

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій.

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Фраймович А.В.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Нечасв В.П.

Кривий Ріг
2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Фраймович А.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-23м Фраймовича Артема Віталійовича

1. Тема: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій.

2. Керівник КМР: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджений наказом по КНУ № 858с від «18» листопада 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Опис вузла. 2. Складальне креслення
3. Креслення деталі «Корпус». 4. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Розробка та узгодження технічного завдання. 2 Проектування технологічного процесу. 3 Технологічна підготовка виробництва виробу. 4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5 Конструкторська підготовка виробництва. 6 Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Корпус. 2.Графотехнологія 3. Ескізи операцій. 4. Верстатно-інструментальне налагодження. 5. Верстатне пристосування. 6. Контрольне пристосування. 7.План дільниці.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	20.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	21.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2024
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2024
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	18.11.2024
Попередній захист	10.12.2024

Дата видачі завдання: «19» вересня 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ / Нечаєв В.П. /

Завдання отримав
магістрант _____ / Фраймович А.В. /

Формат	Зона	Лист.	Позначення	Найменування	Кол.	Прим.	Перед. примеч.	Строч. №	Підп. і дата	Взам. код №	Інв. № відп.	Підп. і дата	Інв. № подл.	Взам. код №	Підп. і дата	Інв. № подл.	КНУ.КМР.131.24.1-16.ВМ																					
																	Зм.	Аск.	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Арк.	Арк.														
				<u>Документація</u>																																		
A4			КНУ.КМР.131.24.1-16.ПЗ	Пояснювальна записка	111																																	
A4			КНУ.КМР.131.24.1-16.ТП	Альбом тех. карт на ТП	10																																	
				<u>Креслення</u>																																		
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.К	Корпус	1																																	
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.ХЧВСБ	Холодова частина вентилятора ВМ-75/1200 (складальне креслення)	2																																	
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.КВ	Корпус (вилізок)	1																																	
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.ГЗТП	Графічне зображення ТП	1																																	
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.ПК	Приспосовання контрольне	1																																	
A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.ПРО	План розміщення обладнання	1																																	
КНУ.КМР.131.24.1-16.ВМ																	Лит.	Арк.	Арк.																			
																			1																			
Відомість матеріалів																	Кафедра ТМ гр. ПМ-23м																					
Копіявал																	Формат А4																					

РЕФЕРАТ

Тема МВР: «Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій»

Пояснювальна записка до МВР: 110 стор., 43 рисунків, 21 таблиць, маршрутні та операційні карти технологічного процесу обробки деталі.

Розробка та впровадження сучасні технічні системи та агрегати неможливо створити без застосування комплексного підходу до організації процесу. проєктування та конструкторсько-технологічної підготовки. Планування є ключовим етапом, оскільки цей процес спрямований на ефективне розв'язання завдань зі створення надійних систем. та ефективних технічних виробів.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» для забезпечення її відповідності технічному завданню, підвищення якості та економічної ефективності.

У роботі вирішено наступні завдання:

- аналіз та вибір оптимальних матеріалів для виготовлення деталі;
- проєктування заготовок та припусків на механічну обробку;
- оптимізація технологічного процесу обробки;
- розробка моделей та керуючих програм для верстатів із ЧПК;
- створення пристосувань для обробки та контролю;
- забезпечення охорони праці та екології виробництва.

Результати роботи підтверджують доцільність обраних рішень, що сприяють підвищенню продуктивності, надійності та економічності виробництва.

КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, САПР, ВЕРСТАТИ З ЧПК.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.Р</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фраймович			<i>РЕФЕРАТ</i>	Літ.	Арк.	Акришів
Перевір.		Нрчпгн						
Реценз.						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.		Нрчпгн						
Затверд.		Рязнінрн						

ABSTRACT

The theme of the research work: “Development of innovative processes of design and technological preparation for the manufacture of the part “Housing” of the fan chassis VM-75/1200-MK using CAD technologies”

Explanatory note to the research work: 109 pages, 43 figures, 21 tables, route and operational maps of the technological process of part processing.

The development and implementation of modern technical systems and units is impossible without an integrated approach to the design process and design and technological preparation. Planning is a key stage of this process, aimed at effectively solving the problems of creating reliable and efficient technical products.

The purpose of this work is to develop a technological process for the manufacture of the “Body” part to ensure its compliance with the technical task, improve quality and cost-effectiveness.

The following tasks have been solved in this work:

- analysis and selection of optimal materials for the manufacture of the part;
- design of workpieces and machining allowances;
- optimization of the machining process;
- development of models and control programs for CNC machines;
- creation of devices for processing and control;
- ensuring labor protection and production ecology.

The results of the work confirm the feasibility of the selected solutions, which contribute to increased productivity, reliability and cost-effectiveness of production.

HULL, TECHNOLOGICAL PROCESS, MACHINING, SAPR, CNC MACHINES.

					<i>KHY.KMP.131.24.1-16.P</i>	<i>Лист</i>
<i>ЗМН.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП	13
1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	15
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних.....	15
1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі.....	16
1.3 Вимоги до методів проєктування, обладнання та технологій.....	18
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	20
2.1 Службове призначення виробу.....	20
2.2 Обчислення лінійних і кутових розмірних зв'язків	20
2.2.1 Обчислення лінійних розмірних ланцюгів.....	20
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ	25
3.1 Аналіз техніко-економічних характеристик вихідних даних для обробки деталі.....	25
3.1.1 Функціональне призначення деталі, вибір матеріалу та можливих замін.....	25
3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	26
3.1.3 Технічний контроль робочого креслення.....	26
3.1.4 Аналіз технологічності деталі.....	26
3.1.4.1 Якісна оцінка технологічності.....	27
3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності	27
3.1.5 Вибір типу виробництва.....	28
3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи	28

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.3</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>		
Розроб.		Фраймович					
Перевір.		Нрчлгв					
Реценз.							
Н. Контр.		Нрчлгв					
Затверд.		Рязпнієв			Лит.	Арк.	Акрушів
					<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>		

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу	30
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі.....	31
3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок	31
3.2.2 Вибір і обґрунтування баз	34
3.2.2.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз	34
3.2.2.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.....	36
3.2.3 Проектування заготовок.....	39
3.2.4 Розробка маршруту обробки деталі	41
3.2.3 Розробка технологічної операції	45
3.2.3.1 Вибір верстатного обладнання для технологічного процесу виготовлення деталі «корпус»	45
3.2.3.1 Визначення припусків на механічну обробку.....	47
3.2.3.1.1 Визначення припусків на механічну обробку графо-аналітичним методом для поверхні $\varnothing 240_{H7}$	47
3.2.3.2 Вибір режимів різання.....	51
3.2.3.2.1 Розрахунок режимів різання для поверхні $\varnothing 240_{H7}$ аналітичним методом.....	51
3.2.3.2.2 Визначення режимів різання табличним методом для решти поверхонь	54
3.2.3.3 Нормування технологічних операцій.....	56
4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	58

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.3</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з чпк	58
4.2 Робота з проміжними файлами, вибір системи чпк, постпроцесора та отримання керуючих програм.....	59
4.3 Візуалізація та перевірка керуючих програм	64
5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА.....	68
5.1 Проектування верстатного оснащення	68
5.1.1 Пристосування операції 005.....	68
5.1.1.1 Розробка розрахункової схеми пристрою.....	69
5.1.1.2. Розрахунок необхідної сили закріплення.....	71
5.1.1.3 Перевірка забезпечення сили закріплення	72
5.1.1.4 Принцип роботи пристрою	73
5.2.1 Проектування пристрою для операцій 010 – 020.....	74
5.2.1.1 Розробка розрахункової схеми пристрою.....	75
5.2.1.2 Розрахунок необхідної сили закріплення	77
5.2.1.3 Перевірка забезпечення сили закріплення	77
5.2 Проектування контрольного оснащення	79
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	81
6.1 Формування вихідних параметрів робочого місця/дільниці/цеху	81
6.2 Охорона праці та екологія виробництва.....	83
6.2.1 Електробезпека.....	83
6.2.2 Пожежна безпека.....	86
6.2.3 Освітлення приміщення ділянки	87
6.2.4 Забезпечення безпеки при експлуатації підйомно-транспортних машин	88

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.3</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.2.5	Безпека верстатних пристосувань	89
6.2.6	Облік вимог санітарії й охорони навколишнього середовища при застосуванні зотз	90
6.3	Розрахунки ключових техніко-економічних показників	90
6.3.2	Розрахунок витрат на устаткування	91
6.3.3	Розрахунок витрат на технологічне устаткування	92
6.3.4	Розрахунок витрат на допоміжне технологічне устаткування	92
6.3.4	Розрахунок витрат на підйомно-транспортне устаткування	93
6.3.5	Розрахунок витрат на енергетичне устаткування	93
6.3.7	Розрахунок капітальних витрат на оснащення	93
6.3.9	Розрахунок витрат на споруди та передавальні пристрої Кс	94
6.3.10	Обчислення витрат на виробниче приладдя та інвентар Кві	94
6.4	Обчислення технологічної та повної собівартості виробу «Корпус», а також визначення договірної ціни	94
6.4.1	Розрахунок витрат на матеріали	94
6.4.2	Розрахунок витрат на заробітну плату основних робітників	95
6.4.3	Розрахунок витрат на заробітну плату додаткових робітників	95
6.4.4	Розрахунок нарахувань на фонд оплати праці	95
6.4.5	Розрахунок витрат на поточні, капітальний ремонт устаткування і його обслуговування	95
6.4.6	Розрахунок витрат на силову електроенергію	96
6.4.7	Розрахунок амортизаційних відрахувань на реновацію устаткування	96
6.4.8	Обчислення амортизаційних відрахувань на використання пристосувань	97

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.3</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.4.9 Розрахунок витрат на експлуатацію різального інструменту	97
6.4.10 Обчислення витрат на обслуговування та амортизацію будівлі... 98	
6.4.11 Статті капітальних витрат	99
6.4.11 Пункти експлуатаційних витрат	99
6.4.12 Техніко-економічні показники цеху (дільниці)	100
7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ.....	101
ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-03.3</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Розробка сучасних машин та механізмів потребує постійного вдосконалення процесів конструкторсько-технологічної підготовки. В умовах зростаючої конкуренції та швидкого розвитку технологій важливою складовою успіху є здатність впроваджувати інноваційні підходи, які дозволяють скорочувати час виробництва, підвищувати точність проектування та якість кінцевої продукції. Однією з таких інноваційних технологій є системи автоматизованого проектування (САПР), що стають невід'ємною частиною будь-якого процесу, пов'язаного з проектуванням та виготовленням технічних виробів.

САПР-технології є потужним інструментом для інженерів, які займаються розробкою складних механізмів. Вони дозволяють автоматизувати більшість рутинних операцій, таких як створення креслень, розрахунок навантажень, моделювання роботи окремих елементів конструкції тощо. Це не тільки значно полегшує роботу інженерів, але й дозволяє їм більше уваги приділяти творчому підходу до вирішення задач, а також скорочувати ризики, пов'язані з помилками на етапі розробки. Особливо це стосується таких важливих елементів промислового обладнання, як «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК, де точність та надійність конструкції є критично важливими для успішної експлуатації всього пристрою.

Деталь «Корпус» відіграє важливу роль у забезпеченні надійної роботи вентилятора. Вентилятори типу ВМ призначені для пневматичного транспортування неагресивного вугільного пилу в системах пилоприготування котлів. Корпус ходової частини виконує функцію основного елемента, що об'єднує всі робочі механізми вентилятора. Враховуючи те, що обладнання працює в умовах високої запиленості та під дією абразивного середовища, важливо, щоб корпус був максимально міцним, надійним і довговічним. Усі ці вимоги можна забезпечити лише за допомогою точного конструкторсько-технологічного підходу до його виготовлення.

Розробка технологій виробництва корпусу вентилятора потребує детального аналізу вимог до матеріалів, умов експлуатації, а також специфіки роботи вентилятора в цілому. САПР дозволяє автоматизувати цей процес, моделюючи не тільки геометричні параметри деталі, але й враховуючи всі необхідні механічні та фізичні характеристики матеріалів, з яких вона виготовлена. Віртуальні симуляції дозволяють передбачити, як буде поводитись корпус при реальних експлуатаційних навантаженнях, що знижує ризик помилок та підвищує надійність конструкції.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.В</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фраймович			<i>ВСТУП</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчпгф						
Реценз.						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.		Нрчпгф						
Затверд.		Рязнінрф						

Важливою перевагою САПР технологій є можливість інтеграції з іншими автоматизованими системами, зокрема з верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК). Це дозволяє швидко і точно передавати всі технічні параметри безпосередньо на виробниче обладнання, що забезпечує високу точність виготовлення деталей і мінімізує людський фактор. Крім того, такі системи дозволяють оптимізувати процес виробництва, зменшити кількість відходів матеріалу та покращити якість кінцевого продукту.

Застосування САПР у розробці та виготовленні деталей промислового обладнання, таких як «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК, дозволяє значно підвищити ефективність виробничого процесу та забезпечити відповідність найвищим стандартам якості. Це забезпечує не тільки тривалу й безперебійну роботу вентиляційних систем, але й знижує експлуатаційні витрати, пов'язані з ремонтом та обслуговуванням обладнання.

Впровадження інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки з використанням САПР також сприяє зростанню рівня конкурентоспроможності підприємства на ринку. Швидке та якісне виконання замовлень, висока надійність продукції, можливість масштабування виробництва без втрати якості — все це забезпечує підприємствам, які впроваджують такі технології, значну перевагу перед конкурентами. Окрім цього, використання сучасних систем автоматизованого проектування дозволяє зменшити час на навчання нових співробітників і підвищити загальний рівень технічної культури на виробництві.

Таким чином, використання САПР технологій у процесі розробки та виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК є ключовим етапом для покращення ефективності та якості виробництва. Це дозволяє забезпечити високу точність та надійність конструкції, скоротити час на підготовку виробництва, а також підвищити загальний рівень технологічного процесу на підприємстві.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.В</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Першим і одним з найважливіших етапів розробки деталі є формування та узгодження технічного завдання (ТЗ). Технічне завдання визначає вимоги до конструкції, матеріалів, технологій виготовлення та умов експлуатації деталі. Для такого відповідального елемента, як корпус вентилятора, всі ці параметри повинні бути максимально деталізованими.

Об'єктом роботи є конструкція корпусу вентилятора, призначеного для транспортування пило вугільної суміші в системах підготовки палива. Метою роботи є розробка корпусу, що забезпечує надійну експлуатацію в умовах високої запиленості, температурних навантажень та динамічних впливів. Основними завданнями є аналіз вимог до міцності та стійкості корпусу, вибір матеріалів та розробка технічних рішень для підвищення надійності конструкції в умовах абразивного середовища.

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Технічне завдання (ТЗ) — це документ, який визначає основні вимоги до деталі, включаючи її геометричні параметри, матеріали, методи виготовлення та експлуатаційні умови. Основним елементом ТЗ є вимоги до міцності, жорсткості та надійності корпусу вентилятора.

Аналіз вихідних даних включає в себе вивчення робочих умов вентилятора та впливу, якому піддається корпус. Для ВМ-75/1200-МК основними факторами, які слід враховувати при проектуванні корпусу, є:

Запиленість робочого середовища — вугільний пил є абразивним, тому корпус повинен бути стійким до механічного зносу. Максимальний рівень запиленості — до 80 г/м³.

Температурний режим — система працює при підвищених температурах, що вимагає додаткового захисту від теплового розширення та деформації.

Динамічні навантаження — обертання робочого колеса створює значні навантаження на корпус, тому він має бути стійким до механічних вібрацій і деформацій.

При аналізі даних особливу увагу приділяють геометричним параметрам корпусу, що безпосередньо впливають на його експлуатаційні властивості. Важливими є також характеристики використовуваних матеріалів, їх стійкість до корозії, тепловий опір та міцність.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.РУТЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фраймович			РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчлгв						
Реценз.								
Н. Контр.		Нрчлгв				Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		
Затверд.		Рязнінєв						

Основними етапами технічного аналізу є:
 Вивчення умов експлуатації (середовище, температури, навантаження).
 Аналіз попередніх рішень та можливість застосування нових матеріалів і технологій.

1.2 Службове призначення об'єкту проєктної задачі

Вентилятори типу ВМ призначені для пневматичного транспортування неагресивного вибухобезпечного вугільного пилу в системах пилоприготування котлів при розмелюванні твердих палив типу антрацит або напів антрацит у барабано-кульових млинах продуктивністю від 20 до 70 т/год.

Конструкція вентиляторів розрахована на встановлення їх після сепараторів і циклонів і допускає запиленість пиловугільної аеро суміші, що не перевищує 80 г/м^3 . Допускається застосування вентиляторів у технологічних установках для транспортування неагресивних середовищ із запиленістю до 80 г/м^3 , за абразивністю та схильністю до налипання не відрізняються від пиловугільної аеро суміші. Вентилятори цієї серії - відцентрові, одностороннього всмоктування.

Вентилятор ВМ-75/1200-МК – це промисловий вентилятор, призначений для вентиляції шахт, тунелів та інших підземних споруд. Він використовується для забезпечення подачі свіжого повітря або видалення відпрацьованого повітря з підземних приміщень. Це особливо важливо для забезпечення безпеки працівників на підприємствах гірничої промисловості.

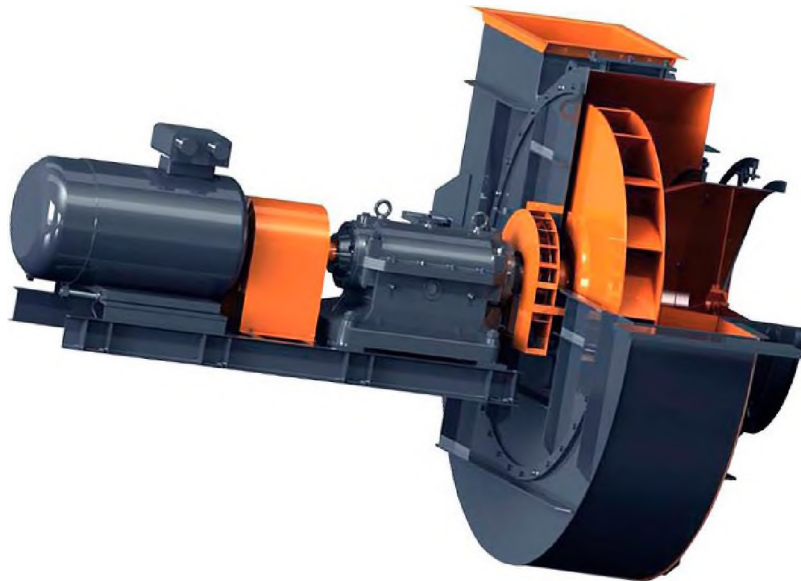


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вентилятора ВМ-75/1200-МК

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.РУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Ходова частина вентилятора ВМ-75/1200-МК є однією з ключових компонентів механізму, що забезпечує його надійну роботу і довговічність. Ходова частина включає такі основні елементи:

Підшипники використовуються для підтримки та забезпечення плавного обертання робочого колеса. Вони мінімізують тертя та забезпечують стійку роботу вентилятора при високих навантаженнях.

Вентилятори ВМ оснащені високоякісними підшипниками, які розраховані на тривалий термін служби та можуть витримувати значні динамічні навантаження, що виникають під час експлуатації.

Основний вал з'єднує робоче колесо з електродвигуном. Він повинен бути міцним і стійким до згинальних і крутних зусиль.

Для забезпечення надійності та довговічності вали виготовляються із високоміцних матеріалів та проходять термічну обробку.

Включають болти, гайки, шайби та інші деталі, що забезпечують надійне з'єднання всіх компонентів ходової частини.

Особлива увага приділяється точності виготовлення та якості кріпильних елементів, тому що від цього залежить безпека та надійність роботи вентилятора.

Для зниження вібрацій та шуму, що передаються від робочого колеса та електродвигуна на корпус вентилятора, використовуються різні амортизаційні елементи.

Це можуть бути гумові або пружинні амортизатори, які встановлюються між ходовою частиною та корпусом вентилятора.

Системи мастила:

Для забезпечення довговічності та надійної роботи підшипникових вузлів застосовується система мастила. Це може бути як періодична, так і постійна система мастила з використанням різних типів мастил.

Якісне мастило запобігає передчасному зносу підшипників та інших рухомих частин, знижуючи тертя та тепловиділення.

Ходова частина вентилятора ВМ-75/1200-МК спроектована так, щоб забезпечити максимальну надійність і довговічність при експлуатації в умовах високої запиленості та абразивної дії вугільного пилу, що транспортується.

Деталь «Корпус» є основним структурним елементом вентилятора ВМ-75/1200-МК, який забезпечує надійне розміщення та кріплення інших механізмів і частин вентилятора. Корпус має забезпечувати такі функції:

Захист внутрішніх компонентів вентилятора від вугільного пилу та зовнішніх впливів. Вентилятор використовується в умовах підвищеного запилення, тому корпус повинен бути герметичним і стійким до абразивного впливу.

Міцність і стабільність. Корпус підтримує робоче колесо та підшипникові вузли, тому важливо забезпечити їх стабільне розташування.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.РУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Забезпечення точності монтажу інших елементів. Корпус має бути виконаний з максимальною точністю, щоб уникнути збоїв у роботі вентилятора через неправильне розташування компонентів.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Проектування корпусу вентилятора передбачає використання сучасних систем автоматизованого проектування (САПР), які дозволяють створювати тривимірні моделі, проводити аналіз навантажень та тестування ще до стадії виготовлення.

Основні вимоги до методів проектування корпусу включають:

3D моделювання з використанням САПР (SolidWorks, AutoCAD, Siemens NX), що дозволяє візуалізувати корпус у різних умовах експлуатації.

FEM-аналіз (метод кінцевих елементів) для моделювання напружень і деформацій у корпусі під час експлуатації. Цей метод дозволяє визначити критичні точки, де може виникати небезпека руйнування або деформації деталі.

Оптимізація матеріалів: Вибір матеріалів для виготовлення корпусу залежить від його експлуатаційних умов. Використовуються міцні, зносостійкі матеріали, такі як сталі з підвищеною стійкістю до абразивного зносу та корозії.

Оптимізація матеріалів і технологій обробки. При проектуванні корпусу використовуються зносостійкі матеріали, такі як леговані сталі, що забезпечують тривалий термін служби в умовах високої абразивності.

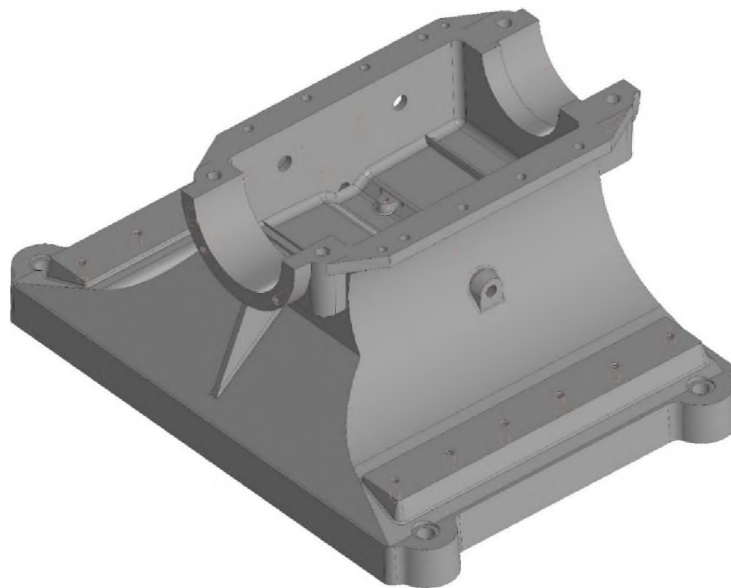


Рисунок 1.2 – Схема 3D моделі корпусу

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.РУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Основні технології виробництва корпусу:

Лиття. Корпус вентилятора виготовляється методом лиття, що забезпечує його міцність і однорідність матеріалу.

Механічна обробка. Після лиття корпус піддається механічній обробці для досягнення необхідної точності розмірів.

Захисне покриття. Для підвищення стійкості до корозії корпус покривається спеціальними захисними речовинами.

Системи автоматизованого проектування (САПР) дозволяють зменшити час на розробку деталей та оптимізувати виробничі процеси, що призводить до скорочення витрат і підвищення якості продукції.

Розробка та узгодження технічного завдання на виготовлення корпусу вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій значно спрощує процес проектування, забезпечує високу точність і надійність готового виробу. Впровадження інноваційних методів проектування дозволяє мінімізувати ризики помилок і підвищити ефективність виробничого процесу.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.РУТЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Службове призначення виробу

Службове призначення корпусу – корпуси машин та механізмів служать для захисту внутрішніх елементів, з'єднання деталей та забезпечення структурної цілісності механізму. Вони також можуть служити для передачі навантажень між компонентами системи та забезпечувати стійкість і жорсткість всієї конструкції.

2.2 Обчислення лінійних і кутових розмірних зв'язків

2.2.1 Обчислення лінійних розмірних ланцюгів

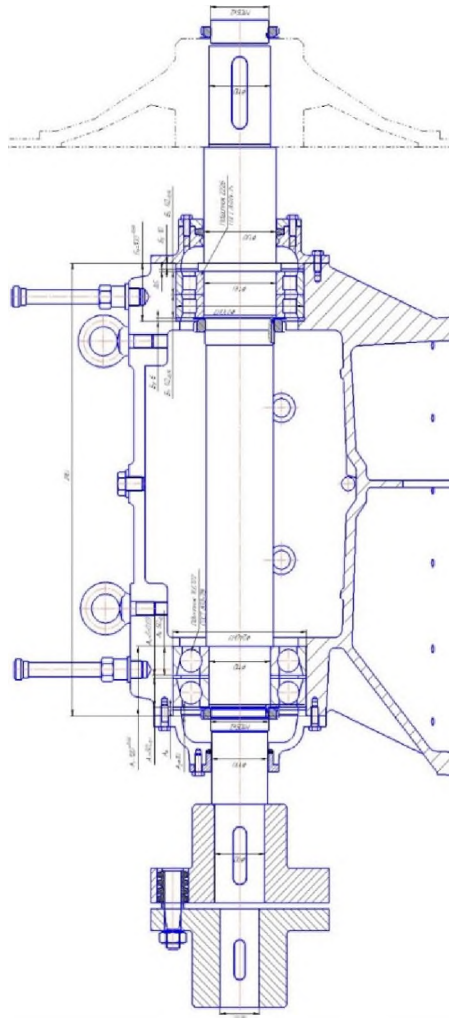


Рисунок 2.1 – Ходова частина механізму.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ПТП</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович					
Перевір.		Нрчпгв					
Реценз.							
Н. Контр.		Нрчпгв					
Затверд.		Рязнінрв					
					ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ		
					Лит.	Арк.	Акрюшів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		

Розмірний ланцюг «А»

Виконаємо розрахунок розмірного ланцюга за методом максимуму-мінімуму. Для визначення допуску складових ланок використовувати спосіб однакової точності, тобто одного квалітету.

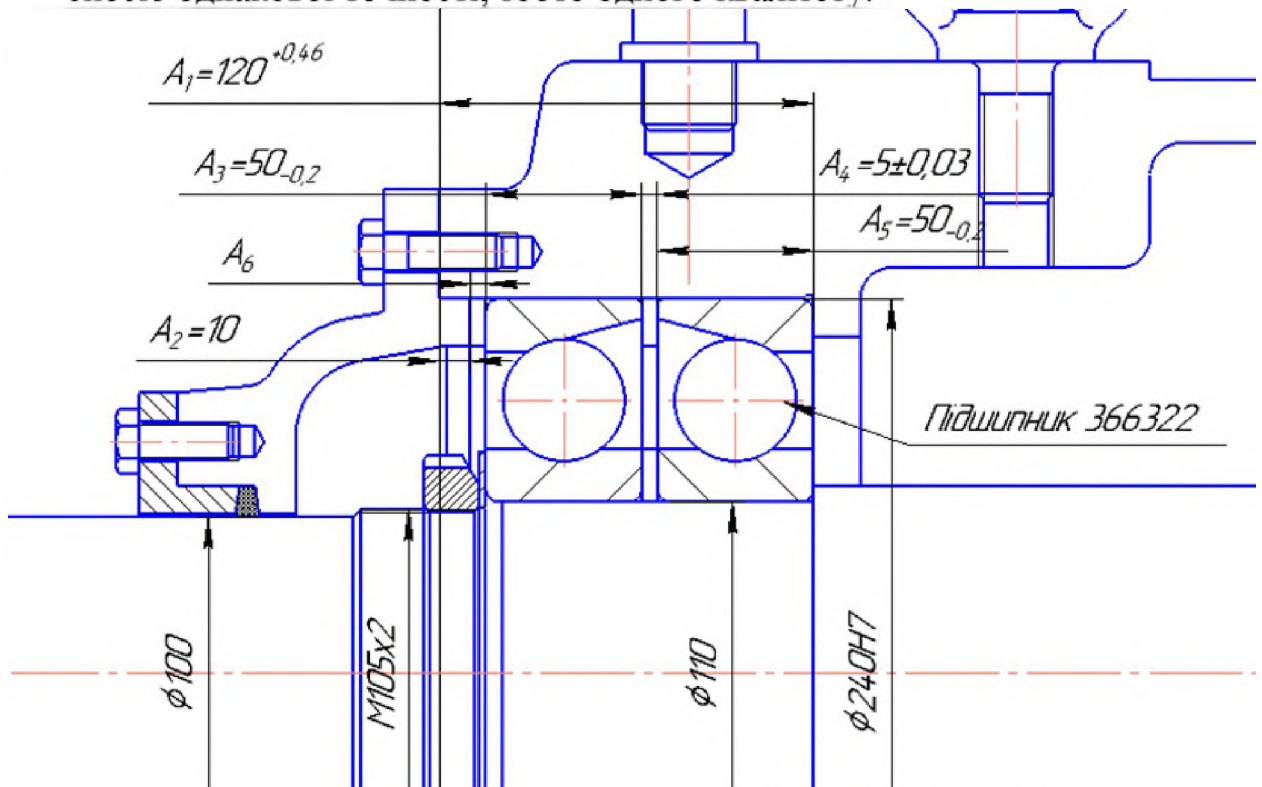


Рисунок 2.2 – Схема розмірного ланцюга «А».

Рішення

Номинальні розміри складових ланок:

$A_1=120^{+0.46}$ мм - розмір глибини розточки у корпусі,

$A_2=10$ мм - розмір кришки,

$A_5=A_3=50_{-0.2}$ - ширина кільця підшипника 366322,

$A_4=5\pm 0.03$ мм – ширина дистанційного кільця,

A_6 - замикаюча ланка, що підлягає розрахунку.

