ – середня шорсткість представника.

$$\overline{K_{mnp}} = \frac{7 \cdot 24 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 58}{24 + 2 + 1 + 1 + 4 + 58} = 12,16, \quad (\overline{K_{mnp}})^{\alpha_1} = 0,88 ;$$

$$\overline{K_{m1}} = \frac{7 \cdot 22 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 5 + 12 \cdot 4 + 13 \cdot 4 + 14 \cdot 48}{22 + 1 + 5 + 4 + 4 + 48} = 11,78, \quad (\overline{K_{mnp}})^{\alpha_1} = 0,92 ;$$

$$\overline{K_{m2}} = \frac{7 \cdot 12 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 37}{12 + 4 + 1 + 2 + 4 + 37} = 11,85, \quad (\overline{K_{mnp}})^{\alpha 1} = 0,91;$$

$$\overline{R_{np}} = \frac{1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 5 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 76 + 12,5 \cdot 6}{2 + 5 + 1 + 76 + 6} = 6,36, \quad (\overline{R_{np}})^{\alpha 2} = 0,99;$$

$$\overline{R_1} = \frac{0,8 \cdot 6 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 7 + 6,3 \cdot 54 + 12,5 \cdot 15}{6 + 2 + 7 + 54 + 15} = 6,58, \quad (\overline{R_{np}})^{\alpha 2} = 0,98;$$

$$\overline{R_2} = \frac{0,8 \cdot 4 + 2,5 \cdot 5 + 3,2 \cdot 28 + 6,3 \cdot 7 + 12,5 \cdot 16}{4 + 5 + 28 + 7 + 16} = 5,82, \quad (\overline{R_{np}})^{\alpha 2} = 0,99;$$

$$K_3^1 = \frac{0,92}{0,88} \cdot \frac{0,98}{0,99} = 1,03;$$

$$K_3^1 = \frac{0,91}{0,88} \cdot \frac{0,99}{0,99} = 1,03.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу;

$$K_{np1} = 0,99 \cdot 1,04 \cdot 1,03 = 1,06;$$

$$K_{np2} = 1,1 \cdot 1,02 \cdot 1,03 = 1,16.$$

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 8000 + 6000 \cdot 1,06 + 7000 \cdot 1,16 = 22480 \quad (\text{шт.})$$

4.2 Визначення кількості обладнання

Розрахунок кількості верстатів для виконання вказаних переходів механічної обробки розраховуємо за формулою [9]:

$$C_p = \frac{N_{np} \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 \cdot F_d \cdot t} \quad [\text{шт.}], \quad (4.6)$$

де $N_{np} = 22480$ шт. – приведена програма на річний випуск, шт.;

F_o – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год.;

m – кількість робочих змін.

Враховуючи проведені раніше нормування часу розраховуємо сумарну кількість верстатів на кожній операції:

Кількість верстатів ГФ2171М4, для операції 005 складає:

$$C_{p005} = \frac{22480 \cdot 1,93}{60 \cdot 3890} = 0,19, \quad C_{p005} = 1.$$

Кількість верстатів ИСБ500ПМФ4, для операції 010 складає:

$$C_{p010} = \frac{22480 \cdot 17,34}{60 \cdot 3890} = 1,67, \quad C_{p010} = 2.$$

Кількість верстатів ГФ2171М4, для операції 015 складає:

$$C_{p015} = \frac{22480 \cdot 1,12}{60 \cdot 3890} = 0,11, \quad C_{p015} = 1.$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

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

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

C_{np} – кількість прийнятого обладнання.

$$\text{Операція 005: } \eta_{s005} = \frac{0,19}{1} = 0,19.$$

$$\text{Операція 010: } \eta_{,010} = \frac{1,67}{2} = 0,835 .$$

$$\text{Операція 015: } \eta_{,015} = \frac{0,11}{1} = 0,11 .$$

Отримані результати занесено до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання за основним часом	Середній коефіцієнт використання за основним часом
005, 015	Фрезерно-свердлильна з ЧПК	0,3	1	0,3	0,575	0,47	0,505
010	Горизонтально-свердлильно-фрезерно-розточувальна	1,67	2	0,835		0,54	

Як видно з розрахунку коефіцієнт завантаження обладнання на операціях 005 і 015 досить низький. Оскільки дані операції виконуються на однакових верстатах прийнято, що операції 050 і 015 будуть виконуватись на одному верстаті. Тоді коефіцієнт завантаження верстата ГФ2171М4 буде дорівнювати:

$$\eta_{,005} + \eta_{,015} = 0,19 + 0,11 = 0,3 .$$

Розраховуємо коефіцієнт використання обладнання за основним часом:

$$\eta_{,осн} = \frac{T_{осн}}{T_{шт.к}} , \quad (4.8)$$

де $T_{осн}$ – основний час, хв.;

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

Верстат ГФ2171М4 операції 005, 015: $\eta_{\text{зосм } 005, 015} = \frac{1,1 + 0,325}{1,93 + 1,12} = 0,47$.

Верстат ИСБ500ПМФ4 операція 010: $\eta_{\text{зосм } 010} = \frac{9,345}{17,34} = 0,54$.

Побудова графіків завантаження обладнання.

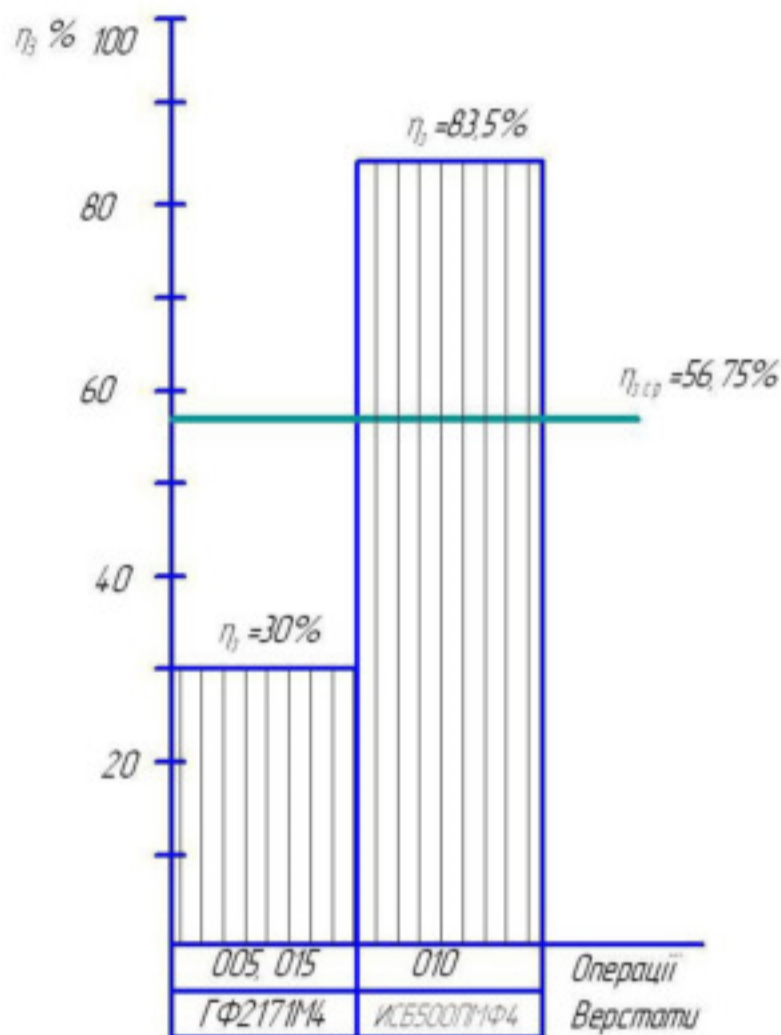


Рисунок 4.1 – Графік завантаження обладнання

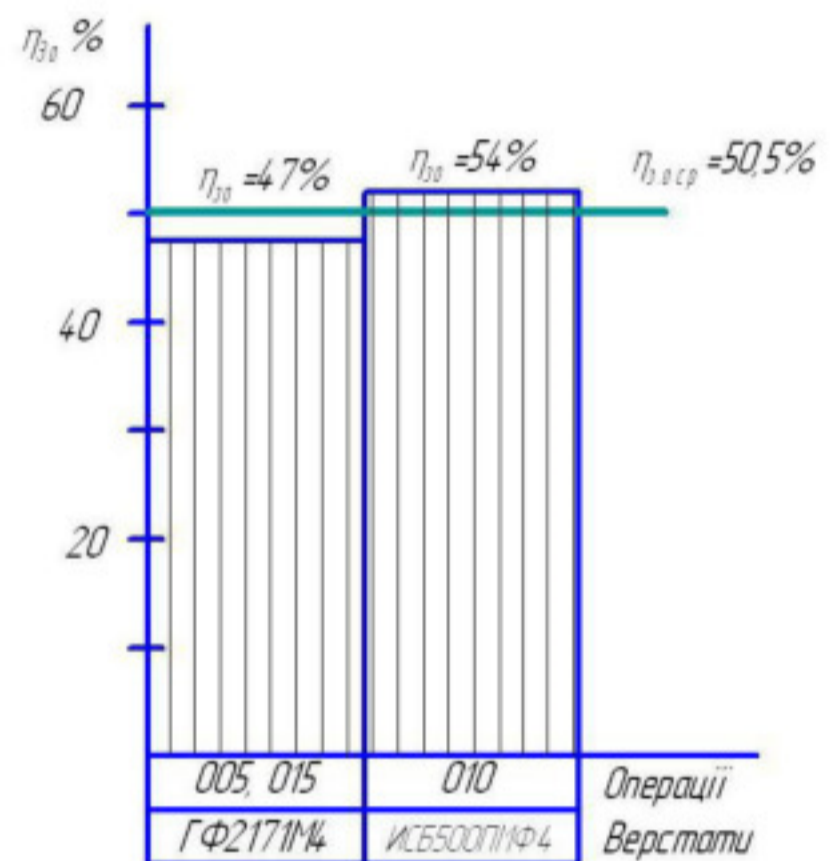


Рисунок 4.2 – Графік використання обладнання за основним часом

4.3 Розрахунок кількості працівників на дільниці

Розрахунок кількості робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути виконаним згідно з кількістю прийнятих верстатів:

$$P_o = \frac{C_{\text{вр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot \eta_o}{\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}} \text{ [чол.],} \quad (4.9)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів, шт.;

$\Phi_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд роботи верстатника, год.;

η_3 та η_0 – коефіцієнти завантаження та використання обладнання;

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, год.;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Отримали

$$P_{\sigma 005, 015} = \frac{1 \cdot 3890 \cdot 0,3 \cdot 0,47}{1840 \cdot 1} = 0,3 ;$$

$$P_{\sigma 010} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,835 \cdot 0,54}{1840 \cdot 2} = 0,95 .$$

Прийmemo 2 основних робітників.

Кількість допоміжних робітників, ІТР, СКП та МОП прийнято згідно рекомендацій [9].

Результати визначення працівників на дільниці занесемо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	$P_{\sigma} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta_3 \cdot \eta_0}{\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}}$	2
Допоміжні робітники	23%	1
ІТР	20%	1
СКП	2%	1
МОП	2%	1

Допоміжний робітник, ІТР, СКП, МОП повинні обслуговувати інші дільниці, так як на даній вони не завантажені роботою в повній мірі.

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»

5.1 Оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки

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

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 5.1 [19].

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

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

Продовження таблиці 5.1

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

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

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт № 1	Експерт № 2	Експерт № 3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	1	1
2	1	2	2
3	4	3	2
4	3	2	1
5	4	3	2
6	4	2	3
7	2	3	3
8	2	2	2
9	2	3	3
10	2	2	2
11	3	2	3
12	1	4	2
Сума балів	СБ ₁ = 31	СБ ₂ = 29	СБ ₃ = 26
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31 + 29 + 26}{3} = 28,67$		

Згідно таблиці 5.2 розробка має рівень комерційного потенціалу середній.

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

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

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

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

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

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

Таблиця 5.3 – Основні параметри інноваційного рішення

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

Визначимо абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{x.a.} = \sum_{i=1}^n P_{m_i} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

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

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

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

Таблиця 5.4 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий (інноваційне рішення)		
Кількість верстатів, шт.	12	3	4,0	0,4
Кількість основних робітників, чол.	12	2	6,0	0,2
Середній розряд робітників	5,5	3,5	1,57	0,1
Середній коефіцієнт завантаження обладнання	0,46	0,57	1,24	0,15
Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом	0,41	0,505	1,23	0,15
Собівартість заготовки, грн.	257,3	244,8	-	-

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

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

або

$$q_i = \frac{P_{bi}}{P_{ni}}, \quad (5.3)$$

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

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{к.к.} = 4,0 \cdot 0,4 + 6,0 \cdot 0,2 + 1,57 \cdot 0,1 + 1,24 \cdot 0,15 + 1,23 \cdot 0,15 = 3,33.$$

Значення відносного показника якості інноваційного рішення більше одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента.

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашої інноваційної розробки є технічні параметри, а також економія підприємства на втратах від браку.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{м.к.}}{I_{с.к.}}, \quad (5.5)$$

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

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

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

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

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 3,33. За формулою (5.6) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I_{е.п.} = \frac{257,3}{244,8} = 1,05.$$

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

$$K = \frac{3,33}{1,05} = 3,17.$$

Оскільки $K > 1$, то запропонована нова технологія виготовлення деталі «Корпус редуктора 65М.001» є більш доцільнішою і конкурентноспроможною, ніж базова.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001»

5.2.1 Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу

Капітальні вкладення на удосконалення технологічного процесу K , складаються з відповідних витрат і розраховують за такою формулою [19]:

$$K = Z_o + Z_{доd} + Z_m + B_{бзд} + B_{обз} + B_{тпр} + B_{осн} + B_{инв} + B_{пу} + B_{м} + B_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.7)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

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

Z_m – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$B_{бзд}$ – вартість будівлі, що її займає дільниця, грн.;

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

$B_{тпр}$ – початкова вартість транспортних засобів, грн.;

$B_{осн}$ – початкова вартість інструменту, оснащення великої вартості, вимірювальних та регулювальних приладів, грн.;

$B_{инв}$ – вартість виробничого та господарчого інвентарю, грн.;

$B_{пу}$ – вартість програм управління, грн.;

$B_{м}$ – передвиробничі витрати, грн.; $B_{оз}$ – вартість оборотних засобів, грн.

5.2.2 Основна заробітна плата розробників

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

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

де k – кількість посад розробників залучених до процесу досліджень;

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

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

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

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.	Прим.
Керівник проекту	18000	818,18	10	8181,82	
Інженер-технолог	15000	681,82	8	5454,55	
Інженер-конструктор	15000	681,82	8	5454,55	
Економіст	15000	681,82	8	5454,55	
Всього				3 _о	24545,47

5.2.3 Додаткова заробітна плата розробників

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

$$Z_{\text{доп}} = N_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{о}} \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

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

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

5.2.4 Єдиний страховий внесок розробників (ЄСВ)

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

$$Z_{\text{н}} = (Z_{\text{о}} + Z_{\text{доп}}) \cdot N_{\text{н}} \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де H_m – норма нарахування на заробітну плату розробників.

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

5.2.5 Вартість будівлі, що її займає ділянка

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

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

де $C_{\text{пр.}}$ – приблизна вартість переобладнання 1 м^2 власних приміщень ($C_{\text{пр.}} \approx 200 \dots 1000 \text{ грн./м}^2$);

$S_{\text{заг.}}$ – загальна площа виробничої ділянки, м^2 .

$$B_{\text{буд.}} = 600 \cdot 140 = 84000 \text{ (грн.)}$$

5.2.6 Початкова вартість технологічного обладнання

Балансову вартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

k – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.

Таблиця 5.6 – Вартість обладнання

№	Найменування обладнання	Ціна, грн.	Кількість	K_i	Вартість, грн.
2	Вертикальний консольно-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171М4	350000	1	1,1	385000
	Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	610000	2	1,1	1342000
Всього					1727000

Придбаний верстат був у використанні.

Реалізуємо верстати, що були на базовій ділянці:

- 2 верстати 6МІЗП – $2 \cdot 75000 = 150000$ (грн.);
- верстат 2Н135 – 80000 грн.;
- 2 верстати 6Р81 – $2 \cdot 80000 = 160000$ (грн.);
- 3 верстати 2431 – $3 \cdot 70000 = 210000$ (грн.);
- 4 верстати 2М55 – $4 \cdot 75000 = 300000$ (грн.)

Всього реалізовано верстатів на 900000 грн.

Отже, витрати на обладнання

$$B_{\text{обл}} = 1727000 - 900000 = 827000 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Початкова вартість транспортних засобів

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

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

При укрупнених розрахунках витрати на інструмент і інше технологічне оснащення приймаються у відсотках від вартості основного технологічного

обладнання і складають у серійному виробництві загального машинобудування – 10...15%.

Вартість інструментів і технологічного оснащення ($B_{\text{мо}}$) розраховують за формулою:

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

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

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

$$B_{\text{мо}} = 827000 \cdot 0,10 = 82700 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{осн}} = 82700 \cdot 0,25 = 20675 \text{ (грн.)}$$

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

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

$$B_{\text{ксп}} = 0,1 \cdot 82700 = 8270 \text{ (грн.)}$$

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

$$B_{\text{осн}} = B_{\text{мат}} + B_{\text{монт}} + B_{\text{рем}} \text{ [грн.]}; \quad (5.16)$$

$$B_{\text{осн}} = 82700 + 20675 + 8270 = 111645 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Вартість виробничого та господарчого інвентарю

Розрахунки не ведуться адже інвентар залишається той самий що і до удосконалення.

5.2.10 Вартість програм керування

Вартість програм керування для обладнання з ЧПК ($B_{\text{пр}}$) становить 5...10% вартості додатково придбаного технологічного обладнання з ЧПУ і розраховується за формулою:

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

$$B_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 827000 = 82700 \text{ (грн.)}$$

5.2.11 Величина передвиробничих витрат

Так як передвиробничі витрати – це частина одноразових (пускових) витрат, що пов'язані із підготовкою та освоєнням виробництва. В даному випадку вони не враховуються, так як виробництво існує і виконується його модернізація.

5.2.12 Величина оборотних засобів

Оборотні засоби – це сукупність оборотних фондів виробництва і фондів обігу, що беруть участь у виробничому процесі. В існуючому виробничому процесі вони є в наявності і тому при удосконаленні окремих операцій технологічного процесу дільниці вони можуть не враховуватися.

Отже, величина капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу складе:

$$K = 24545,47 + 2454,55 + 5940 + 84000 + 827000 + 111645 + 82700 = \\ = 1138285,02 \text{ (грн.)}$$

5.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

5.3.1 Сировина та матеріали

Для визначення потреби в матеріалах окрім їх номенклатури необхідно мати норми витрат матеріалів на одиницю продукції.

Вартість витрат на матеріал заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65M.001» складає 244,8 грн. (див. розділ 2).

5.3.2 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховують за формулою:

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

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеній i -й технологічній операції, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

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

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

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

Проведені розрахунки зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на електроенергію

Операція, верстат	Встановлена потужність, кВт	Тривалість обробки, год.	Сума, грн.
005, 015 Вертикальний консольно-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171М4	11	0,018+0,005	1,21
010 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	30	0,156	22,38
Всього			Σ 23,59

5.3.3 Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

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

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год.;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

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

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

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

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

об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

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

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

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

Таблиця 5.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Операція, верстат	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
005, 015 Вертикальний консольно-фрезерний верстат з ЧПК моделі ГФ2171М4	0,018+0,005	4	1,35	77,09	1,77
010 Багатоцільовий верстат з ЧПК моделі ИСБ500ПМФ4	0,156	3	1,35	77,09	12,03
Всього					Σ 13,8

5.3.4 Додаткова заробітна плата робітників

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

$$Z_{\text{доп}} = N_{\text{доп}} \cdot Z_p \text{ [грн.]}, \quad (5.21)$$

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

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 13,8 = 1,38 \text{ (грн.)}$$

5.3.5 Єдиний страховий внесок робітників (ЄСВ)

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

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

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

$$z_n = (13,8 + 1,38) \cdot 0,22 = 3,34 \text{ (грн.)}$$

5.3.6 Розрахунок загальновиробничих статей витрат

Величину загальновиробничих витрат розраховують за формулою:

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

$$B_{\text{вир}} = 2,5 \cdot 13,8 = 34,5 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх калькуляційних статей витрат утворює виробничу собівартість виробу.

Таблиця 5.9 – Собівартість виготовлення виробу

Стаття витрат	Умовне позначення	Сума, грн.	Примітка
Витрати на матеріали на одиницю продукції, грн.	M	244,8	
Витрати на силову електроенергію, грн.	B_e	23,59	
Витрати на основну заробітну плату робітників, грн.	z_p	13,8	
Витрати на додаткову заробітну плату робітників, грн.	$z_{\text{дод}}$	1,38	
Витрати на єдиний соціальний внесок, грн.	z_n	3,34	
Загальновиробничі витрати, грн.	$B_{\text{вир}}$	34,5	
Всього	S_e	321,41	

5.4 Розрахунок ціни реалізації нового виробу

5.4.1 Нижня межа ціни

Ціна реалізації виробу розраховується за формулою:

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

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

S_v – виробнича собівартість виробу, грн.;

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

w – ставка податку на додану вартість, за станом на 01.12.2023 року, $w = 20\%$.

Необхідність врахування податку на додану вартість виникає у зв'язку з тим, що коли буде встановлюватись верхня межа ціни, а потім договірна ціна, то ціна базового виробу зазвичай містить цей податок.

$$C_{\text{нпр}} = 321,41 \cdot (1+0,2) \cdot (1+0,2) = 462,83 \text{ (грн.)}$$

5.4.2 Верхня межа ціни

Верхня межа ціни ($C_{\text{впр}}$) захищає інтереси споживача і визначається тією ціною, яку споживач готовий сплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Параметри якості продукції закладено в конструкторській документації, тому, при удосконаленні технологічного процесу, якість кінцевого продукту не змінюється $C_{\text{впр}} = 462,83$ грн.

5.5 Розрахунок величини чистого прибутку

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \Pi &= \left\{ \left[462,83 - \frac{(462,83 - 244,8) \cdot 16,67}{100} - 321,41 - \frac{10 \cdot 321,41}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18}{100} \right] \right\} \cdot 8000 = \\ &= 478443,1 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

5.6 Оцінювання ефективності інноваційного рішення

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

5.6.1 Розрахунок чистого дисконтного доходу

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} NPV &= \frac{478443,1}{(1+0,2)^1} + \frac{478443,1}{(1+0,2)^2} + \frac{478443,1}{(1+0,2)^3} + \frac{478443,1}{(1+0,2)^4} - 1138285,02 = \\ &= 100277,17 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

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

5.6.2 Розрахунок внутрішньої норми доходності

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

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

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

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

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

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

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

$$IRR_{MIN} = \sqrt[4]{\frac{478443,1 + 478443,1 + 478443,1 + 478443,1}{1138285,02}} - 1 = 0,14 .$$

5.6.3 Розрахунок терміну окупності

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

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

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

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

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

$$T_o = \frac{1138285,02}{478443,1} = 2,38 \text{ (року)}.$$

5.7 Висновки

В даному розділі визначено капітальні витрати на удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.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 1138285,02 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 478443,1 грн., термін окупності 2,38 року.

Отже, удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» доцільне для впровадження.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Система управління охороною праці (СУОП) є сукупністю самої системи охорони праці та елементів управління її станом. Управління охороною праці – це підготовка, прийняття і реалізація системи заходів із забезпечення охорони життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності. Разом з тим СУОП виступає як функціональна підсистема системи управління всім господарським комплексом України в цілому. Розглядаючи систему управління охороною праці в державному масштабі, слід зазначити такі її особливості, як складність і багатозв'язковість системи СУОП на конкретному об'єкті багаторівневої системи управління, де найвищим рівнем є державне управління, а нижчим - управління охороною праці на конкретній дільниці чи в конкретному цеху підприємства. Залежно від форми власності та відомчої підпорядкованості об'єкта проміжні ступені управління можуть виступати як відомче, регіональне управління, а також управління на рівні підприємства.

Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

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 формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1 Обладнання робочого місця

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для відеотерміналу повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги - не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-300 мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки

працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодациї, стану бінокулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам [23].

Неприпустимим є:

– експлуатація кабелів і проводів з ушкодженими захисними властивостями за час експлуатації ізоляції; залишення під напругою кабелів і проводів з неізольованими провідниками;

– застосування саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводів;

– застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального устаткування або ламп накаливання;

– користування ушкодженими розетками, вимикачами й іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або здуття;

– підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною й іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

– використання електроапаратури й приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

- холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за $+10^{\circ}\text{C}$;
- теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.

Робота з удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» за енерговитратами відноситься до категорії 1а [24]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл. 6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [25]).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплої періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001», можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє 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	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

6.2.3 Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча миопія (короткозорість), спазм акомодатції.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частоті переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [26]).

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_v , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

6.2.4 Виробничий шум

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98 [27], витяг з яких подано в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА.
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Оскільки проектування проводилося за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Таблиця 6.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибіркового нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 6.6.

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження обстановки при аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин на території підприємства

6.3.1 Дія сильнодіючих отруйних речовин на живі організми.

Хімічні сполуки, які в певних кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації, можуть чинити шкідливу дію на людей, тварин, рослини, викликаючи у них ураження різного ступеня, називаються сильно діючими отруйними речовинами (СДОР). Багато об'єктів господарської діяльності України виробляють, переробляють або використовують СДОР у виробничих процесах. СДОР можуть бути у вигляді рідин або зріджених газів, їх зберігають в герметичних ємностях [28].

6.3.2 Оцінка обстановки при аварії з викидом СДОР на території підприємства

Вихідні дані: день, хмарно, $v_g=1$ м/с, тип СДОР – пари нафтопродуктів, маса СДОР $Q_{\text{СДОР}}=5$ т, вид сховища – необваловане, напрям вітру – 127° .

Визначаємо ступінь вертикальної стійкості повітря – ізотермія (рис. 6.1).

Визначаємо глибину поширення хмари зараженого повітря з уражаючими концентраціями (глибину зони зараження) для $v_g=1$ м/с: $\Gamma = 8$ км.

Визначаємо ширину і площу зони хімічного зараження. Ширина визначається із слідуючого співвідношення: при ізотермії

$$Ш = 0,15\Gamma = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \text{ (км)},$$

де Γ – глибина зони зараження, км.

Площа зони хімічного зараження (S_3 , км²) розраховується як площа рівнобедреного трикутника.

$$S_3 = \frac{1}{2}\Gamma Ш = \frac{1}{2}8 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ (км}^2\text{)}.$$

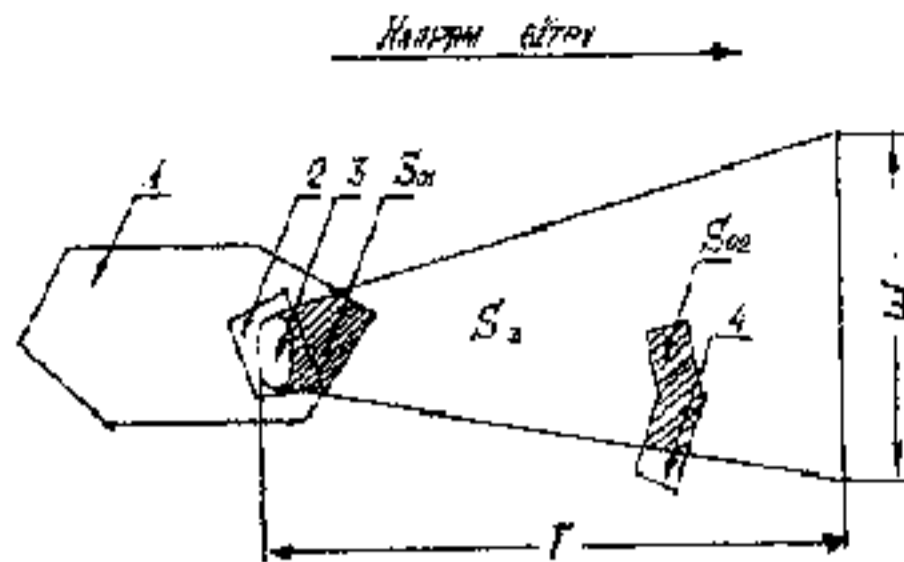


Рисунок 6.1 – Схема зони хімічного зараження, утворена розлиттям СДОР (пари нафтопродуктів, 5 т): 1 – місто; 2 – об'єкт господарської діяльності; 3 – ділянка безпосереднього розлиття СДОР; 4 – населений пункт; S_z – площа зони хімічного зараження; Γ – глибина зони зараження; Ш – ширина зони зараження; S_{01} , S_{02} – площі осередків хімічного ураження.

Визначаємо час підходу зараженого повітря до найближчого населеного пункту, який попадає в зону зараження.

Час підходу (t , хв) визначається як частка від ділення відстані (R , м) від місця розлиття СДОР до ближчої межі даного населеного пункту на середню швидкість (W , м/с) переносу зараженого повітря.

$$t = \frac{R}{W \cdot 60} [\text{хв}].$$

За картою визначаємо відстань R від місця розлиття СДОР до ближчої межі даного населеного пункту $R=5400$ м.

Середня швидкість переносу зараженого повітря визначається так

$$W=1,5 \text{ (м/с)}.$$

Таким чином час підходу дорівнює

$$t = \frac{5400}{1,5 \cdot 60} = 60 \text{ (хв)}.$$

Заражене повітря поширюється на висоти, де швидкість більша, ніж біля поверхні землі. Внаслідок цього середня швидкість розповсюдження зараженого повітря буде більша від швидкості вітру біля поверхні землі.

Визначаємо тривалість уражаючої дії СДОР ($t_{y\partial}$) в місці розлиття.

$$t_{y\partial} = 1 \text{ (год)} = 60 \text{ (хв)}.$$

Тривалість уражаючої дії СДОР визначається часом випаровування СДОР з поверхні її розлиття. В додатку подано час випаровування для швидкості вітру 1 м/с. При швидкості вітру більш як 1 м/с застосовують поправочні коефіцієнти. Табличні значення випаровування потрібно помножити на поправочний коефіцієнт, який для $v_e=1$ м/с дорівнює 1.

З врахуванням вищесказаної поправки розрахуємо уточнене значення тривалості уражаючої дії СДОР

$$t_{y\partial} = 60 \cdot 1 = 60 \text{ (хв)}.$$

6.3.3 Розробка заходів щодо захисту виробничого персоналу підприємства і населення

Основними заходами для захисту виробничого персоналу підприємства і населення можуть бути: оповіщення робітників, службовців і населення найближчих населених пунктів про загрозу, хімічного зараження; використання засобів індивідуального захисту; прийняття заходів по безаварійній зупинці виробництва та укриття виробничого персоналу об'єкту в сховищі або його евакуація з зони хімічного зараження; евакуація населення з населених пунктів, які попадають в зону хімічного зараження, до розрахункового початку зараження (евакуацію проводити в сторону, перпендикулярну напрямку вітру).

Висновок. Досліджено обстановку при аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин на території підприємства. Визначено, що тривалість уражаючої дії СДОР складатиме 60 хв. Розроблено заходи щодо захисту виробничого персоналу підприємства і населення.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001». При виконанні роботи поставлено і виконано такі завдання.

1. В розділі огляду технології виготовлення деталі типу «Корпус» проведено аналіз типових технологічних процесів, базового технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001», проаналізовано їх позитивні сторони, внесені пропозиції щодо удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

2. Для виготовлення заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» запропоновано два способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням суміші. Встановлено, що економічно доцільніше виготовляти заготовку литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, оскільки коефіцієнт точності маси заготовки при цьому способі (0,8) більший, ніж з при виготовленні заготовки литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші (0,73); також собівартість виготовлення заготовки при машинному формуванні суміші складає 244,8 грн., що менше у порівнянні з ручним формуванням – 257,3 грн.

3. Розроблено два варіанта удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001» з використанням верстатів з ЧПК. Проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано за мінімумом приведених витрат кращий варіант. Проведені розрахунки припусків, режимів різання, норм часу.

4. Спроектовано верстатне пристосування для виконання переходів механічної обробки на 015 операції на вертикально-свердильному верстаті з ЧПК моделі ГФ2171М4.

5. Для гідравлічного приводу затискного пристосування, що використовується на вертикально-свердильному верстаті з ЧПК, побудовано

залежність питомих втрат напору на тертя в напірному трубопроводі від діаметру трубопроводу. Отримана залежність може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків і проектування подібних гідроприводів.

6. Для удосконаленого маршруту механічної обробки спроектовано дільницю механічної обробки; розраховано приведену програму для роботи дільниці в середньосерійному виробництві, яка складає $N_{\text{прое}} = 22480$ шт.; дільниця механічної обробки повинна містити 3 верстати, кількість основних робітників, що її обслуговують – 2 чол., всього працівників на дільниці – 6 чол.

7. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу та дільниці механічної обробки заготовки деталі «Корпус редуктора 65М.001», визначені капітальні вкладення – 1138285,02 грн., одержаний прибуток – 478443,1 грн., термін окупності вкладень – 2,38 року.

8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.001».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Репінський С. В., Дерібо О. В., Остапчук Я. Ю. Системи автоматизованого проектування (САПР) заготовок деталей машин. Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2023). Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/18736>.
2. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 106 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
5. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.
6. Дерібо О.В. Технології для верстатів з числовим програмним керуванням: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Дерібо О.В., Лозінський Д.О., Сердюк О.В. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 116 с. Електронний ресурс: https://iq.vntu.edu.ua/method/getfile.php?fname=5927.pdf&card_id=1949&id=5927
7. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
8. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. / В. Д. Рудь – К. : ІСДО, 1996. – 300 с.
9. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.

10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Л. І. Боженко. – Львів : «Світ», 1996. – 367 с.

11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

12. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. – [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. – 77 с.

13. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 600 с.

14. Петров О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

15. Розмірний розрахунок верстатних пристроїв на точність. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсового та дипломного проектування для студентів спеціальностей 1201, 1202 всіх форм навчання / А. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. І. Савуляк. – Вінниця : ВПІ, 1990. – 20 с.

16. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика : підручник / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський [та ін.] ; за редакцією В. О. Федорця. – К. : Вища шк. 1995. – 463 с.

17. Вакина В. В. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов. / В. В. Вакина, И. Д. Денисенко, А. Л. Столяров. – К. : Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 208 с.

18. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Курсове проектування для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», 6.050503 – «Машинобудування» : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. П. Пурдик, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 238 с.

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

20. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.

21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

22. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php.

23. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с.

24. Наказ №248 від 8.04.2014 р Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>

25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

26. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

27. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

28. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення технології механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус редуктора 65М.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 Репінський С. В., к.т.н., доцент каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	88,1%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	11,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____

(підпис)

Остапчук Я. Ю.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку Сердюк О. В.

(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(підпис)