За технічними вимогами необхідно щоб при затягуванні болтів забезпечити замикання зовнішніх кілець підшипників на внутрішній торець розточки в корпусі

Номинальний розмір замикаючої ланки:

$$A_6 = \sum A_{i_{\text{ув}}} - \sum A_{i_{\text{ум}}} = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_{11}) = 120 - (10 + 50 + 5 + 50) = 50 \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Гранічні розміри замикаючої ланки $A_6=5^{+1.0}$

Приймаємо, що усі розміри розмірного ланцюга рівноточні, розраховуємо середню кількість одиниць допуску:

$$k = \frac{T_{\text{вд}}}{\sum_1^{m+n} (0.45 \sqrt[3]{D} + 0.01D)} = \frac{1000 - 460 - 200 - 200 - 60}{0.9} = 88.9 \quad (2.2)$$

Відповідно до табл.М1 $k=88.98$ знаходиться між $k=64$ (10 квалітет) та $k=100$ (11 квалітет). Згідно до табл. М приймаємо 10 квалітет для розміру A_2 .

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ПТП

Лист

Розраховуємо суму допусків для розмірів розмірного ланцюга:

$\sum_{i=1}^n T_{B_i} = 460 + 58 + 200 + 60 + 200 = 978$ мкм, тобто розмірний ланцюг має запас точності 22 мкм, для того щоб отримати повне співпадіння допусків, збільшуємо допуск 2-ї ланки на 22 мкм, тобто $T_{A_2}=80$ мкм (ув'язочна ланка).

Таблиця 2.1 – Розрахунок розмірів розмірного ланцюга

A_i , мм	i , мкм	T_{A_i} , мкм	A_i та допуск
$A_1 = 120$	-	460	$120^{+0.46}$
$A_2 = 10$	0.9	80	$10_{-0.11}^{-0.03}$
$A_3 = 50$	-	200	$50_{-0.2}$
$A_4 = 5$	-	60	5 ± 0.03
$A_5 = 50$	-	200	$50_{-0.2}$
$A_6 = 5$	-	1000	$5^{+1.0}$
	$\Sigma=0.9$ мкм	$\Sigma=1000$ мкм	

Назначаємо відхилення усіх зменшуючих ланок «в - », а збільшуючих «в +».

Розраховуємо допуск замикаючої ланки:

$$ES_{A_6} = \sum ES_{A_{зб}} - \sum EI_{A_{зм}} = (0.46) - (-0.11 - 0.2 - 0.03 - 0.2) = 0.219 + 0.706 = +1.0 \text{ мм} \quad (2.3)$$

$$EI_{A_6} = \sum EI_{A_{зб}} - \sum ES_{A_{зм}} = 0 - (-0.03 + 0.03) = 0 \text{ мкм}. \quad (2.4)$$

$$T_{A_6} = 1.0 \text{ мм}$$

Номинальний розмір замикаючої ланки : $A_6 = 5^{+1.0}$

Приходимо до висновку, що розмірний ланцюг розраховано вірно.

Розмірний ланцюг «Б»

Виконаємо розрахунок розмірного ланцюга за методом максимуму-мінімуму. Для визначення допуску складових ланок використовувати спосіб однакової точності, тобто одного квалітету.

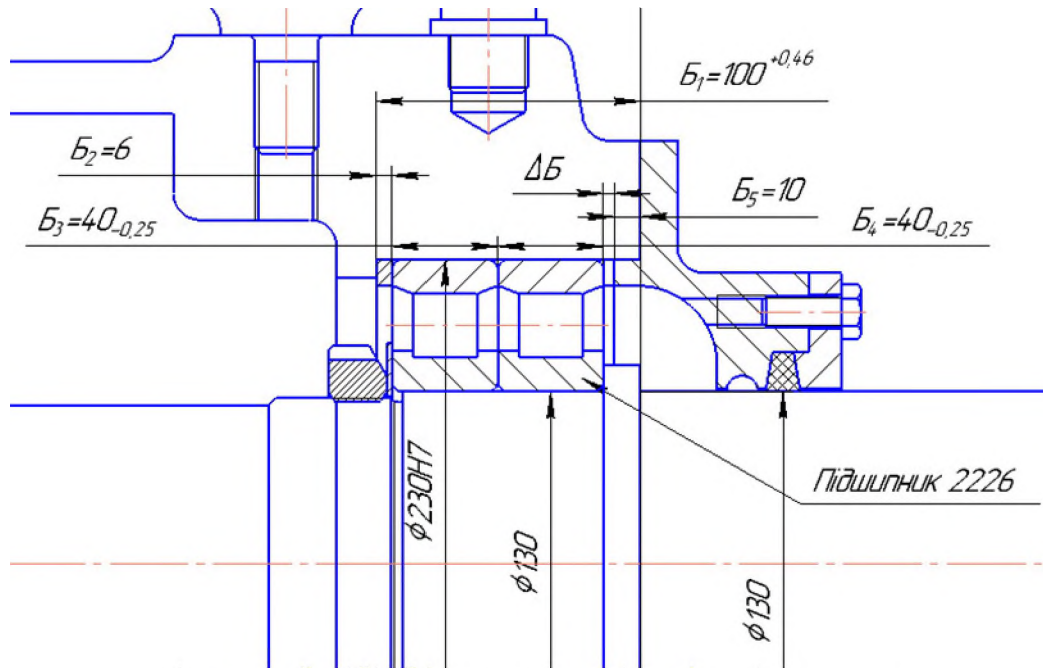


Рисунок 2.3– Схема розмірного ланцюга «Б».

Рішення

Номинальні розміри складових ланок:

$B_1 = 100^{+0.46}$ мм - розмір глибини розточки у корпусі,

$B_2 = 10$ мм - розмір кільця – ув'язочної ланки,

$B_3 = B_4 = 40_{-0.25}$ - ширина кільця підшипника 2226,

$B_5 = 10$ мм – розмір кришки,

ΔB - замикаюча ланка, яку підлягає розрахунку.

За технічними вимогами необхідно щоб при затягуванні болтів забезпечити максимальний зазор між торцем кришки та правим торцем кільця підшипників 0.5 мм.

Номинальний розмір замикаючої ланки:

$$B_{\Delta} = \sum B_{iуv} - \sum B_{iуm} = B_1 - (B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + A_6 + A_7 + A_{11}) = 100 - (10 + 40 + 40 + 10) = 0 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Граничні розміри замикаючої ланки $\Delta B = 0_{-0.5}^{+0.5}$

Приймаємо, що усі розміри розмірного ланцюга рівноточні, розраховуємо середню кількість одиниць допуску:

$$k = \frac{T_{B\Delta}}{\sum_1^{m+n} (0.45 \sqrt[3]{D} + 0.01D)} = \frac{1000 - 460 - 250 - 250}{0.9 + 0.9} = 22.2 \quad (2.6)$$

Відповідно до табл. М1 $k = 22.2$ знаходиться між $k = 16$ (7 квалітет) та $k = 25$ (8 квалітет). Згідно до табл. М приймаємо 8 квалітет для розмірів B_2 та B_5 .

Розраховуємо суму допусків для розмірів розмірного ланцюга:

$\sum_{i=1}^n T_{B_i} = 460 + 22 + 250 + 250 + 22 = 1004$ мкм, тобто розмірний ланцюг має не достаточну точність ($1000 < 1004$ мкм), для того щоб отримати повне співпадіння допусків, зменшуємо допуск 2-ої ланки на 4 мкм, тобто $T_{B_2} = 18$ мкм (ув'язочна ланка).

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ПТП

Лист

Таблиця 2.2 – Розрахунок розмірів розмірного ланцюга

A_i , мм	i , мкм	T_{A_i} , мкм	A_i та допуск
$A_1 = 120$	-	460	$120^{+0.46}$
$A_2 = 10$	0.9	80	$10_{-0.11}^{-0.03}$
$A_3 = 50$	-	200	$50_{-0.2}$
$A_4 = 5$	-	60	5 ± 0.03
$A_5 = 50$	-	200	$50_{-0.2}$
$A_6 = 5$	-	1000	$5^{+1.0}$
	$\Sigma = 0.9$ мкм	$\Sigma = 1000$ мкм	

Назначаємо відхілення усіх зменшуючих ланок «в - », а збільшуючих «в +».

Розраховуємо допуск замикаючої ланки:

$$ES_{B\Delta} = \Sigma ES_{B_{3\phi}} - \Sigma EI_{B_{3M}} = (0.46) - (-0.018 - 0.25 - 0.25 - 0.022) = 0.219 + 0.706 = +1.0 \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$EI_{B\Delta} = \Sigma EI_{B_{3\phi}} - \Sigma ES_{B_{3M}} = 0 - (0) = 0 \text{ мкм}. \quad (2.8)$$

$T_{B\Delta} = 1.0$ мм.

Номинальний розмір замикаючої ланки : $B_{\Delta} = 0^{+1.0}$,

Змінюємо поле допуску ув'язочної ланки: $B_2 = 10_{+0.482}^{+0.5}$,

Тоді:

$$ES_{B\Delta} = \Sigma ES_{B_{3\phi}} - \Sigma EI_{B_{3M}} = (0.46) - (0.482 - 0.25 - 0.25 - 0.022) = 0.219 + 0.706 = +0.5 \text{ мм} \quad (2.9)$$

$$EI_{B\Delta} = \Sigma EI_{B_{3\phi}} - \Sigma ES_{B_{3M}} = 0 - (0.5) = -0.5 \text{ мм}. \quad (2.10)$$

Приходимо до висновку, що розмірний ланцюг розрахован вiрно.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ПТП</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Аналіз техніко-економічних характеристик вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Функціональне призначення деталі, вибір матеріалу та можливих замін

Службове призначення корпусу – корпуси машин та механізмів служать для захисту внутрішніх елементів, з'єднання деталей та забезпечення структурної цілісності механізму. Вони також можуть служити для передачі навантажень між компонентами системи та забезпечувати стійкість і жорсткість всієї конструкції.

Матеріал виготовлення СЧ-20 – це сірий чавун з графітом пластинчастої форми. Сірий чавун має високі демпфуючі властивості, добре знижує вібрацію та шум, що робить його ідеальним матеріалом для корпусів важкого обладнання, таких як двигуни, насоси, редуктори тощо. СЧ-20 відноситься до низькоміцних марок чавуну, проте відзначається хорошими ливарними властивостями і простотою обробки.

Можливі замітники матеріалу СЧ-20:

Сталь – володіє вищою міцністю та пластичністю в порівнянні з чавуном, але меншою демпфуючою здатністю. Застосовується там, де потрібна більша стійкість до механічних навантажень.

Ковкий чавун – покращений різновид чавуну, який має вищу пластичність і міцність завдяки змінам у структурі графіту (сфероїдальна форма).

Алюмінієві сплави – значно легші, мають добру корозійну стійкість і часто використовуються для зниження ваги корпусів у машинобудуванні.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості

	Значення
Щільність	6,8-7,3 г/см ³
Твердість по Брінеллю	170-230 НВ
Межа міцності на розтяг	200 МПа
Теплопровідність	38-50 Вт/(м·К)
Температура плавлення	1140-1250 °С
Модуль пружності	90-130 ГПа

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович			ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ		
Перевір.		Нрчпгв					
Реценз.							
Н. Контр.		Нрчпгв					
Затверд.		Рязпнігв					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		

Таблиця 3.2 – Хімічні властивості

	Вміст (%)
Вуглець (C)	3,0-3,5
Кремній (Si)	1,5-2,2
Марганець (Mn)	0,5-0,9
Фосфор (P)	до 0,2
Сірка (S)	до 0,12

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Деталь корпус являє собою відливку в якій більша частина поверхонь не оброблюється, єдиними точними поверхнями що оброблюються є Ø230H7 та Ø240H7. До того ж вони пов'язані допуском неспівпадіння вісій (0.2 мм).

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

У ході технологічного контролю креслення «Корпусу», наданого як завдання, було виявлено таке:

- на кресленні проставлені усі розміри, потрібні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь деталей вказано відповідно до ДСТУ 7807:2015;
- допуски та граничні відхилення розмірів зазначені згідно з ДСТУ 25346:2014 і ДСТУ 25347:2014
- допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ДСТУ 24643:2014;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь «Корпусу» відповідають стандартам, встановленим для шорсткості цих поверхонь.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

Аналіз конструкції деталі на технологічність необхідно проводити відповідно до вимог ЄСТПВ. Основні принципи забезпечення технологічності конструкції виробу встановлені стандартом ДСТУ 14.201:2014, а вибір показників технологічності регламентується стандартом ДСТУ 14.202:2014.

Цей стандарт передбачає два види оцінювання технологічності: якісне та кількісне. Якісне оцінювання надає загальну характеристику технологічності конструкції виробу, базуючись на виробничому досвіді виконавця. Кількісне оцінювання технологічності визначає показники, числові значення яких відображають ступінь відповідності вимогам технологічності конструкції.

З огляду на тип виробництва, матеріал деталі (Сч20) та її конфігурацію, доцільно використовувати заготовку у вигляді вилівка, який підлягатиме подальшій багатоопераційній обробці.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.1.4.1 Якісна оцінка технологічності

Аналіз технологічності конструкції «Корпусу» дозволяє зробити такі висновки:

- конструкція «Корпусу» дозволяє виконувати точіння циліндричних поверхонь або торців «на прохід»;
- забезпечено вільний доступ мірильного та різального інструменту до оброблюваних поверхонь;
- деталь не потребує підрізання внутрішніх або закритих торців;
- всі оброблювані поверхні або отвори є паралельними чи розташовані під прямими кутами одна до одної;
- конструкція «Корпусу» має достатню жорсткість, що дає змогу використовувати високі режими різання

Загалом, якісна конструкція «Корпусу» є технологічною.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

1. Рівень технологічності конструкції з урахуванням точності обробки:

К_{б.тч} і К_{тч} — це базовий і фактично отриманий коефіцієнти точності обробки відповідно. Коефіцієнт точності обробки К_{тч} розраховується за формулою.:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{T_c} = 1 - \frac{1}{10.818} = 0.907 \quad (3.1)$$

де T_c — усереднений рівень точності обробки виробу

n_i — число розмірів, що належать до одного класу точності;

T — клас точності обробки.

$$T_c = \frac{7 \cdot 20 + 14 \cdot 24}{44} = 10.818 \quad (3.2)$$

$K_{\text{мч}} = 0,907 > 0,8$ - ця умова виконується.

2. Ступінь технологічності конструкції за шорсткістю поверхонь: Коефіцієнт технологічності конструкції за шорсткістю поверхонь $K_{\text{ш}}$ розраховується за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}} \geq [K_{\text{ш}}] = 0,32 \quad (3.3)$$

де $B_{\text{ср}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}$ - середній параметр шорсткості поверхні виробу; B — параметр шорсткості поверхні; n_i — число поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{\text{ср}} = \frac{1.25 \cdot 1 + 2.5 \cdot 2 + 5 \cdot 18 + 20 \cdot 23}{44} = 12.642 \quad (3.4)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{12.642} = 0.92 > [K_{ш}] = 0.32 \quad (3.5)$$

де $K_{б.ш}$, $K_{ш}$ — відповідно базовий та отриманий коефіцієнти шорсткості поверхні.

3. Ступінь технологічності конструкції за критерієм використання матеріалу:

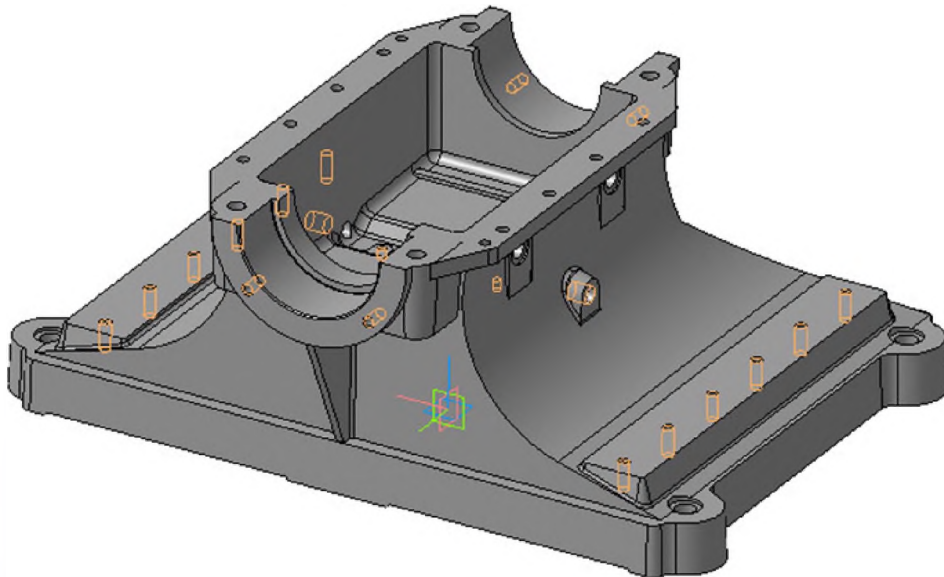
$$K_{ВМ} = \frac{M_{д}}{M_{з}} = \frac{333}{M_{з}} = 0.83 \quad (3.6)$$

де $M_{з}$, $M_{д}$ — відповідно маса заготовки та деталі.

Висновок: загалом, за якісними та кількісними характеристиками деталь відповідає вимогам технологічності.

3.1.5 Вибір типу виробництва

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи



Информация	
Файл Редактор	
Дата	03.11.2024
Документ	Корпус деталь 31.9.a3d

МПК	
Корпус	
Задані параметри	
Матеріал тіл	СЧ20
Щільність матеріалу тіл	Ro = 0.007100 г/мм3
Розрахункові параметри (тіла та компоненти)	
Маса	M = 333273.815725 г
Площа	S = 3851367.316700 мм2
Об'єм	V = 46939574.045718 мм3
Центр мас	Xc = -0.038234 мм
	Yc = -39.743476 мм
	Zc = 179.481726 мм

Рисунок 3.1 – Розрахунок ваги «Корпусу».

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-1б.ТПВВ

Лист

Встановлення типу виробництва є важливим кроком для прийняття обґрунтованих рішень у процесі виконання наступних конструкторських і технологічних завдань.

Тип виробництва — це класифікаційна категорія, яка визначається за такими характеристиками, як широта номенклатури, регулярність, стабільність та обсяг випуску продукції (ДСТУ 14.004:2014).

Однієї з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій (Кз. о.).

Кз.о показує співвідношення кількості усіх унікальних технологічних операцій, виконуваних або підлягаючому виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць, тобто Кз.о характеризує число різних технологічних операцій, що доводяться на одне робоче місце підрозділу на місяць.

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n O_{Pi}}{\sum_{j=1}^m P_{Mj}} \quad (3.7)$$

де $\sum_{i=1}^n O_{Pi}$ - сумарне число різних операцій;

$\sum_{j=1}^m P_{Mj}$ - загальна кількість різних робочих місць..

Відповідно до ДСТУ 14.004:2014 встановлено наступні значення Кз.о та відповідно типи виробництва:

- Кз. о = 1 відповідає масовому виробництву;
- 1 < К з.о ≤ 10 відповідає великосерійному виробництву;
- 10 < К з.о ≤ 20 відповідає середнесерійному виробництву;
- 20 < К з.о ≤ 40 відповідає дрібносерійному виробництву;

Для одиничного виробництва Кз.о не має нормативного значення і встановлюється більшим за 40.

Оскільки визначення типу виробництва за цим методом наразі неможливе, на даному етапі доцільно використовувати табличні методи з подальшим уточненням під час технологічного проектування за Кз.о або за коефіцієнтом серійності Кс, який характеризує виробництво за величиною завантаження обладнання:

$$K_c = \Phi_d / (N T_{шт.ср.}) \quad (3.8)$$

де, Φ_d – дійсний річний фонд робочої години, хв.;

N - річний випуск виробу, шт.;

$T_{шт.ср.}$ - середня штучна година обробки, хв.

Отже, для визначення типу виробництва використаємо табличний метод відповідно до табл. 3.1. За умови маси деталі 333 кг і річного

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обсягу випуску $N=1000N = 1000N=1000$ шт. обирається великосерійне виробництво.

Таблиця 3.3 - Визначення типу виробництва залежно від маси деталі та обсягу випуску

Тип Виробництва	Річний обсяг випуску шт.		
	Дрібні деталі до 20 кг	Середні Деталі від 20 до 300 кг	Великі деталі понад 300 кг
Одиничне	до 100	до 10	від 1 до 5
Дрібносерійне	від 100 до 400	від 10 до 300	Від 6 до 200
Середнє серійне	від 400 до 4000	від 300 до 3000	від 200 до 500
Великосерійне	від 4000 до 40000	від 3000 до 4000	від 500 до 1000
Масове	понад 40000	понад 4000	Понад 1000

Як було сказано вище, для велико серійного виробництва коефіцієнт закріплення операцій коливається в межах від 1 до 10, приймаємо коефіцієнт серійності $K_c=10$.

Для велико серійного виробництва раціональна потокова форма організації виробництва при якому обладнання розставлено в порядку виконання технологічних операцій . Виробничу дільницю формують за принципом обробки конструктивно схожих деталей (дільниця корпусних деталей).

На цій ділянці застосовують універсальне й спеціалізоване обладнання а також верстати з ЧПК і багатоопераційні.

Деталі переміщуються з одного робочого місця на інше в тарі за допомогою крана партіями після завершення кожної операції.

Розмір партії деталей n можна визначити по формулі

$$n = Nt / F \quad (3.9)$$

де N - річна програма випуску деталей; t - кількість днів, на які необхідно мати запас деталей; F - кількість робочих днів у році. Підставивши у формулу $1/t=10$; $F=245$ [1], одержимо $n=1000 \times 10 / 245 = 40$ деталі.

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу Деталь «Корпус» відноситься до класу «Корпусних деталей», тому технологічний процес її обробки включає такі операції [2]:

- чорнова та чистова обробка площини і двох отворів, які слугуватимуть базою для подальшої обробки;
- чорнова та чистова обробка інших значних площин методом фрезерування або протягування;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- чорнове та чистове розточування основних отворів корпусної деталі;
- обробка невеликих площин фрезеруванням, свердління, зенкерування, нарізання різьби, а також фрезерування зубців.;
- чистова обробка поверхні обертання.

Згідно з вимогами креслення до якості (точності та шорсткості) оброблюваних поверхонь, а також типовим технологічним процесом, підбираємо типові схеми обробки:

- для поверхонь $\varnothing 230H7$ та $\varnothing 240H7$ — чорнова, чистова та тонка розточка;
- для площин А і Б, а також торців основних отворів — чорнове і чистове фрезерування;
- для решти поверхонь — однократне оброблення.

Застосовується високопродуктивне універсальне та спеціалізоване обладнання, враховуючи відповідність основних розмірів робочих частин верстатів габаритам заготовки, досягнення необхідної точності та мінімізацію кількості використовуваних моделей верстатів.

Для досягнення високої якості та продуктивності під час виготовлення деталі застосовуємо спеціальні пристосування зі швидкодіючим затискачем заготовок, відповідно до рекомендацій для серійного виробництва, наведених у [1;2].

Обробка виконується стандартним інструментом. Матеріал ріжучої частини різців — ВК6 і ВК8, рекомендований для обробки чавуну. Для свердління, зенкерування, нарізання різьби та розгортання отворів використовується інструмент зі швидкорізальної сталі Р6М5.

На основі наведених даних створюємо маршрутний технологічний процес для виготовлення деталі «Корпус».

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Основним критерієм при виборі методу виготовлення заготовки є досягнення необхідної якості готової деталі за мінімальної собівартості.

На вибір способу виготовлення заготовки впливають:

- матеріал деталі;
- її призначення та технічні вимоги;
- обсяг і серійність виробництва;
- форма та розміри деталі.

Раціональний вибір типу заготовки значною мірою впливає на ефективність процесу механічної обробки, якість виробу та його собівартість.

Ескіз заготовки наведено на рисунку 3.2

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

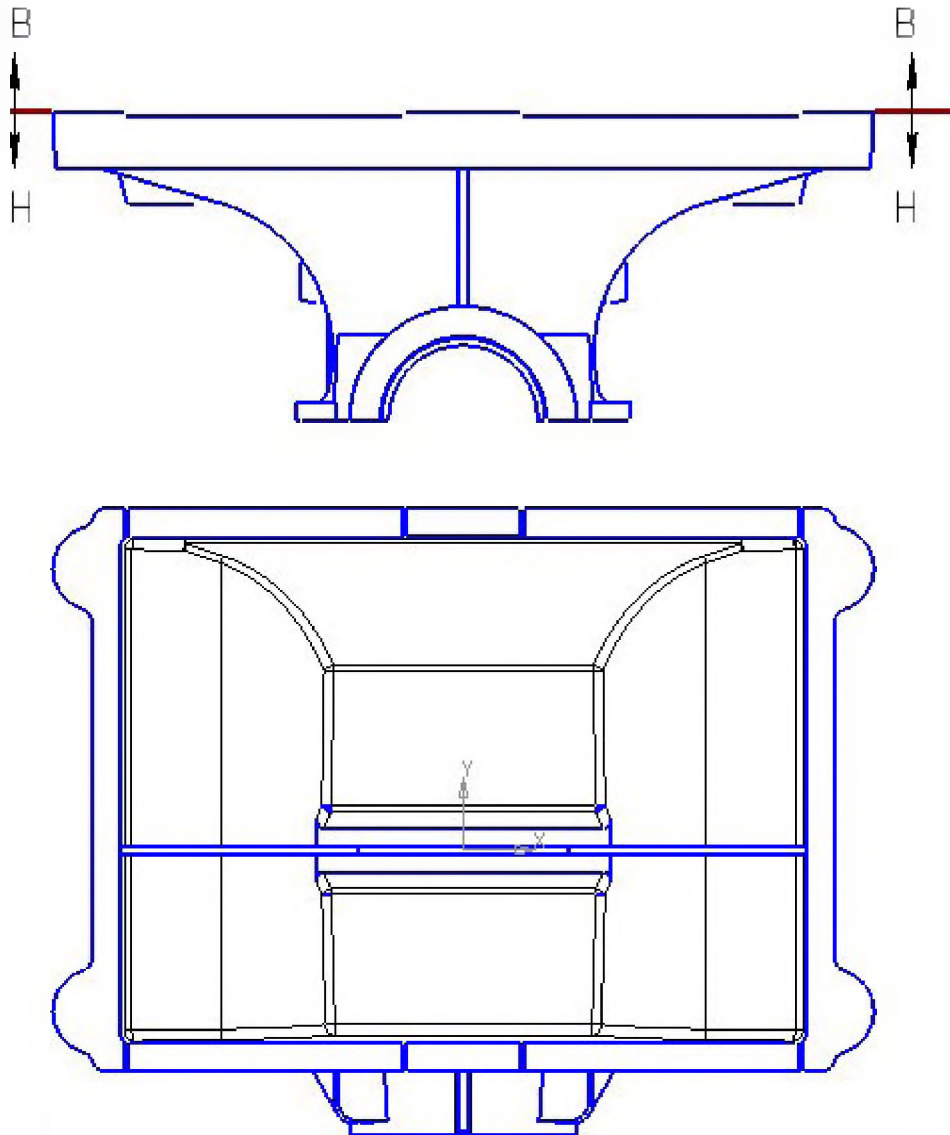


Рисунок 3.2- Ескіз заготовки деталі «Корпус»

Щоб обрати технологічний процес виготовлення заготовки, необхідно встановити тип виробництва, тобто визначити групу серійності.

Попередньо передбачається, що заготовка буде виготовлена методом лиття в піщано-глинисті форми.

Визначаємо масу вилівка.

- Вага деталі дорівнює 333 кг. З огляду на особливості конструкції, маса вилівка зазвичай перевищує масу деталі на 20–30%. Прийнято, що маса вилівка складе 400 кг.

Визначаємо групу серійності і тип виробництва.

Для річної програми у 1000 заготовок визначено 5-ту групу серійності, що відповідає великосерійному виробництву. Групу складності вилівка приймаємо як 3.

Правильний вибір виду заготовки значною мірою визначає ефективність процесу обробки різанням, якість деталі та її собівартість.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

Проведений аналіз показав, що для заготовок із чавуну найбільш доцільним є використання методу лиття. Порівняння технологічних можливостей, переваг і недоліків різних способів лиття свідчить, що у великосерійному виробництві такі виливки можна виготовляти методом лиття в металеві форми (кокілі), оболонкові чи піщані форми або за технологією лиття за виплавлюваними моделями.

Лиття за виплавлюваними моделями забезпечує отримання високоякісних виливків, однак їхня вартість у 4–5 разів перевищує вартість лиття у піщані форми. Крім того, цей метод створює труднощі у виготовленні виливків із наскрізними внутрішніми порожнинами. Найкраще такий спосіб підходить для виготовлення невеликих за розміром виливків, які відрізняються високою точністю та складною конфігурацією, особливо з важкооброблюваних сталей.

Лиття в оболонкові форми також дає змогу отримувати виливки високої якості, але через значні початкові витрати цей метод доцільно використовувати переважно для масового і великосерійного виробництва.

Для виготовлення заготовки «Корпусу» найоптимальнішим є лиття в кокілі або піщані форми. Однак при литті чорних металів у кокілі стійкість металевих форм є відносно низькою. Крім того, у випадку лиття з чавуну спостерігається тенденція до відбілювання виливків, що значно ускладнює оброблюваність деталі.

Таким чином, найбільш доцільним є виготовлення виливка «Корпусу» методом лиття у разові піщані форми з машинним формуванням по металевих моделях. Цей простий та економічний спосіб лиття дозволяє отримувати чавунні виливки без відбілювання, забезпечуючи достатньо високу точність, а також легко піддається механізації та автоматизації.

Для остаточно прийнятого способу виготовлення виливка — лиття в піщані форми з машинним формуванням по металевих моделях — відповідно до ДСТУ 16645:2018 встановлюємо:

1. Технологічний процес передбачає лиття у піщано-глинисті форми, виготовлені з високовологих (понад 4,5%) та маломіцних (до 60 кПа або 0,6 кгс/см²) сумішей, які мають низький рівень ущільнення, що відповідає твердості менше 70 одиниць. Виливки виконуються з класом розмірної точності 9.

2. При оцінюванні ступеня жолоблення елементів виливка враховано, що конструкція виливка не має тонких та довгих частин, які могли б бути схильні до жолоблення, і є достатньо жорсткою, з відношенням мінімального розміру до максимального, яке дорівнює 0,83. Ступінь жолоблення елементів виливка встановлено на рівні 5.

3. Для обраних умов лиття ступінь точності поверхонь виливка встановлено на рівні 13.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4. Шорсткість поверхонь виливка для 13-го ступеня точності визначена як $Ra=50 \mu\text{m}$

5. Клас точності маси виливка для зазначених умов лиття прийнято рівним 9.

1. Для корпусного виливка із 13-м ступенем точності поверхонь встановлено ряд припусків на обробку на рівні 7. Відповідно до ДСТУ 26645:2014 позначається точність виливка:

Точність виливка 9-5-13-9 ДСТ 26645-85.

Вартість заготівлі розраховується по формулі:

$$C = \frac{C_i}{1000} M_3 - \frac{S_i(M_3 - M_d)}{1000} \quad (3.10)$$

M_3, M_d - маса заготівлі і деталі відповідно.

$M_3=333$ кг;

$M_d=400$ кг;

C_i, S_i – вартість 1т чавуна, 1т стружки відповідно.