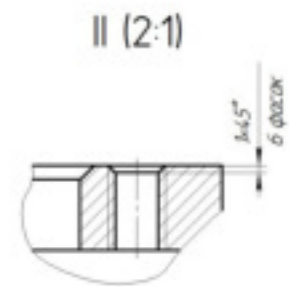
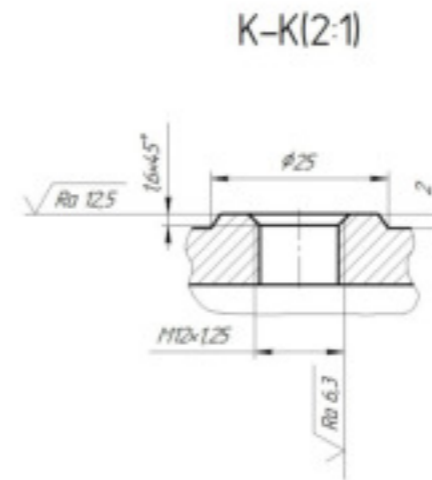
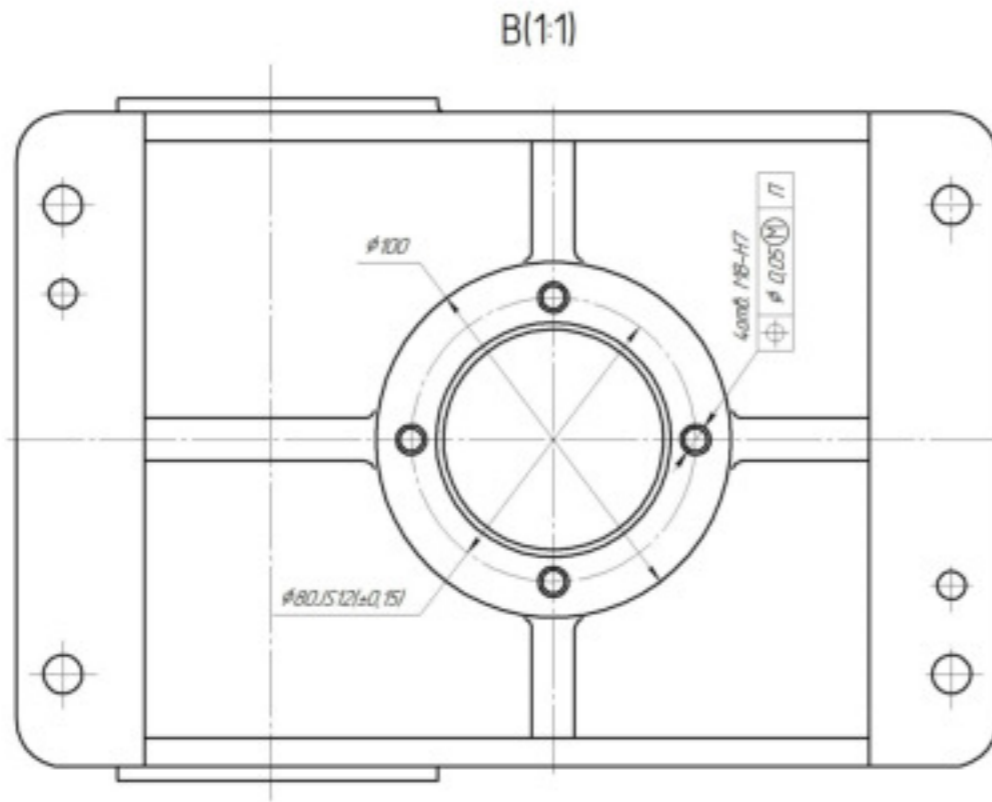
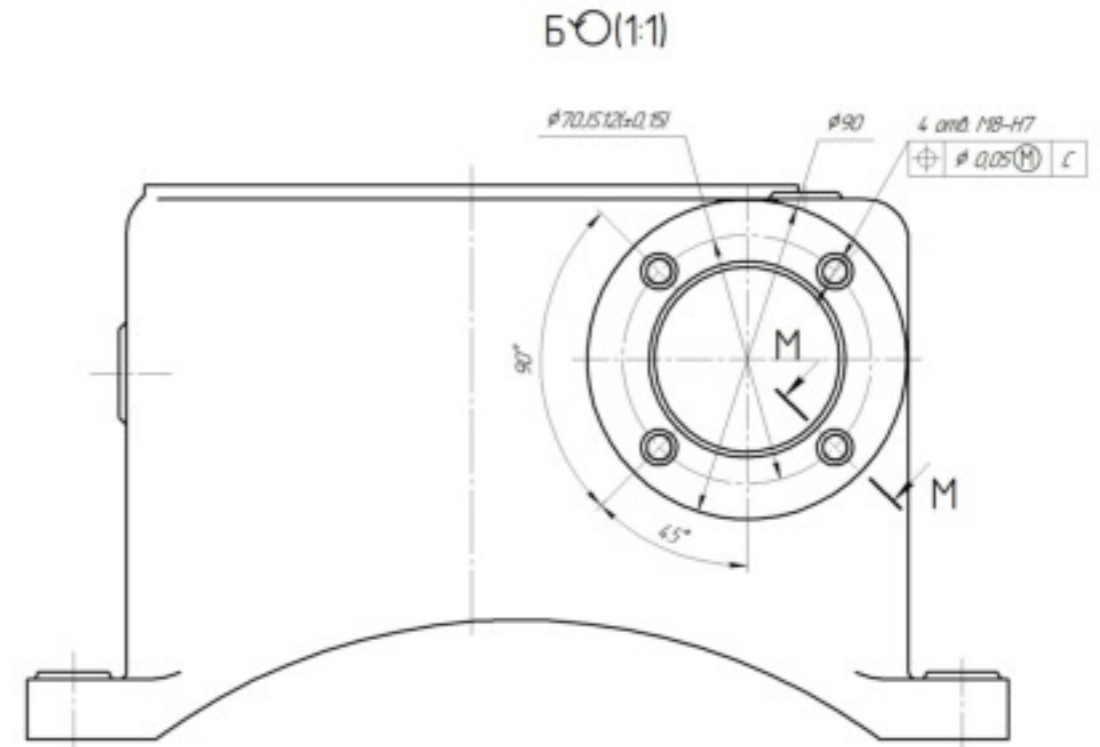
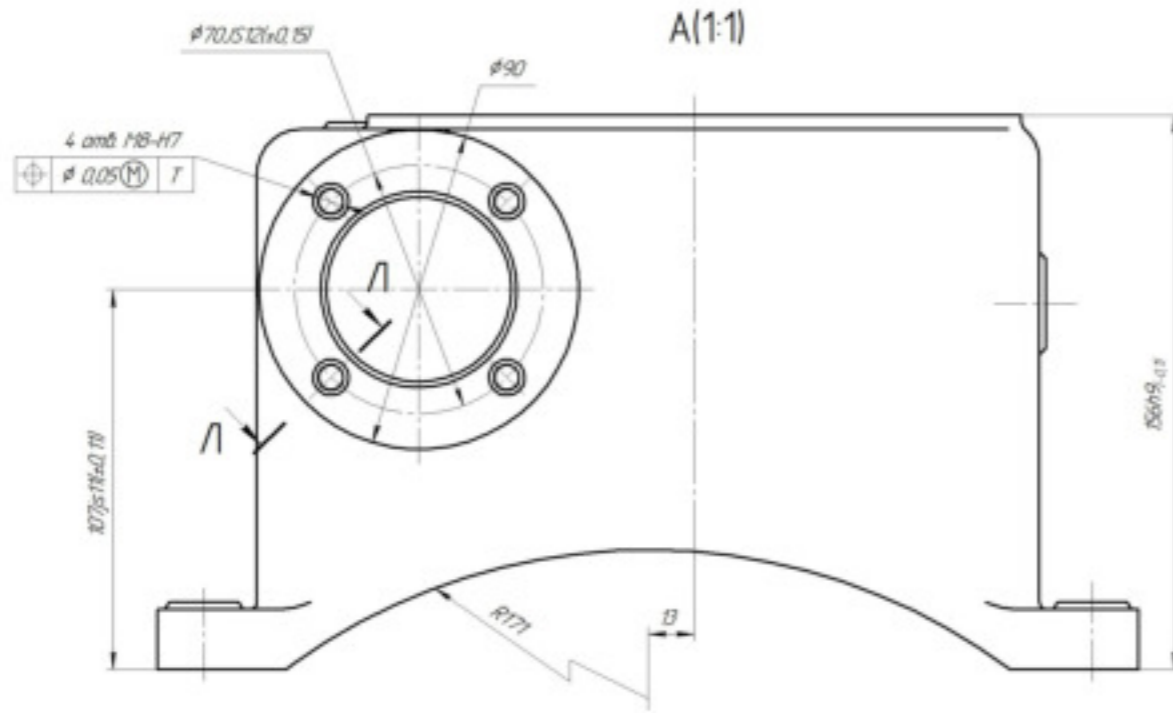
Козлов Л. Г., д.т.н., зав. каф. ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

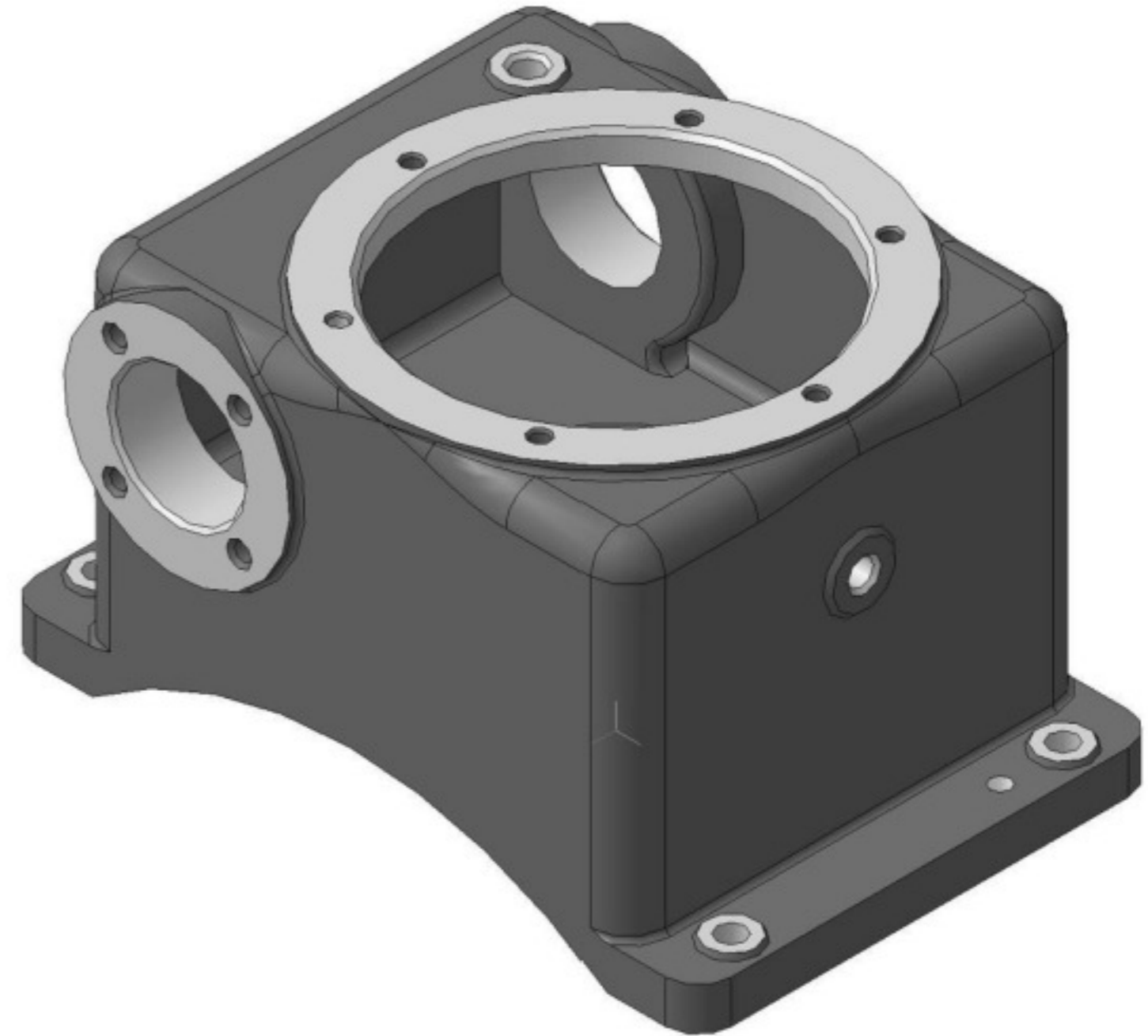
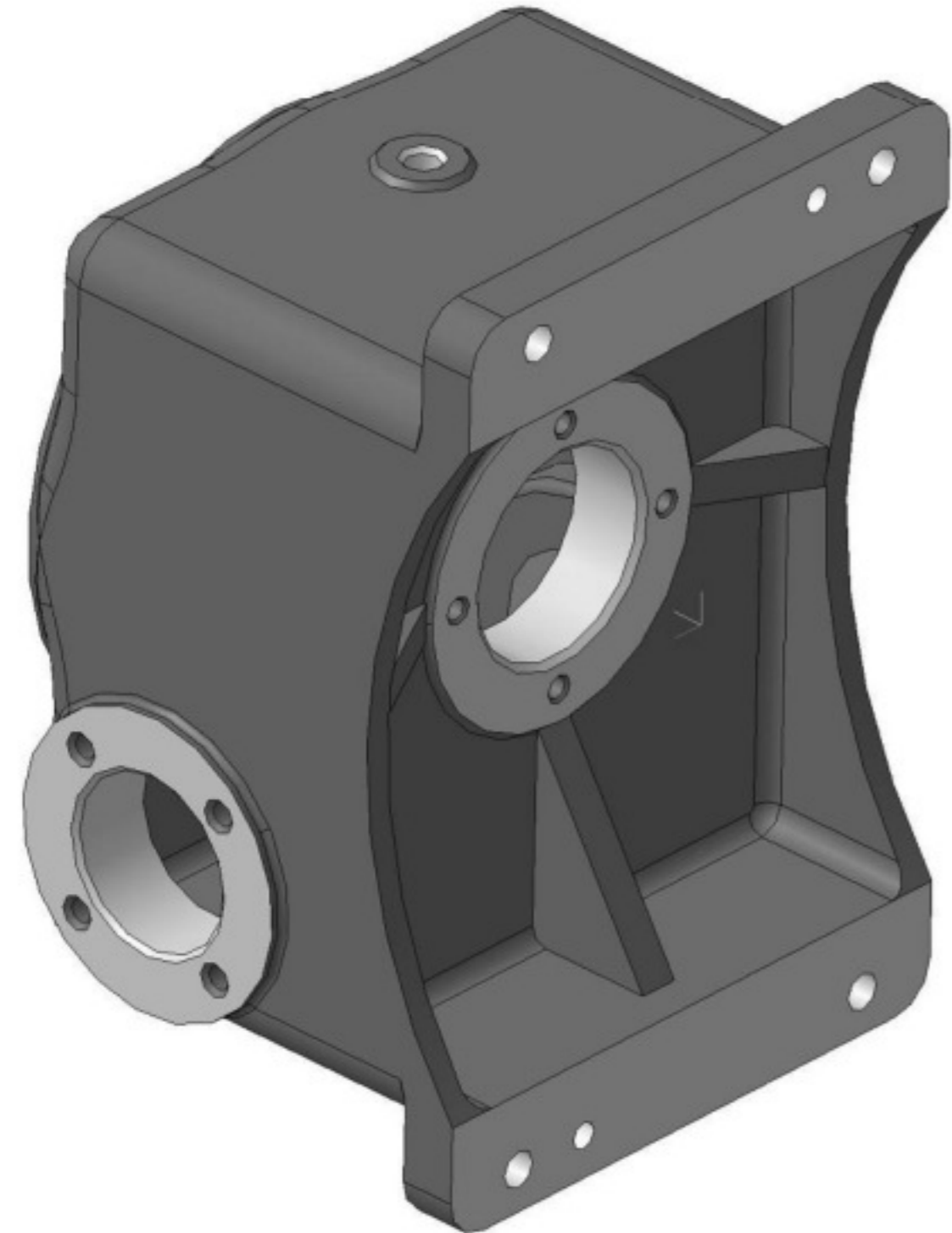
Додаток Б
(обов'язковий)

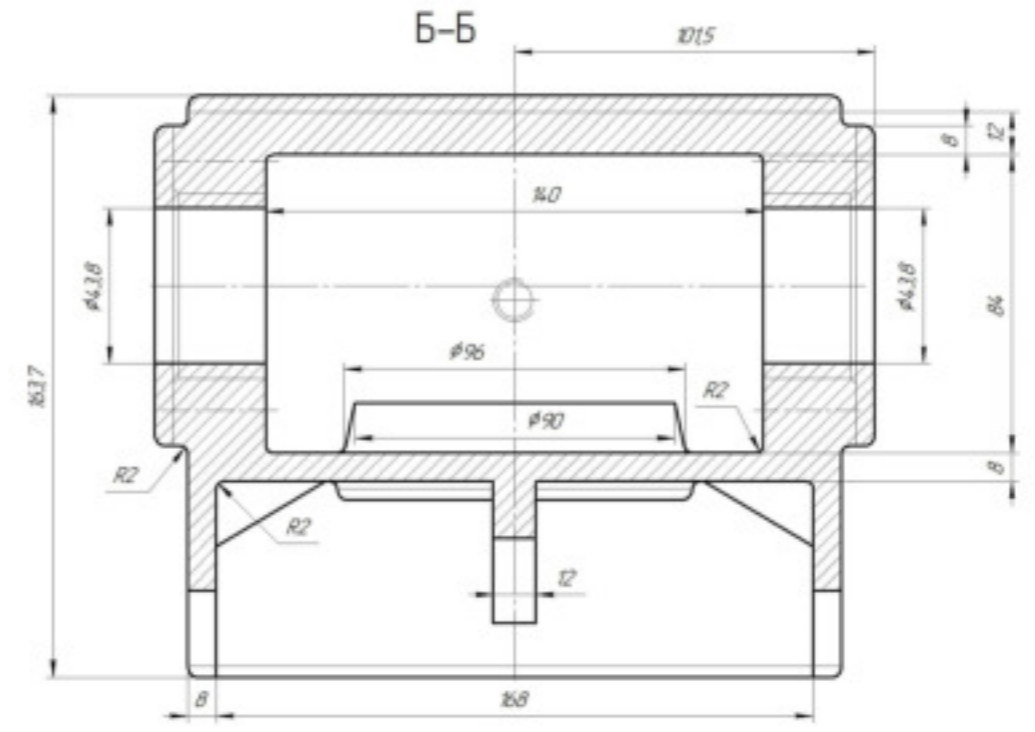
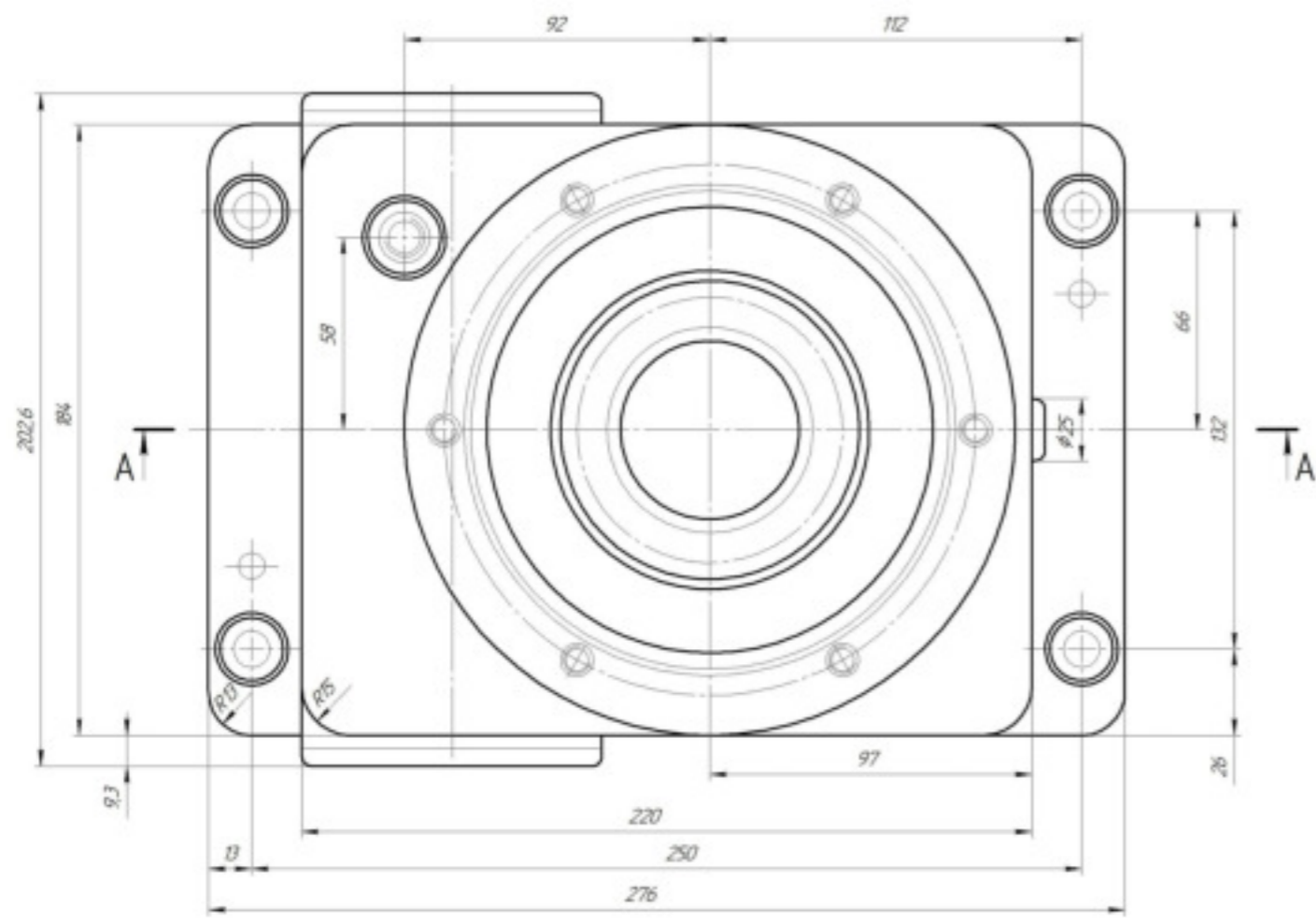
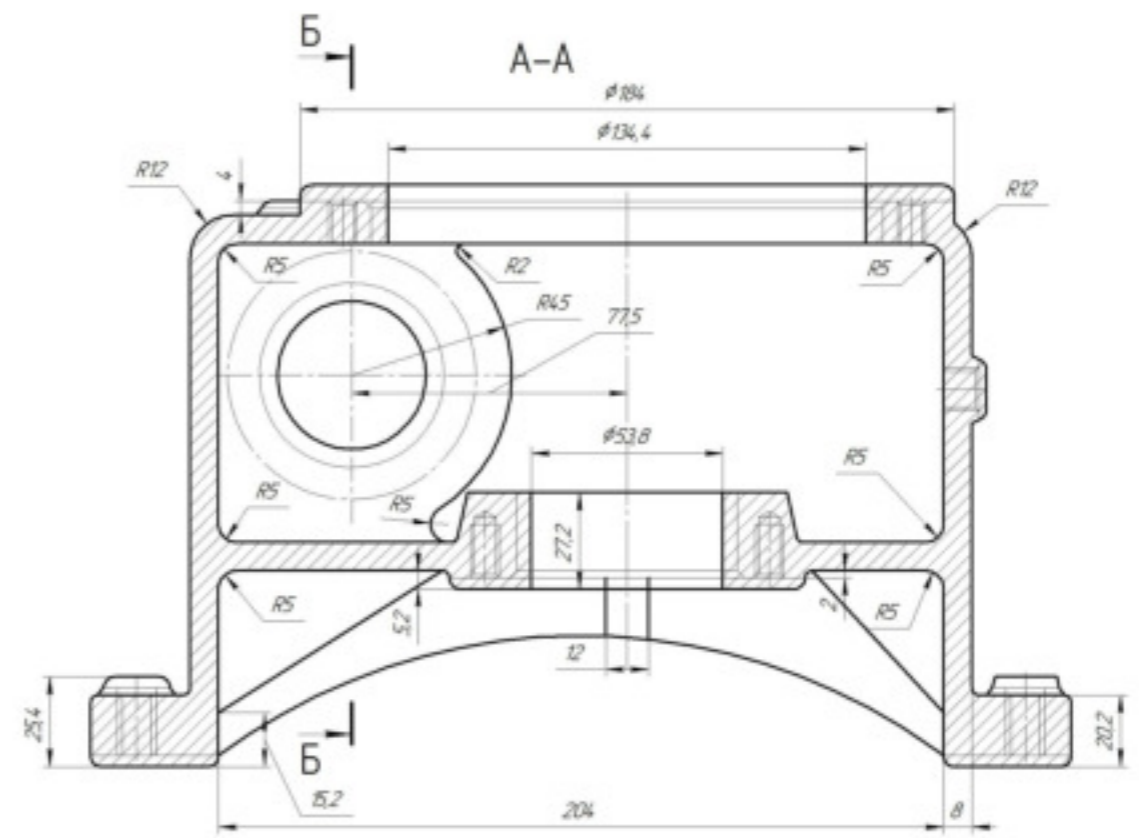
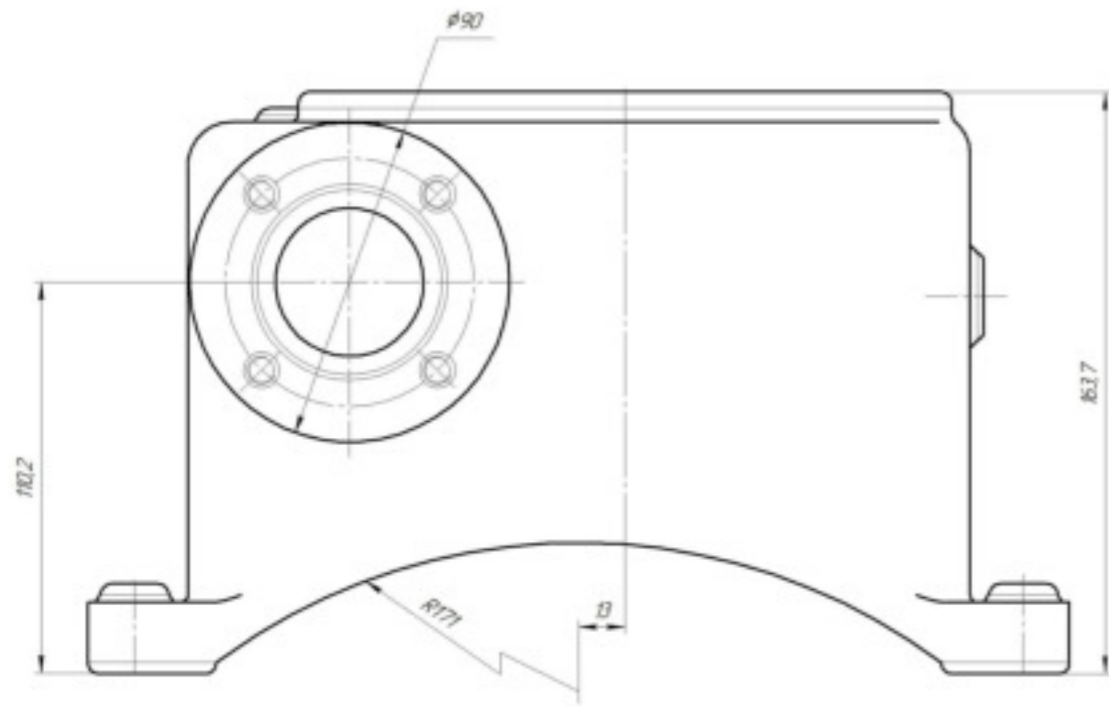
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КОРПУС РЕДУКТОРА 65М.001»



Тривимірна модель деталі "Корпус редуктора 65М.001"

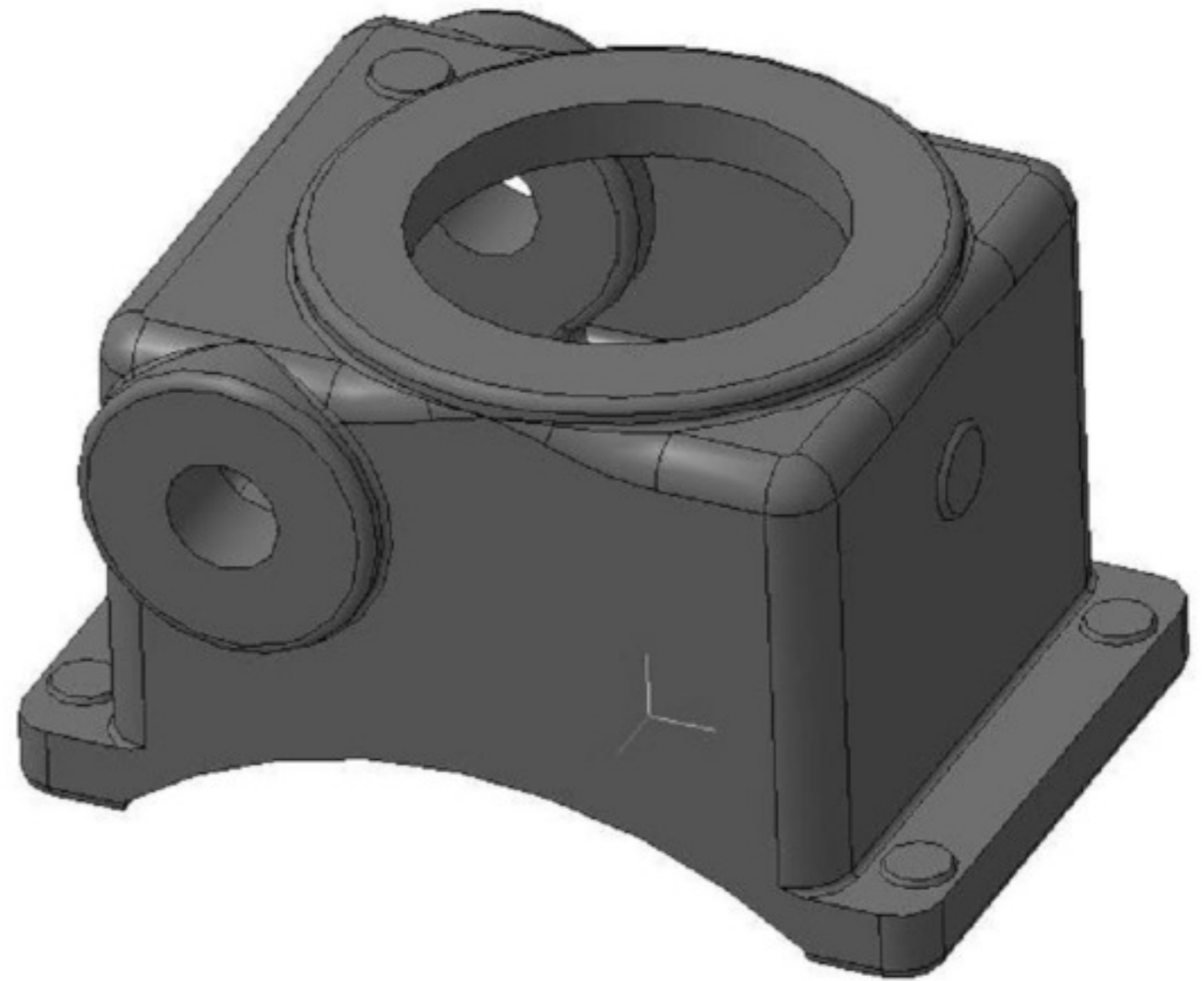
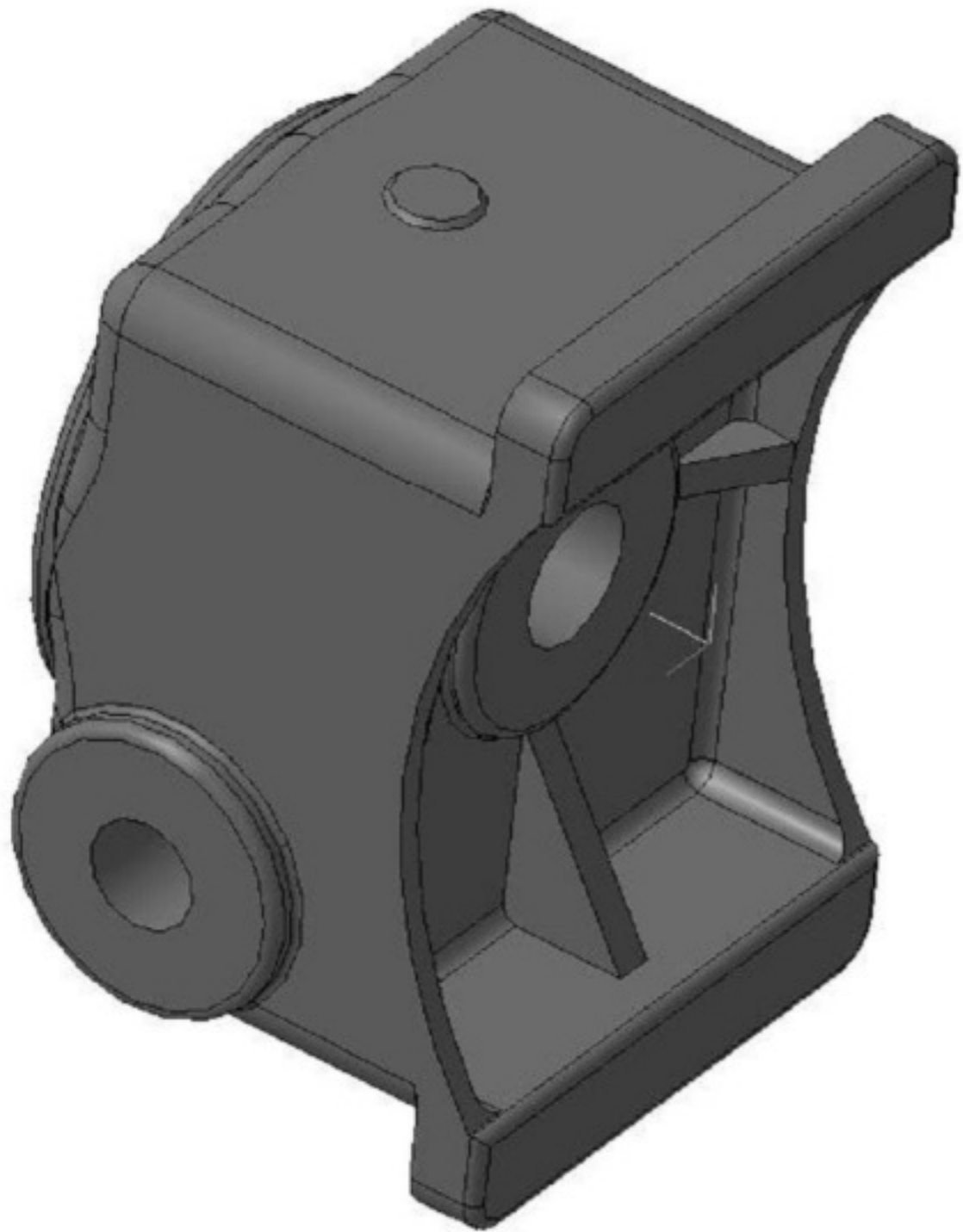




1. Точність вилітка 10-7-15-10 ГОСТ 26645-85
2. Маса 11,82-0,52-2,33-14,67 ГОСТ 26645-85
3. Невказані либарні радіуси R3 мм, формувальні нахили 0°34'
4. На необробленій поверхні допускається раковина до Ф1 мм на заглиблення не більше 1 мм

				08-64.МКР.018.00.001			
Код	Назва	К-сть	Матеріал	Код	Назва	К-сть	Матеріал
08-64	Корпус редуктора (виліток)	1	Сталь 16	11,67	11		
				СЧ15 ГОСТ 1412-74			
				ВНТУ			
				ст. др. 2071-22м			

Тривимірна модель виливка деталі "Корпус редуктора 65М.001"



Технологічний процес механічної обробки

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз обробки та схема установки	Обладнання
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо. 3. Фрезерувати поверхню 1 остаточно згідно ескізу. 4. Центрувати 4 отвори 2 та 2 отвори 3. 5. Свердлити 4 отвори 2 згідно ескізу. 6. Свердлити 2 отвори 3. 7. Розвертати 2 отвори 3 згідно ескізу. 8. Зняти деталь. 	<p>Ескіз обробки та схема установки</p>	<p>Обладнання</p> <p>Вертикально-фрезерний консольний чотирьохкоординатний з ЧПК ГФ2171М4</p>

010 Фрезерно-свердильно-розточна з ЧПК

Позиція 1

1. Встановити і закріпити деталь.
2. Фрезерувати пов. 4 попередньо.
3. Фрезерувати пов. 4 попередньо.
4. Фрезерувати пов. 4 остаточно згідно ескізу.
5. Розточити отв. 5 попередньо в розмір $\phi 48,54^{+0,46}$
6. Розточити отв. 5 попередньо в розмір $\phi 50,81^{+0,19}$
7. Розточити отв. 5 попередньо в розмір $\phi 51,75^{+0,046}$
8. Розточити отв. 5 остаточно згідно ескізу.
9. Розточити фаску 6 згідно ескізу.
10. Центрувати 4 отв. 7.
11. Свердлити 4 отв. 7.
12. Зенкувати 4 фаски 8 згідно ескізу.
13. Нарізати різь в 4 отв. 7 згідно ескізу.