$C_i=100000$ грн;

$S_i=10000$ грн.

$$C = \frac{100000}{1000} 400 - \frac{10000(400 - 333)}{1000} = 39330 \text{ грн} \quad (3.11)$$

3.2.2 Вибір і обґрунтування баз

Алгоритм вибору технологічних баз передбачає виконання наступних етапів:

- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для первинних операцій технологічного процесу (ТП).
- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);

3.2.2.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Вихідними даними для визначення загальних технологічних баз (ЗТБ) є робоче креслення деталі та вузла, до якого ця деталь належить. Для обґрунтування вибору необхідно провести класифікацію поверхонь деталі за їх функціональним призначенням.

Конструкція будь-якої деталі може бути поділена на чотири основні типи поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП).

Класифікація поверхонь деталі за їх функціональним призначенням представлена на рисунку 3.3.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

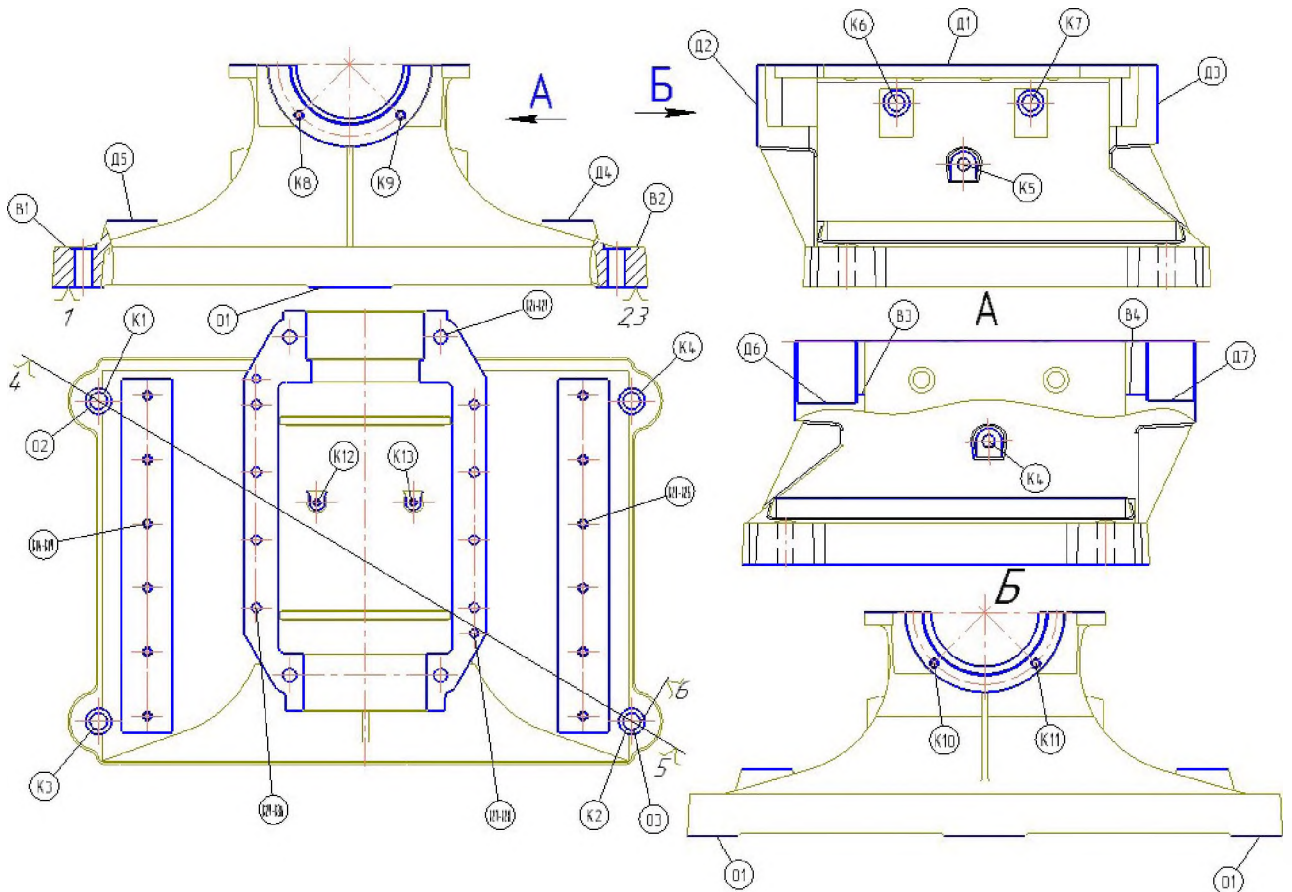


Рисунок 3.3 – Класифікація обробних поверхонь деталі «Корпус» за службовим призначенням

Основною базовою поверхнею деталі є площина основи O1. Оскільки конструктор не передбачив додаткових основних конструкторських баз, площина основи O1 разом із двома отворами $\varnothing 33H9$ (O2 і O3), зазначеними в кресленні як кріпильні поверхні, виступають основними конструкторськими базами (ОКБ).

Відповідно до алгоритму вибору технологічних баз, слід перевірити можливість використання поверхонь основних конструкторських баз як загальних технологічних баз (ЗТБ).

Аналіз технологічних процесів для корпусних деталей першої групи свідчить, що найчастіше поверхні основних конструкторських баз застосовуються як загальні технологічні бази. Отже, можна зробити висновок, що поверхні основних конструкторських баз є придатними для цієї ролі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

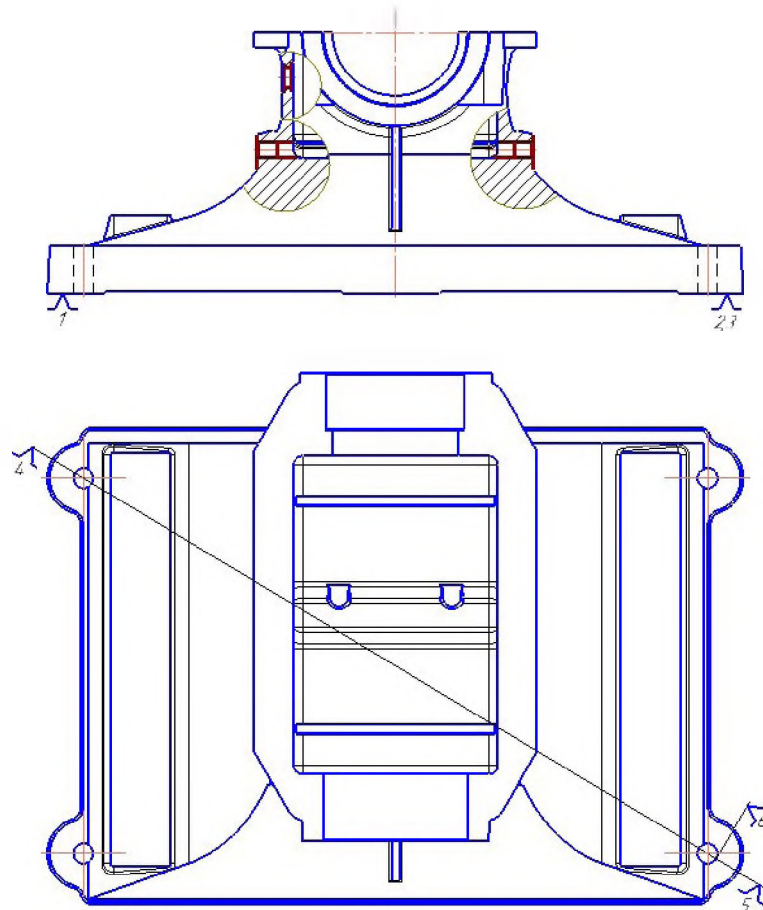


Рисунок 3.4 – Теоретична схема базування деталі «Корпус» по загальним технологічним базам (ЗТБ)

Структурна формула схеми базування по ЗТБ (рис.3.4) має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (3.12)$$

Для реалізації такої схеми базування застосовуються спеціальні установчі елементи: площина У(3) забезпечується використанням відповідної опорної поверхні, подвійна опорна база ПО(2) реалізується за допомогою короткого циліндричного пальця, а опорна база О(1) формується через ромбічний (зрізаний) палець.

Для оброблення деталі обираємо схему базування (рис.3.4), яка найбільш часто використовується в практиці машинобудівного виробництва.

Після вибору схеми базування по ЗТБ необхідно перевірити можливість її незмінного використання для всіх технологічних операцій. Обрана схема базування забезпечує оброблення всіх обробних поверхонь корпусу і може бути використана незмінно для всіх операцій технологічного процесу оброблення деталі «Корпус».

3.2.2.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору технологічних баз слід розробити схему базування для початкових операцій технологічного процесу. Ключовою

					КНУ.КМР.131.24.1-1б.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення обробки повного комплексу загальних технологічних баз (ЗТБ).

Вибір технологічних баз для початкових операцій відіграє важливу роль у розробці технологічного процесу обробки деталі, оскільки забезпечує вирішення низки ключових завдань: обробку комплексу ЗТБ під час першої технологічної операції, чорнову обробку доступних поверхонь заготовки, а також мінімізацію кількості установок заготовки для виконання всього технологічного процесу.

Під час вибору поверхонь, які включаються до комплексу технологічних баз, з урахуванням їхнього призначення та обмеження ступенів свободи, варто звернути увагу на такі геометричні параметри:

- установча площина повинна формувати максимальну площу опорного трикутника;
- напрямна база має забезпечувати найбільшу можливу відстань між опорними елементами.

При визначенні базових поверхонь для початкових технологічних операцій необхідно врахувати доступність для обробки всіх поверхонь ЗТБ і обрати обладнання, здатне забезпечити послідовну обробку цих поверхонь з досягненням необхідної якості. За додаткових вимог важливо враховувати, що весь комплект ЗТБ повинен бути оброблений на перших етапах технологічного процесу.

При розробці перших технологічних операцій обробки слід враховувати ключове правило: повторне закріплення заготовки на всіх необроблених поверхнях під час виконання технологічного процесу є неприпустимим.

Якщо під час першої технологічної операції не було оброблено весь комплект ЗТБ, то в набір технологічних баз для наступних операцій обов'язково повинні включатися попередньо оброблені основні базові поверхні, такі як установча база У(3) або подвійна напрямна ПН(4).

Основним документом для вибору технологічних баз на перших етапах обробки є креслення заготовки. На основі загальних завдань проектування технологічних процесів, практичного виробничого досвіду та результатів досліджень процесів різання розроблено наступний алгоритм визначення технологічних баз для початкових операцій:

- Як технологічні бази слід використовувати необроблені поверхні заготовки. Такий вибір забезпечує правильне просторове розташування необроблених поверхонь відносно оброблюваних після завершення операцій.
- Якщо креслення вказує, що всі поверхні заготовки підлягають обробці, базами слід обирати ті поверхні, які мають найменший припуск. Це дозволяє уникнути браку під час подальшої обробки таких поверхонь.
- За відсутності поверхонь із мінімальним припуском і при рівномірному розподілі припуску, як бази вибирають ті поверхні, які потребують особливої точності та недопущення браку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Базовими поверхнями варто обирати такі, які забезпечують рівномірний припуск для наступних етапів обробки.
 - Якщо існує кілька варіантів базування за технологічними базами, перевагу віддають варіанту, де обрана поверхня має найкоротший розмірний ланцюг із базовою поверхнею.
- Розглянемо реалізацію наведеного алгоритму для заданої деталі.

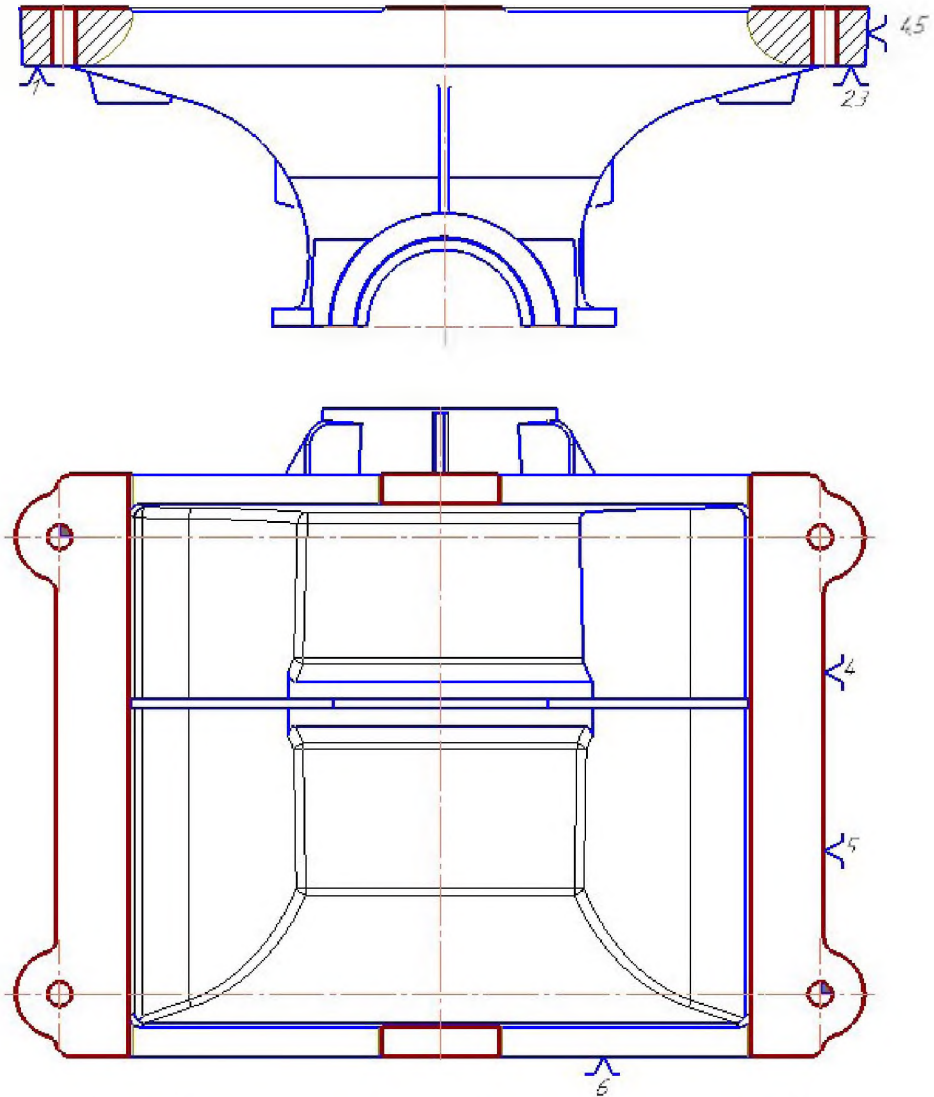


Рисунок 3.5 – Теоретична схема базування деталі «Корпус» по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вигляд:

$$СБ_{ТБ} \rightarrow У(3) + Н(2) + О(1) \quad (3.13)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2.3 Проектування заготовок

Припуски на обробку поверхонь виливка визначаються за таблицями ДСТУ 26645:2018. Для лиття в піщано-глинисті форми обрано 9-й клас розмірної точності згідно з табл. 9. Ступінь жолоблення встановлено як 5, відповідно до табл. 10. Точність поверхонь визначається згідно з табл. 11–13, а клас точності маси виливка, згідно з табл. 13, також відповідає класу 9. У підсумку точність виливка приймається як 9-5-13-9 відповідно до ДСТУ 26645:2018.

Загальні припуски на обробку визначаються за повними значеннями загальних допусків, встановленими табл. 1 для 9-го класу точності виливка, і залежать від виду остаточної обробки та ряду припуску, визначеного табл. 6.

Ряд припуску для виливка з поверхнями 13-го ступеня точності, згідно з табл. 14, перебуває в межах від 5 до 8. Для обчислень приймаємо 6-й ряд. Вид остаточної механічної обробки визначається на основі співвідношення допуску деталі до допуску виливка згідно з табл. 7.

Отримані результати розрахунків записуємо в табл. 3.2, після чого створюємо креслення заготовки.

Таблиця 3.4 - Визначення припусків табличним методом

Поверхня деталі	Допуск деталі	Допуск заготівлі	Співвідношення допусків	Вид завершальної обробки	Припуск	Розмір (прийнятий)
Ø210H14	1.15	2.8	0.41	Чорнова	2.5	Ø205 ^{-2.8}
Ø230H7	0.046	2.8	0.016	Тонка.	4	Ø222 ^{-2.8}
Ø240H7	0.046	2.8	0.016	Тонка.	4	Ø232 ^{-2.8}
435±0.25	0.5	3.6	0.139	Напівчистова.	4	443±1.8
80h14	0.74	2.2	0.33	Чорнова	4	84 ^{+2.2}
130h14	1	2.4	0.41	Чорнова	2.5	136.5 ^{+2.4}
780±1	2	4	0.5	Чорнова	3	788±2

За результатами розрахунків будемо креслення заготовки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

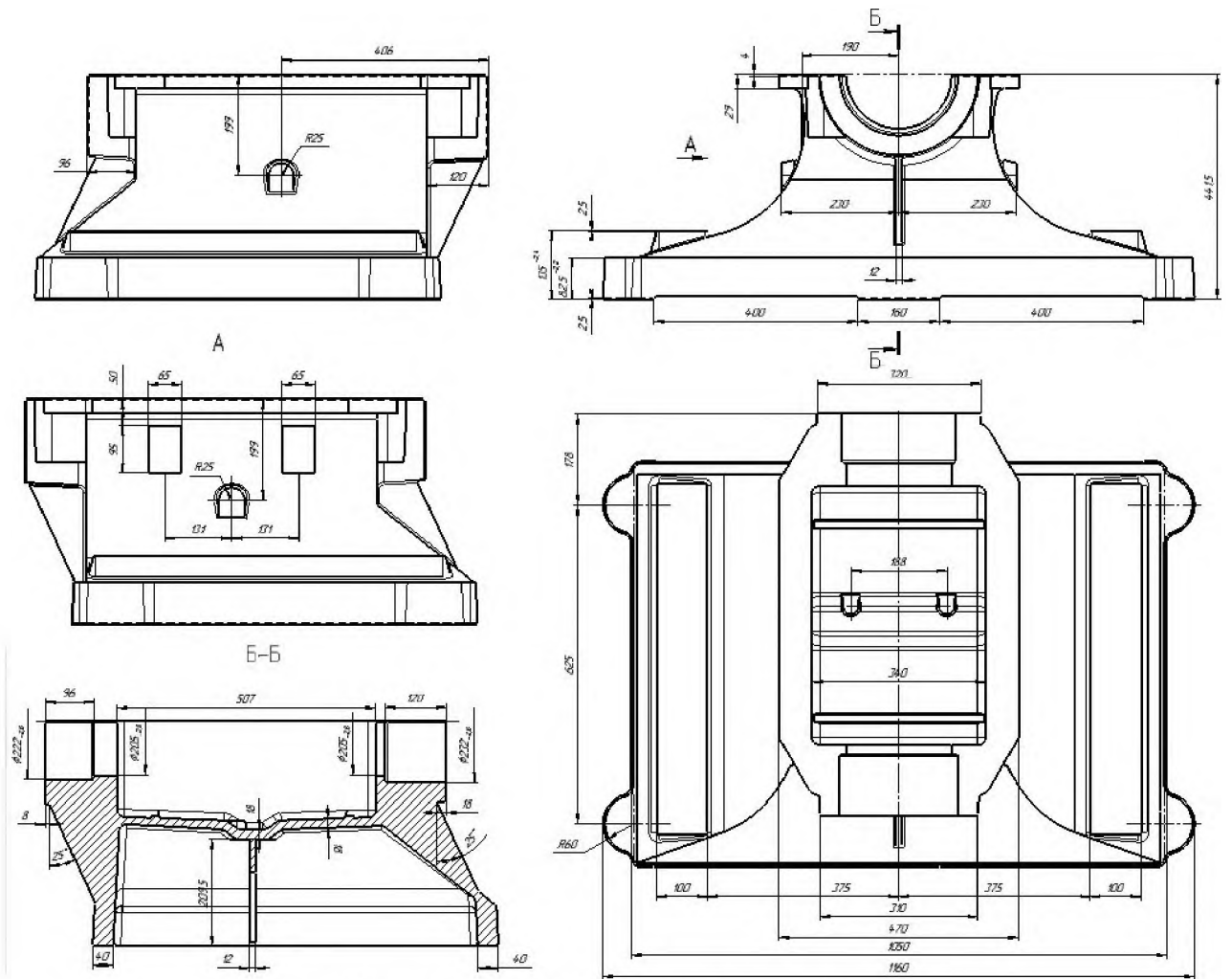


Рисунок 3.6 – Креслення виливку.

Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

3.2.4 Розробка маршруту обробки деталі
 Операція 005. Вертикально-фрезерна з ЧПК.
 Верстат: Haas VF-6TR

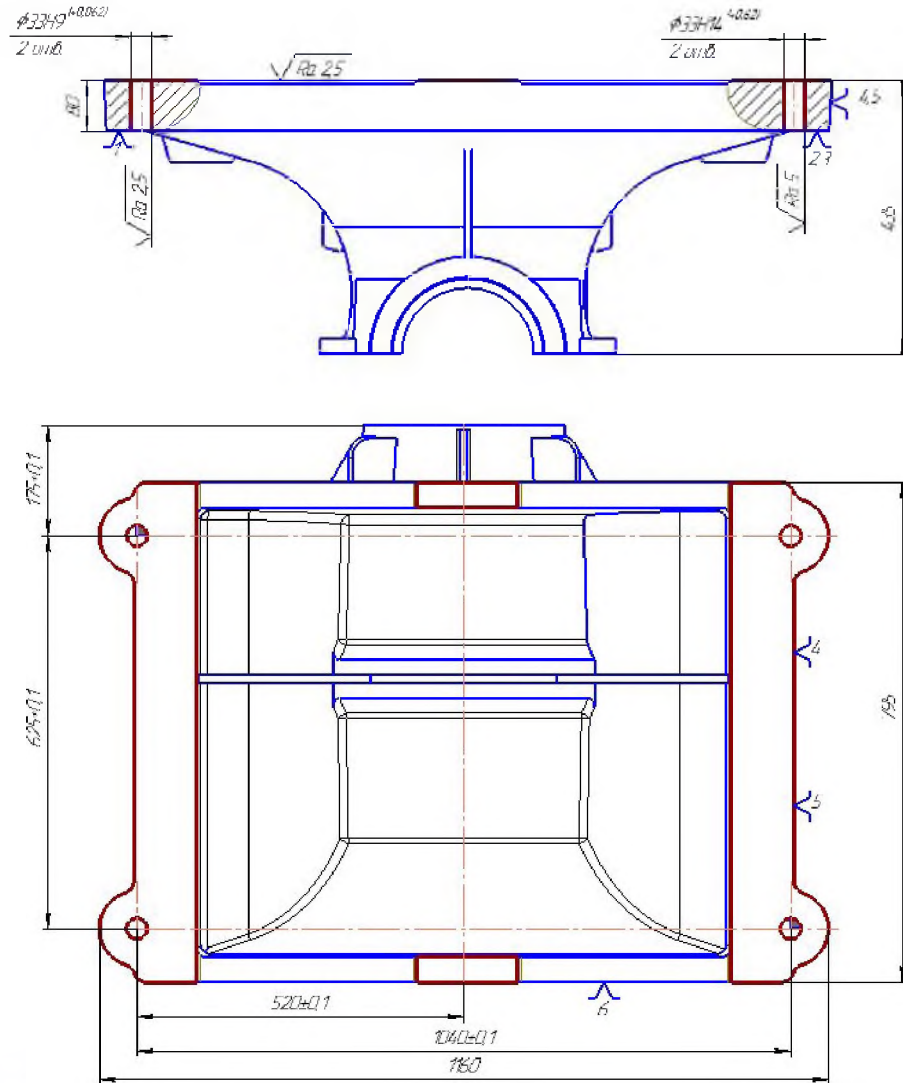


Рисунок 3.7 – Операція 005

Зміст операції:

- 005.01 Фрезерувати поверхню начорно, витримавши розмір 81 по розміру 80;
- 005.02 Фрезерувати поверхню начисто, витримуючи розмір 80;
- 005.03 Центрувати 4 отв. $\text{Ø}8/18$, витримав розміри $175\pm 0,1$, $625\pm 0,1$, $520\pm 0,1$, $1040\pm 0,1$;
- 005.04 Свердлити 2 отв. $\text{Ø}32\text{H}14$ за прохід, витримав розміри $175\pm 0,1$, $625\pm 0,1$, $520\pm 0,1$, $1040\pm 0,1$;
- 005.05 Свердлити 2 отв. $\text{Ø}33\text{H}14$ за прохід, витримав розміри $175\pm 0,1$, $625\pm 0,1$, $520\pm 0,1$, $1040\pm 0,1$;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

005.06 Зенкерувати 2 отв. Ø32,8H12 за прохід, витримав розміри 175±0,1, 625±0,1, 520±0,1, 1040±0,1;

005.07 Розгорнути 2 отв. Ø33H9 за прохід, витримав розміри 175±0,1, 625±0,1, 520±0,1, 1040±0,1.

Операція 010. Горизонтально-свердлильна з ЧПК.

Верстат: Haas EC-500

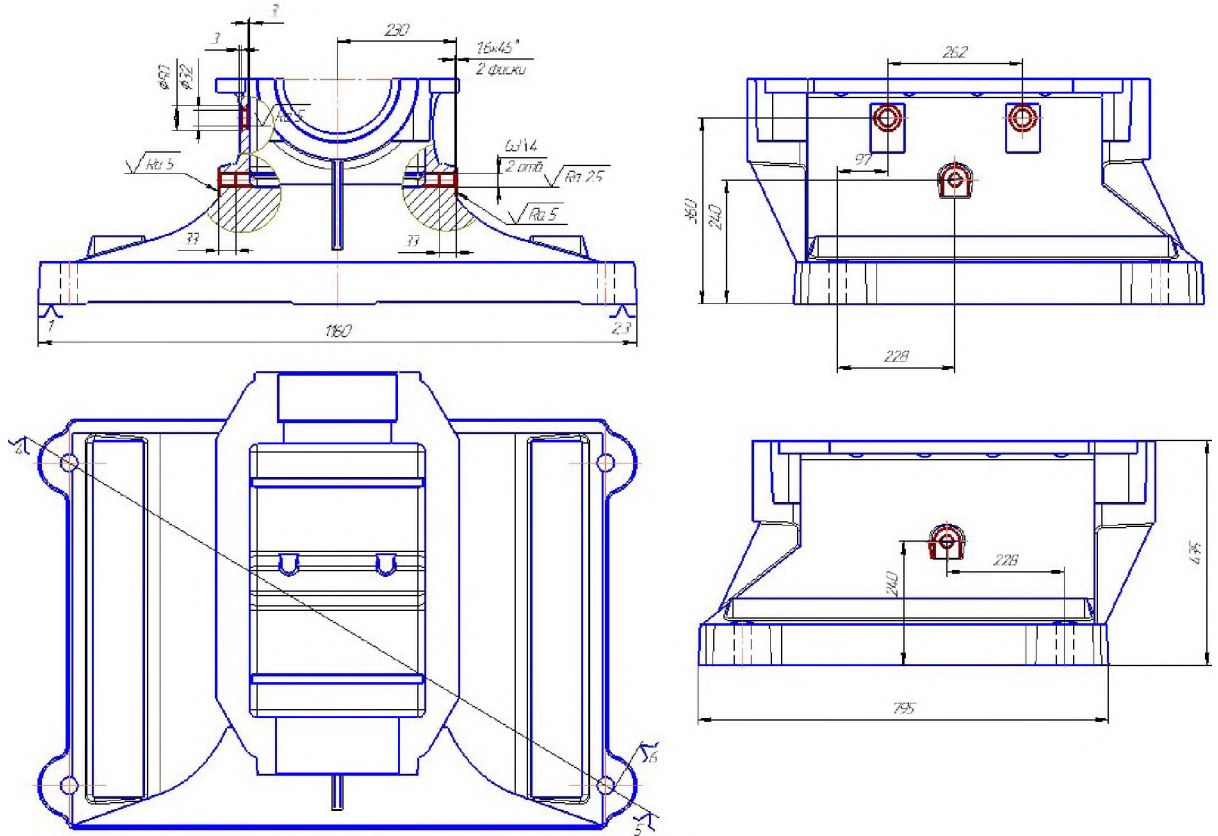


Рисунок 3.8 – Операція 010

010.01,02 Фрезерувати поверхні , витримав розміри 230, 262, 228, 240, 97, 360,

010.03 Центрувати 3 отв.Ø8/18, витримав розміри 230, 262, 228, 240, 97, 360;

010.04 Свердлити 2 отв. Ø32H14 на прохід, витримав розміри 97, 360, 262;

010.05 Свердлити отв. Ø24H14 на прохід, витримав розміри 240, 228;

010.06 Нарізати різь G ¾-B, витримав розміри 30, 240, 228;

010.07 Зенкувати фаску 1.6x45 в отв. G ¾-B , витримав розміри 240, 228;

010.08 Цекувати площину до чистоти , витримав розміри 97, 360, 262;

Повернути на 180°.