Позиція 2

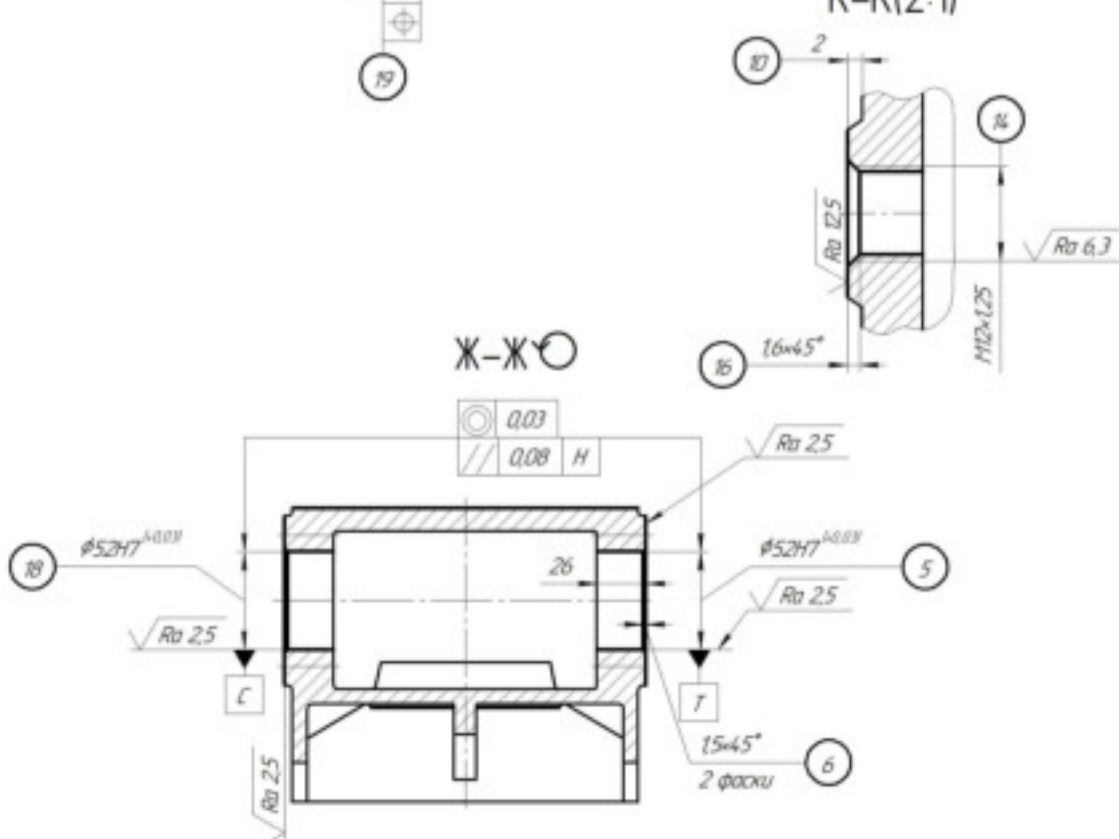
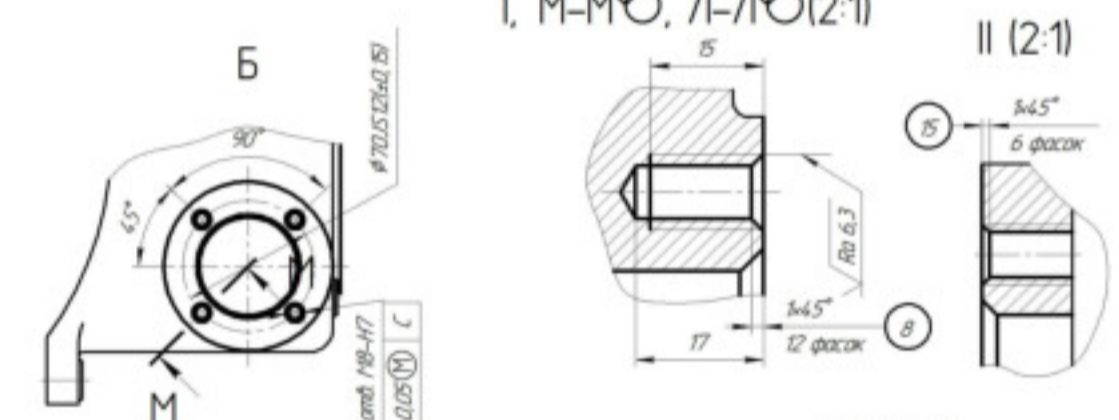
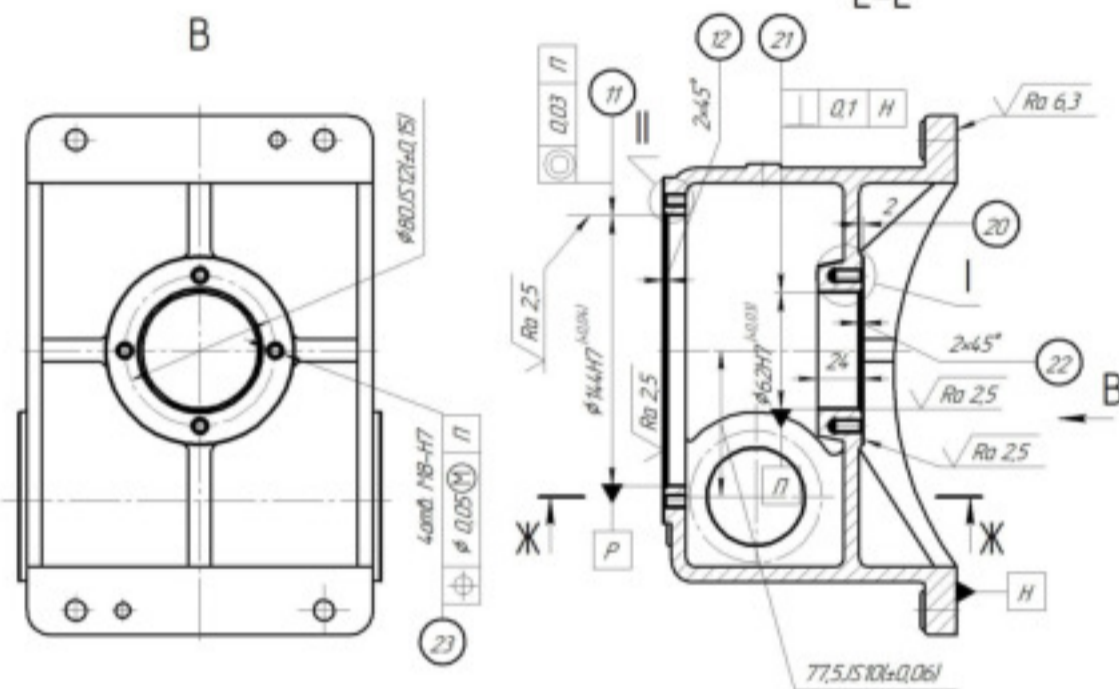
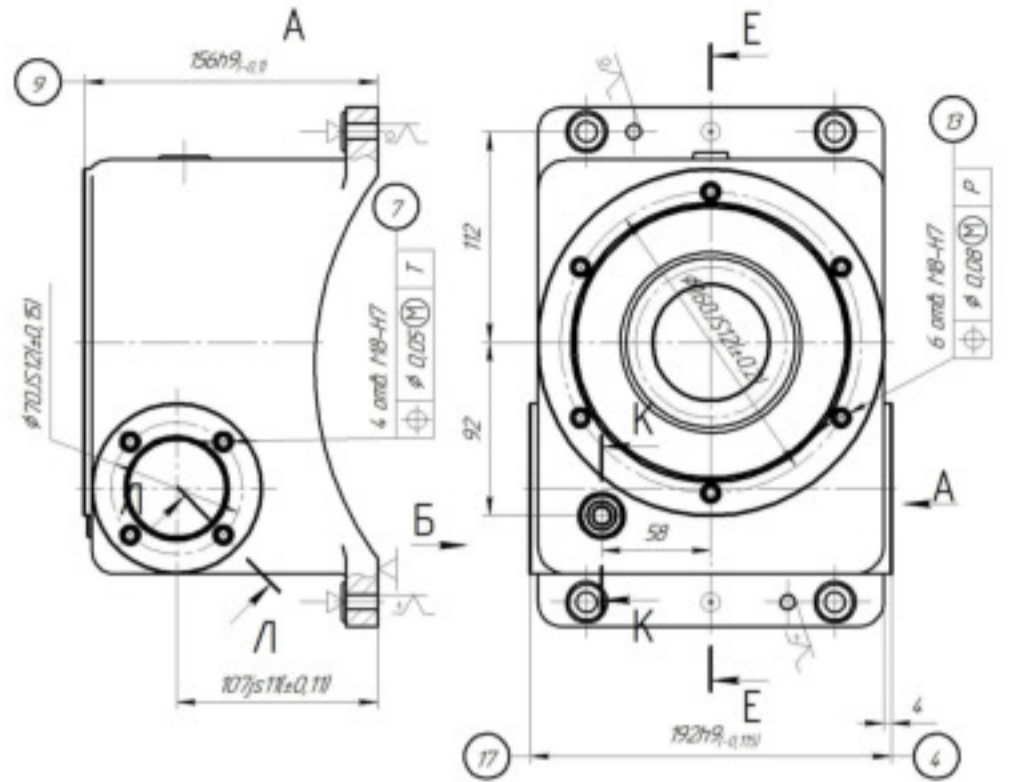
14. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 9 попередньо, 10 однократно.
15. Фрезерувати пов. 9 попередньо.
16. Фрезерувати пов. 9 остаточно згідно ескізу.
17. Фрезерувати отв. 11 попередньо в розмір $\phi 137,77^{+0,63}$
18. Фрезерувати отв. 11 попередньо в розмір $\phi 142,15^{+0,25}$
19. Фрезерувати отв. 11 попередньо в розмір $\phi 143,34^{+0,063}$
20. Фрезерувати отв. 11 остаточно згідно ескізу.
21. Фрезерувати фаску 12 згідно ескізу.
22. Центрувати 6 отв. 13 та отв. 14.
23. Свердлити 6 отв. 13.
24. Свердлити отв. 14.
25. Зенкувати 6 фасок 15 та фаску 16.
26. Нарізати різь в 6 отв. 13 згідно ескізу.
27. Нарізати різь в отв. 14 згідно ескізу.

Позиція 3

28. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 17 попередньо.
29. Фрезерувати пов. 17 попередньо.
30. Фрезерувати пов. 17 остаточно згідно ескізу.
31. Розточити отв. 18 попередньо в розмір $\phi 48,54^{+0,46}$
32. Розточити отв. 18 попередньо в розмір $\phi 50,81^{+0,19}$
33. Розточити отв. 18 попередньо в розмір $\phi 51,75^{+0,046}$
34. Розточити отв. 18 остаточно згідно ескізу.
35. Розточити фаску 6 згідно ескізу.
36. Центрувати 4 отв. 19.
37. Свердлити 4 отв. 19.
38. Зенкувати 4 фаски 8 згідно ескізу.
39. Нарізати різь в 4 отв. 19 згідно ескізу.

Позиція 4

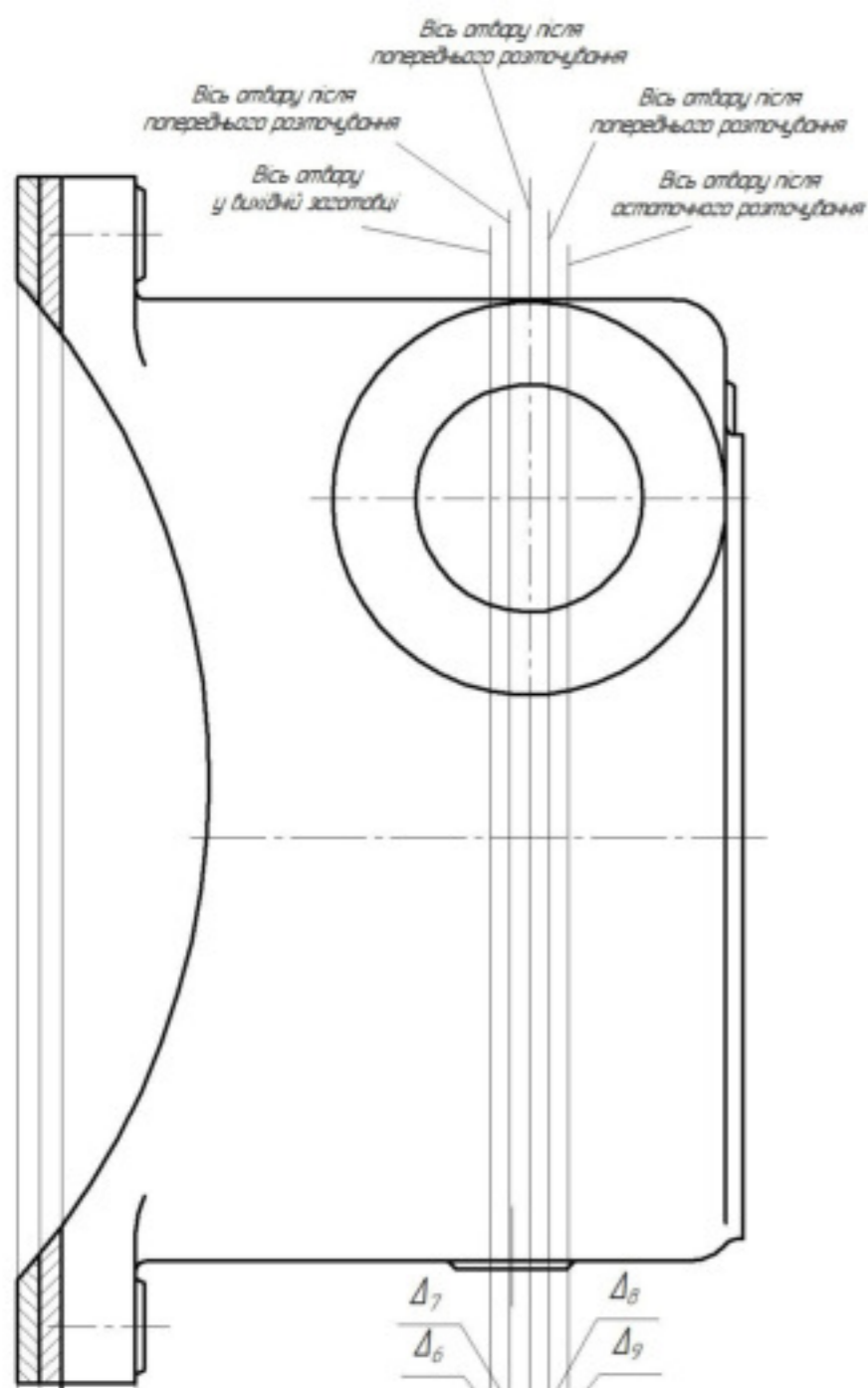
40. Повернути стіл на 90° фрезерувати пов. 20 попередньо.
41. Фрезерувати пов. 20 однократно.
42. Розточити отв. 21 попередньо в розмір $\phi 60,97^{+0,46}$
43. Розточити отв. 21 попередньо в розмір $\phi 61,61^{+0,19}$
44. Розточити отв. 21 попередньо в розмір $\phi 61,85^{+0,074}$
45. Розточити отв. 21 остаточно згідно ескізу.
46. Розточити фаску 22 згідно ескізу.
47. Центрувати 4 отв. 23.
48. Свердлити 4 отв. 23.
49. Зенкувати 4 фаски 8 згідно ескізу.
50. Нарізати різь в 4 отв. 23 згідно ескізу.
51. Зняти деталь.



Багатоцільовий горизонтальний свердильно-фрезерно-розточувальний з ЧПК КСБ500ПМФ4

№ операції	Операції і переходи	Ескіз обробки та схема установки	Обладнання
015	<p><u>Фрезерно-свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати поверхню 24 однократно згідно ескізу. 3. Центрувати отв. 25. 4. Свердлити отв. 25. 5. Зенкувати фаску 26 згідно ескізу. 6. Нарізати різь в отв. 25 згідно ескізу. 7. Цекувати 4 пов. 27 згідно ескізу. 8. Зняти деталь. 	<p>Technical drawing showing the processing sketch and installation scheme of the part. The drawing includes a side view and a top view. Key features and dimensions are labeled:</p> <ul style="list-style-type: none"> Surface roughness: $Ra\ 12,5$ and $Ra\ 6,3$ Chamfer: $16 \times 45^\circ$ Dimension: 19 Surface: 24 Threaded hole: $M12-H7$ (25) Surface: 26 Surface: 27 	<p>Вертикально-фрезерний консольний чотирьохкоординатний з ЧПК ГФ217М4</p>

Розмірний аналіз технологічного процесу



Попередні допуски технологічних розмірів

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	Z_1	Z_2
Квалітет	15	14	14	11	9	8	17	17
Допуск, мм	0,84	0,52	0,87	0,22	0,087	0,04	2,1	3,5

Конструкторські розміри

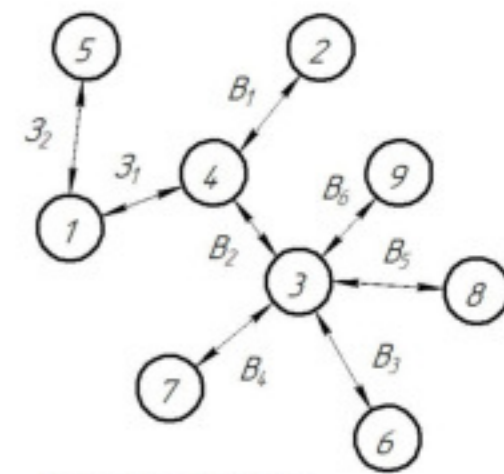
Конструкторський розмір	K_1	K_2
Квалітет	14	7
Допуск, мм	0,52	0,04

Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

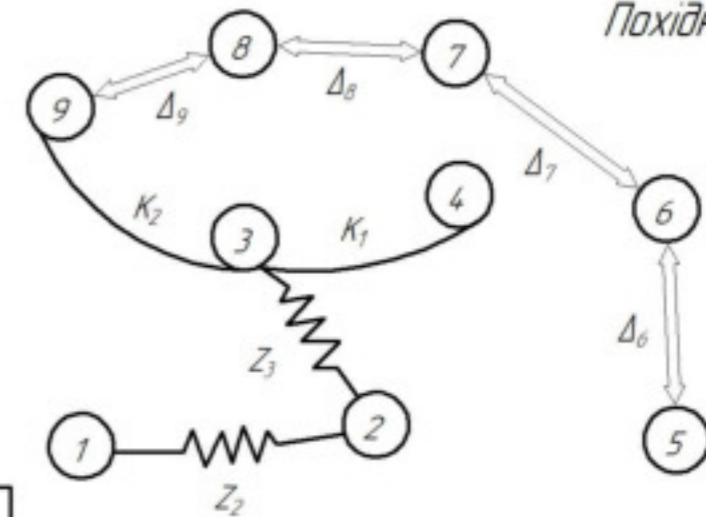
№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_1 + B_2 = 0$	$K_1 = B_2$	B_2
2	$-K_2 + B_6 = 0$	$K_2 = B_6$	B_6
3	$-Z_3 + B_1 - B_2 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	B_1
4	$-Z_2 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = Z_1 - B_1$	Z_1
5	$-\Delta_9 - B_5 + B_6 = 0$	$\Delta_9 = B_6 - B_5$	B_5
6	$-\Delta_8 - B_4 + B_5 = 0$	$\Delta_8 = B_5 - B_4$	B_4
7	$-\Delta_7 - B_3 + B_4 = 0$	$\Delta_7 = B_4 - B_3$	B_3
8	$-\Delta_6 - Z_2 + Z_1 - B_2 + B_1 = 0$	$\Delta_6 = Z_1 - Z_2 - B_2 + B_1$	Z_2

Технологічні розміри, розміри заготовки та припуски

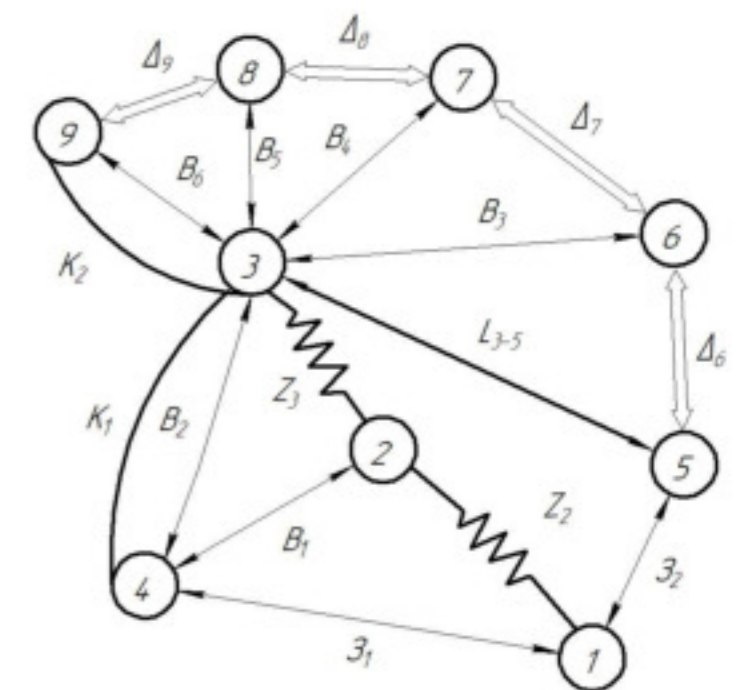
Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
Мін	17,2	16,57	106,565	106,89	106,9565	106,98
Мак	18,04	17	107,435	107,11	107,0435	107,02
Розмір	Z_1		Z_2			
Мін	18,84		107,725			
Мак	20,64		111,225			
Припуск	Z_2		Z_3			
Мін	0,8		0,2			
Мак	3,44		1,47			