010.09,10 Фрезерувати поверхню , витримав розміри 228, 240;

010.11 Центрувати отв.Ø8/18, витримав розміри 228, 240;

010.12 Свердлити отв. Ø24H14 на прохід, витримав розміри 240, 228;

Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

010.13 Нарізати різь G 3/4-B, витримав розміри 30, 240, 228;

010.14 Зенкувати фаску 1.6x45 в отв. G 3/4-B, витримав розміри 240, 228;

Операція 015.Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Верстат: Haas VF-6TR

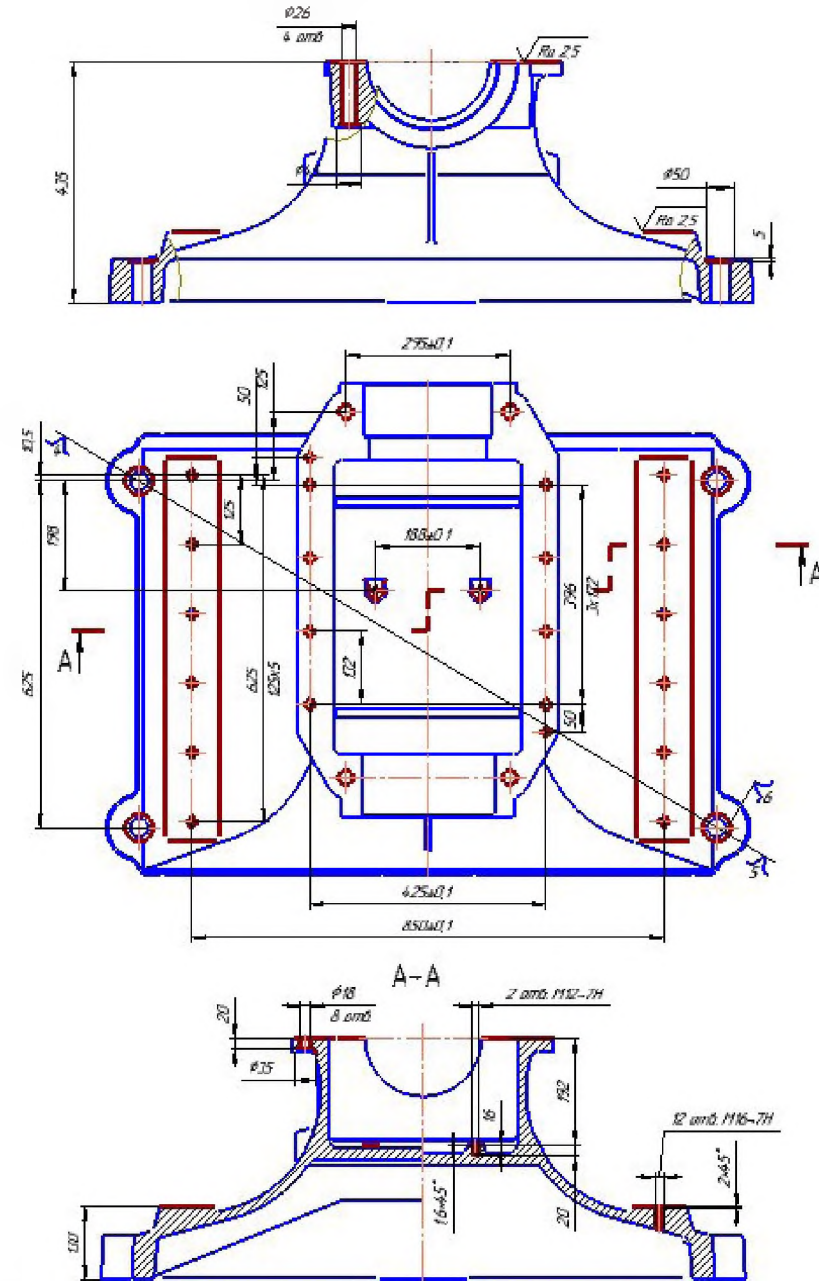


Рисунок 3.9 – Операція 015

015.01 Фрезерувати поверхні начорно, витримав розмір 131 по розміру 130; розмір 436 по розміру 435;

015.02 Фрезерувати поверхні начисто, витримуючи розмір 130, 435;

015.03 Зенкувати 4 отв. Ø50, витримав розміри 1, 625, 850;

015.04 Центрувати 28 отв.Ø8/18, витримав розміри 125, 625, 50, 188, 295, 132, 396, 425, 850;

					КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ	/лсм
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- 015.05 Свердлили 2 отв. $\text{Ø}10$ на прохід, витримав розміри 188, 198;
 015.06 Свердлили 12 отв. $\text{Ø}13.8$ на прохід, витримав розміри 125, 625, 850;
 015.07 Свердлили 2 отв. $\text{Ø}16$ на прохід, витримав розміри 50, 396, 425;
 015.08 Свердлили 8 отв. $\text{Ø}18$ на прохід, витримав розміри 132, 396, 425;
 015.09 Свердлили 4 отв. $\text{Ø}26$ на прохід, витримав розміри 125, 295;
 015.10 Зенкувати фаски $1.6 \times 45^\circ$ та $2 \times 45^\circ$, витримав розміри 125, 625, 188, 198;
 015.11 Нарізати різь М12-7Н, витримав розміри 188, 198;
 015.13 Нарізати різь М16-7Н, витримав розміри 125, 625, 850.

Операція 020. Горизонтально-свердлильна з ЧПК.
 Верстат: Haas EC-500

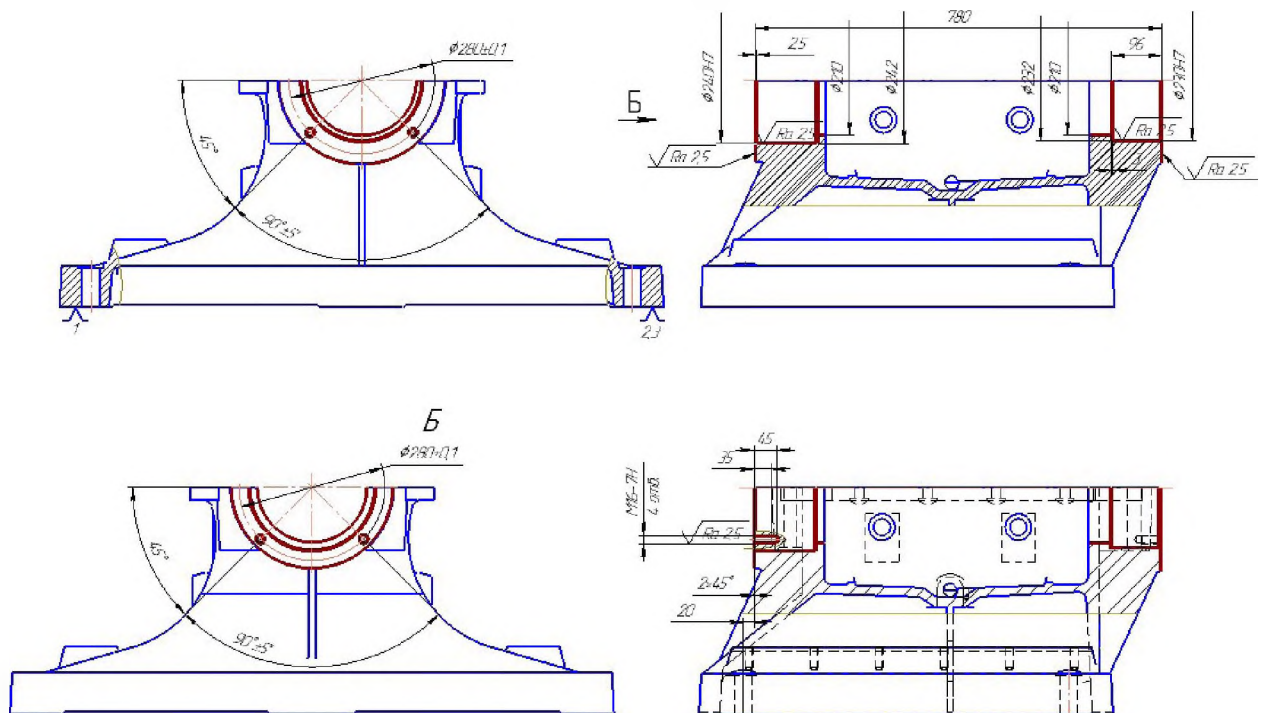


Рисунок 3.10 – Операція 020

Зміст операції:

- 020.01 Фрезерувати поверхню начорно, витримав розмір 783 по розміру 780;
 020.02 Фрезерувати поверхню начисто, витримуючи розмір 782;
 020.03 Центрувати 2 отв. $\text{Ø}8/18$, витримав розміри $\text{Ø} 280 \pm 0,1$, 45° , $90^\circ \pm 5'$;
 020.04 Свердлили 2 отв. $\text{Ø}13.8$, витримав розміри $\text{Ø} 280 \pm 0,1$, 45° , $90^\circ \pm 5'$, 45;
 020.05 Зенкувати 2 фаски $2 \times 45^\circ$, витримав розміри $\text{Ø} 280 \pm 0,1$, 45° , $90^\circ \pm 5'$;

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ

Лист

- 020.06 Нарізати різь М16-7Н, в 2отв., витримав розміри $\varnothing 280\pm 0,1$, 45° , $90^\circ\pm 5'$, 35;
- 020.07 Розточити поверхню $\varnothing 240H7$ начорно, начисто та тонко,
- 020.08 Розточити канавку, витримав розміри 120, 3, $\varnothing 242$
Повернути на 180° .
- 020.09 Фрезерувати поверхню начорно, витримав розмір 783 по розміру 780;
- 020.10 Фрезерувати поверхню начисто, витримуючи розмір 782;
- 020.11 Центрувати 2 отв. $\varnothing 8/18$, витримав розміри $\varnothing 280\pm 0,1$, 45° , $90^\circ\pm 5'$;
- 020.12 Свердлити 2 отв. $\varnothing 13.8$, витримав розміри $\varnothing 280\pm 0,1$, 45° , $90^\circ\pm 5'$, 45;
- 020.13 Зенкувати 2 фаски $2\times 45^\circ$, витримав розміри $\varnothing 280\pm 0,1$, 45° , $90^\circ\pm 5'$;
- 020.14 Нарізати різь М16-7Н, в 2отв., витримав розміри $\varnothing 280\pm 0,1$, 45° , $90^\circ\pm 5'$, 35;
- 020.15 Розточити поверхню $\varnothing 230H7$ начорно, начисто та тонко,
- 020.16 Розточити канавку, витримав розміри 96, 3, $\varnothing 232$

3.2.3 Розробка технологічної операції

3.2.3.1 Вибір верстатного обладнання для технологічного процесу виготовлення деталі «корпус»

Для оброблення деталі «Корпус» на операціях 005 та 015 доцільно використати багатоцільовий обробляючий верстат з ЧПК марки HAAS VF-6TR. Характеристики вибраного верстату наведені в табл. 3.3



Рисунок 3.11- вертикально-фрезерний обробляючий верстат моделі HAAS VF-6TR

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.5 - Характеристики вертикально-фрезерного обробляючого верстату моделі Haas VF-6TR

Максимальне переміщення по осі X, мм	1626
Максимальне переміщення по осі Y, мм	813
Максимальне переміщення по осі Z, мм	762
Довжина столу, мм	1626
Ширина столу, мм	711
Максимальне навантаження, кг	1814
Ширина T-подібних пазів, мм	16
Відстань між T-подібними пазами, мм	125
Розмір конуса шпинделя	40
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв.	8100
Максимальна потужність шпинделя, кВт	22,4
Максимальний крутний момент, кН	122
Максимальне осьове зусилля, кН	15,2
Максимальна швидкість подачі, м/хв	15,2
Максимальні робочі подачі по осях, м/хв	12,7
Кількість позицій в магазині, шт.	20+1
Максимальний діаметр інструменту (при зайнятих сусідніх позиціях), мм.	64
Максимальна маса інструменту, кг	5,4
Час зміни інструменту, с	2,8
Точність позиціонування, мм	±0,0076
Повторюваність, мм	±0,0051
Обсяг баку MOP, л	360

Для оброблення деталі «Корпус » на операціях 010 та 020 доцільно використати багатоцільовий обробляючий верстат з ЧПК марки HAAS EC-500/50. Характеристики вибраного верстату наведені в табл. 2.4.



Рисунок 3.12 - Багатоцільовий обробляючий верстат з ЧПК марки HAAS EC-500/50

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.6 - Характеристики багатоцільового обробляючого верстату з ЧПК марки HAAS EC-500/50

Максимальне переміщення по осі X, мм	813
Максимальне переміщення по осі Y, мм	635
Максимальне переміщення по осі Z, мм	711
Довжина столу, мм	500
Ширина столу, мм	500
Максимальне навантаження, кг	400
Кріпильні отвори, мм	M12
Відстань кріпильними отворами, мм	100
Розмір конуса шпинделя	50
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв.	7500
Максимальна потужність шпинделя, кВт	22,4
Максимальний крутний момент, Нм	575
Максимальне осьове зусилля, кН	18,6
Максимальна швидкість подачі, м/хв	25,4
Максимальні робочі подачі по осях, м/хв	16,5
Кількість позицій в магазині, шт.	50+1
Максимальний діаметр інструменту (при зайнятих сусідніх позиціях), мм.	102
Максимальна маса інструменту, кг	13,6
Час зміни інструменту, с	4,2
Точність позиціонування, мм	±0,0076
Повторюваність, мм	±0,0051
Обсяг баку MOP, л	360

3.2.3.1 Визначення припусків на механічну обробку

3.2.3.1.1 Визначення припусків на механічну обробку графо-аналітичним методом для поверхні $\varnothing 240_{H7}$

Технологічний процес включає три етапи:

- чорнове розточування з точністю H12, шорсткістю Ra=20 мкм;
- чистове розточування з точністю H10, шорсткістю Ra=5 мкм;
- тонке розточування з точністю H7, шорсткістю Ra=1,25 мкм.

Розрахунок припусків виконується у вигляді таблиці, куди послідовно записується маршрут обробки разом із усіма значеннями припусків для кожного етапу.

Для виливків, отриманих методом лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням по металевих моделях, показники точності та якості поверхонь становлять: $Rz + h = 160 + 200 = 360$, [1, том 1, с. 182].

Якість поверхонь після кожного етапу обробки визначається наступними значеннями:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

-якість поверхонь після механічної обробки
-для чорнового розточування: $Rz=50\text{мкм}$, $h=50\text{мкм}$ [1,тім 1, стор.183],

-для чистового розточування : $Rz=25\text{мкм}$, $h=25\text{мкм}$ [1,тім 1, стор.183],

-для тонкого розточування: $Rz=5\text{мкм}$, $h=5\text{мкм}$ [1,тім 1, стор.183].

Мінімальний припуск на обробку розраховується за формулою:

$$2Z_i^{\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \Sigma_i^2}) \quad (3.14)$$

де $R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході,

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході,

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ - сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході,

Σ_i - похибка установки заготівлі на виконуваному переході.

Сумарне просторове відхилення розташування поверхонь із закріпленням заготівлі в трьох кулачковому патроні визначаємо по формулі:

$$\Delta_E = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (3.15)$$

де: $\Delta_{\text{кор}}$ - відхилення осі деталі від прямолінійності; [1,тім.1,с.186],

$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L = 2 \cdot 120 = 240 \text{ мкм}$, $\Delta_{\text{к}} = 2 \text{ мкм/мм}$ [1, том.1, стр.183],

$\Delta_{\text{см}}$ - відхилення зсуву осі отвору. [1,тім. 1,стор. 186],

$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{п}} \cdot D$, $\Delta_{\text{п}} = 1 \text{ мкм/мм}$ – питомий перекис отвору [1, том.1, стр. 183],

$\Delta_{\text{см}} = 1 \cdot 240 = 240 \text{ мкм}$.

$$\Delta_{Eo} = \sqrt{240^2 + 240^2} = 340 \text{ мкм} \quad (3.16)$$

Сумарні й просторові відхилення після обробки визначаємо по формулі:

$$\Delta_{Ei} = K_y \cdot \Delta_{Eo}, \quad (3.17)$$

де: K_y - коефіцієнт уточнення:

Для чорнового точіння: $K_y = 0,06$;

$\Delta_{E1} = 0,06 \cdot 340 = 20 \text{ мкм}$.

Визначаємо похибку встановки по формулі:

$$E_i = \sqrt{E_{\sigma}^2 + E_3^2 + E_n^2}, \quad (3.18)$$

де, E_{σ} - похибка базування, що виникає при установці заготівлі на 2 пальці, $E_{\sigma} = IT9 + IT6 + \Delta = 62 + 16 + 9 = 87 \text{ мкм}$. (посадка $\text{Ø}33\text{H}9/\text{g}6$)

E_3 - похибка закріплення при встановленні заготівлі в пристосуванні:

$E_3 = 100 \text{ мкм}$,

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

E_n - похибка положення, при обробці за один установ дорівнює 0.

$$E_1 = \sqrt{87^2 + 100^2} \approx 133 \text{ мкм.} \quad (3.19)$$

Залишкова похибка встановлення: $E_2 = 0.06 \cdot 133 \approx 8 \text{ мкм,}$

Тоді припуск на чорнове розточування:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (360 + \sqrt{340^2 + 133^2}) = 1450 \text{ мкм} \quad (3.20)$$

для чистового розточування:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{20^2 + 8^2}) = 244 \text{ мкм;} \quad (3.21)$$

для тонкого розточування:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (25 + 25) = 100 \text{ мкм.} \quad (3.22)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.7 - Припуски на механічну обробку

Технологічні операції й переходи обробки елементних поверхонь	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск, T_D , мкм	Прийняті (округлені) розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	h	Δ	Σ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Розміри заготовлі	160	200	163	-	-	238.252	2800	235.4	238.2	-	-
Чорнове розточування (Н12)	50	50	20	133	1450	239,702	460	239.24	239.7	3.84	1.5
Чистове розточування (Н9)	25	25	-	8	244	239.946	115	239.831	239.946	0.591	0.246
Тонке розточування (Н7)	5	5	-	-	100	240.046	46	240	240.046	0.169	0.1

Перевірка вірності розрахунків: $T_z - T_D = 2800 - 46 = 2754$ мкм.

Перевірка вірності розрахунків: $T_z - T_D = 2800 - 46 = 2754$ мкм.

$$\Sigma 2Z_{\max i} - \Sigma 2Z_{\min i} = (3.84 + 0.591 + 0.169) - (1.5 + 0.246 + 0.1) = 4.7 - 1.846 = 2.754 \text{ мм} \quad (3.23)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

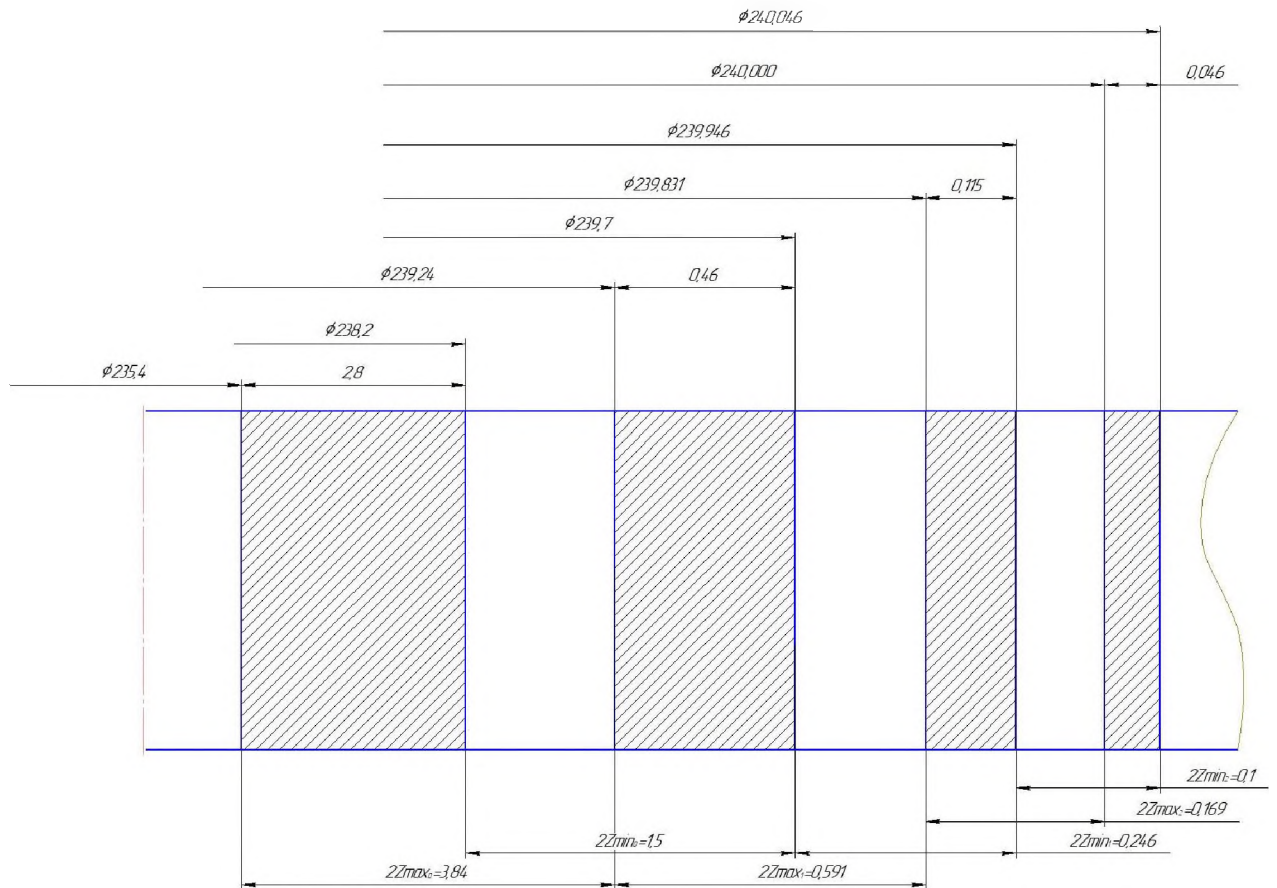


Рисунок 3.13 - Схема полів допусків і припусків на обробку Ø240H7.

3.2.3.2 Вибір режимів різання

3.2.3.2.1 Розрахунок режимів різання для поверхні Ø240H7 аналітичним методом

1. Чорнове точіння.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – Чавун СЧ20

-Інструмент: токарний різець із пластиною із твердого сплаву ВК-6;

-Устаткування: багатощільовий верстат з ЧПК HAAS ES-1600.

-Глибина різання: $t=2$ мм. [згідно п.1.7]

-Подача: $S=0,2$ мм/об [1, том 2, табл. 12]

$$1) \text{-Швидкість різання: } V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \cdot K_y, \quad (3.24)$$

де, $C_v=420$; $x=0,15$; $y=0,2$; $m=0,2$ [1, том 2, табл. 17]; $K_v=K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$,

де, $K_{mv} = K_2 \cdot \left(\frac{190}{HB}\right)^{m_v} = 1$ [1, том 2, табл. 17]- коефіцієнт, що враховує

вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{mv}=0.8$ - враховує якість поверхні заготівлі [1, том 2, табл.5],

$K_{uv}=1.0$ - матеріал різального інструменту (ВК-6) [1, том 2, табл.6]

$T=60$ хв, [1, том 2, табл.30]- період стійкості різця,

$K_v=1.25 \cdot 0.8 \cdot 0.65=0.65$.

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} 0.65 \cdot 1 = 149.6 \text{ м/хв}, \quad (3.25)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

2)-Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 149.6}{3.14 \cdot 238.2} = 200.5 \text{ об/хв, приймаємо по паспорті}$$

верстата $n_{\phi}=200 \text{ об/хв.}, V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 238.2 \cdot 200}{1000} = 149 \text{ м/хв.}$

3) -Хвилина подача: $S_m = S \cdot n = 0.2 \cdot 200 = 40 \text{ мм/хв.}$

4)-Головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.26)$$

$C_p = 204, \quad y=0,75, \quad x=1, \quad n=0$ [1, том 2, табл. 19],

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82, \quad (3.27)$$

де, $K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = 1$ [1, тім 2, табл. 9],

$K_{\gamma p} = 1.25$, для $\gamma = -15^\circ$, $K_{\phi p} = 0.89$, для $\phi = 90^\circ$,

$K_{\lambda p} = 1$, для $\lambda = 0^\circ$, $K_{r p} = 0.93$, для $r = 1$, [1, том 2, табл. 23],

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 1000 \text{ Н} \quad (3.28)$$

5) - Потужність різання: $N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{1000 \cdot 149}{1000 \cdot 60} = 2.9 \text{ кВт,}$

6) - Основний час обробки: $T_o = \frac{L+L_1}{S_m} = \frac{120+5}{40} = 3.125 \text{ хв.}$

2. Чистове точіння.

Вихідні дані: матеріал -чавун СЧ20

-Інструмент: токарський різець із пластиною із твердого сплаву ВК-6 ;

-Устаткування: таке ж;

-Глибина різання: $t = 0.3 \text{ мм.}$ (згідно п.1.7)

-Подача: $S = 0,14 \text{ мм/об}$ [1, том 2, табл. 12]

$$1) \text{-Швидкість різання: } V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v \cdot K_u, \quad (3.29)$$

де, $C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ [1, том 2, табл. 17]; $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$,

де, $K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \frac{190}{190} = 1$ [1, том 2, табл. 17]- коефіцієнт, що враховує

вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{mv} = 1$ - враховує якість поверхні заготовлі [1, том 2, табл. 5],

$K_{uv} = 1$ - матеріал різального інструменту (ВК-8) [1, том 2, табл. 6]

$T = 60 \text{ хв,}$ [1, том 2, табл.30] - період стійкості різця,

$K_v = 1$

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.3^{0.15} \cdot 0.14^{0.2}} 1 = 328 \text{ м/хв,} \quad (3.30)$$

2)-Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 328}{3.14 \cdot 239.7} = 435 \text{ об/хв,} \quad (3.31)$$

приймаємо по паспорту верстата $n_{\phi} = 400 \text{ об/хв,}$

$$V_{\phi} = \frac{\pi D n_{\phi}}{1000} = \frac{3.14 \cdot 239.7 \cdot 400}{1000} = 301 \text{ м/хв.} \quad (3.32)$$

3) -Хвилина подача: $S_m = S \cdot n = 0.14 \cdot 400 = 56 \text{ мм/хв,}$

4)-Головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.33)$$

$C_p = 204, \quad x=1, \quad y=0,75, \quad n=0$ [1, том 2, табл. 19],

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82, \quad (3.34)$$

де, $K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = 1$ [1, том 2, табл. 9],

$K_{\gamma p} = 1.25$, для $\gamma = -15^\circ$, $K_{\varphi p} = 0.89$, для $\varphi = 90^\circ$,

$K_{\lambda p} = 1$, для $\lambda = 0^\circ$, $K_{r p} = 0.93$, для $r = 1$, [1, том 2, табл. 23],

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0.3^1 \cdot 0.14^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 252 \text{ Н} \quad (3.35)$$

5) - Потужність різання: $N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{252 \cdot 301}{1000 \cdot 60} = 1.26 \text{ кВт}$,

6) - Основний час обробки: $T_o = \frac{L+L_1}{S_m} = \frac{100+5}{56} = 1.875 \text{ хв}$.

3. Тонке точіння.

Вихідні дані: матеріал для обробки — чавун СЧ20.

• Устаткування: те саме;

• Ріжучий інструмент: токарний різець із твердосплавною пластиною ВК-6.

-Глибина: $t = 0.085 \text{ мм}$. (згідно п.1.7)

-Подача на оберт: $S = 0.14 \text{ мм/об}$ [1, том 2, табл. 12]

1) -Швидкість різання: $V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v \cdot K_y$, (3.36)

де, $C_v = 420$; $x = 0.15$; $y = 0.2$; $m = 0.2$ [1, том 2, табл. 17]; $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$,

де, $K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} = \frac{190}{190} = 1$ [1, том 2, табл. 17]- коефіцієнт, що

враховує вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{uv} = 1$ - враховує якість поверхні заготовлі [1, том 2, табл. 5],

$K_{uv} = 3$ матеріал різального інструменту (ВК-8) [1, том 2, табл. 6]

$T = 60 \text{ хв}$, [1, том 2, табл. 30]- період стійкості різця,

$K_v = 1$.

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.085^{0.15} \cdot 0.14^{0.2}} 1 = 397 \text{ м/хв}, \quad (3.37)$$

2)-Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 397}{3.14 \cdot 240} = 526 \text{ об/хв}, \quad (3.38)$$

приймаємо по паспорту верстата $n_\phi = 500 \text{ об/хв}$

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000} = \frac{3.14 \cdot 240 \cdot 500}{1000} = 377 \text{ м/хв}. \quad (3.39)$$

3) -Хвилина подача: $S_m = S \cdot n = 0.14 \cdot 500 = 70 \text{ мм/хв}$,

4)-Головна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.40)$$

$C_p = 204$, $x = 1$, $y = 0.75$, $n = 0$ [1, том 2, табл. 19],

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82, \quad (3.41)$$

де, $K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = 1$ [1, том 2, табл. 9],

$K_{\gamma p} = 1.25$, для $\gamma = -15^\circ$, $K_{\varphi p} = 0.89$, для $\varphi = 90^\circ$,

$K_{\lambda p} = 1$, для $\lambda = 0^\circ$, $K_{r p} = 0.93$, для $r = 1$, [1, том 2, табл. 23],

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0.085^1 \cdot 0.14^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 32 \text{ Н} \quad (3.42)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

$$5) \text{Потужність різання: } N = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{32 \cdot 377}{1020 \cdot 60} = 0.2 \text{ кВт,}$$

$$6) \text{Основний час обробки: } T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{105}{70} = 1.5 \text{ хв.}$$

3.2.3.2.2 Визначення режимів різання табличним методом для решти поверхонь

Для інших поверхонь режими різання визначаються за таблицями, виконуючи дії у наступному порядку:

- спочатку розраховують припуск на механічну обробку;
- підбирають матеріал ріжучого інструменту, умови різання
- обирають швидкість різання, частоту обертання шпинделя і хвилину подачу;
- визначають потужність різання.

Розраховані та підібрані за таблицями режими різання записуються до РТК, ОК та додаються до графічних матеріалів, що ілюструють технологічні операції.

Визначення режимів різання за допомогою аналогового методу

Таблиця 3.8 - Режими різання для операції 005

№	Оброблення	V, м/хв	h, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Фрезерування попереднє Ø200	250	2	0,6	400	11,67
2	Фрезерування завершальне Ø200	250	1	0,3	400	23,33
3	Центрування Ø8/18	22.6	4	0,15	400	1,33
4	Свердління Ø32	26.7	16	0,3	250	2,67
5	Свердління Ø33	27	16,5	0,3	250	2,67
6	Зенкерування Ø32.8	26	0,4	0,4	250	2
7	Розгортання Ø33Н9	15	0,1	0,6	160	2

Таблиця 3.9 - Режими різання для операції 010

№	Оброблення	V, м/хв	h, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Фрезерування попереднє Ø50	120	2	0,5	800	0,5
2	Фрезерування завершальне Ø50	150	0.5	0,3	1000	0,67
3	Центрування Ø8/18	22.6	4	0,15	400	1,33
4	Свердління Ø32	25	16	0,3	250	0,8
5	Свердління Ø24	27	65	0,3	315	1,6
6	Зенкування фаски 1.6x45°	21.3	1,6	0,3	250	0.2

Продовження таблиці 3.9

7	Нарізання різи мітчиком G 3/4	13	1,1	0,8	160	0.6
8	Розточування зворотнього торцю	150	1	0.3	1000	0.1

Таблиця 3.10 - Режими різання для операції 015

№	Оброблення	V, м/хв	h, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Фрезерування попереднє Ø200	250	2	0,6	400	14,75
2	Фрезерування завершальне Ø200	250	1	0,3	400	29,5
3	Фрезерування Ø50	125	2	0,15	400	0,1
4	Центрування Ø8/18	22.6	4	0,2	3900	9,33
5	Свердління Ø10	25	5	0,3	800	0,2
6	Свердління Ø13.8	27	6,9	0,3	630	0,015
7	Свердління Ø16	25	8	0,3	500	0,015
8	Свердління Ø18	28	9	0,3	500	0,015
9	Свердління Ø26	25.7	13	0,3	315	0,015
10	Зенкування фаски 1.6x45°	28	1,6	0,3	500	0.2
11	Нарізання різи мітчиком M12	15	0,9	1,75	400	0.6
12	Нарізання різи мітчиком M16	15.8	1,9	2	315	0.6

Таблиця 3.11 - Режими різання для операції 020

№	Оброблення	V, м/хв	h, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Фрезерування попереднє Ø200	250	2	0,6	400	5
2	Фрезерування завершальне Ø200	250	1	0,3	400	9
3	Центрування Ø8/18	22.6	4	0,15	400	1,4
4	Свердління Ø13.8	27	6,9	0,3	630	2.2
5	Зенкування фаски 1.6x45°	28	1,6	0,3	500	0.13
6	Нарізання різи мітчиком M16	15.8	1,9	2	315	0.25
7	Розточування чорнове	200	2	0.3	250	3.6
8	Розточування чистове	250	0.4	0.15	315	4.7
9	Розточування тонке	250	0.1	0.1	315	7
10	Розточування канавки	200	3	0.1	250	1.4

3.2.3.3 Нормування технологічних операцій

Робимо нормування програмної операції 005.

На цій операції обробляються площина та 4 отвори,

Обладнання – Haas VF-6TR.

Основний час обробки – 45.67 хв.

1. Допоміжний час на установку деталі в пристосування:

$$t = 0.25 \text{ хв.} \quad [3, \text{ стор.35 карта 2}]$$

2. Допоміжний час, не врахований у програмі обробки: [3, стор. 35, карта 2]

- запуск і зупинка верстата: $t = 0.04 \text{ хв.}$

- відкриття та закриття захисного щитка від стружки:
 $t = 0.03 \text{ хв.}$

- встановлення координат X та Y: $t = 0.15 \text{ хв.}$

- введення корекції на інструмент: $t = 0.04 \cdot 6 = 0.24 \text{ хв.}$

$$T_B = 0.25 + 0.04 + 0.03 + 0.15 + 0.24 = 0.72 \text{ хв.} \quad (3.43)$$

3. Час, необхідний для контрольних вимірювань, збігається з часом, витраченим на обробку.

4. Автоматичний час виконання основної операції визначаємо за програмою, використовуючи таку формулу:

$$T_a = T_{o.a.} + T_{y.a}$$

де: $T_{o.a.}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах:

$$T_{o.a.} = 45.67 \text{ хв.}$$

$T_{v.a.}$ - допоміжний час на прискорені, установочні рухи й зміну інструмента.

$$T_{v.a.} = \frac{6 \cdot 400}{15200} = 0.16 \text{ хв,} \quad (3.44)$$

$$T_a = 45.67 + 0.16 = 45.83 \text{ хв.} \quad (3.45)$$

5. Час, необхідний для організаційного та технічного забезпечення робочого місця. [2, стор.55 карта10]:

$$T_{обс.} = 3.5\% T_{оп}, \quad (3.46)$$

6. Час, відведений для відпочинку та особистих потреб.:

$$T_{отд.} = 4\% T_{оп} \quad (3.47)$$

7. Розраховуємо норму штучного часу за формулою:

$$T_{шт} = (T_a + T_v \cdot K_v) \cdot \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{отд.}}{100}\right) = (45.83 + 0.71 \cdot 0.7) \cdot \left(1 + \frac{4 + 3.5}{100}\right) = 49.8 \text{ хв.} \quad (3.48)$$

8. Підготовчо - заключний час: (2, стор.56 карта 11)

- отримання інструменту та пристосувань: $t = 4 \text{ хв.}$

- ознайомлення із завданням: $t = 4 \text{ хв.}$

- монтаж та демонтаж блоку з інструментом: $t = 18 \text{ хв.}$

- установка та зняття носія програми: $t = 10 \text{ хв}$

$$T_{п.з.} = 4 + 4 + 18 + 10 = 36 \text{ хв.} \quad (3.49)$$

9. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу по формулі:

					КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 49.8 + \frac{36}{40} = 50.7 \text{ хв.} \quad (3.50)$$

Таблиця 3.12 - Нормування операцій

№ опер.	T _{о.а} , хв	T _{в.а} , хв	T _а , хв	T _в , хв	T _{обс} , хв	T _{отд} , хв	T _{шт} , хв	T _{пз} , хв	T _{шт.к} , хв
005	45.67	0,16	45.83	0,71	1,85	1,62	49,8	0.9	50.7
010	5,8	0,34	6,14	0,99	0,27	0,24	7,34	0.9	8,24
015	66,5	0,29	66,79	0,91	2,7	2,36	72,48	0.9	73,38
020	34.68	0.5	35.18	1.23	1.44	1.26	38.74	0.9	39.64

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ТПВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з чпк

Розрахунок і вибір режимів різання є ключовим етапом проектування, який визначає ефективність технологічного процесу та трудомісткість обробки. Методика визначення режимів різання базується на даних довідників, таких як TaeguTec, Korloy, Hoffmann Group, Seco, а також інших джерелах стандарту ISO.

FeatureCAM — це CAD/CAM-система, що орієнтована на раціональну обробку елементів. Вона дозволяє автоматично або вручну розпізнавати елементи твердотільної моделі. Технолог-програміст вказує, які елементи потрібно обробити, а система самостійно генерує програму для їх обробки.

Модуль FeatureRECOGNITION (розпізнавання елементів) є потужним інструментом для оптимізації процесу програмування. Поелементне програмування в FeatureCAM використовує геометричні дані CAD-моделі, що значно скорочує час підготовки виробництва. У системі підтримуються ручне, інтерактивне та автоматичне розпізнавання елементів (AFR). AFR визначає всі види обробки: 2D, 3D, токарну, токарно-фрезерну та електроерозійну, включаючи пересічні та вкладені елементи.

Основні переваги FeatureCAM — це простота й зручність у використанні. Програма містить графічні підказки, покрокові інструкції та пояснювальну анімацію, які відображаються безпосередньо в діалогових вікнах. Завдяки зворотному зв'язку від користувачів система постійно вдосконалюється, щоб забезпечити максимальну простоту роботи.

FeatureCAM є універсальним рішенням для фрезерної, токарної, токарно-фрезерної та електроерозійної обробки. Усі верстати можна програмувати в єдиному середовищі, яке створене для мінімізації часу на навчання та програмування. Система забезпечує 3D-візуалізацію, доступ до бази постпроцесорів і широкий набір функцій, що дозволяє досягти оптимальних результатів за мінімальний час.

У середовищі FeatureCAM була створена 3D-модель деталі "Корпус". Початок роботи в програмі включає вибір типу обробки, налаштування одиниць виміру та задання заготовки (рис. 4.1).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчпгв					
Реценз.					<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.		Нрчпгв					
Затверд.		Рязпнігв					
					<i>МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ</i>		

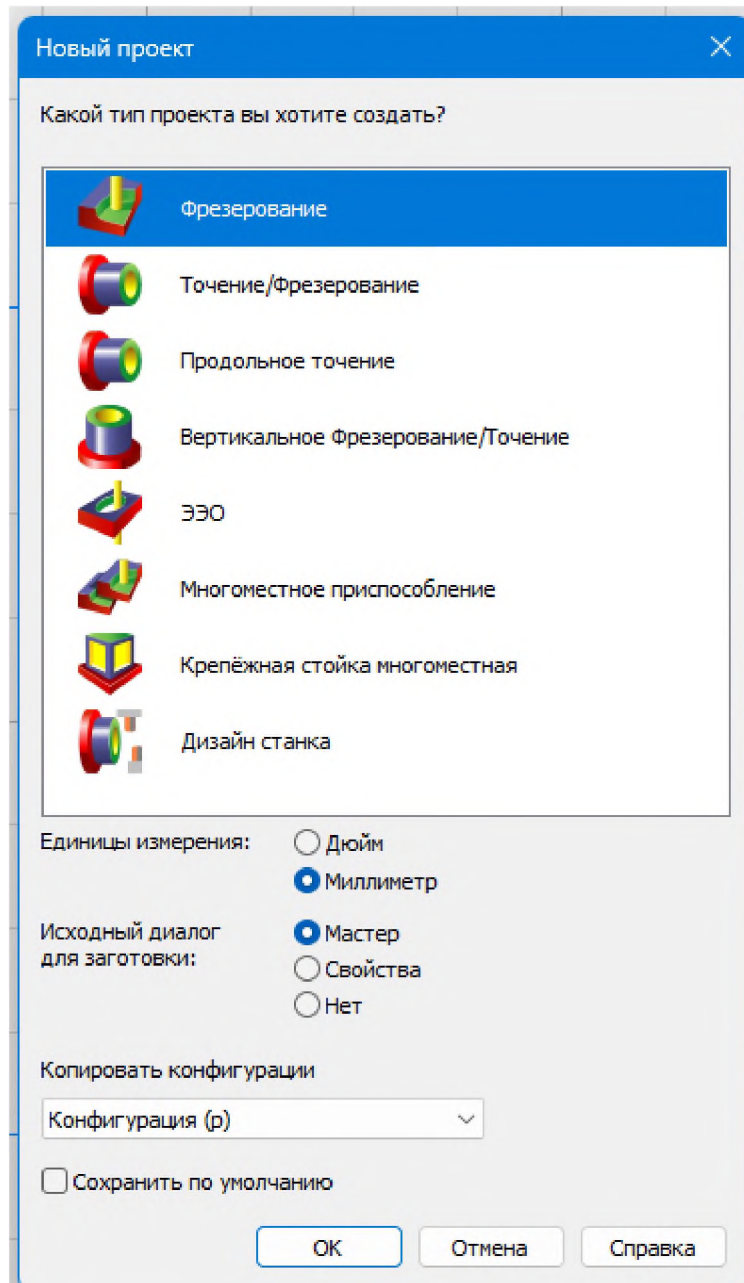


Рисунок 4.1 – Початок проектування технологічного процесу механічної обробки за допомогою програми FeatureCAM

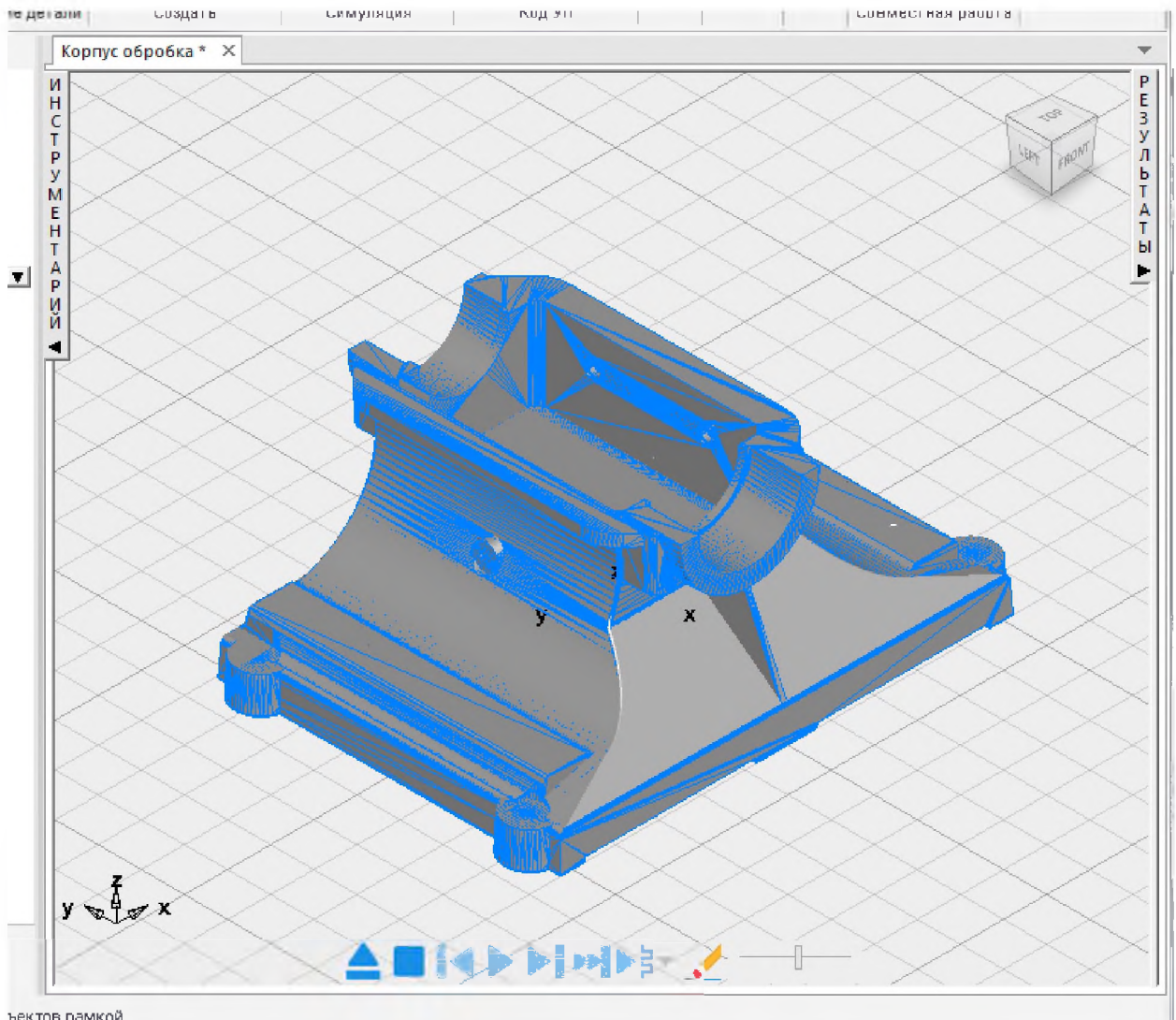
4.2 Работа с промежуточными файлами, выбор системы чпк, постпроцесора та отримання керуючих програм

Підготовку заготовки до обробки в тлі програми FeatureCAM проводимо наступним чином:

1. Створюємо заготовку деталі та саму деталь корпус за допомогою Autodesk Inventor, (деталь можна також створити в самій програмі але її інтерфейс досить незручний тому для пришвидшення процесу створення було прийнято рішення використати саме цю програму)

2. Імпортуємо створену деталь та заготовку в програму FeatureCAM (рис. 4.2)

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



векторов рамкой

Рисунок 4.2 – Рабочая область программы FeatureCAM

3. Користуючись панеллю інструментів (рис. 4.3) програми переходимо до безпосереднього створення процесу обробки

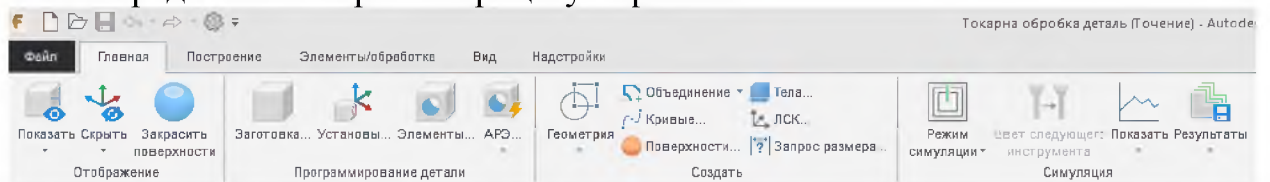


Рисунок 4.3 - Панель приборів «Элементы/обработка»

На рис. 4.4 показано зміна властивостей заготовки та обрання необхідної для обробки заготовки.

					КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО	Лист
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

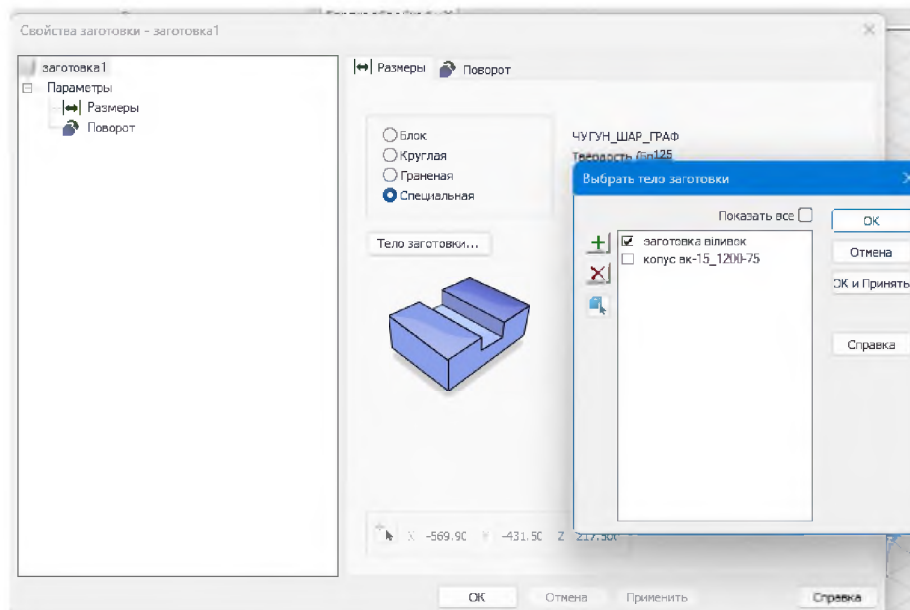


Рисунок 4.4 – Выбор заготовки детали

Для выбора инструмента та порядку обработки робимо автоматичне розпізнання елементів деталі (рис. 4.5). Дана функція зручна тим що дозволяє зекономити час на розташування елементів обробки на деталі.

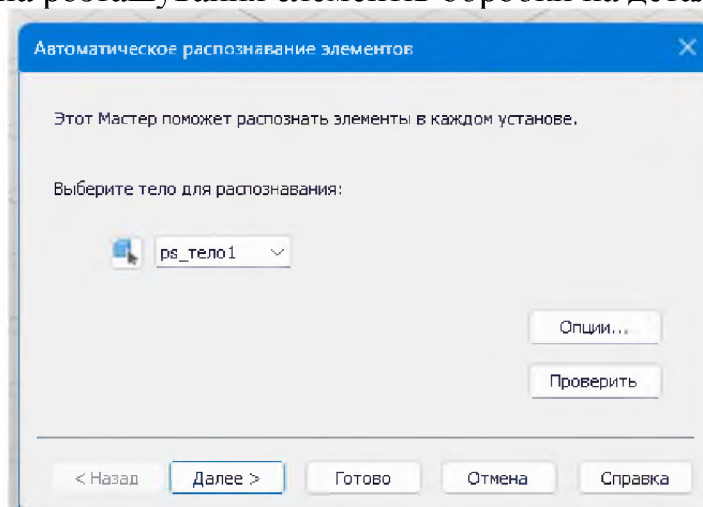


Рисунок 4.5 – Вікно автоматичного розпізнання елементів

Після проведення розпізнавання отримали велику кількість операцій для обробки деталі. Наступним кроком буде редагування даних оперецій та виключення тих які передбачаються оброблятись в зборі разом із кришкою.

В нашому випадку залишаються наступні види обробки:

- Обробка площини торцевою фрезею
- Свердління отворів під фундаментальні болти, та інших отворів які не входять в спільні отвори з кришкою.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РЕЗУЛЬТАТЫ

Список операций

Автоматический порядок
 Упорядочить вручную

С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость
	черн. проход 1	стенка14	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 2	стенка14	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка14	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка15	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка15	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка16	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка16	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка17	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка17	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка18	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка18	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка9	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка9	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка10	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка10	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка11	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка11	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка12	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка12	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	черн. проход 1	стенка13	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	чист.	стенка13	конц.фреза10...	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие11	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие11	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие12	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие12	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие13	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие13	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие14	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие14	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие15	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие15	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие16	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие16	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие17	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие17	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие18	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин
	сверло	отверстие18	*****	0.0 мм/мин	0 об/мин
	центровка	отверстие19	центр_5	0.0 мм/мин	0 об/мин

Рисунок 4.6 – Список операцій

Після вибору необхідних операцій для обробки заготовки, відкриваємо діалогове вікно програми та назначаємо інструмент і необхідний режим обробки (рис. 4.7)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

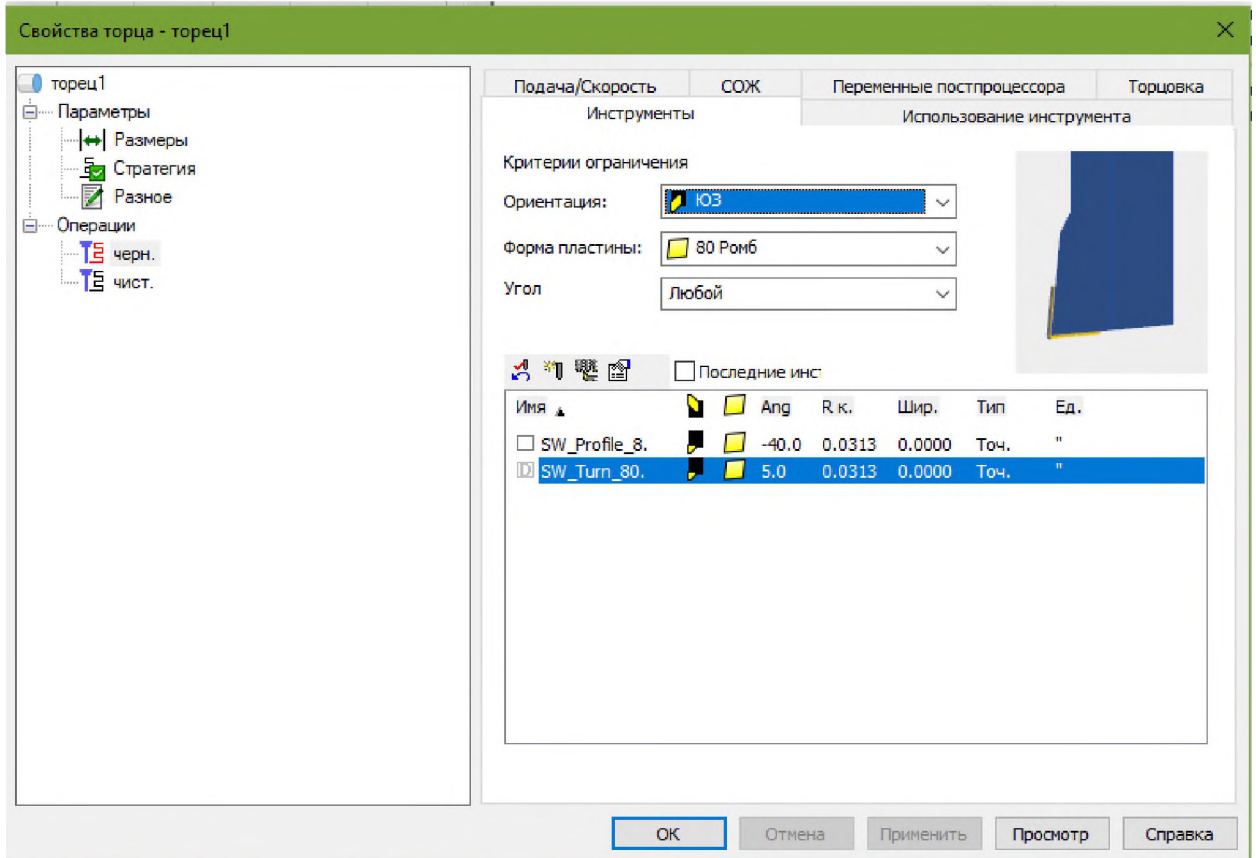


Рисунок 4.7 – Диалогове вікно вибору параметрів обробки на прикладі торця деталі

В кінцевому рахунку ми отримуємо техпроцес обробки деталі, з усіма необхідними режимами різання, з підібраним інструментом рис.4.8.

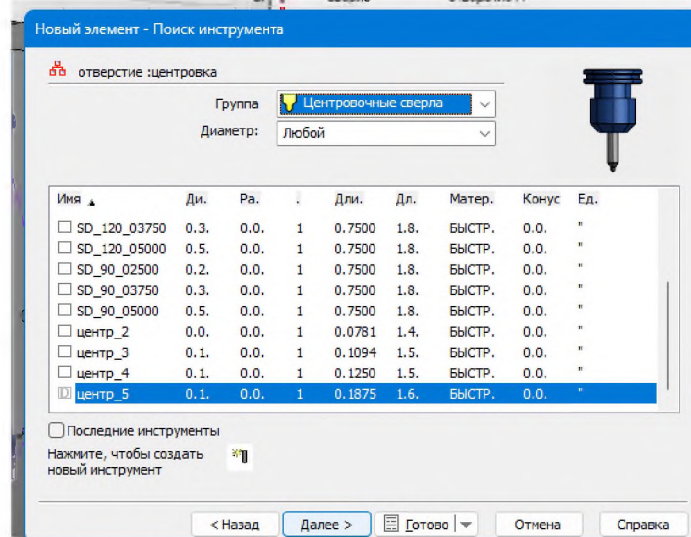


Рисунок 4.8 – Диалогове вікно вибору інструменту

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

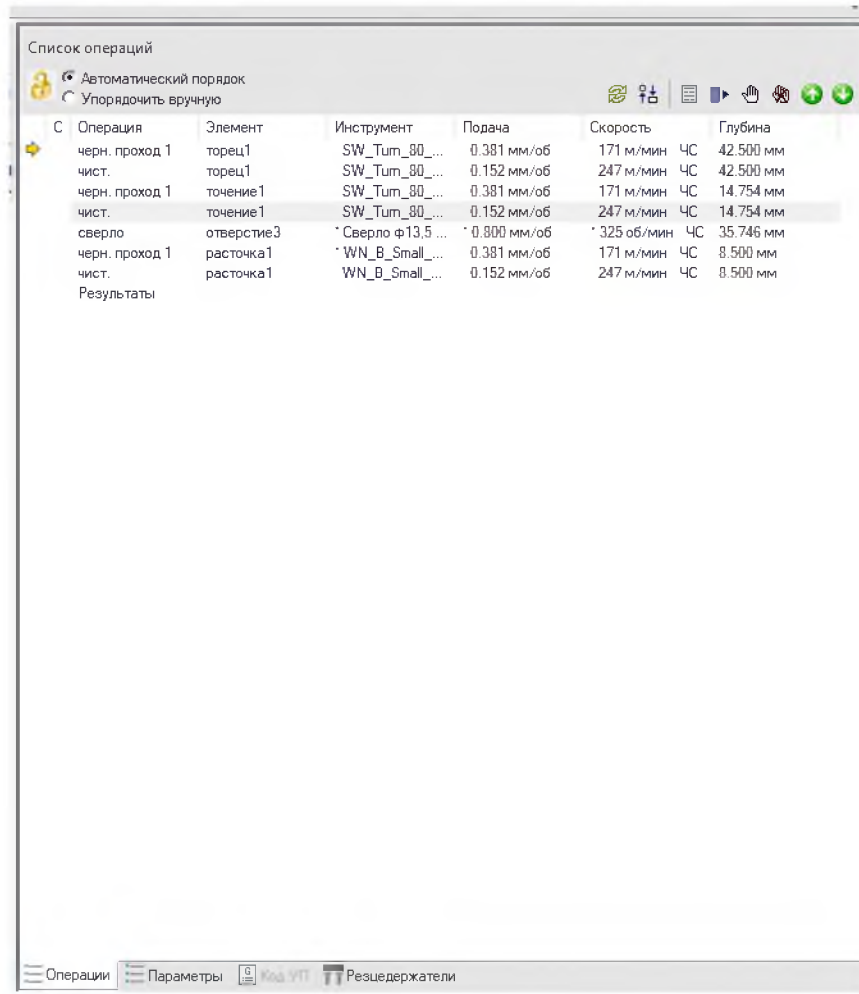


Рисунок 4.9 – Рабочее окно программы FeatureCAM

4.3 Візуалізація та перевірка керуючих програм

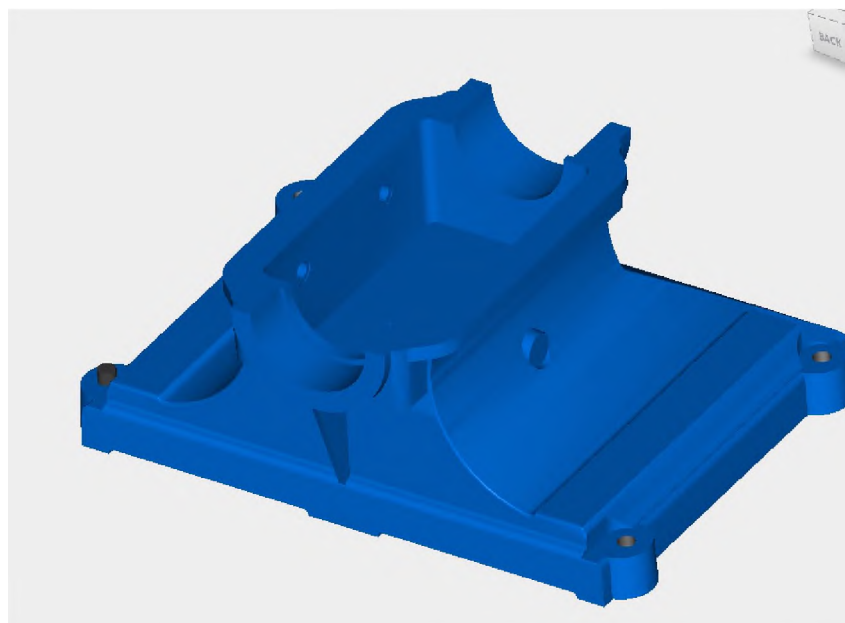


Рисунок 4.10 – Свердління фундаментальних отворів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