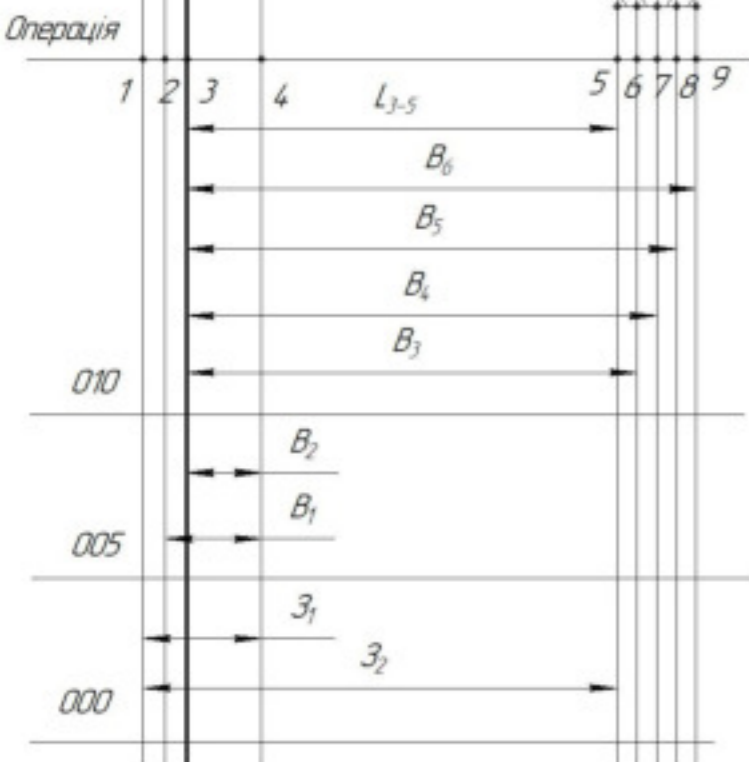
Похідний граф

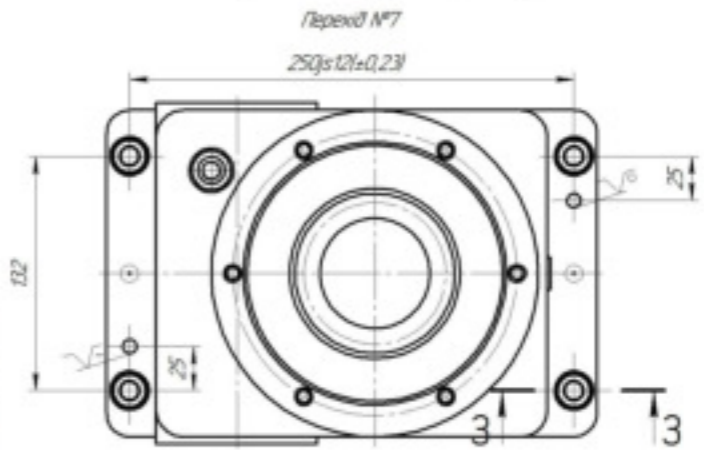
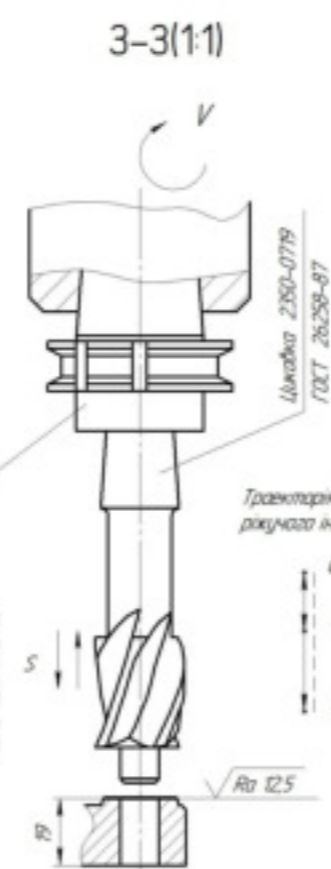
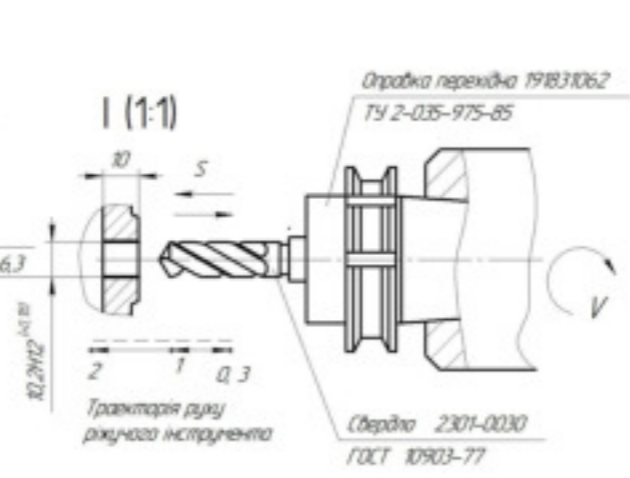
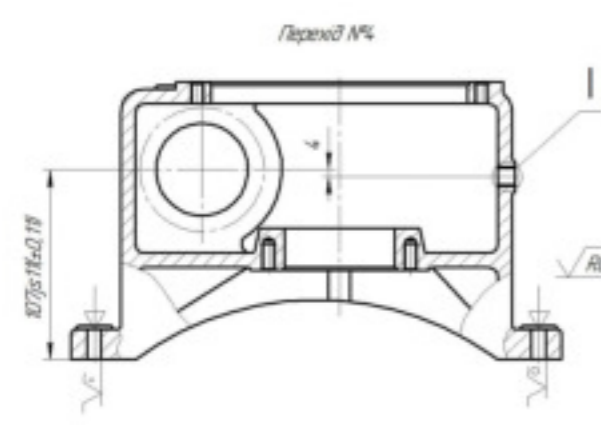
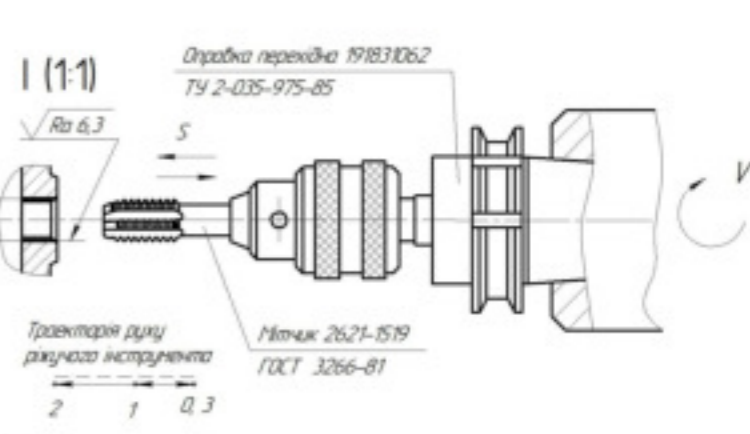
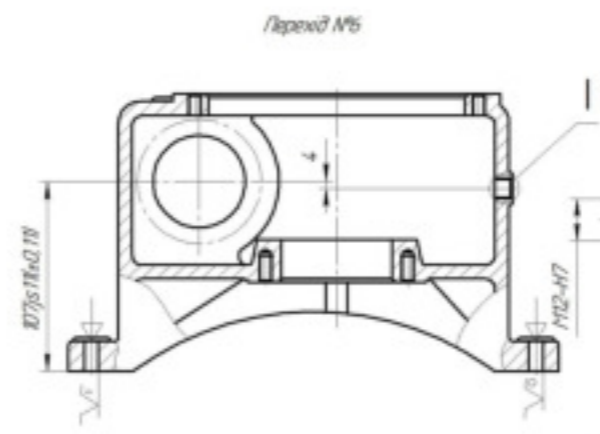
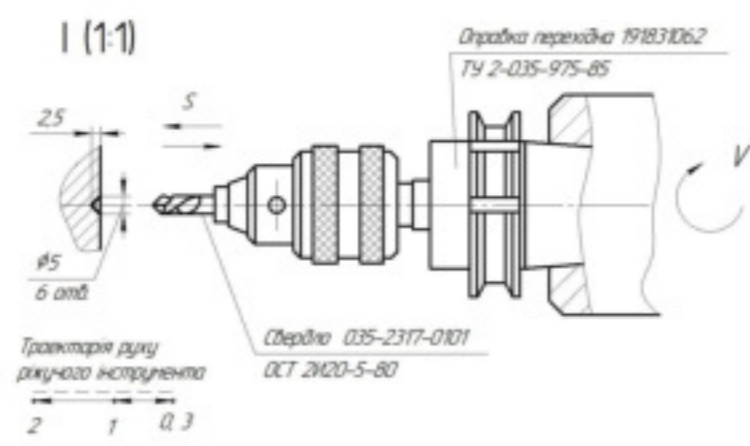
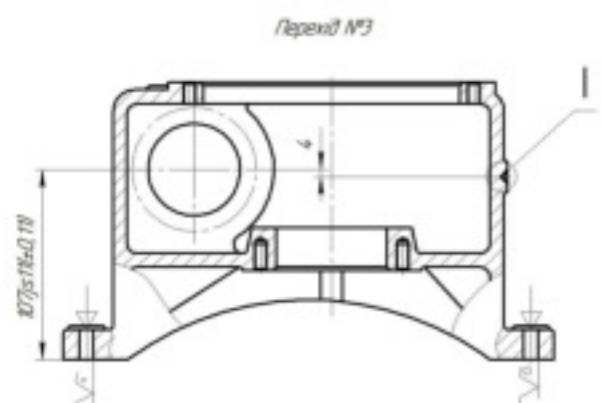
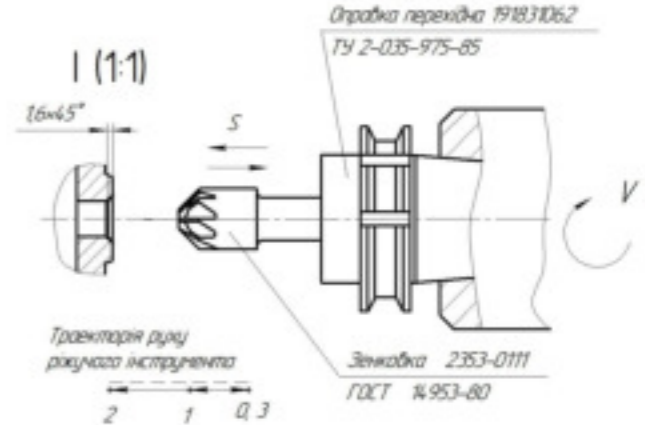
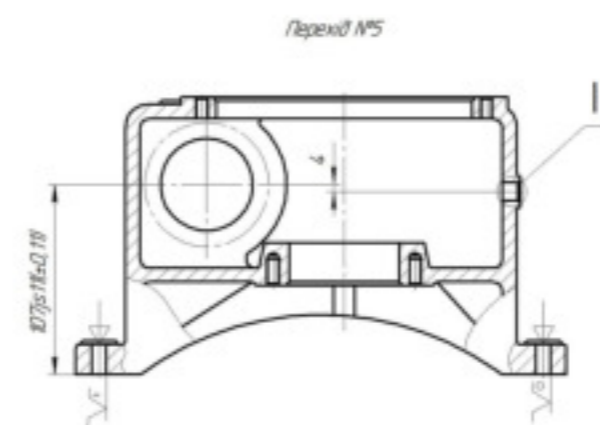
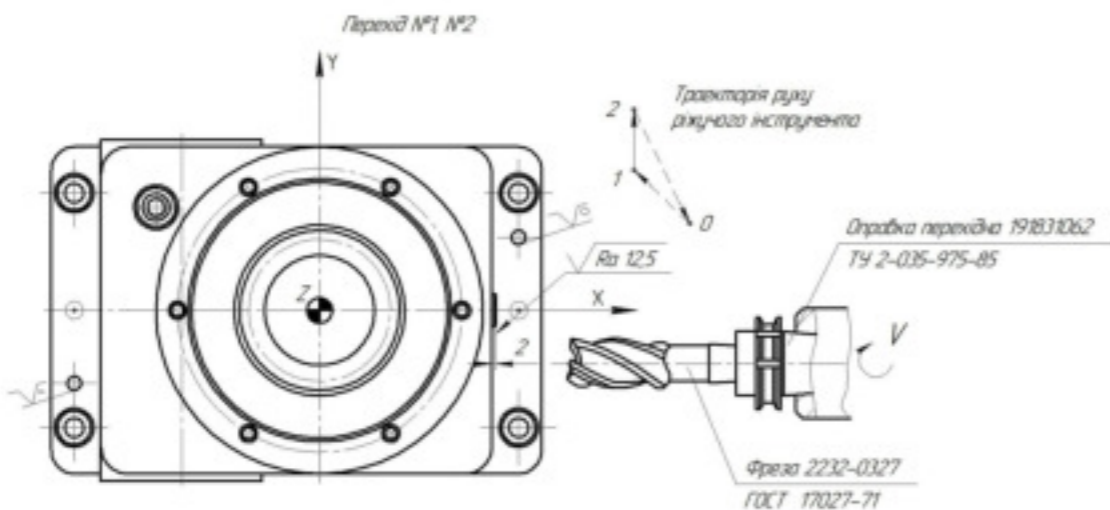


Вихідний граф



Суміщене граф-дерево





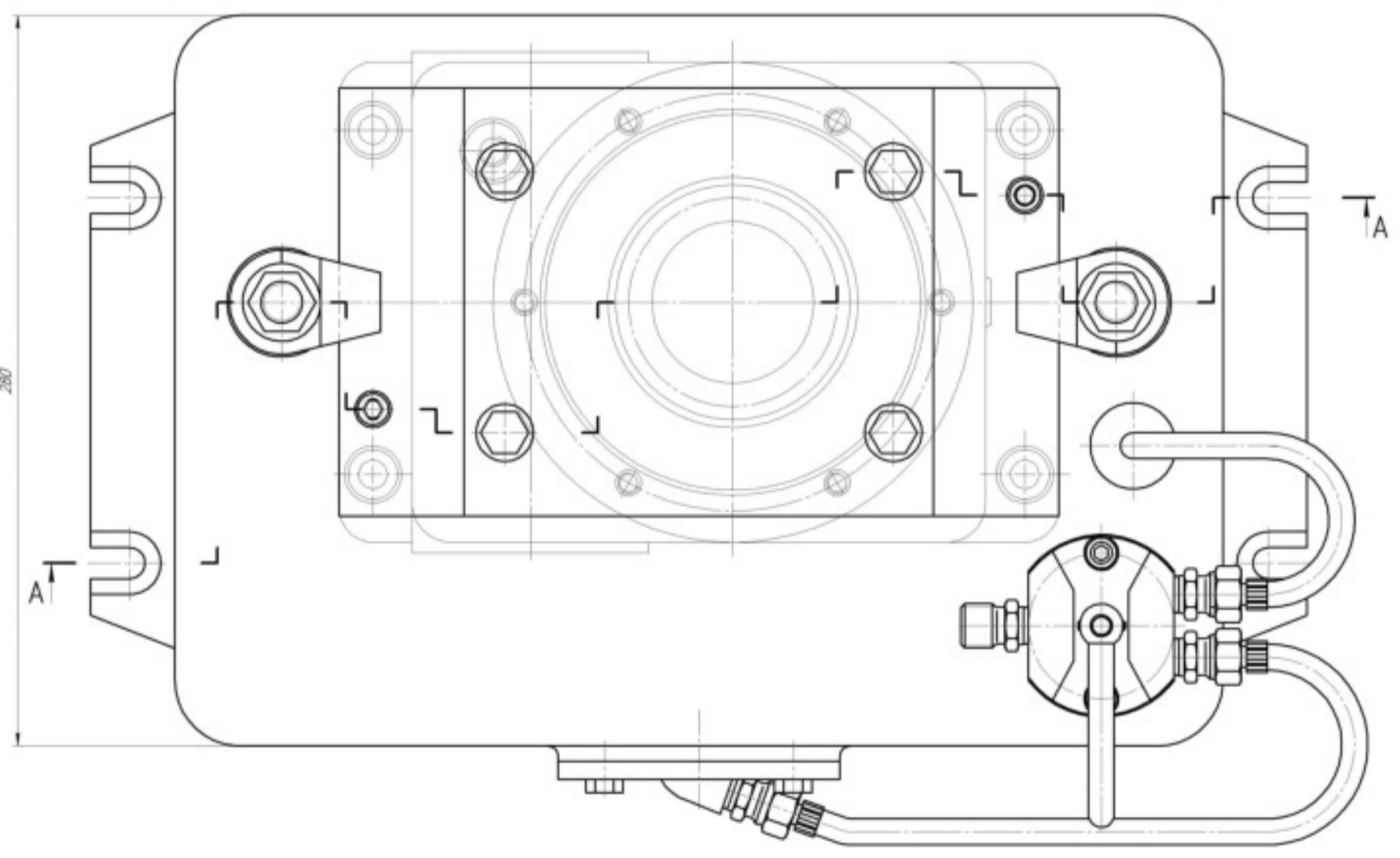
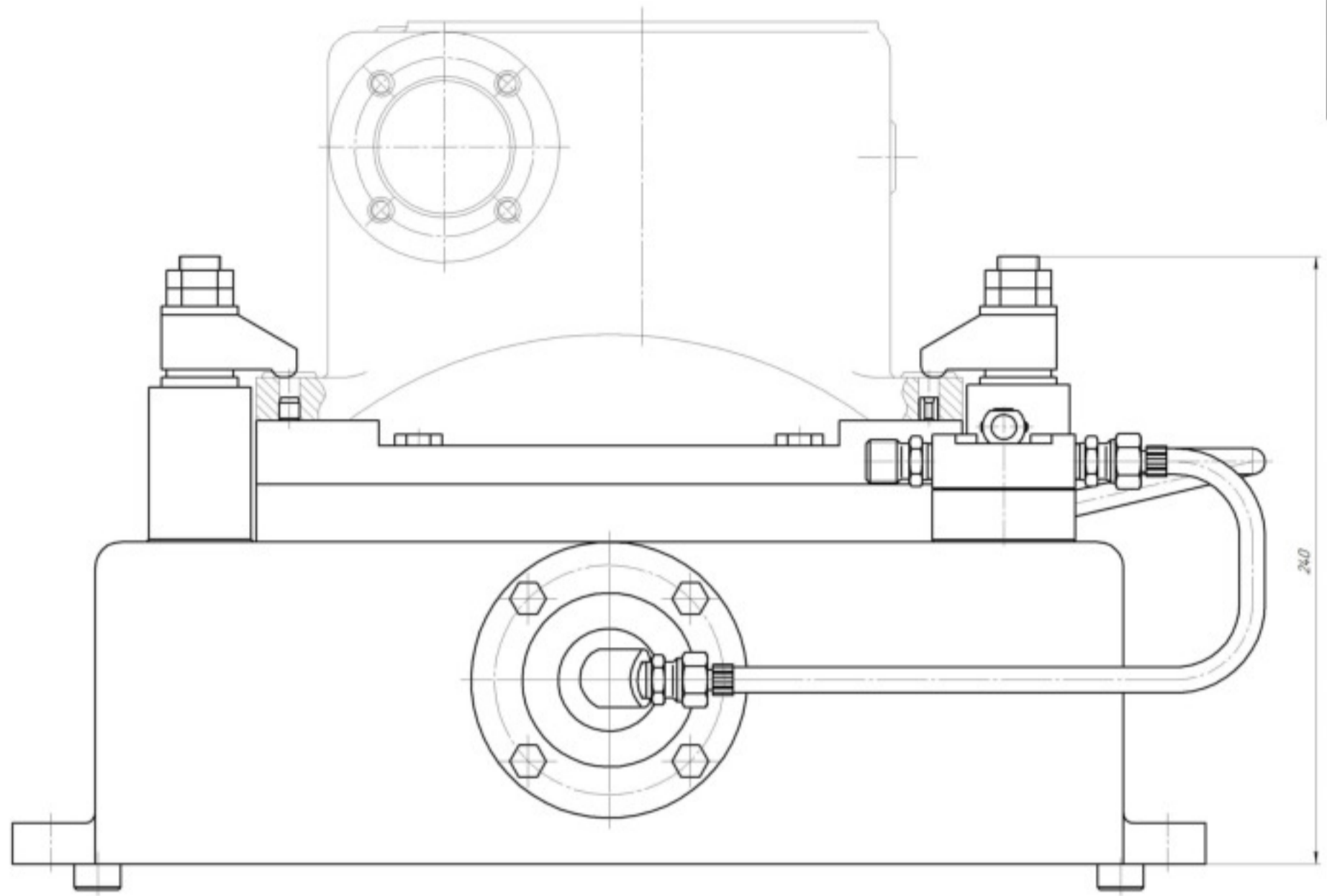
1 Невказані граничні відхилення вказані в мм, отвори в мм, інші 1/10/2

№ операції	№ операції	Вимоги до операції			
		Висота	Ширина	Глибина	Довжина
8	Земля діаметр	-	-	-	-
7	Циліндр 4 поперек 27 в діаметрі 19	50	0,5	485	39,96
6	Позитивна в отві 25	-	1,78	440	8,7
5	Циліндр діаметр 25	-	0,5	520	18,8
4	Свердловина отві 25	51	0,5	820	26,3
3	Циліндр діаметр 25	-	0,5	1407	26,38
2	Фрезерувати поперек 24 від центру в діаметрі 2	20	0,2	1480	128,38
1	Встановити і закрити апаратуру	-	-	-	-

№ операції		Матеріал		Масштаб	
Фрезерно-свердильна		ГФ217114		1:1	
Найменування операції		Обладнання		Режими різання	

08-64.МКР.018.00.500					
Карта налагоджень					
№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