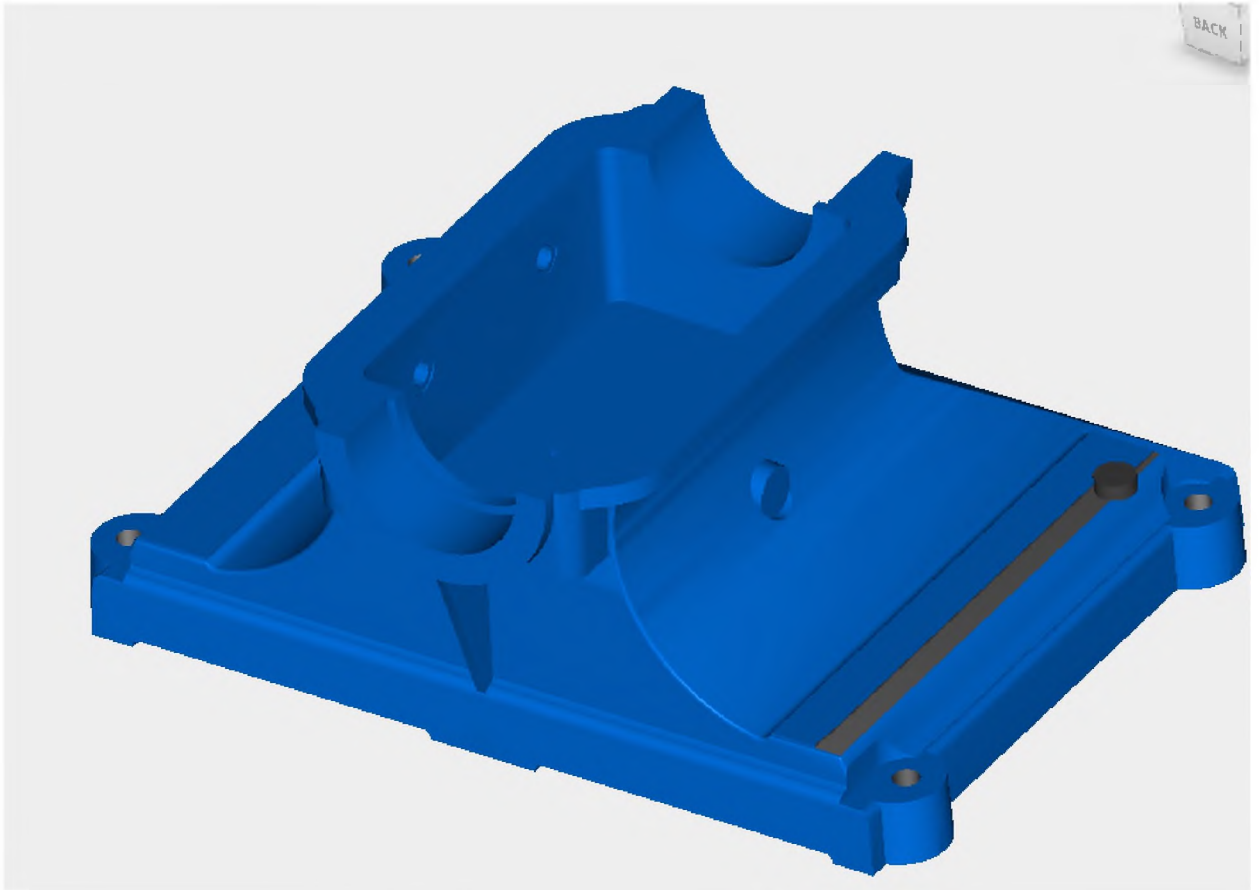


Рисунок 4.11 Фрезерування площин

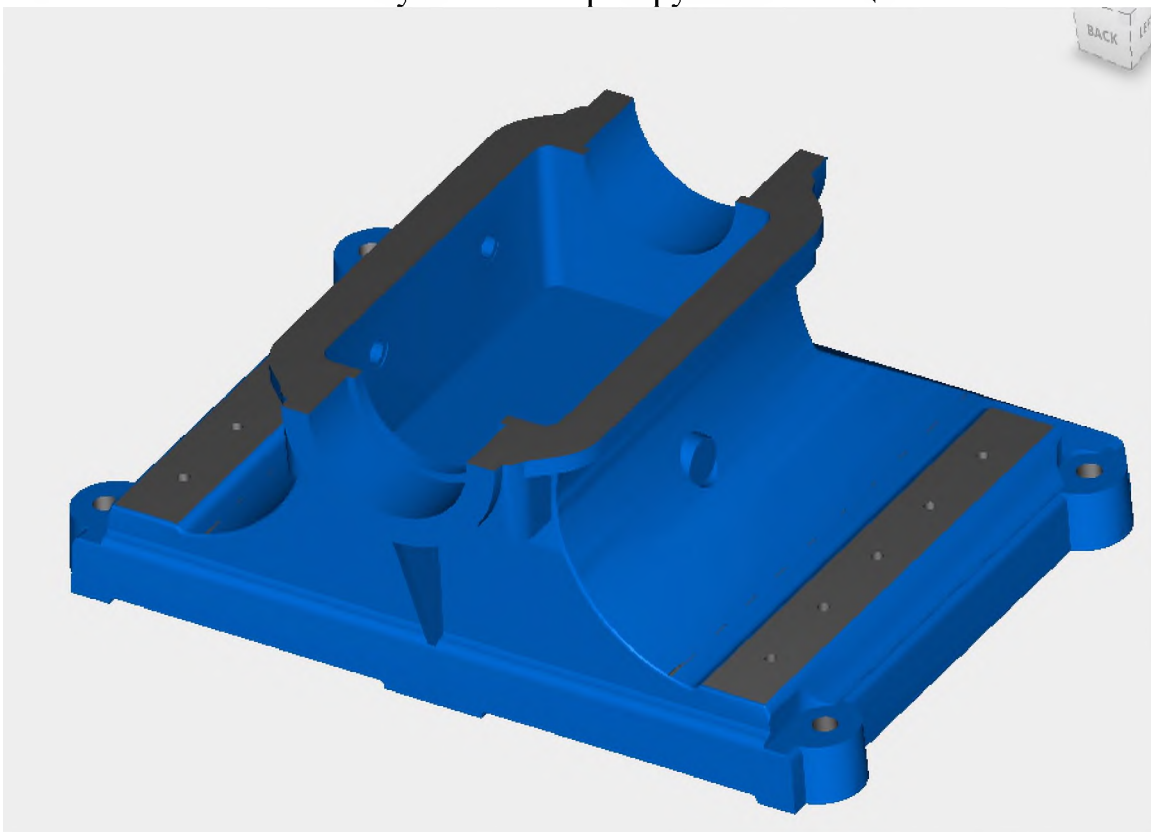


Рисунок 4.12 – Кінець імітації обробки FeatureCAM

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

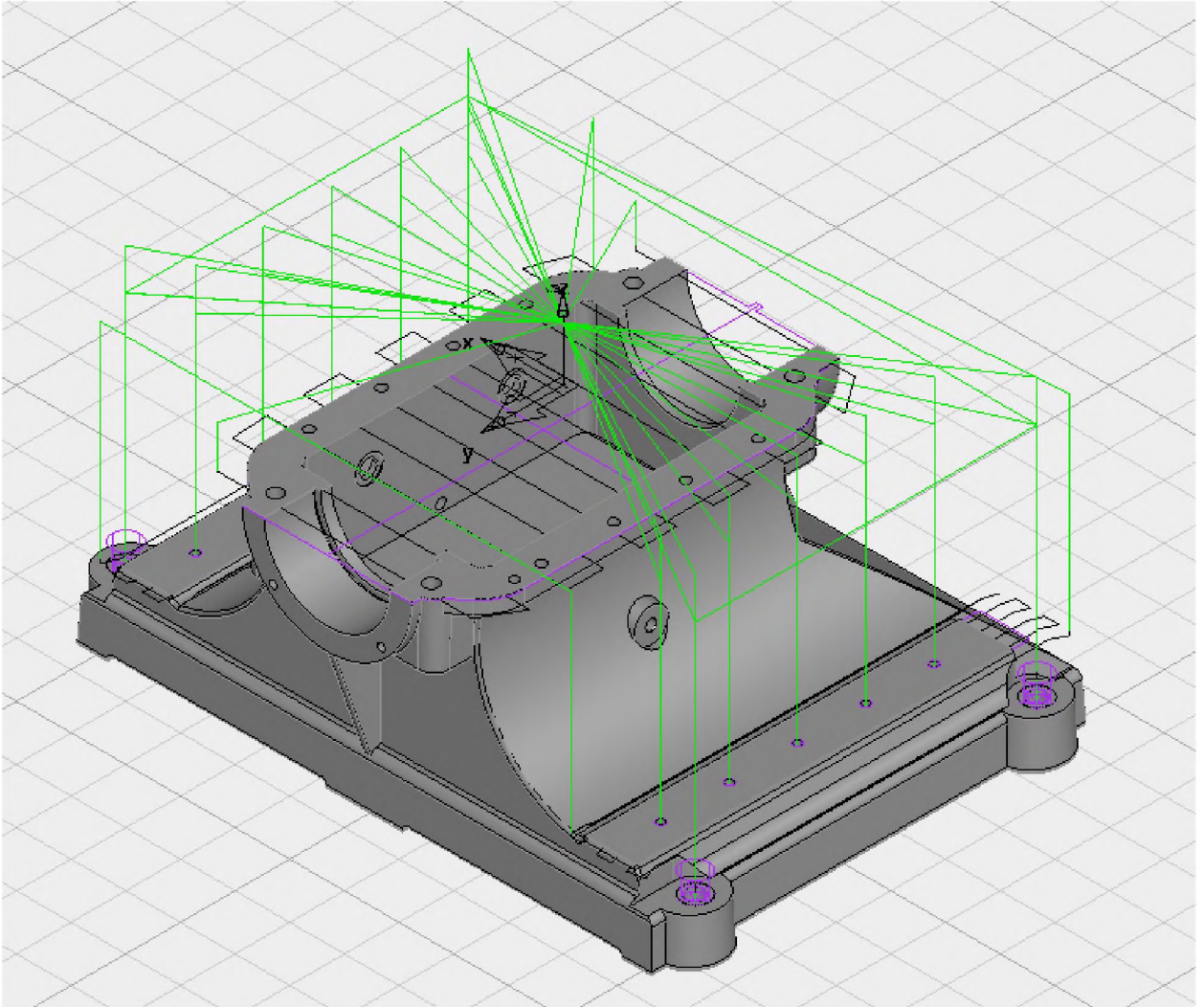


Рисунок 4.13 – Траєкторія руху інструмента підчас обробки FeatureCAM

У результаті завершення обробки отримуємо не лише графічне зображення результату, а й машинний код для верстата, що забезпечує створення керуючої програми (Рис. 4.14).

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

Код УП

☰ ☱ ☲ ☳ ☴ ☵ ☶ ☷

```

%
O0001 - ( FEATURECAM - FANUC )
( КОПИУС ОБРОБКА )
( УСТАНОВЛ - 19.11.2024 - 23:51:26 )
( ESTIMATED MACHINE TIME = 438:23:51.2 )
N35 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94
N40 G91 G28 Z0

N45 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )
N50 T1 M6
N55 G00 G54 G90 X-521.0 Y278.5 S200 M03
N60 G43 H1 Z25.0 M08
N65 G83 G98 Z-489.879 R-403.0 Q33.0 F250.
N70 G80

N75 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )
N80 S1500
N85 G81 G98 Z-409.579 R-403.0 F185.
N90 G80

N95 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )
N100 Y-346.5 S200
N105 G83 G98 Z-489.879 R-403.0 Q33.0 F250.
N110 G80

N115 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )|
N120 S1500
N125 G81 G98 Z-409.579 R-403.0 F185.
N130 G80

N135 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )
N140 X521.0 S200
N145 G83 G98 Z-489.879 R-403.0 Q33.0 F250.
N150 G80

N155 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )
N160 S1500
N165 G81 G98 Z-409.579 R-403.0 F185.
N170 G80

N175 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ6 )

```

☰ Операции ☱ Параметры ☲ Код УП

Рисунок 4.14 – Генерація коду УП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.МПОМО

Лист

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування верстатного оснащення

5.1.1 Пристосування операції 005

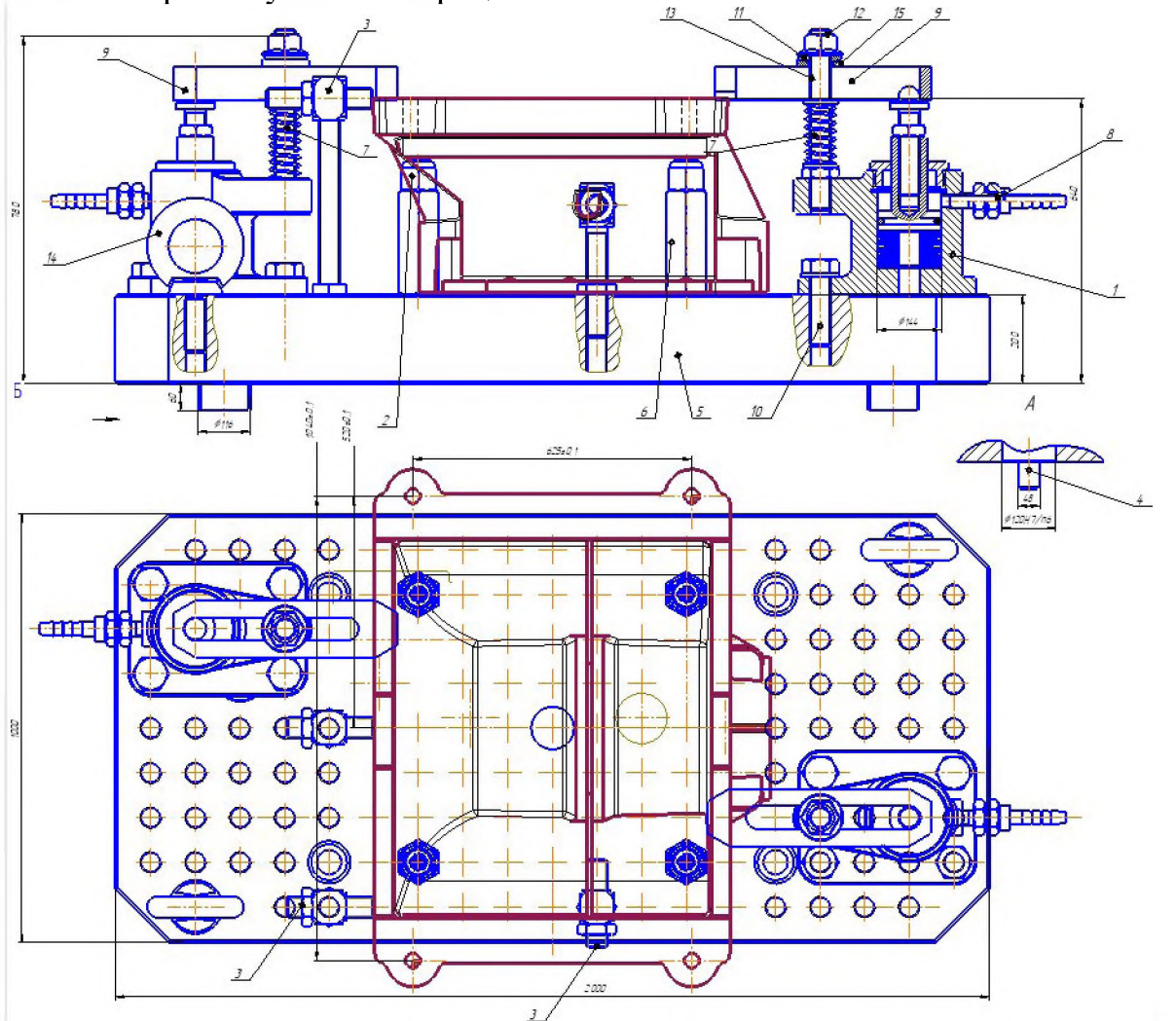


Рисунок 5.1 – Пристосування для обробки на операції 005

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович			КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Перевір.		Нрчлгв					
Реценз.							
Н. Контр.		Нрчлгв					
Затверд.		Рязнінгр					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		

5.1.1.1 Розробка розрахункової схеми пристрою

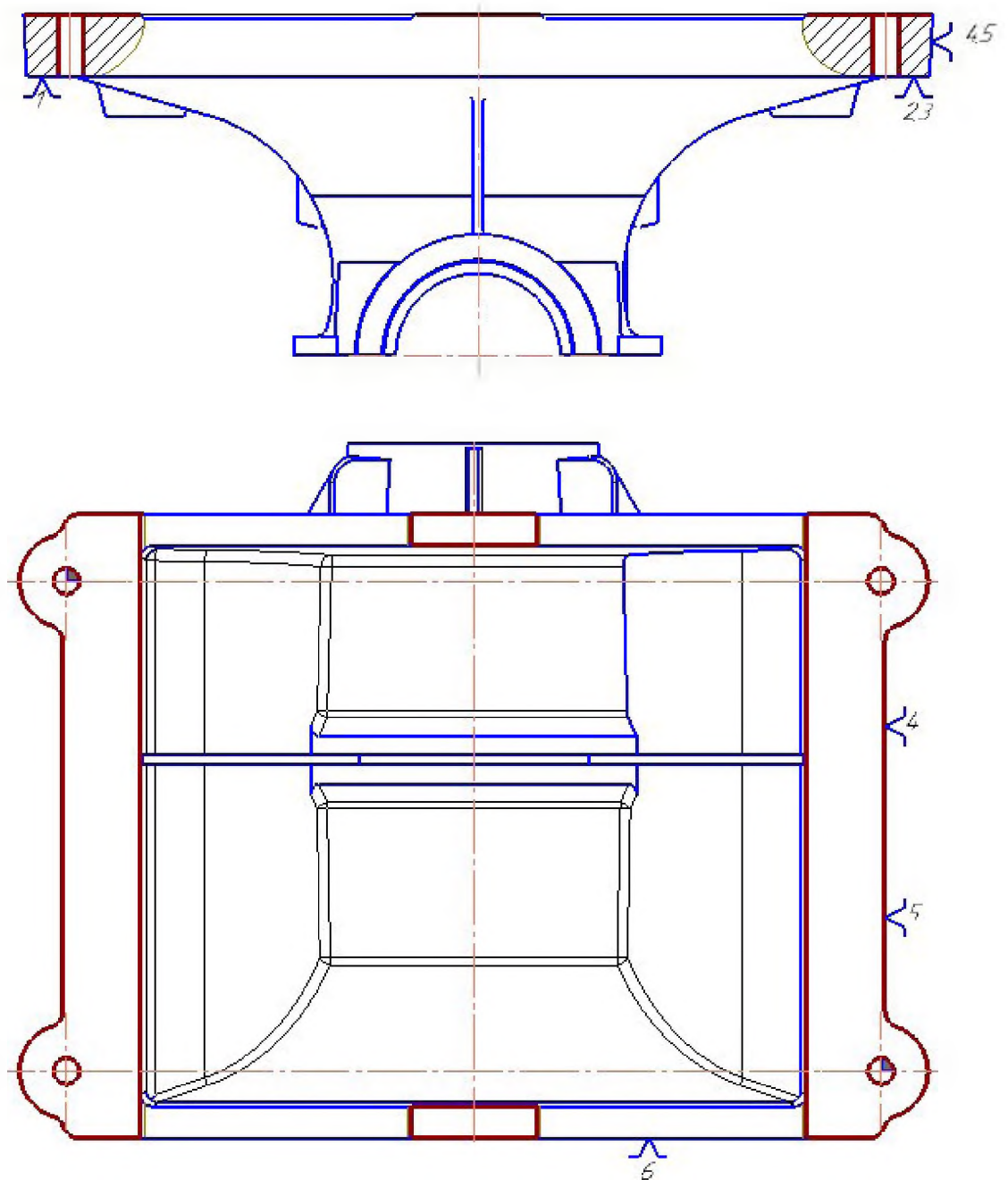


Рисунок 5.2-Схема базування для операції 005

Перед початком розрахунку зробимо деякі спрощуючі припущення:

1. масою заготовки знехтуємо;
2. для спрощення розрахунку складовими сили різання P_y , P_x знехтуємо;
3. вважатимемо затискач абсолютно жорстким.

Розрахункова схема при торцьовому фрезеруванні площини основи, зображена на рис.3.3

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ

Лист

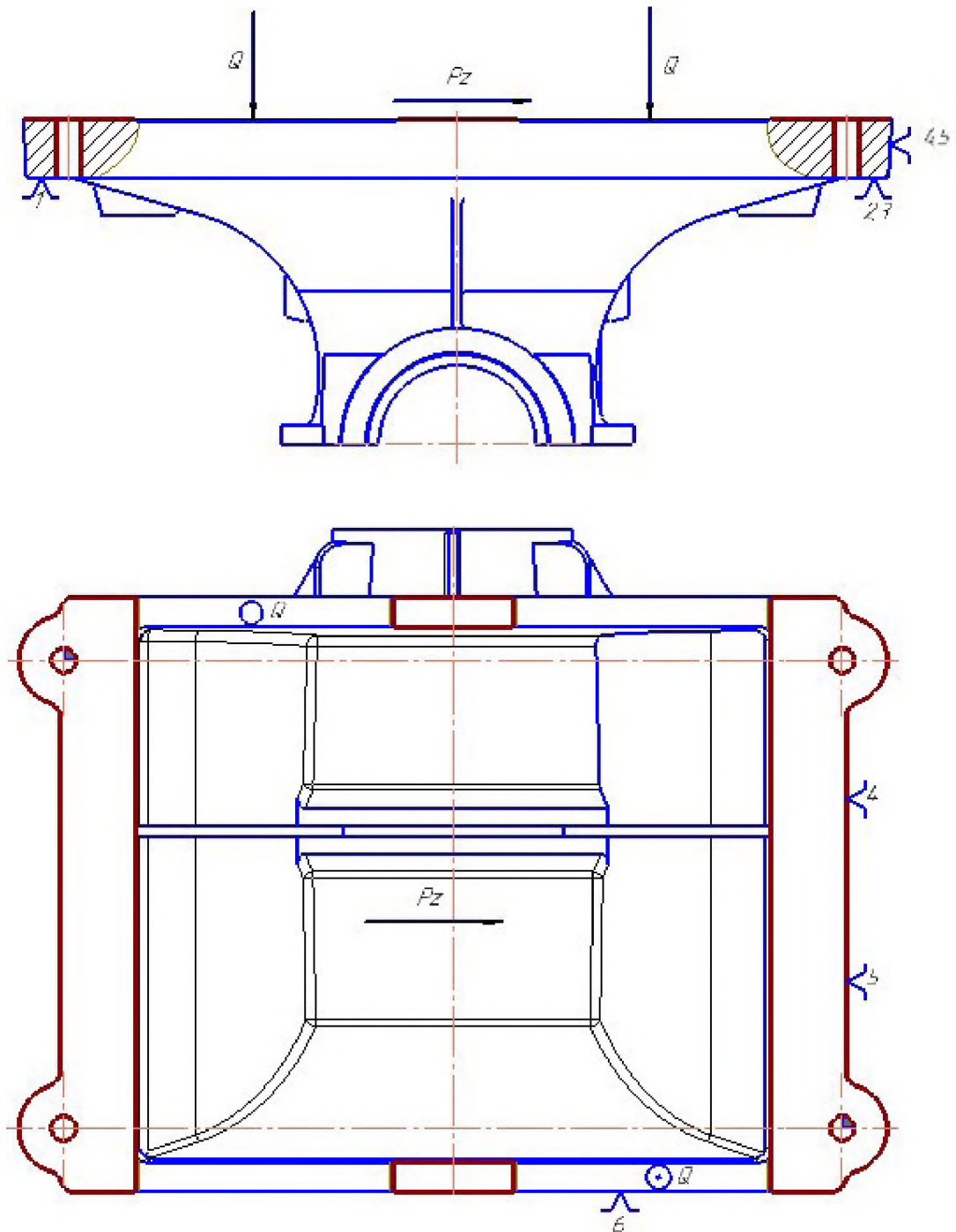


Рисунок 5.3-Розрахункова схема

Розглянемо, що може трапитись із заготовкою у процесі оброблення:

- а) здви́г заготовки;
- б) перево́рот заготовки;

Виходячи зі схеми очевидно, що найбільш вірогідним і небезпечним може бути здви́г заготовки відносно площини (1,2,3) при недостатній силі закріплення.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ

Лист

5.1.1.2. Розрахунок необхідної сили закріплення

$$Pz_{\max} \cdot k = 2Q \cdot f_{mp} \quad (5.1)$$

Звідки:

$$Q = \frac{k \cdot Pz_{\max}}{2f_{mp}}; \quad (5.2)$$

де k - коефіцієнт запасу надійності, що враховує нестабільність силового впливу на заготовку.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (5.3)$$

$k_0=1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях заготовки $k_1=1,2$

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту $k_2=1,0$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні $k_3=1,0$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили, що розвиває затискний механізм $k_4=1,3$;

k_5 - коефіцієнт, що враховує ергономіку затискного механізму $k_5=1,2$;

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 2, \quad (5.4)$$

Розрахунок режимів різання при чорновому фрезеруванні

Максимальні сили різання виникають під час фрезерування торцевою фрезою, тому розрахунки виконуватимемо з урахуванням рівноваги заготовки при цьому виді обробки.

Режими різання для фрезерування визначаються згідно з методикою, наведеною в [1]. Інструмент: торцева фреза з циліндричним хвостовиком $\varnothing 200$, матеріал ВК6, ДСТУ 21573:2014, $z=6$.

Ширина $B = 155$ мм

Подача на зуб фрези [1]: $S_z = 0,13$ мм/зуб;

Стійкість фрези $T = 80$ хв,

Визначаємо швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (5.5)$$

де C_v – поправочний коефіцієнт;

D - діаметр фрези, мм.;

T - стійкість фрези, хв.;

t - тривалість контакту зуба фрези із заготовкою, мм.;

S_z – подача на зуб фрези, мм/зуб.;

U - ширина фрезерування, мм.;

z - число зубів фрези;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.им.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

K_v – поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}, \quad (5.6)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{pv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента.

$C_v = 185,5$ (табл. 39) 1; $q = 0,45$; $m = 0,33$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$;

$p = 0,1$ (табл. 39) [1], $B = 30$ мм, $z = 8$ [1].

$K_{mv} = 1$ (табл. 4) [табл. 1]; $K_{pv} = 0,9$ (табл. 5) [1]; $K_{iv} = 1$ (табл. 6) [1].

Тоді: $K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$

$$V = \frac{185,5 \cdot 200^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,13^{0,2} \cdot 1,55^{0,1} \cdot 6^{0,1}} \cdot 0,9 = 263 \text{ м/хв};$$

Приймаємо згідно матеріалу сплаву, для ВК6: $V=200$ м/хв;

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 200} = 318 \text{ хв}^{-1};$$

Оскільки згідно з паспортними даними верстат має безступінчасте регулювання, обираємо значення $n=315$ хв

Визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}, \quad (5.7)$$

де C_p – поправочний коефіцієнт;

n – частота обертання фрези, хв^{-1} ;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт.

$C = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$ (табл. 41); $K_{mp} = 1,0$ (табл. 10) [1].

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,13^{0,72} \cdot 1,55^{1,6}}{80^{0,86} \cdot 315} \cdot 1 \cdot 0,25 = 1529 \text{ Н}. \quad (5.8)$$

$P_x = 0,5 P_z = 765,6 \text{ Н}$.

Крутний момент :

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D_{фр}}{2} = \frac{1529 \cdot 0,2}{2} = 152,9 \text{ Нм} \quad (5.9)$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V}{1000 \cdot 60} = \frac{1529 \cdot 200}{1000 \cdot 60} = 5 \text{ Вт}; \quad (5.10)$$

$$\text{Тоді: } Q = \frac{2,8 \cdot P_z \max}{2 \cdot 0,2} = \frac{2,8 \cdot 1529}{2 \cdot 0,2} = 10703 \text{ Н}. \quad (5.11)$$

5.1.1.3 Перевірка забезпечення сили закріплення

Виконується, виходячи з максимально допустимого зусилля робітника при використанні ручних затискачів.

де $M_{різьб}$ - момент в різьбі; $M_{тер}$ - момент тертя кільцевої поверхні шайби; L – Плече прикладання сили.

У свою чергу $M_{різьб} = Q \cdot r_{cp} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{np})$,

					КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ	Лист
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

де r_{cp} - половина середнього діаметра різьби; $\alpha=30^\circ$ - кут нахилу метричної різьби; $\varphi_{np} = 10,5^\circ$ - приведений кут тертя в різьбі.

$$M_{тер} = \frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (5.12)$$

де f - коефіцієнт тертя; D, d - зовнішній та внутрішній діаметри шайби відповідно.

Після перетворень остаточно маємо залежність:

$$W_{роб} = \frac{\frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + Q \cdot r_{cp} \cdot tg(\alpha + \varphi_{np})}{L} \quad (5.13)$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \cdot 10703 \cdot 0,15 \cdot \frac{22^3 - 10,5^3}{22^2 - 10,5^2} + 650 \cdot 3,795 tg 40,5^\circ}{20}$$

$$= 2700 \text{ Н}$$

$$W_{роб} > [W_{роб}] = 2700 \text{ Н} > 150 \text{ Н}. \quad (5.14)$$

Сили затиску, яку дозволяється прикласти робітнику, не достатньо, тому необхідно розробити механізований затискний верстатний пристрій. Розрахуємо гідроциліндр для забезпечення необхідної сили затиску:

Тиск у системі: $P = 30 \text{ бар} = 3 \text{ МПа}$;

Сила затиску: $Q = 10703 \text{ Н}$.

$$Q = P \times S \Rightarrow S = \frac{Q}{P} = \frac{10.703}{3000} = 0,00356 \text{ м}^2 \quad (5.15)$$

$$= 3567 \text{ мм}^2$$

S - Площа циліндра;

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3567}{3,14}} = 67 \text{ мм} \quad (5.16)$$

З нормального ряду діаметрів циліндрів приймаємо найближче більше значення $D = 80 \text{ мм}$.

Перевіряємо розрахунки:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 80^2}{4} = 5026 \text{ мм}^2 \quad (5.17)$$

$$Q = P \times S = 3 \text{ МПа} \times 5026 = 15079 \text{ Н} \quad (5.18)$$

$$15079 \text{ Н} > 10703 \text{ Н}$$

Вибраний циліндр задовольняє наші вимоги, щодо сили затиску заготовки.

5.1.1.4 Принцип роботи пристрою

Пристрій представляє собою компоновку УЗП. Призначений для базування і закріплення деталі типу «Корпус» при обробленні на верстаті з ЧПК.

Пристрій складається з базової плити, чотирьох опор та трьох упорів на яких базується заготовка. Закріплення заготовки відбувається за допомогою

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

двох механізованих прихватів. Механізовані затискні пристрої використовуються з огляду на непохідність прикласти навантаження що перевищує дозволене для робітника. На столі верстата пристрій базується за допомогою двох Т - подібних шпонок і закріплюється болтами.

5.2.1 Проектування пристрою для операцій 010 – 020

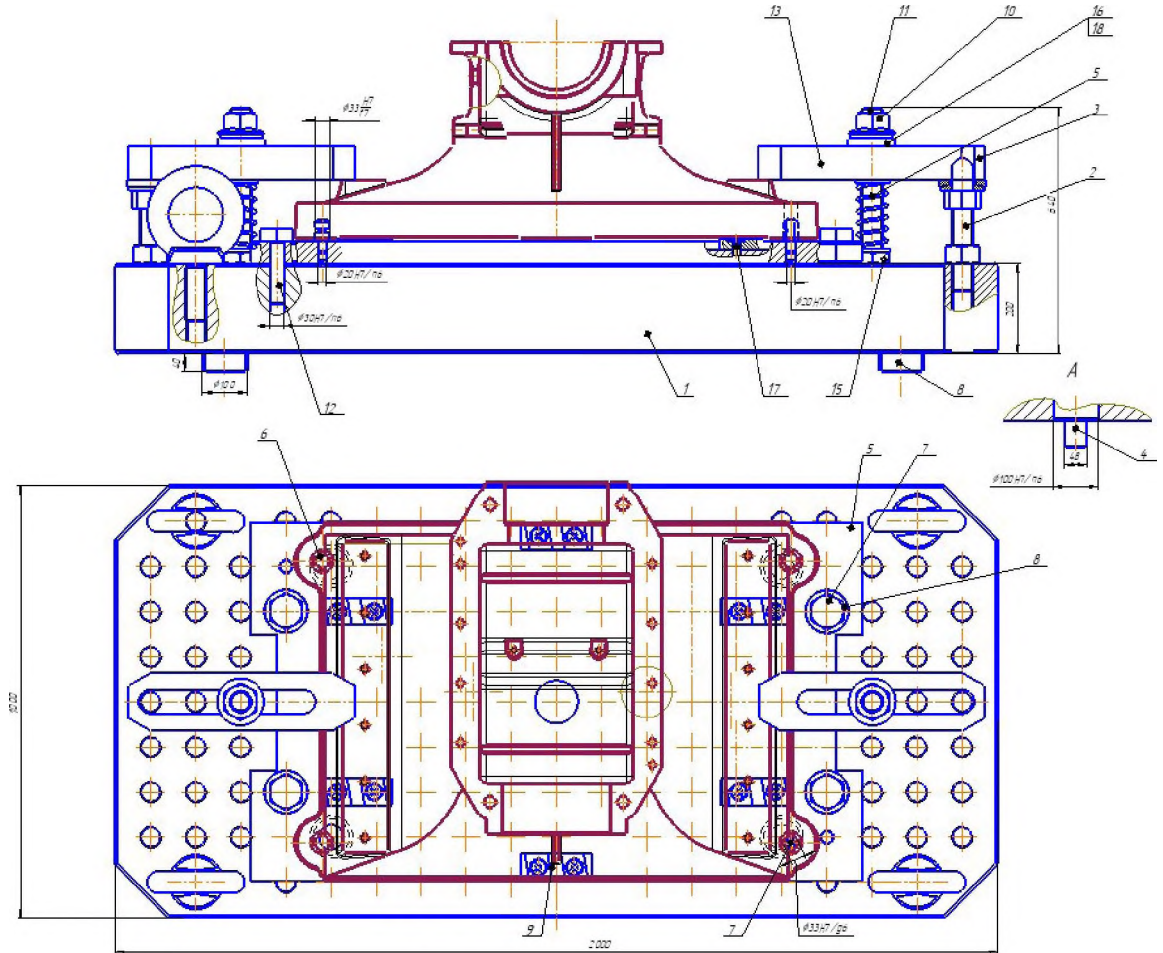


Рисунок 5.4 – Пристосування для операцій 010-020

У відповідності до відомих алгоритмів, виходячи із вимог, обумовлених у технічному завданні було спроектовано верстатний пристрій для технологічної операції 010-020.

Було створено розрахункову схему сил і моментів, що впливають на заготовку під час її обробки, визначено силу для забезпечення надійного закріплення, обрано конструкцію елементів пристрою та розроблено компоновку УЗП.

5.2.1.1 Розробка розрахункової схеми пристрою

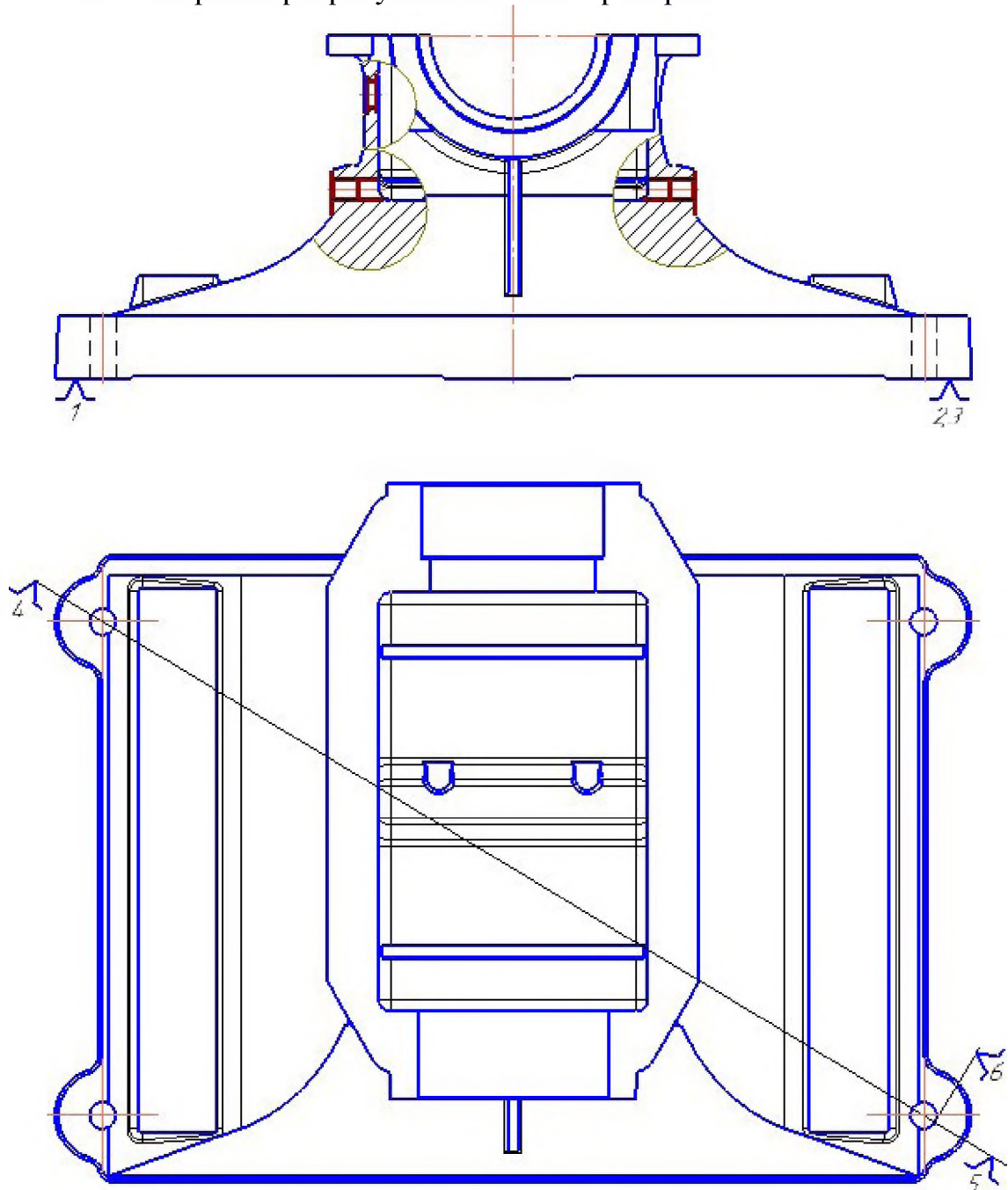


Рисунок 5.5-схема базування заготовки на операції 010-020

Перед початком розрахунку зробимо деякі спрощуючі припущення:

1. масою заготовки знехтуємо;
2. для спрощення розрахунку складовими сили різання P_y , P_z знехтуємо;
3. вважатимемо затискач абсолютно жорстким.

Розрахункова схема при фрезеруванні бічних площин, прилеглих до головних отворів, зображена на рис.5.5

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ

Лист

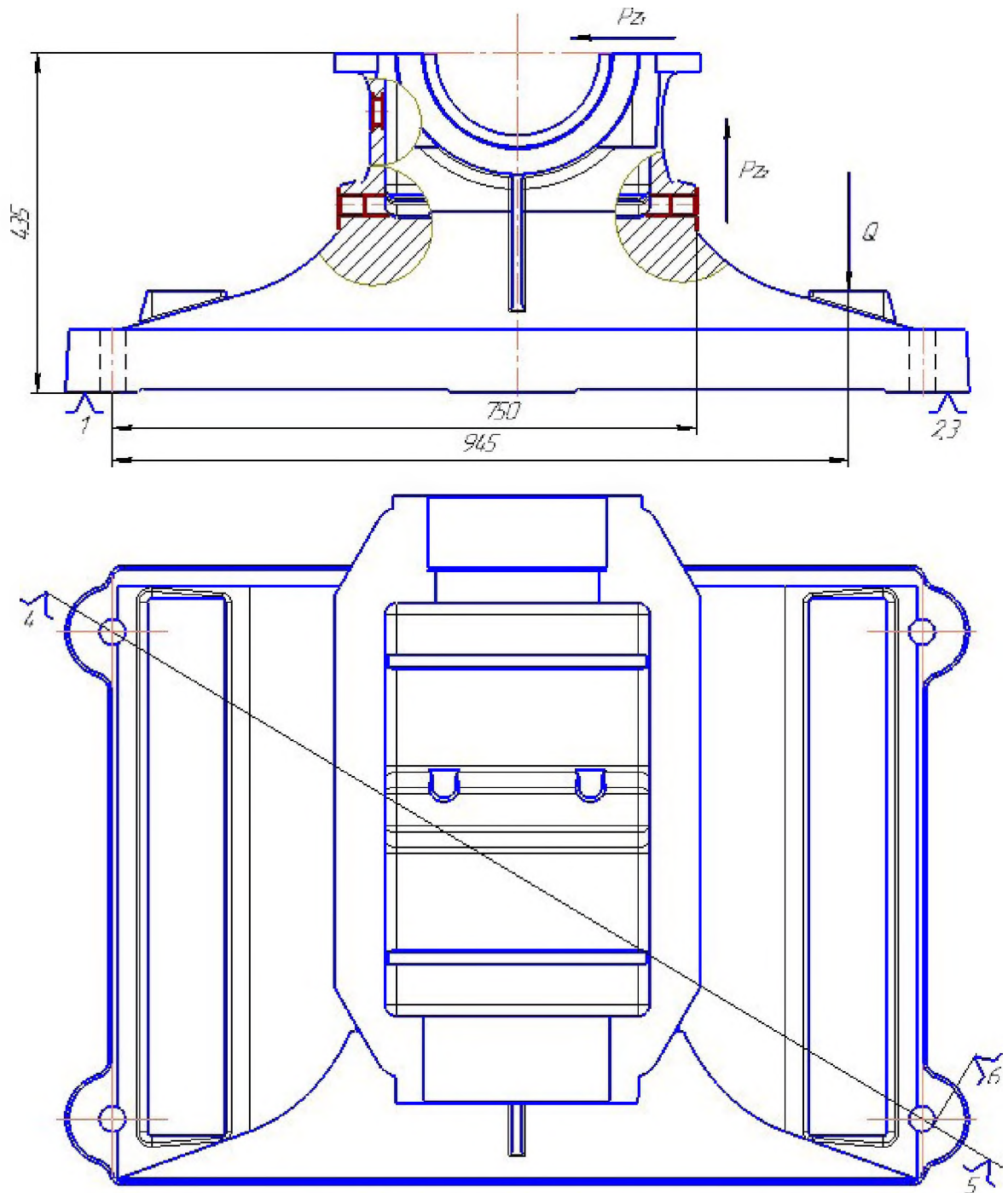


Рисунок 5.4-Розрахункова схема

Розглянемо, що може трапитись із заготовкою у процесі оброблення:

- а) відрив заготовки;
- б) переверот заготовки;

Виходячи зі схеми очевидно, що найбільш вірогідним і небезпечним може бути переверот заготовки відносно точки А при недостатній силі закріплення

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ

Лист

5.2.1.2 Розрахунок необхідної сили закріплення

$$\sum M_A = 0 \quad (5.19)$$

$$P_{max} \cdot 435 \cdot k = Q \cdot 945 \quad (5.20)$$

Звідки:

$$Q = k \cdot \frac{P_{max} \cdot 435}{945} = 2.8 \frac{P_{max} \cdot 435}{945} = 1.29 P_{max} \quad (5.21)$$

де k - коефіцієнт запасу надійності, що враховує нестабільність силового впливу на заготовку.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (5.22)$$

$k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях заготовки $k_1 = 1,2$

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту $k_2 = 1,0$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує постійність сили, що розвиває затискний механізм $k_4 = 1,3$;

k_5 - коефіцієнт, що враховує ергономіку затискного механізму $k_5 = 1,2$;

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 2,8 \quad (5.23)$$

Чорнове фрезерування за режимів різання:

$$P_z = 1529 \text{ Н.}$$

Тоді:

$$Q = 1,28 \cdot 1529 = 1970 \text{ Н;} \quad (5.24)$$

5.2.1.3 Перевірка забезпечення сили закріплення

Виконується, виходячи з максимально допустимого зусилля робітника при використанні ручних затискачів.

$$W_{роб} \leq 150 \text{ Н;}$$

$$W_{роб} \cdot L = M_{різьб} + M_{тер}, \quad (5.25)$$

де $M_{різьб}$ - момент в різьбі; $M_{тер}$ - момент тертя кільцевої поверхні шайби; L - плече прикладання сили.

У свою чергу

$$M_{різьб} = Q \cdot r_{cp} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \quad (5.26)$$

де r_{cp} - половина середнього діаметра різьби; $\alpha = 30^\circ$ - кут нахилу метричної різьби; $\varphi_{np} = 10,5^\circ$ - приведений кут тертя в різьбі.

$$M_{тер} = \frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (5.27)$$

де f - коефіцієнт тертя; D, d - зовнішній та внутрішній діаметри шайби відповідно.

Після перетворень остаточно маємо залежність:

					КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ	Лист
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{роб}} = \frac{\frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + Q \cdot r_{\text{ср}} \cdot \text{tg}(\alpha + \phi_{\text{пр}})}{L}$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \cdot 1970 \cdot 0,15 \cdot \frac{22^3 - 10,5^3}{22^2 - 10,5^2} + 650 \cdot 3,795 \text{tg}40,5^\circ}{20} \quad (5.28)$$

$$= 146 \text{Н}$$

$$W_{\text{роб}} < [W_{\text{роб}}] = 150 \text{Н}. \quad (5.29)$$

5.2.4 Принцип роботи пристрою

Пристрій представляє собою компоновку УЗП. Призначений для базування і закріплення деталі типу «Корпус» при обробленні на верстаті з ЧПК.

Пристрій складається з базової плити, пластинок і установочних пальців на яких базується заготовка. Закріплення заготовки відбувається за допомогою двох немеханізованих прихватів. Ручні затискачі використовуються з огляду на необхідність оброблення з двох сторін і, як наслідок, обертання заготовки, що ускладнює використання механізованих затискачів.

На столі верстата пристрій базується за допомогою двох Т – подібних шпонок і закріплюється болтами.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5.2 Проектування контрольного оснащення

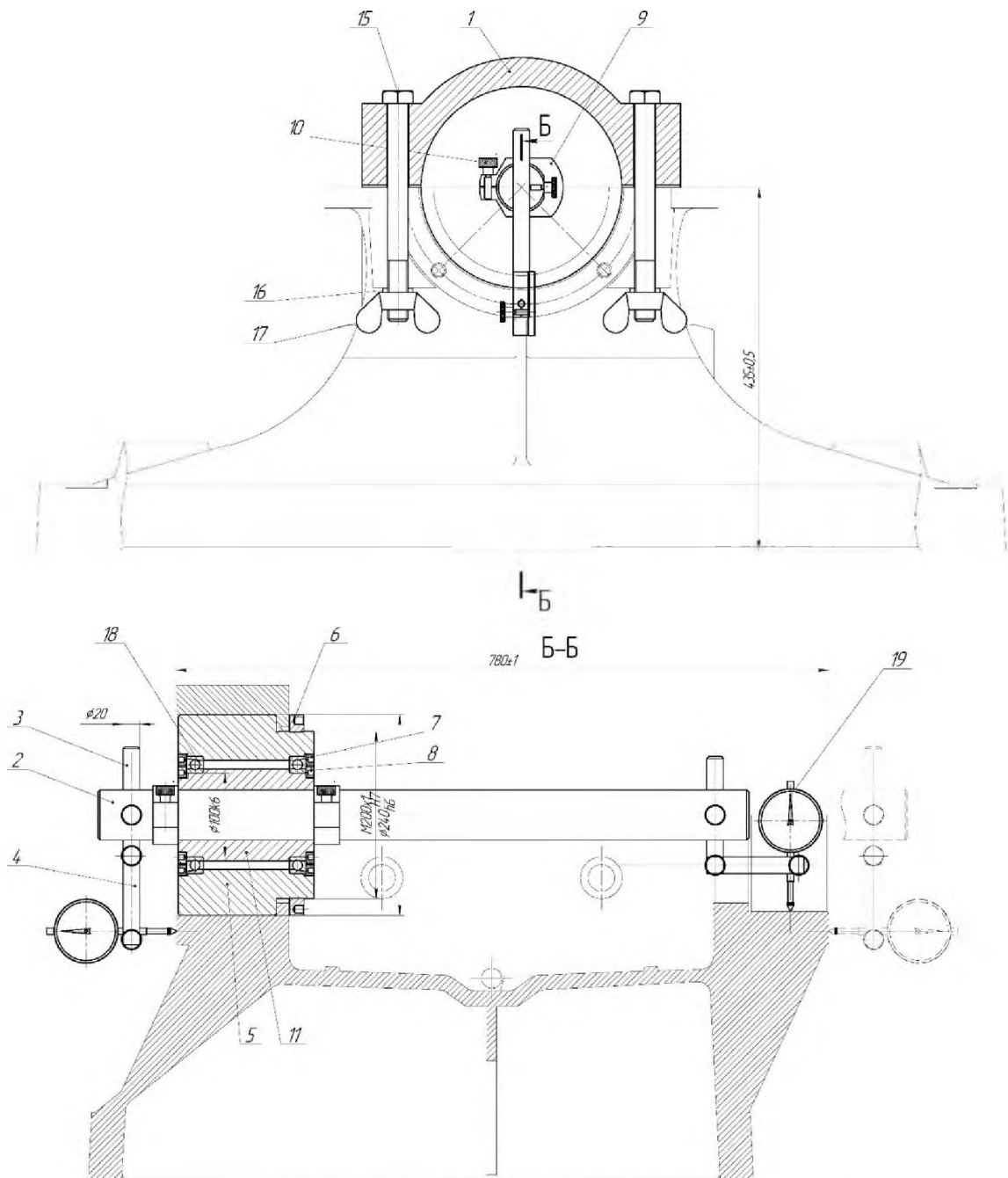


Рисунок 5.5 – Контрольне пристосування.

Спроектуємо контрольне пристосування для контролю радіального биття отвору $\text{Ø}230\text{H}7$ (0.2 мм) та торцьового биття прилежних до точних поверхонь торців (0.1мм).

На базову циліндричну поверхню ($\text{Ø}240\text{H}7$) встановлюється оправка 5, до упору в торець, та затискається на корпусі за допомогою напівхомута 1, всередині оправки встановлюються 2 радіально-упірних підшипника, втулка 11, та оправка 2 зі стріжнями 2,4 з індикаторами годинникового типу 19.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ

Лист

Оправка 2 фіксується на втулці 11 за допомогою 2 клем 9. Індикатор за допомогою стріжнів та гвинтів встановлюється та фіксується на вимірювальну поверхню. Потім здійснюється оберт індикатора, та визначається максимальні відхилення стрілки індикатора.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Формування вихідних параметрів робочого місця/дільниці/цеху

У відповідності зі СНІП 2.09.02-85 "Розміри виробничих приміщень": ширина проходів – 1 м, коридорів – 1,4 м, дверей – 0,8 м.

На ділянці застосовуються 2 середні верстати: HAAS VF-6TR та 2 верстата HAAS EC-500;

Норми відстаней між верстатами й від верстатів до колон будинків наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Норми відстаней між верстатами й від верстатів до колон будинків

Відстань	Норма, мм
Між тильними сторонами верстатів	800
Між верстатами по фронті	900
Відстань від стін або колон будівлі до: — задньої або бічної частини верстата — робочої зони перед верстатом.	800 1500
Між верстатами, розташованими поперечно до проїзду: — при розташуванні "у потилицю" — при розташуванні друг до друга	1500 2500

Площа на одного працюючого – 5 кв. м. Обсяг виробничого приміщення на одного працюючого – 15 куб. м (відповідно до СН 4088-86).

Висота приміщень від підлоги до виступаючих частин комунікацій:

— у місцях регулярного проходу людей – 2 м;

— у місцях нерегулярного проходу людей – 1,8 м.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчпгв					
Реценз.					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		
Н. Контр.		Нрчпгв					
Затверд.		Рязнінєв					
ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА							

Планування ділянки забезпечує вільний і безпечний доступ обслуговуючого персоналу до устаткування.

Відповідно до вимог СН 4088-86 "Санітарні норми проектування промислових підприємств", відстані від стін до тильної сторони устаткування –900 мм, до фронту устаткування - 200 мм.

Таблиця 6.2 - Відстані від вантажопідйомної машини до частин будинку й устаткування

Нормована відстань	Найменше допустиме значення , мм
Від виступаючих частин торців крана до колони й стін будинку, перил прохідних галерей	60
Від верхньої точки вантажопідйомної машини до стелі будинку	100
Від нижніх виступаючих частин вантажопідйомної машини до устаткування, розташованого в зоні її дії	400
Від підлоги посадкової площадки для входу в кабіну до нижніх частин перекриття	1800
Від настилу площадок і галерей до суцільного перекриття даху	1800
Від нижньої габаритної точки кабіни до підлоги цеху	2000
Від нижньої габаритної точки вантажопідйомної машини, до підлоги, на якому під час роботи крана можуть бути люди	2000

На основі вказаних норм, а також складеного технологічного процесу будуємо планування ділянки обробки деталей типу «Корпус». При цьому враховуємо наявність на ділянці кабіни майстра, прийомних столів коло верстатів, складів заготівель та готових деталей, також на ділянці встановлюємо

Пожежний щит, бювет з питною водою, штанго-єршовий транспортер, підводи мастила, змінного струму та високого тиску.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Мережу колон приймаємо 6000x18000 мм, вишина цеху: 10.8 м до підкранового шляху. Напівфабрикати між верстатами будемо передавати за допомогою обертальних консольних кранів вантажопідйомністю 0.5 тс.

Також на ділянці встановлюємо кран-балку вантажопідйомністю 10 тс.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Дотримання правил та норм з охорони праці є важливим показником рівня організації праці та виробничої дисципліни. Охорона праці включає комплекс законодавчих норм, соціально-економічних, технічних, гігієнічних, організаційних та профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності працівників під час виконання їхніх робочих обов'язків.

Підвищення рівня безпеки праці та покращення умов роботи прямо впливають на продуктивність, якість продукції, її собівартість, а також на загальний стан здоров'я працівників. Безпека праці досягається через дотримання санітарних норм, інструкцій, стандартів з охорони праці та правил техніки безпеки.

Сьогодні особливу увагу приділяють суворому дотриманню вимог "Системи стандартів безпеки праці" (ССБП, ДСТУ 12451:2018), які встановлюють основні правила безпеки для виробничих процесів та їхніх груп. Покращення умов праці, зниження рівня виробничого травматизму, профілактика професійних захворювань і підвищення культури виробництва є завданнями державного масштабу.

Аварії та травматизм завдають значних економічних збитків державі, що робить питання охорони праці надзвичайно актуальним.

6.2.1 Електробезпека

Смерть від ураження електричним струмом може бути спричинена зупинкою серця, припиненням дихання або електричним шоком.

До основних причин ураження електрострумом належать:

- контакт із частинами електроустановок, що не проводять струм, але випадково опинилися під напругою через пошкодження ізоляції;
- випадковий дотик до струмоведучих елементів, що перебувають під напругою;
- потрапляння під напругу під час ремонтних робіт у разі порушення правил техніки безпеки.

Усі приміщення класифікуються за рівнем небезпеки ураження електричним струмом на три категорії:

- приміщення без підвищеної небезпеки;
- приміщення з підвищеною небезпекою;
- приміщення особливо небезпечні.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Проектована ділянка відповідає вимогам правил улаштування електричних установок.

Згідно з ПУЕ-87, дана ділянка належить до особливо небезпечних за умовами ураження електричним струмом, оскільки виконуються дві або більше з наступних ознак:

- вологість повітря 70% і більше;
- температура 30°C і вище;
- наявність струмопровідного пилу;
- можливість одночасного контакту з обладнанням і заземленими частинами.

Струмопровідний пил утворюється під час обробки сталі за допомогою абразивного інструменту.

Електропостачання ділянки здійснюється через трифазну чотирьохпровідну мережу із заземленою нейтраллю (220/380 В).

Для захисту від ураження електрострумом на ділянці передбачені такі заходи:

- ізоляція струмоведучих частин для унеможливлення їх доступу;
- розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті;
- встановлення огорожень для струмоведучих частин;
- дотримання правил техніки безпеки під час ремонтних робіт;
- розміщення попереджувальних табличок на вимикачах під час ремонту;
- недопущення до ремонту осіб без необхідної підготовки;
- занулення або заземлення металевих частин обладнання, які можуть потрапити під напругу.

Занулення — це спеціальне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин обладнання, які можуть потрапити під напругу, з нульовим захисним провідником.

Принцип дії занулення полягає у перетворенні замикання на корпус у однофазне коротке замикання, тобто у замикання між фазним і нульовим провідником. Це забезпечує створення великого струму, який активує захисні пристрої та автоматично відключає пошкоджену установку від живлення.

Головна функція нульового захисного провідника — формування ланцюга з низьким опором для струму короткого замикання, що забезпечує достатній рівень струму для швидкого спрацювання захисних пристроїв.

Час відключення системи становить 1–2 секунди при використанні автоматичних вимикачів.

На рисунку 6.1 зображено схему занулення.

У цій схемі використані такі позначення:

1 – корпус;

2 – плавкі запобіжники;

R_0 – опір заземлення нейтралі джерела струму;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

V_A – фазна напруга.

Метою заземлення нейтралі є зменшення напруги нульового провідника відносно землі до безпечного рівня у разі випадкового замикання фази на землю.

Метою повторного заземлення нульового захисного провідника є зменшення ризику ураження людей електричним струмом у ситуаціях, коли відбувається обрив цього провідника та замикання фази на корпус у точці обриву.

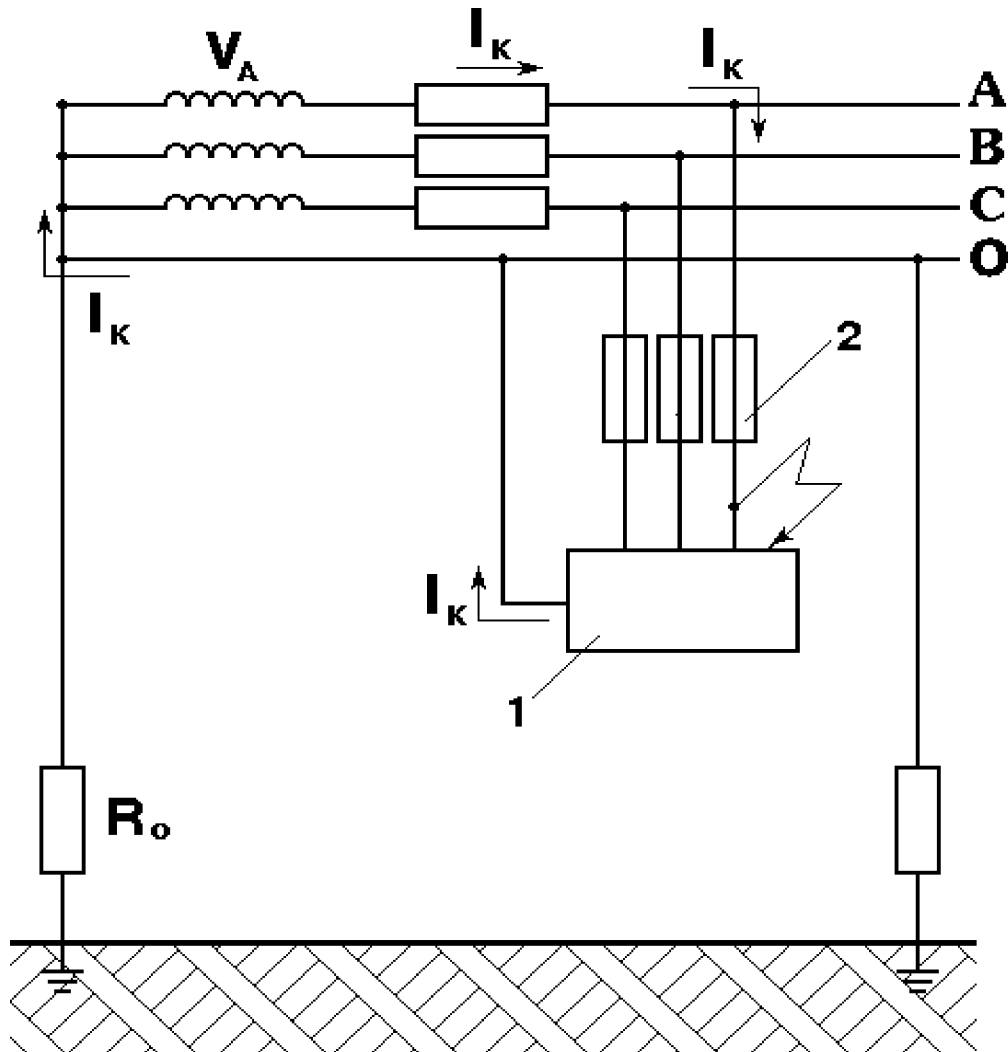


Рисунок 6.1 Схема занулення

Вимоги до заземлення включають:

- опір заземлювального контуру не повинен перевищувати 4 Ом;
- шина заземлення всередині будівлі має бути доступною для перевірки;
- шина з'єднується із зовнішнім контуром не більше ніж у двох точках.

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ

Лист

Окрім занулення обладнання, для забезпечення захисту працівників від ураження електричним струмом на проєктованій ділянці передбачено додаткові заходи:

- електрообладнання верстатів відповідає вимогам ДСТУ 12.2.009:2014.
- Дотримання вимог ДСТУ 12.4.011:2014, розділу "Засоби колективного захисту", відповідно до яких на підприємстві впроваджено основні заходи для захисту від ураження електричним струмом: огорожувальні пристрої, автоматичний контроль і сигналізація, занулення, автоматичне відключення, запобіжні пристрої, знаки безпеки, блискавковідводи, використання зниженої напруги, а також періодичний контроль (двічі на рік) стану ізоляції електроустаткування.
- Для металорізальних верстатів згідно з ДСТУ 12.2.009:2014 живлення рухомих світильників місцевого освітлення здійснюється напругою 24 В.
- Забезпечення недоступності неізольованих струмопровідних частин за допомогою стаціонарних огорожень, блокувальних пристроїв і розташування струмоведучих елементів на недосяжній висоті.
- Покриття струмопровідних частин діелектричним шаром або їх ізоляція від інших частин для забезпечення безпечного проходження струму у заданому напрямку і захисту під час роботи електроустановок.
- Освітлювальна проводка виконана відкритим способом.
- Силова проводка розташована під підлогою у металевих трубах.
- Опір ізоляції проводів становить не менше 1 МОм.
- Контроль стану ізоляції проводів проводиться при напрузі $U = 1000 \text{ В}$ відповідно до ДСТУ 12.2.009:2014.

6.2.2 Пожежна безпека

Згідно з ОНТП 24-86, проєктована діляниця класифікується як категорія "Д", до якої належать виробництва, що здійснюють обробку негорючих матеріалів і речовин у холодному стані.

Під час проєктування ділянки враховано заходи пожежної безпеки.

На ділянці встановлено пожежний щит із набором інструментів і ємністю з піском. Для оперативного гасіння пожеж у початковій стадії на внутрішній водопровідній мережі цеху розміщено пожежні крани. Також ділянка обладнана пожежною сигналізацією.

Для гасіння електроустаткування передбачено використання вогнегасників типів ОУ-8, ОУ-5, УН-2Н, ОХП-10.

Пожежі на машинобудівних підприємствах становлять значну загрозу для працівників і можуть призвести до серйозних матеріальних збитків.

Основними причинами виникнення пожеж на машинобудівних підприємствах є:

- конструктивні недоліки обладнання;
- самозаймання промаслених матеріалів, таких як ганчір'я;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- утворення іскор під час електрозварювальних робіт;
- короткі замикання, перевантаження і високі перехідні опори;
- потрапляння напруги на відключені струмоведучі частини через помилкове ввімкнення обладнання;
- порушення технологічного режиму роботи.

Основним джерелом пожеж можуть бути займання масла, обтиральних матеріалів через коротке замикання або порушення норм пожежної безпеки, таких як паління чи неправильне використання електронагрівальних приладів у приміщенні.

Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій представлені в таблиці 6.3

Таблиця 6.3 - Межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій

Будівельні Конструкції	Група займистості	Межа вогнестійкості
Несучі стіни, стіни сходових кліток, колони	Незгоряємі	2 год.
Плити, настили й інші несучі конструкції покриттів міжетажних перекриттів	Важкозгоряємі	0,75 год.
Зовнішні стіни з начіпних панелей	Важкозгоряємі	0,25 год.
Внутрішні перегородки	Важкозгоряємі	0,25 год.