ВНТУ
ст.кр. 2171-22м

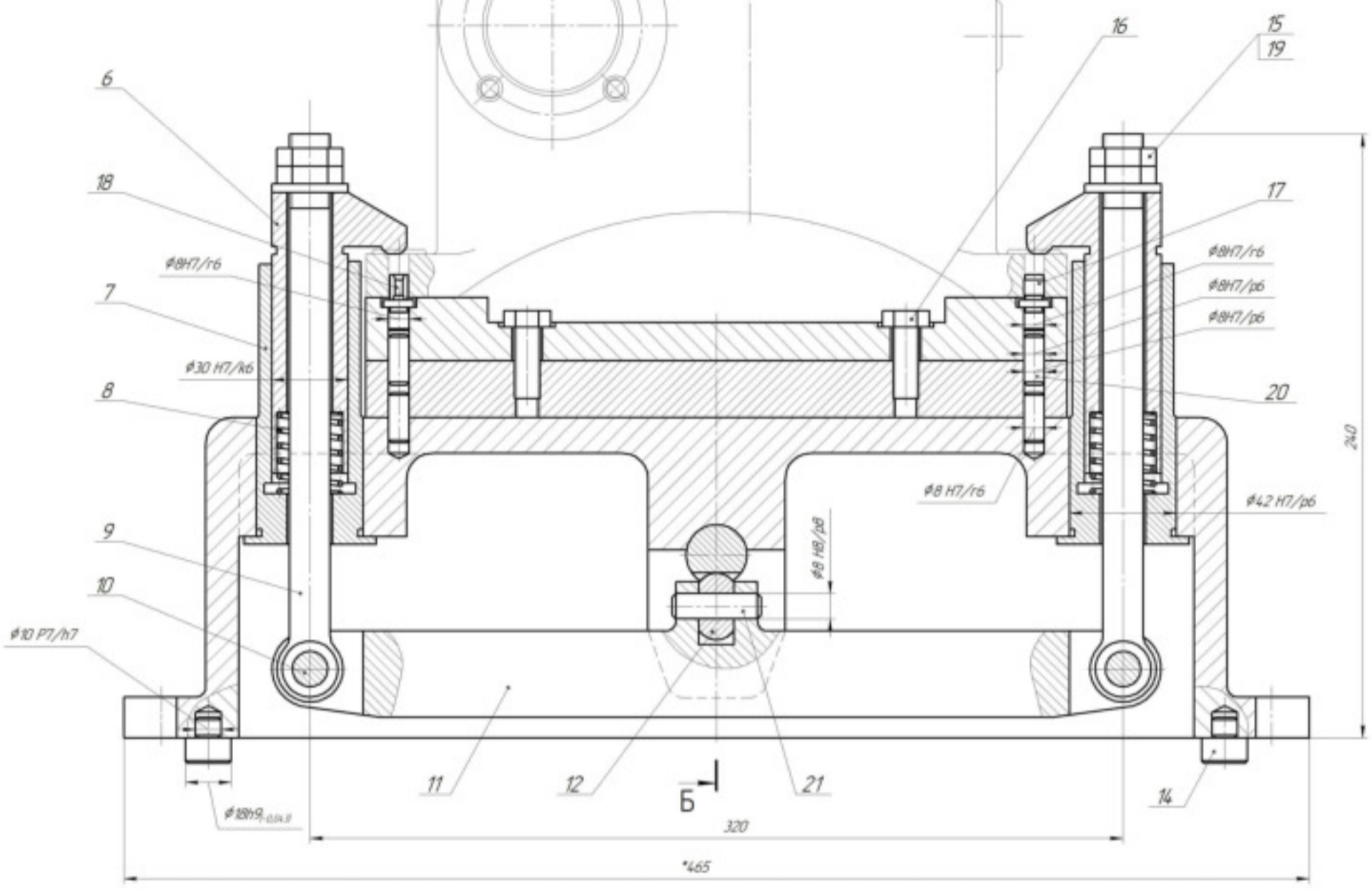


- 1 * Розміри для довідки
- 2 Поверхні що труться змастити солидолон УС-2 ГОСТ 10771-73
- 3 Зусилля закріплення 794,5 Н

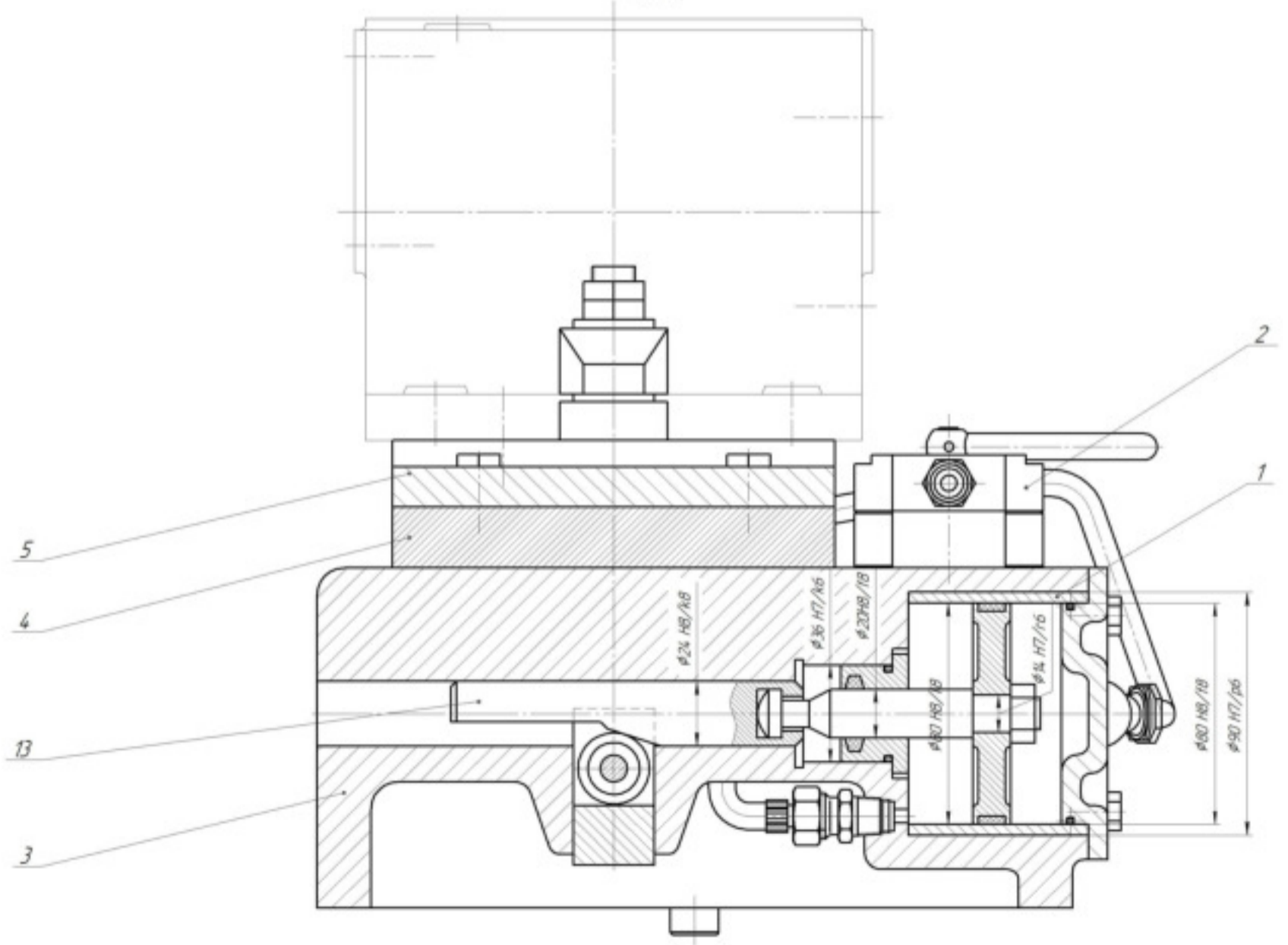
				08-64.МКР.018.01.000 СК				
Мат. част.	№ докум.	Лист	Всього	/пристосування верстатне		Лист	Всього	Листів
Розроб.	Затверд.	М		Складальний креслення				11
Діаг.	Ліцензії	С				Лист	1	Листів
Лектор								2
Уточн.	Сторінка	08				ВНТУ		
Відп.	Кресло	08				ст. ар. 2071-22м		
						Кресло		
						Лист		

Лист 1 з 11
 08-64.МКР.018.01.000 СК
 08-64.МКР.018.01.000 СК
 08-64.МКР.018.01.000 СК
 08-64.МКР.018.01.000 СК

A-A(1)
Б



Б-Б



1. 08-64.MKP.018.01000 CK
 2. 08-64.MKP.018.01000 CK
 3. 08-64.MKP.018.01000 CK
 4. 08-64.MKP.018.01000 CK
 5. 08-64.MKP.018.01000 CK
 6. 08-64.MKP.018.01000 CK
 7. 08-64.MKP.018.01000 CK
 8. 08-64.MKP.018.01000 CK
 9. 08-64.MKP.018.01000 CK
 10. 08-64.MKP.018.01000 CK
 11. 08-64.MKP.018.01000 CK
 12. 08-64.MKP.018.01000 CK
 13. 08-64.MKP.018.01000 CK
 14. 08-64.MKP.018.01000 CK
 15. 08-64.MKP.018.01000 CK
 16. 08-64.MKP.018.01000 CK
 17. 08-64.MKP.018.01000 CK
 18. 08-64.MKP.018.01000 CK
 19. 08-64.MKP.018.01000 CK
 20. 08-64.MKP.018.01000 CK
 21. 08-64.MKP.018.01000 CK

ВИБІР ПРИВОДУ ПРИСТОСУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

Враховуючи середньосерійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 8000$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з гідроприводом.

Розрахунок параметрів гідроприводу затискного пристрою:

- площа поршня: $F_1 = \frac{2 \cdot P}{p} = \frac{2 \cdot 794,5}{0,63} = 2522,22 \text{ (мм}^2\text{)};$

- розрахунковий діаметр циліндра: $D_{\text{црз}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot P}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 794,5}{3,14 \cdot 0,63}} = 56,68 \text{ (мм)}$ (прийнятий $D_{\text{цст}} = 80 \text{ мм}$);

- площа поршня: $F_1 = \frac{\pi \cdot D_{\text{цст}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} = 5,024 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$

- площа штокової порожнини: $F_2 = \frac{\pi}{4} (D_{\text{цст}}^2 - d_{\text{шст}}^2) = \frac{3,14}{4} (0,08^2 - 0,02^2) = 4,71 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)};$

- для забезпечення безударної та плавної роботи гідроциліндра слід призначити робочу швидкість переміщення поршня v в межах $0,2 \dots 1 \text{ м/с}$; прийнято $v = 0,4 \text{ м/с}$;

- час переміщення поршня (робочий чи холостий хід): $t = L / (100 \cdot v) = 60 / (1000 \cdot 0,4) = 0,1 \text{ (с)}$;

- витрата робочої рідини за хід (робочий чи холостий): $Q = F \cdot v = 5,024 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)} = 120,6 \text{ (л/хв.)}$

РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ

Гідравлічний розрахунок гідроліній полягає у визначенні крім діаметра (внутрішнього) труб також і втрати напорі та падіння тиску по довжині труб [15-19].

Втрати напорі по довжині h_{mp} (формула Дарсі-Вейсбаха):

$$h_{mp} = \lambda \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ [м]}, \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт Дарсі (коефіцієнт гідравлічного тертя); v – середня швидкість руху рідини в трубі діаметром d і довжиною ℓ .

Для ламінарного режиму руху в круглій трубі коефіцієнт λ визначається за теоретичною формулою

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \quad (3)$$

де Re – число Рейнольдса.

При турбулентному режимі руху коефіцієнт λ залежить в загальному випадку від числа Рейнольдса Re і відносної шорсткості Δ_ϵ/d (де Δ_ϵ – еквівалентна абсолютна шорсткість) і визначається за напівемпіричними і емпіричними формулами, а також за графіками та таблицями. При цьому розрізняють три області гідравлічних опорів – гідравлічно гладких труб, перехідну та квадратичну.

Останнім часом для турбулентного режиму руху рідини в трубах здобула визнання універсальна (використовується для всіх областей) формула А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta_\epsilon}{d} \right)^{0,25}. \quad (4)$$

Падіння тиску по довжині трубопроводу

$$\Delta p_{mp} = \rho g h_{mp} \text{ [Па]}. \quad (5)$$

РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ (продовження)

Згідно рівнянь (1)-(5) виконано гідравлічного розрахунку втрат напору та падіння тиску по довжині трубопроводу. В результаті виконаних розрахунків, побудовано залежності втрат напору $h_{тр}$ (рис. 1) та падіння тиску по довжині $\Delta p_{тр}$ (рис. 2) від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу, а також залежність питомих втрат напору на тертя від діаметру d напірного трубопроводу (рис. 3).

Вхідні дані для розрахунку мали таке значення: $Q = 120,6$ л/хв.; $\rho = 900$ кг/м³; $\nu = 40 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\Delta_e = 0,02$ мм (рукава високого тиску).

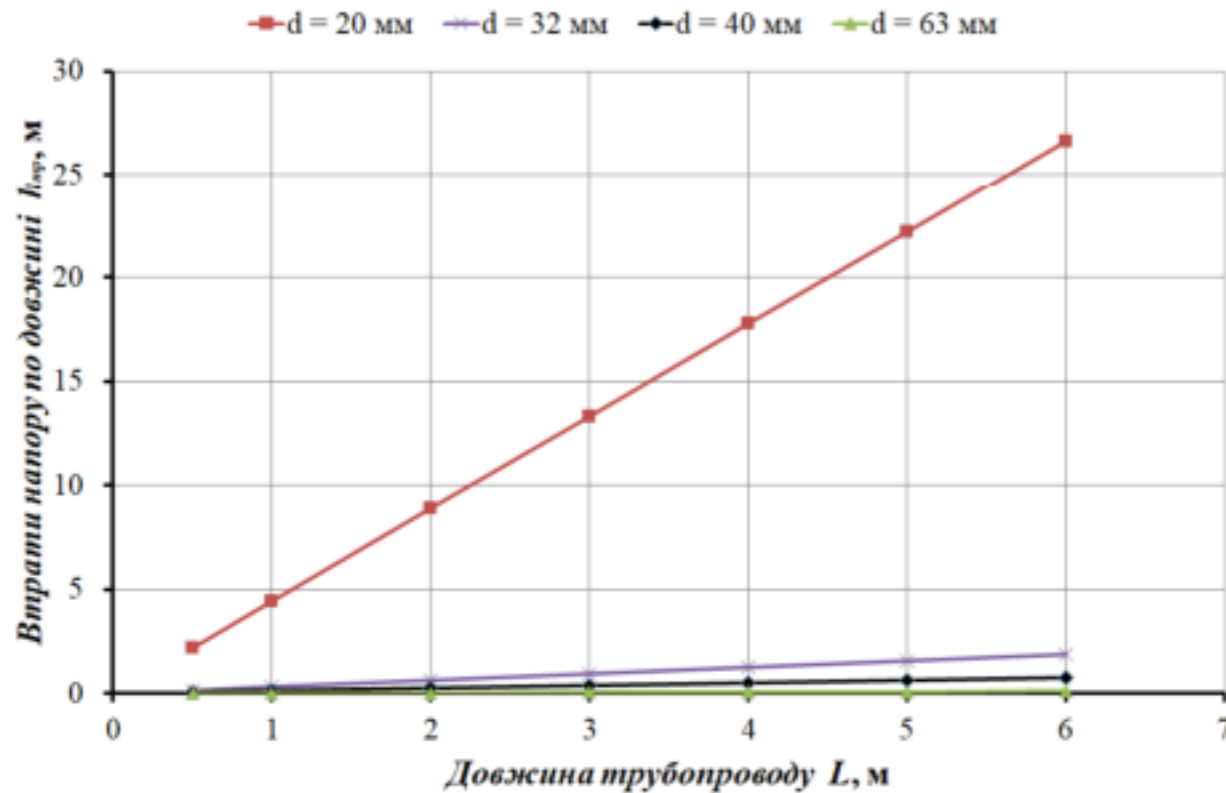


Рисунок 1 – Залежності втрат напору по довжині $h_{тр}$ від довжини L при різних діаметрах d трубопроводу

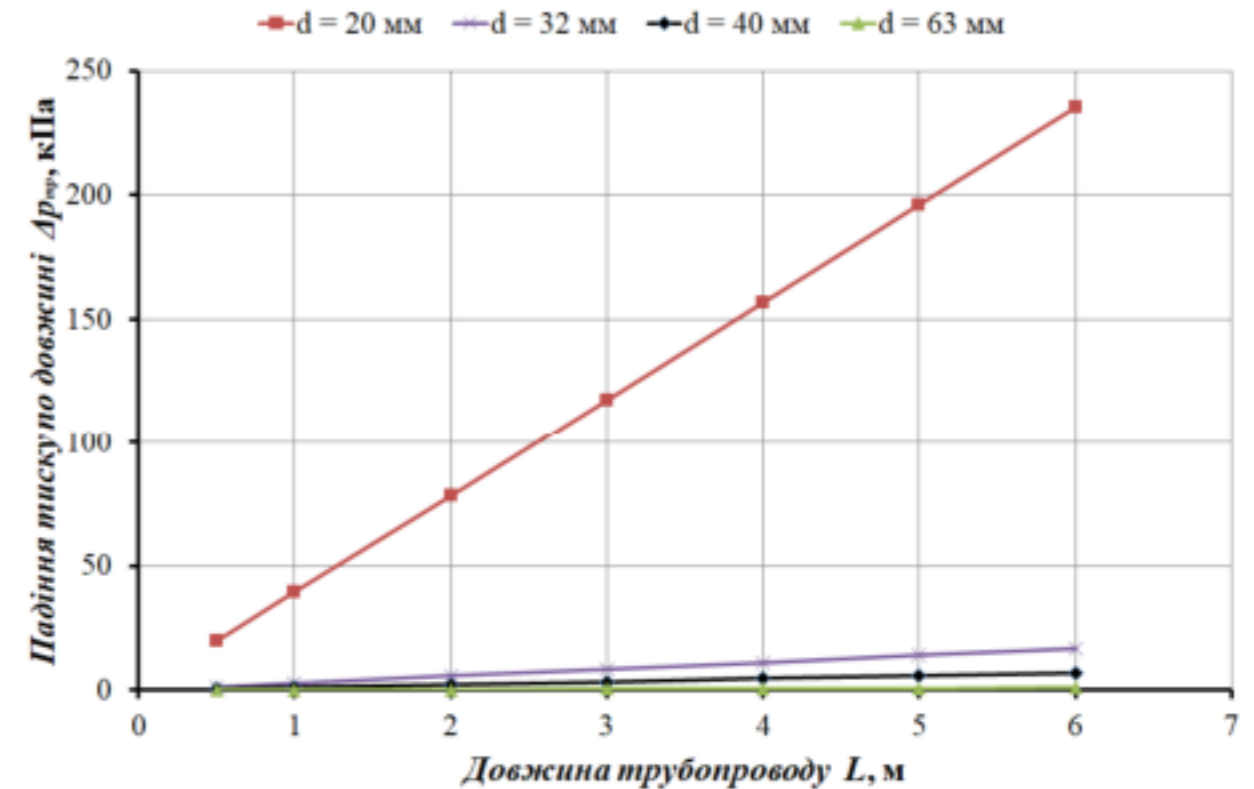


Рисунок 2 – Залежності падіння тиску по довжині $\Delta p_{тр}$ від довжини L трубопроводу при різних діаметрах d трубопроводу

РОЗРАХУНОК ВТРАТ НАПОРУ ТА ПАДІННЯ ТИСКУ ПО ДОВЖИНІ ТРУБОПРОВОДУ (продовження)

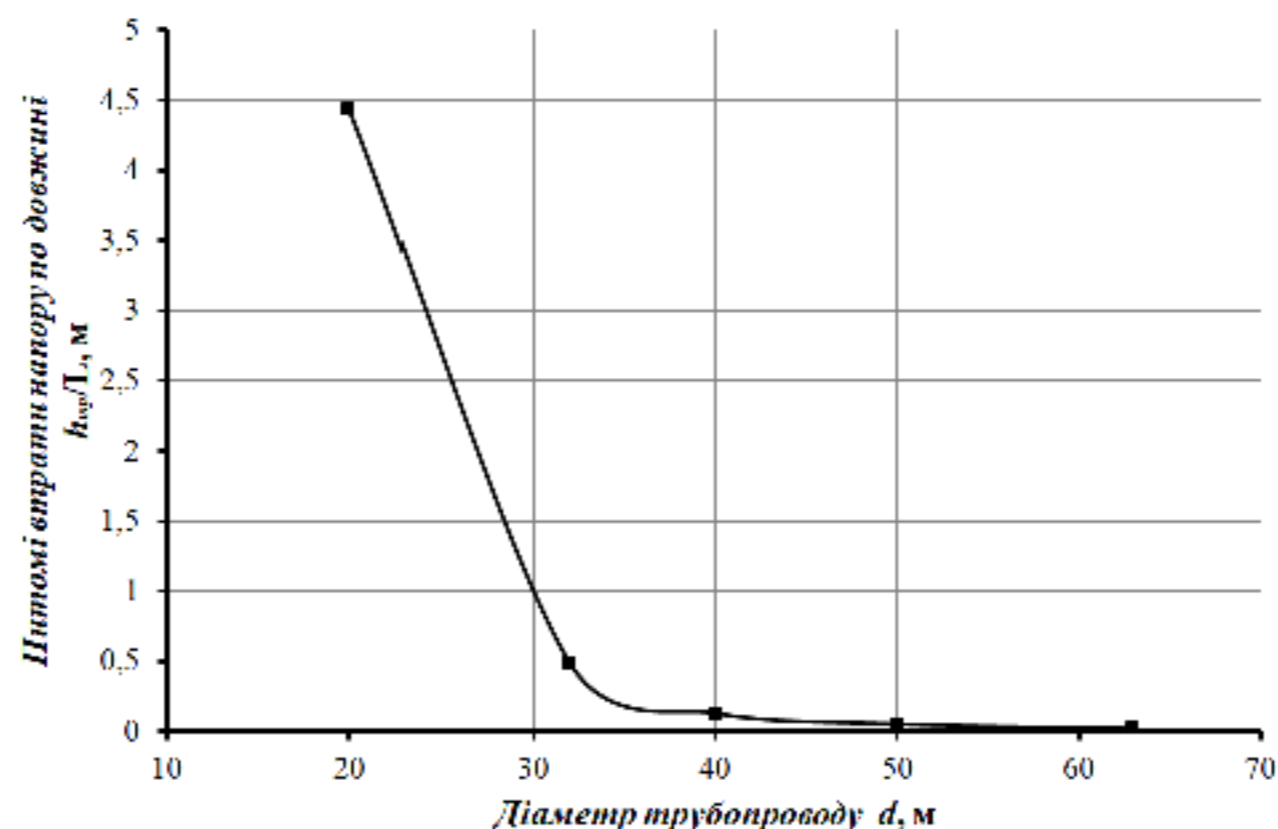
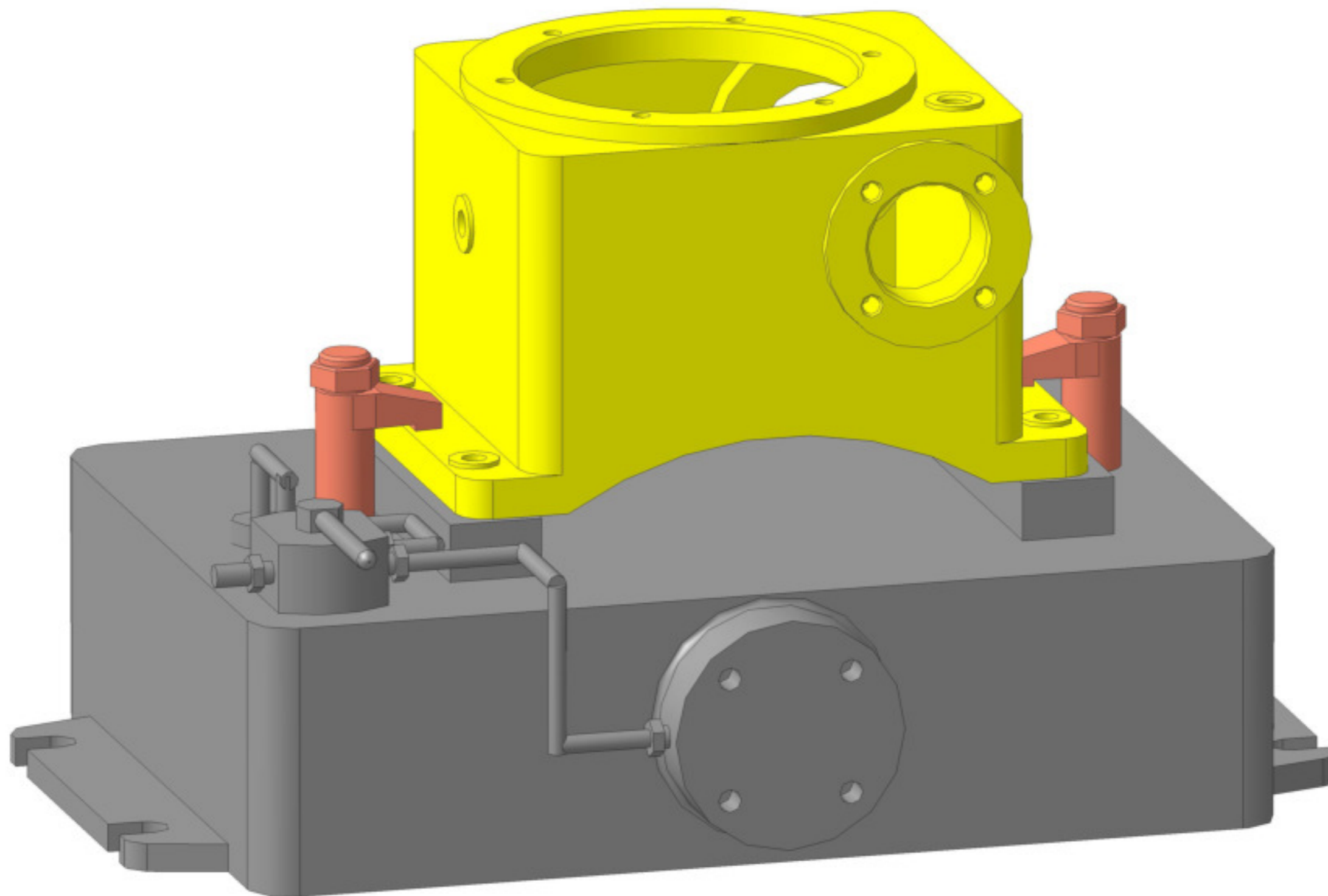
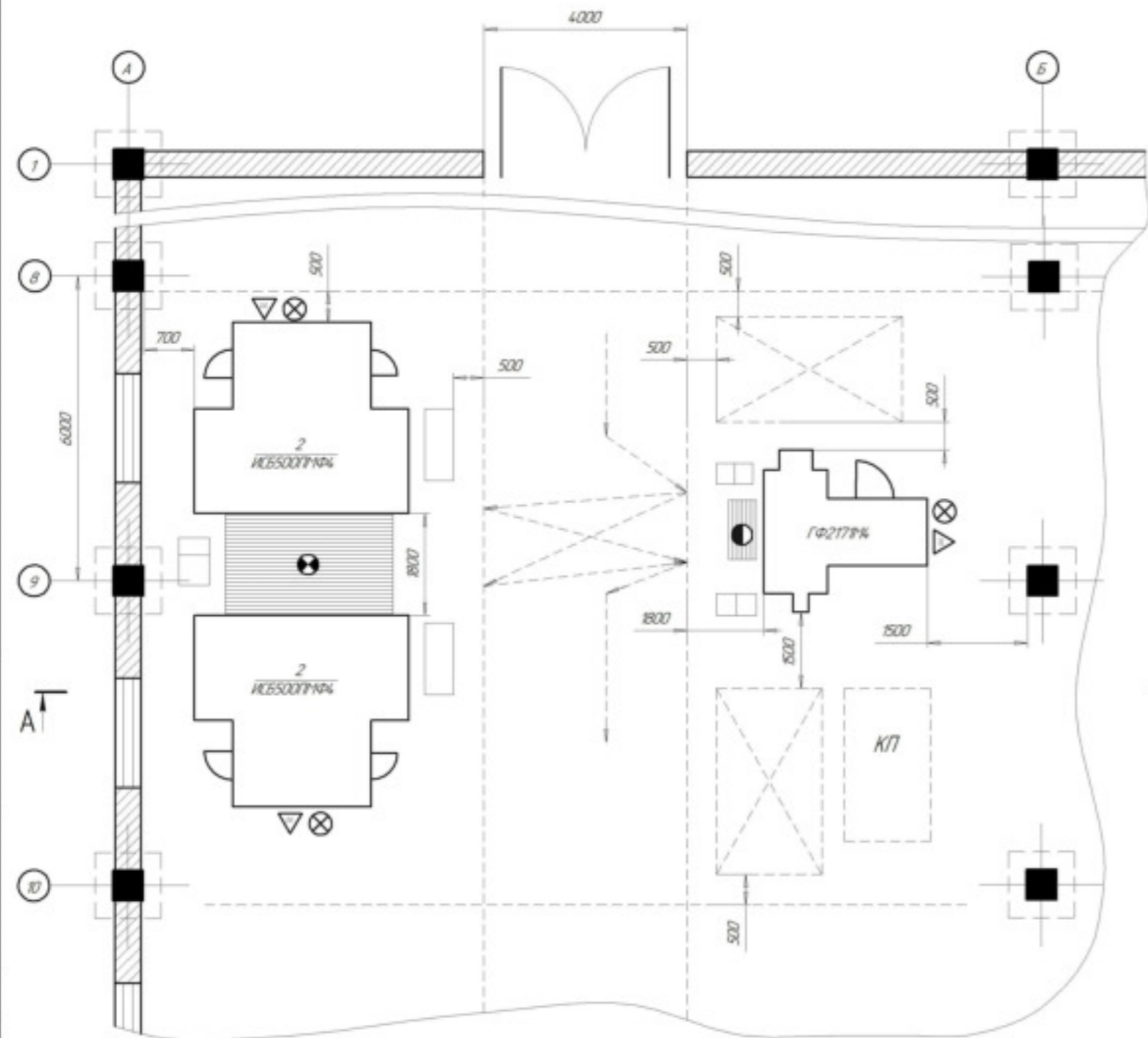


Рисунок 3 – Залежність питомих втрат напора на тертя від діаметру d напірного трубопроводу

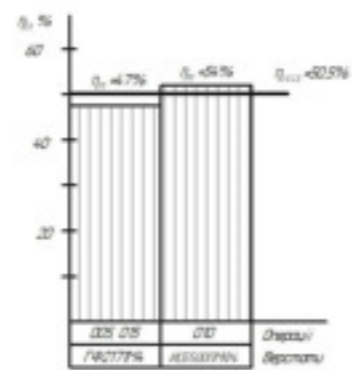
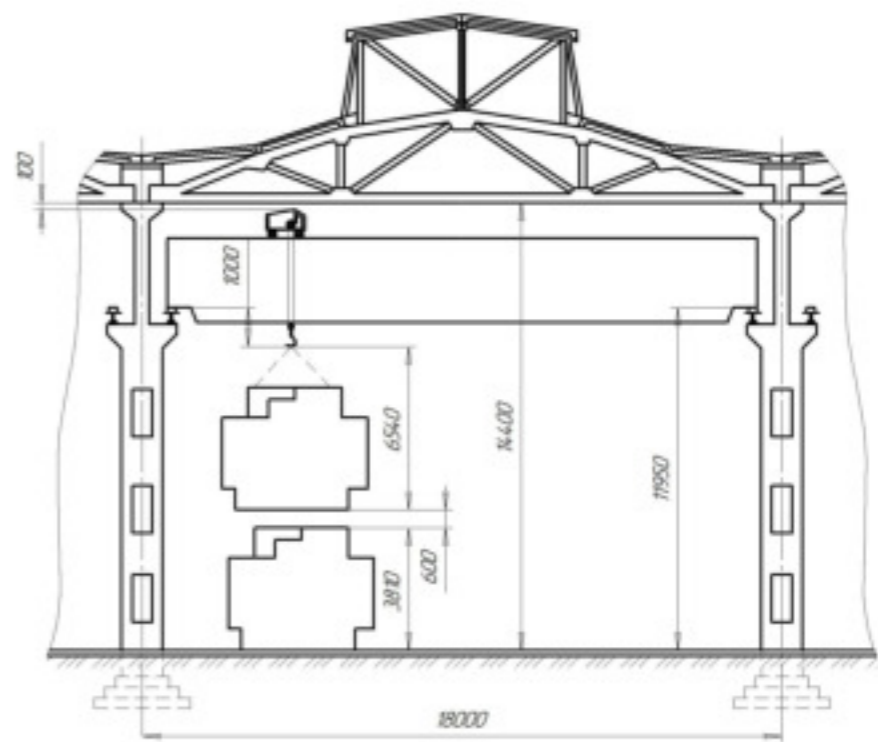
Висновок. Отримані залежності свідчать, що зі збільшенням довжини L трубопроводу втрати напора $h_{\text{тр}}$ на падіння тиску по довжині (на тертя) $\Delta p_{\text{тр}}$ також збільшуються. Особливо це помітно для діаметру $d = 20$ мм. Це пояснюється тим, що при зменшенні діаметру трубопроводу d збільшується середня швидкість руху рідини v і при досягненні певного критичного значення $v_{\text{кр}}$ ламінарний режим руху рідини переходить у турбулентний, відповідно, втрати напора $h_{\text{тр}}$ та тиску $\Delta p_{\text{тр}}$ по довжині суттєво збільшуються. Побудовано залежність питомих втрат напора на тертя в напірному трубопроводі від діаметру трубопроводу може бути корисна інженерам, студентам для розрахунків і проектування подібних гідроприводів.

Тривимірна модель верстатного пристосування



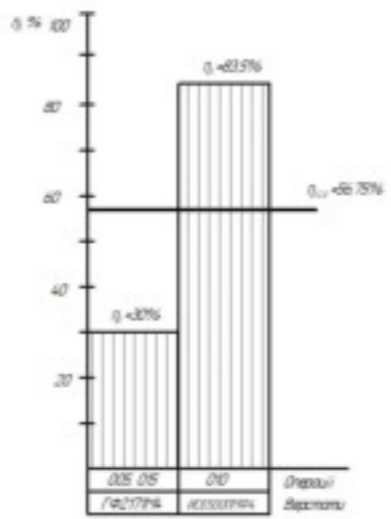


A-A(1:100)



Графік використання обладнання за основним часом

A



Графік завантаження обладнання

Технічна характеристика

- 1 Площа дільниці обробки корпусів м²
виробнича 140
загальна 216
- 2 Кількість верстатів на дільницях, шт 3
- 3 Кількість працівників на дільницях, чел:
основних 2
допоміжних 1
ІТР 1
СІП 1
МОП 1
- 4 Транспортні засоби
настільний кран важкокатковий, т 10
електрокрани важкокатковий, т 04

08-64.МҚР.018.00.800 В3			
Планробка дільниці механічної обробки		Лист 1	Всього 1
№ з/п	Назва	К-ть	Підпис
1	Площа дільниці	150	
ВНТУ			
ст.гр. 2171-22м			

Ділянка №1
 Ділянка №2
 Ділянка №3
 Ділянка №4
 Ділянка №5
 Ділянка №6
 Ділянка №7
 Ділянка №8
 Ділянка №9
 Ділянка №10

*Техніко-економічне порівняння варіантів
технологічного процесу*

<i>Базовий технологічний процес</i>	<i>Удосконалений технологічний процес</i>
<i>Техніко-економічні показники</i>	
<i>Спосіб виготовлення заготовки</i>	
<i>Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням</i>	<i>Лиття в піщано-глинисті форми з машиним формуванням</i>
<i>Собівартість заготовки, грн.</i>	
257,3	244,8
<i>Коефіцієнт точності маси заготовки, %</i>	
0,73	0,8
<i>Кількість операцій</i>	
12	3
<i>Кількість верстатів, шт.</i>	
12	3
<i>Кількість основних робітників, чол.</i>	
12	2
<i>Розряд основних робітників, чол.</i>	
5-6	3-4
<i>Капітальні вкладення, грн.</i>	
-	1 138 285,02
<i>Трудомісткість, хв.</i>	
39,5	20,39
<i>Виробнича площа дільниці, м²</i>	
360	140
<i>Виробнича собівартість одиниці продукції, грн.</i>	
462,83	321,41
<i>Економічний ефект, грн.</i>	
-	478 443,1
<i>Термін окупності, років</i>	
-	2,38

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	Лист	Лист	Листов
Справ №	A1			Документація					
				08-64.МКР.018.01.000 СК	Складальний кресленик	2			
					Складальні одиниці				
			1	08-64.МКР.018.01.100 СК	Гідрациліндр	1			
			2	08-64.МКР.018.01.200 СК	Кран розподільний	1			
					Деталі				
			3	08-64.МКР.018.01.001	Корпус	1			
			4	08-64.МКР.018.01.002	Плита постійна	1			
			5	08-64.МКР.018.01.003	Плита змінна	1			
			6	08-64.МКР.018.01.004	Прихват	2			
			7	08-64.МКР.018.01.005	Втулка	2			
			8	08-64.МКР.018.01.006	Пружина	2			
			9	08-64.МКР.018.01.007	Тяга	2			
			10	08-64.МКР.018.01.008	Вісь	2			
			11	08-64.МКР.018.01.009	Коромисло	1			
	12	08-64.МКР.018.01.010	Ролік	1					
	13	08-64.МКР.018.01.011	Клин	1					
	14	08-64.МКР.018.01.012	Установний пацець	2					
			Стандартні вироби						
	15		Гайка М16×1,5-6Н5 ГОСТ 5915-70	4					
			08-64.МКР.018.01.000						
			Приспосовання верстатне						
			ВНТУ, ст. гр. 2ПМ-22М						
			Копіював Формат А4						

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	Лист	Лист	Листов		
										Изм	Лист
Справ №	A1	16		Гвинт АМ10-6d×35.45 ГОСТ 1491-80	4						
		17		Палець циліндричний 7030-0904 f7 ГОСТ 12209-66*	1						
		18		Палець зрізаний 7030-0924 f7 ГОСТ 12210-66*	1						
		19		Шайба 16.1 ГОСТ 11371-78	2						
		20		Штифт 8×20 ГОСТ 3128-70	4						
		21		Штифт 8×34 ГОСТ 3128-70	1						
					08-64.МКР.018.01.000						
					Приспосовання верстатне						
					ВНТУ, ст. гр. 2ПМ-22М						
					Копіював Формат А4						