Речовини й матеріали, застосовувані в розробленому технологічному процесі з погляду пожежної безпеки не є пожежно небезпечними.

По ступені вогнестійкості будинок, де перебуває ділянка, ставиться до III-й ступеня, тому що всі основні конструкції виконані з неспалимих матеріалів

6.2.3 Освітлення приміщення ділянки

Стан зору працівника, робота його центральної нервової системи та загальна безпека на робочому місці значною мірою залежать від якості освітлення.

Оптимальне освітлення виробничої зони є ключовим фактором для безпечної та продуктивної праці. Воно створює необхідні умови для

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виконання робочих завдань і сприяє підвищенню якості продукції та ефективності виробничого процесу.

Норми проектування штучного та природного освітлення регламентуються, де вказані як кількісні показники (мінімальна освітленість), так і якісні характеристики (рівень засліпленості, комфортність та стабільність світлового потоку).

У цьому проєкті передбачено використання двох типів освітлення: природного і штучного. Природне освітлення здійснюється через вікна, забезпечуючи бічне світло, тоді як штучне реалізується за допомогою газорозрядних люмінесцентних ламп.

На проєктованій ділянці передбачено бічне природне освітлення з нормованим коефіцієнтом природної освітленості — 2,5.

Для освітлення ділянки використовуються газорозрядні лампи, які мають перевагу над лампами розжарювання завдяки більшій світловіддачі та довшому терміну служби. Основними джерелами світла на ділянці є лампи денного світла.

Нормована освітленість для комбінованого штучного освітлення становить 2000 лк, а для загального — 200 лк.

Через відсутність інерції випромінювання газорозрядних ламп можлива поява пульсацій світлового потоку. У разі роботи з швидко рухомими або обертовими об'єктами в такому освітленні може виникати стробоскопічний ефект, який спотворює зорове сприйняття (замість одного об'єкта видно кілька, змінюється напрямок і швидкість руху). Пульсація світла ускладнює зорову роботу, а стробоскопічний ефект підвищує ризик травматизму та унеможлиблює виконання низки технологічних операцій.

Для стабілізації світлового потоку газорозрядних ламп необхідно використовувати дво- або трифазне підключення до мережі або включати в ланцюг баластовий, ємнісний чи індуктивний опір.

Оскільки напруга запалювання газорозрядних ламп значно перевищує напругу мережі, для їхньої роботи необхідно застосовувати спеціальні пускові пристрої.

6.2.4 Забезпечення безпеки при експлуатації підйомно-транспортних машин

Норми відстаней між вантажопідіймальними машинами та частинами будівлі наведено в таблиці 6.2.

На проєктованій ділянці для виконання вантажно-розвантажувальних і складських операцій використовується мостовий кран із вантажопідіймальністю 10 тонн.

Діаметр сталевих канатів вантажопідіймальної машини становить $d=10$ мм, а діаметр блоку — $D=250$ мм.

Коефіцієнт запасу міцності сталевих канатів прийнято рівним $K=5,0$

Привід працює в режимі середнього навантаження.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Усі рухомі та обертові частини механізмів підйомно-транспортних машин повинні бути захищені.

Кран, що перебуває в експлуатації, проходить періодичні технічні огляди. Під час повного технічного огляду проводиться перевірка крана, а також його динамічні та статичні випробування.

Випробування підйомно-транспортних машин (ПТМ):

1. Неповні (статичні) випробування проводяться раз на рік. Вантаж із масою, що дорівнює максимальній плюс 25%, піднімають на висоту 100 мм і утримують протягом 10 хвилин. Після цього перевіряють, наскільки зменшилася відстань між підлогою та вантажем. Контролюється робота металоконструкцій у зоні пружних деформацій і функціонування гальм нормального замкнутого типу.

2. Повні випробування здійснюються раз на три роки. Вони включають у себе як статичні, так і динамічні випробування.

- Динамічні випробування виконуються вантажем, який перевищує вантажопідйомність машини на 10%. Їх метою є перевірка роботи механізмів крана та гальм. Допускається використання робочого вантажу. Під час випробувань проводяться багаторазові підйоми та опускання вантажів.

- Статичні випробування проводяться вантажем, маса якого перевищує вантажопідйомність крана на 25%. Кран розташовують над опорами кранових шляхів, а візок встановлюють у положення найбільшого прогину. Вантаж піднімають на висоту 200 мм і утримують протягом 10 хвилин. Після цього вантаж опускають, а кран перевіряють на наявність залишкової деформації.

Під час технічного огляду сталеві канати оцінюються на основі кількості обірваних дротів на довжині одного кроку свивки, враховуючи їх конструкцію та запас міцності. Канати з обривами дротів до подальшої експлуатації не допускаються.

3. Траверси перевіряють не рідше одного разу на 6 місяців; тара та кліщі — раз на місяць; стропи — раз на 10 днів.

Фарбування частин механізмів виконується відповідно до вимог ДСТУ 12.2.058:2014. Корпус механізму фарбують у жовтий сигнальний колір, що позначає "Увага" та "Попередження про можливу небезпеку". Рухливі частини механізмів фарбуються в чорно-жовті смуги під кутом 45°. Кнопка вимкнення обладнання має червоний колір.

6.2.5 Безпека верстатних пристосувань

Вимоги до безпеки конструкції пристосувань відповідають стандартам ДСТУ 12.2.029:2014 "ССБТ. Пристосування верстатні. Вимоги безпеки".

Зовнішні частини пристосувань спроектовані без гострих крайок і кутів. Радіуси заокруглення становлять $R=1...3$ мм, а шорсткість поверхонь: для робочих — $Ra=0,8$, для інших — $Ra=6,3$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У рамках розробленого технологічного процесу передбачено пристосування, де зусилля затиску перевищує зусилля різання в 2,5 рази. Це виключає можливість виривання заготовки з пристосування під час обробки.

Для уникнення ризику потрапляння пальців між затискними елементами пристосування та деталлю під час закріплення деталі, передбачено зазор між заготовкою і пристосуванням, що не перевищує 5 мм (при використанні гідравлічних приводів).

6.2.6 Облік вимог санітарії й охорони навколишнього середовища при застосуванні зотз

ЗОТЗ можуть завдавати шкоди організму за умови частого контакту масла з відкритими ділянками шкіри, тривалого носіння одягу, просоченого маслом, або вдихання масляного туману. Аерозолі на основі нафтових мастил, які входять до складу ЗОТЗ, здатні подразнювати слизові оболонки верхніх дихальних шляхів і знижувати імунну реактивність організму. Вони також можуть спричиняти професійні захворювання шкіри, такі як дерматози, через вплив мастильних і охолоджувальних рідин або емульсій.

Для зменшення концентрації аерозолів ЗОТЗ у повітрі робочої зони використовуються спеціальні конструкції сопел для подачі та розпилення рідини, рекомендовані ДСТУ 12.3.025:2014.

Антимікробний захист ЗОТЗ забезпечується додаванням бактерицидних присадок і періодичною пастеризацією рідини.

Відпрацьовані ЗОТЗ слід збирати у спеціальні ємності. Водну фазу ЗОТЗ необхідно розбавляти до допустимої концентрації перед утилізацією в каналізацію.

Для захисту відкритих ділянок тіла під час роботи з ЗОТЗ рекомендовано використовувати гідрофобні засоби, такі як паста ИЭР-2 (ФС 42-95-72) або захисний крем (ТУ 47-7-11 до/73), які наносять двічі протягом робочої зміни.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Техніко-економічний аналіз інженерних рішень, який досліджує взаємозв'язок технічних і економічних параметрів і показників, проводиться одночасно з інженерним аналізом.

Інженерний аналіз ґрунтується на результатах техніко-економічного аналізу, включаючи граничні значення собівартості, цін та інших економічних показників.

У цьому дипломному проєкті здійснюється розрахунок собівартості виготовлення деталі "Корпус".

Деталь "Корпус" виробляється з чавуну СЧ20. Річний план випуску становить 1000 одиниць. Маса заготовки дорівнює 400 кг, а маса готової деталі — 333 кг.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.3.1 Визначення питомих капітальних вкладень на виготовлення виробу "корпус "

Техніко-економічний аналіз здійснюється на основі розрахунків одноразових, поточних та наведених витрат, пов'язаних із виробництвом і експлуатацією нової техніки.

Таблиця 6.4 - Вихідні дані

№	Назва операції	Модел ь верстат а	Габаритні розміри верстата дв./шр./вис.	Вага верстата, кг.	Розр яд робі тник а	Т шт. к,хв.	Потуж- ність верстата кВт	Ціна верста та, тис грн.
1.	Багато-цільовий	Haas VF-6TR	2.8 x 4 x .3= =11.2 м ²	12000	4	49.8	22	5000
2	Багато-цільовий	Haas EC-500/50	5 x 3.7 x2.5= = 18.5 м ²	11800	4	8.24	22	10000
3	Багато-цільовий	Haas VF-6TR	2.8 x 4 x 3.3= =11.2 м ²	12000	4	73.38	22	5000
4	Багато-цільовий	Haas EC-500/50	5 x 3.7 x2.5= =18.5 м ²	11800	4	39.64	22	10000
	Итого		59.4 м ²			171	88	30000

6.3.2 Розрахунок витрат на устаткування

У виробництві нової техніки капітальні витрати на обладнання розраховуються як загальна сума витрат на технологічне (Коб.т), підйомно-транспортне (Коб.п-), енергетичне (Коб.ен) та контрольно-вимірювальне (Коб.до) обладнання, необхідне для її виготовлення.

$$K_{об.пр} = K_{об.т} + K_{об.п-т} + K_{об.ен} + K_{об.к}. \quad (6.1)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.3.3 Розрахунок витрат на технологічне устаткування

Капітальні витрати на технологічне устаткування розраховую по формулі:

$$K_{об.т} = K_{т.м.} \times \sum_{i=1}^n (C_{об.тл} * T_i * N_{об} * T_{ij} * K_{зij}) \quad (6.2)$$

де $C_{об.тл}$ - вартість одиниці технологічного устаткування і-того типорозміру, грн./шт. ;

$N_{об.тij}$ - кількість технологічного устаткування і-того типорозміру, зайнятого виконанням j-тої операції, шт.;

$K_{зj}$ - коефіцієнт зайнятості технологічного устаткування і-того типорозміру виконанням j-тої операції визначається відношенням часу, необхідного для виробництва виробу, до річного фонду часу роботи устаткування;

$K_{т.м.}$ - коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати, пов'язані із придбанням устаткування, витрати на будівельні роботи й облаштування фундаментів для устаткування, витрати на монтаж і налагодження устаткування, приймається рівним 1.08.....1,15;

n - кількість типорозмірів устаткування, застосовуваного при виконанні j-тої операції;

t – число операцій по виготовленні виробу.

$$K_{т.м.} = 1,12 ; \quad m = 3 ; \quad n = 1;$$

$$K_{зij} = \frac{T_{шт.к}}{60 \cdot Z_{эфф}} \quad (6.2)$$

ефективний фонд часу - $Z_{эфф} = \frac{4156 \text{ год.}}{49.8}$

$$K_{з1.1.} = \frac{60 \times 4156}{8.24} = 0,0002 = 2 \times 10^{-4}, \quad (6.3)$$

$$K_{з1.2.} = \frac{60 \times 4156}{73.38} = 0,000033 = 0,33 \times 10^{-4}, \quad (6.4)$$

$$K_{з1.3.} = \frac{60 \times 4156}{39.64} = 0,000294 = 2,94 \times 10^{-4}, \quad (6.5)$$

$$K_{з1.4.} = \frac{60 \times 4156}{60} = 0,000159 = 1,59 \times 10^{-4}, \quad (6.6)$$

$$K_{об.т} = 1.12 (5000000 \times 2 \times 10^{-4} + 10000000 \times 0,33 \times 10^{-4} + 5000000 \times 2.94 \times 10^{-4} + 10000000 \times 1,59 \times 10^{-4}) = 4917 \text{ грн.} \quad (6.7)$$

Детальний розрахунок капітальних витрат на інші види обладнання виконується за аналогією з розрахунком витрат на технологічне обладнання та угрупнено визначається за даними підприємства наступним чином.

6.3.4 Розрахунок витрат на допоміжне технологічне устаткування

Балансова вартість допоміжного технологічного обладнання визначається за формулою:

$$K_{дтуді} = C_{дтуді} (1 + K_{тмді}),$$

де, $C_{тмді}$ – ціна одиниці і-го допоміжного обладнання, грн;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$K_{ТМД}$ – коефіцієнт транспортно-монтажних витрат ($K_{ТМД} = 0.1 \dots 0.5$).

Крім того, витрати на допоміжне технологічне обладнання можуть розраховуватися у відсотках від балансової вартості основного технологічного обладнання:

$$K_{ДТУГ} = (0.08 \dots 0.1) \sum K_{3i} = 0,1 \times 4917 = 491.7 \text{ грн.} \quad (6.8)$$

6.3.4 Розрахунок витрат на підйомно-транспортне устаткування.

Витрати на підйомно-транспортне обладнання визначаються у відсотках від вартості технологічного обладнання та складають приблизно 2–6%.

$$K_{об.п-т} = 0,05 \times \sum K_{3i} = 0,05 \times 4917 = 245.8 \text{ грн.} \quad (6.9)$$

6.3.5 Розрахунок витрат на енергетичне устаткування

Витрати на енергетичне обладнання розраховуються за середньою вартістю 1 кВт встановленої потужності, яка становить 210 грн/кВт.

$$K_{об.эн.} = \sum N_{уст.} \times Ц_{э} \times K_{3ij} \quad (6.10)$$

де $N_{уст.}$ - встановлена потужність двигуна, кВт;

$Ц_{э}$ - ціна за 1 кВт встановленої потужності;

$$K_{об.эн.} = (2+0.33+2.94+1.59) \cdot 22 \cdot 210 \cdot 10^{-4} = 3,17 \text{ грн.} \quad (6.11)$$

6.3.6 Обчислення витрат на обладнання для контрольно-вимірювальних операцій.

Витрати на контрольно-вимірювальне обладнання визначаються у відсотках від вартості технологічного обладнання, що становлять 1–5%

$$K_{об.КВ} = 0,05 \times \sum K_{3ij} \quad (6.12)$$

$$K_{об.КВ} = 0,05 \times 4917 = 245.85 \text{ грн.} \quad (6.13)$$

6.3.7 Розрахунок капітальних витрат на оснащення

Капітальні витрати на оснастку (зокрема пристосування, штампи, спеціальний дорогий інструмент тощо) обчислюються у відсотках від вартості технологічного обладнання. Для середньо- та дрібносерійного виробництва цей показник становить 20–30%.

$$K_{В} = 0,2 \times \sum K_{3i} \quad (6.14)$$

$$K_{В} = 0,2 \times 4917 = 983.4 \text{ грн.} \quad (6.15)$$

6.3.8 Розрахунок капітальних витрат на виробничі площі

Капітальні витрати на виробничі площі визначаю по формулі:

$$K_{пл.} = S \times \eta_{д} \times Ц_{пл.} \times \sum_{i=1}^n K_{3ij} \quad (6.15)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

де S – сумарна площа, займана встаткуванням (у плані), м^2 ;
 $C_{\text{пл.}}$ – питома вартість виробничої площі, $\text{грн}/\text{м}^2$; $C_{\text{пл.}} = 1600 \text{ грн}/\text{м}^2$
 $\eta_{\text{д}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи, службові приміщення й ін. значення цього коефіцієнта при укрупнених розрахунках можна приймати 1,4..... 1, 5.

Приймаю $\eta_{\text{д}} = 1,5$

Підставляю дані у формулу 6.16:

$$K_{\text{пл.}} = (59.4 \cdot (2+0.33+2.94+1.59)) \cdot 1,5 \cdot 1500 \cdot 10^{-4} = 91.68 \text{ грн.} \quad (6.16)$$

6.3.9 Розрахунок витрат на споруди та передавальні пристрої $K_{\text{с}}$

Витрати на споруди та передавальні пристрої (водопостачання, каналізацію, лінії електропередач, зв'язок тощо) розраховуються як 5–7% від вартості будівель.

$$K_{\text{с}} = (0.05 \dots 0.07) K_{\text{пл.}} \quad (6.17)$$

$$K_{\text{с}} = 0.05 \cdot 91.68 = 4.58 \text{ грн.} \quad (6.18)$$

6.3.10 Обчислення витрат на виробниче приладдя та інвентар $K_{\text{ві}}$

Річні витрати на виробничий інвентар становлять 1,5–2% від балансової вартості основного технологічного обладнання.

$$K_{\text{с}} = (0.015 \dots 0.02) K_{\text{об.т.}} \quad (6.19)$$

$$K_{\text{ві}} = 0.02 \cdot 4917 = 98.34 \text{ грн.} \quad (6.20)$$

Підставляю отримані коефіцієнти у формулу:

$$K_{\text{об.пр.}} = 4917 + 491.7 + 245.85 + 3.17 + 245.85 + 983.4 + 91.68 + 245.85 + 98.34 = 7322.84 \text{ грн.} \quad (6.21)$$

6.4 Обчислення технологічної та повної собівартості виробу «Корпус», а також визначення договірної ціни.

6.4.1 Розрахунок витрат на матеріали

Вартість заготовки, виготовленої за допомогою різних методів лиття, обчислюється за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = C_{\text{і}}/1000 \times Q \times k_{\text{т}} \times k_{\text{с}} \times k_{\text{в}} \times k_{\text{м}} \times k_{\text{п}} - (Q - g) \times C_{\text{от}}/1000 \quad (6.21)$$

де:

$C_{\text{і}}$ — базова вартість однієї тонни заготовок, грн. ; $C_{\text{і}} = 100000 \text{ грн.}$;

$k_{\text{т}}$, $k_{\text{с}}$, $k_{\text{в}}$, $k_{\text{м}}$, $k_{\text{п}}$ — коефіцієнти, які враховують клас точності, групу складності, вагу, матеріал і обсяг заготовок:

$k_{\text{т}} = 1$, $k_{\text{с}} = 0,83$, $k_{\text{в}} = 0,741$, $k_{\text{м}} = 1,04$, $k_{\text{п}} = 0,5$;

g — маса готової деталі, кг ; $g = 333 \text{ кг}$;

Q — маса заготовки, кг ; $Q = 400 \text{ кг}$;

$C_{\text{от}}$ — вартість 1 тонни відходів, грн. ; $C_{\text{от}} = 10000 \text{ грн.}$

Розрахунок:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$\text{Сзаг.} = 100000/1000 \times 400 \times 1 \times 0,83 \times 0,741 \times 1,04 \times 0,5 - (400 - 333) \times 10000/1000 = 12616,37 \text{ грн.} \quad (6.22)$$

6.4.2 Розрахунок витрат на заробітну плату основних робітників
Заробітна плата основних робітників розраховується за формулою:

$$\text{Зосн.}i = \text{Тшт.к.}i \times \text{С}i \times \text{Кп} \quad (6.23)$$

де Тшт.к.і — штучно-калькуляційний час на виконання операції, хвилини;

Сі — тарифна ставка, грн.; для 4-го розряду Сі = 100 грн.;

Кп — коефіцієнт, який враховує доплати: за майстерність та умови праці (для 4-го розряду Кп = 1,06 × 1,1 × 1,3).

Премії у відсотковому співвідношенні до прямої заробітної плати становлять 30%.

Розрахунок заробітної плати основних робітників для кожної операції:

$$\text{Зосн.}1 = (49,8 / 60) \times 100 \times (1,06 \times 1,1 \times 1,3) = 125,81 \text{ грн.} \quad (6.24)$$

$$\text{Зосн.}2 = (8,24 / 60) \times 100 \times (1,06 \times 1,1 \times 1,3) = 20,82 \text{ грн.} \quad (6.25)$$

$$\text{Зосн.}3 = (73,38 / 60) \times 100 \times (1,06 \times 1,1 \times 1,3) = 185,38 \text{ грн.} \quad (6.26)$$

$$\text{Зосн.}4 = (39,64 / 60) \times 100 \times (1,06 \times 1,1 \times 1,3) = 100,14 \text{ грн.} \quad (6.27)$$

Загальна заробітна плата основних робітників для всіх операцій обчислюється за формулою:

$$\text{Зосн} = \text{Зосн.}1 + \text{Зосн.}2 + \text{Зосн.}3 + \text{Зосн.}4 \quad (6.28)$$

$$\text{Зосн} = 125,81 + 20,82 + 185,38 + 100,14 = 432,15 \text{ грн.} \quad (6.29)$$

6.4.3 Розрахунок витрат на заробітну плату додаткових робітників

Витрати на оплату праці додаткових працівників визначаються як відсоток від витрат на заробітну плату основних працівників. Розрахунок виконується у межах 15–20% залежно від умов.

$$\text{Здоп.} = 0,15 \times \text{Зосн} \quad (6.30)$$

$$\text{Здоп.} = 0,15 \times 432,15 = 64,82 \text{ грн.} \quad (6.31)$$

6.4.4 Розрахунок нарахувань на фонд оплати праці

Нарахування на фонд оплати праці обчислюються як 39,35% від загальної суми витрат на оплату праці основних і додаткових працівників:

$$\text{Зфот} = 0,3935 \times (\text{Зосн} + \text{Здоп}) \quad (6.32)$$

Розрахунок:

$$\text{Зфот} = 0,3935 \times (432,15 + 64,82) = 195,56 \text{ грн.} \quad (6.33)$$

6.4.5 Розрахунок витрат на поточні, капітальний ремонт і встаткування і його обслуговування

Витрати на поточні і капітальні ремонт, а також обслуговування устаткування, визначаються як 11% від вартості всіх видів обладнання:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$З_{рем} = 0,11 \times Ц_{об.г.} \quad (6.34)$$

Розрахунок:

$$З_{рем} = 0,11 \times 4917 = 540,87 \text{ грн.} \quad (6.35)$$

6.4.6 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Розрахунок витрат на споживання силової електроенергії виконується за формулою:

$$С_{э} = N_{уст} \times T_{шт} \times кВ \times км \times Ц_{э} \quad (6.36)$$

де $Ц_{э}$ — середня вартість 1 кВт-год електроенергії, що враховує як тариф за споживання, так і плату за встановлену потужність; $Ц_{э} = 4,32$ грн.;

$кВ$ — коефіцієнт використання обладнання в межах робочого часу, $кВ = 0,8$;

$км$ — коефіцієнт використання потужності, $км = 0,7$;

$N_{уст}$ — встановлена сумарна потужність, обчислюється як $N_{уст} = 3 \times$

$$N_{уст.1} = 4 \times 22 = 88 \text{ кВт;} \quad (6.37)$$

$T_{шт}$ — сумарний штучний час по всіх операціях, $T_{шт} = 171,06 / 60 = 2,85$ год.

Підставляючи значення у формулу, отримаємо:

$$С_{э} = 88 \times 2,85 \times 0,8 \times 0,7 \times 4,32 = 606,73 \text{ грн.} \quad (6.38)$$

6.4.7 Розрахунок амортизаційних відрахувань на реновацію устаткування

Амортизаційні відрахування на реновацію обладнання обчислюються на основі його балансової вартості та строку служби за формулою:

$$С_{рен} = С_{н} / (T \times F_{д}) \times T_{шт} \quad (6.39)$$

де $С_{рен}$ — відрахування на реновацію, що припадають на одну деталь (операцію), грн.;

$С_{н}$ — балансова вартість обладнання, грн.;

T — термін служби устаткування, років; $T = 6$ років;

$F_{д}$ — дійсний фонд часу, $F_{д} = 4156$ год.;

$T_{шт}$ — штучний час, хвилини.

Розрахунок для кожної операції:

$$С_{рен.1} = (5000000 \times 49,85) / (6 \times 4156 \times 60) = 166,59 \text{ грн.} \quad (6.40)$$

$$С_{рен.2} = (10000000 \times 8,24) / (6 \times 4156 \times 60) = 55,07 \text{ грн.} \quad (6.41)$$

$$С_{рен.3} = (5000000 \times 73,38) / (6 \times 4156 \times 60) = 245,23 \text{ грн.} \quad (6.42)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$\text{Срен.4} = (10000000 \times 39,64) / (6 \times 4156 \times 60) = 264,94 \text{ грн.} \quad (6.43)$$

Загальна сума амортизаційних відрахувань:

$$\begin{aligned} \text{Срен} &= \text{Срен.1} + \text{Срен.2} + \text{Срен.3} + \text{Срен.4} = 166,59 + 55,07 + 245,23 + 264,94 \\ &= 731,83 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (6.44)$$

6.4.8 Обчислення амортизаційних відрахувань на використання пристосувань.

Розрахунок витрат на амортизацію пристосувань здійснюється за формулою:

$$C_{\text{пр.}} = \frac{Ц_{\text{пр}}}{T_{\text{пр}} \times F_{\text{д}}} \times T_{\text{шт.}} \quad (6.45)$$

де $C_{\text{пр.}}$ - витрати на амортизацію пристосувань, що відводяться на одну деталь (операцію),

$T_{\text{пр.}}$ - термін служби пристосування, рік; $T_{\text{пр.}} = 2$ роки;

$F_{\text{д}}$ - дійсний фонд часу, $F_{\text{д}} = 4156$ годин;

$Ц_{\text{пр.}}$ - вартість пристосувань по операціях; $Ц_{\text{пр.1}} = 10000$; $Ц_{\text{пр.2}} = 10000$;

$$C_{\text{пр.1}} = \frac{10000 \times 49.8}{2 \times 4156 \times 60} = 1 \text{ грн.} \quad (6.46)$$

$$C_{\text{пр.2}} = \frac{10000 \times 8.24}{2 \times 4156 \times 60} = 0.16 \text{ грн.} \quad (6.47)$$

$$C_{\text{пр.3}} = \frac{10000 \times 73.38}{2 \times 4156 \times 60} = 1.47 \text{ грн.} \quad (6.48)$$

$$C_{\text{пр.4}} = \frac{10000 \times 39.64}{2 \times 4156 \times 60} = 0.79 \text{ грн.} \quad (6.49)$$

Обчислимо загальну величину амортизаційних відрахувань на пристосування для кожної операції та підсумуємо їх.

$$C_{\text{пр.}} = C_{\text{пр.1}} + C_{\text{пр.2}} + C_{\text{пр.3}} + C_{\text{пр.4}} = 1 + 0,16 + 1,47 + 0,79 = 3,42 \text{ грн.} \quad (6.50)$$

6.4.9 Розрахунок витрат на експлуатацію різального інструменту

Витрати на експлуатацію різального інструменту для однієї деталі (операції) визначаються за формулою:

$$C_{\text{и}} = C_{\text{и}} / (i \times T_{\text{ст}}) \times T_{\text{о}} \times z \quad (6.51)$$

де $C_{\text{и}}$ — вартість купівельного інструменту або собівартість інструменту власного виробництва, грн.; $C_{\text{и1}} = 50000$ грн.; $C_{\text{и2}} = 50000$ грн.;

i — кількість змін пластин до повного зношування інструменту; $i = 4$;

C — витрати на одну зміну пластини, грн.; $31 = 20$ грн.; $32 = 20$ грн.;

$T_{\text{ст}}$ — стійкість інструменту, год.; $T_{\text{ст1}} = 120$ хв.; $T_{\text{ст2}} = 120$ хв.;

$T_{\text{о}}$ — машинний час роботи інструменту, год.;

z — кількість одночасно працюючих інструментів; $z = 1$.

Розрахунок для кожної операції:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$C_{и1} = (50000 / (4 \times 120)) \times 1,05 = 1,6 \text{ грн.} \quad (6.52)$$

$$C_{и2} = (50000 / (4 \times 120)) \times 1,05 = 1,6 \text{ грн.} \quad (6.53)$$

$$C_{и3} = (50000 / (4 \times 120)) \times 1,05 = 1,6 \text{ грн.} \quad (6.54)$$

$$C_{и4} = (50000 / (4 \times 120)) \times 1,05 = 1,6 \text{ грн.} \quad (6.55)$$

Загальна сума витрат на експлуатацію інструменту для всіх операцій:

$$C_{и} = C_{и1} + C_{и2} + C_{и3} + C_{и4} = 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 = 6,4 \text{ грн.} \quad (6.56)$$

6.4.10 Обчислення витрат на обслуговування та амортизацію будівлі.

Витрати на обслуговування та амортизацію будівлі, де розташоване обладнання, охоплюють витрати на освітлення, опалення, вентиляцію, ремонт і прибирання. Ці витрати розраховуються за формулою:

$$C_{зд} = W_{пл} \times S_c \times k_{п} \times T_{шт} \quad (6.57)$$

де:

$C_{зд}$ — витрати на утримання і амортизацію будівлі, грн.;

$W_{пл}$ — витрати на утримання й амортизацію будівлі на 1 м² площі, $W_{пл} = 1200$ грн.;

S_c — площа, зайнята устаткуванням, м²; $S_{c1} = S_{c3} = 11,2$ м²; $S_{c2} = S_{c4} = 18,5$ м²;

$k_{п}$ — коефіцієнт, що враховує додаткову площу, $k_{п} = 5$;

$T_{шт}$ — штучний час, хвилини.

Розрахунок для кожної операції:

$$C_{зд1} = (1200 \times 11,2 \times 5 \times 49,85) / (4156 \times 60) = 13,42 \text{ грн.} \quad (6.58)$$

$$C_{зд2} = (1200 \times 18,5 \times 5 \times 8,24) / (4156 \times 60) = 3,67 \text{ грн.} \quad (6.59)$$

$$C_{зд3} = (1200 \times 11,2 \times 5 \times 73,38) / (4156 \times 60) = 19,77 \text{ грн.} \quad (6.60)$$

$$C_{зд4} = (1200 \times 18,5 \times 5 \times 39,64) / (4156 \times 60) = 17,62 \text{ грн.} \quad (6.61)$$

Загальна сума витрат:

$$C_{зд} = C_{зд1} + C_{зд2} + C_{зд3} + C_{зд4} = 13,42 + 3,67 + 19,77 + 17,62 = 36,86 \text{ грн.} \quad (6.62)$$

Розрахунок технологічної собівартості виробу "Корпус"

Технологічна собівартість обчислюється за формулою:

$$C_{технол} = C_{заг} + C_{осн} + C_{доп} + C_{фот} + C_{рем} + C_{э} + C_{рен} + C_{спр} + C_{и} + C_{зд} \quad (6.63)$$

Підставляючи значення, отримаємо:

$$C_{технол} = 12616,37 + 432,15 + 64,82 + 195,56 + 540,87 + 606,73 + 731,83 + 3,42 + 6,4 + 36,86 = 15198,12 \text{ грн.} \quad (6.64)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.4.11 Статті капітальних витрат

Таблиця 6.5 - Статті капітальних витрат

Статті капітальних витрат	Величина капітальних витрат, грн.
Для технологічного обладнання	491.7
Для підйомно-транспортного обладнання	245,85 3.17
Для енергетичного обладнання	245.85
Для контрольно-вимірвального обладнання	986.57
Сумарні витрати на обладнання	983.4
Витрати на виробниче оснащення	91.68
Витрати на приміщення для виробництва	2061.65
Загальна сума капітальних витрат	

6.4.11 Пункти експлуатаційних витрат

Таблиця 6.6 - Пункти експлуатаційних витрат

Статті експлуатаційних витрат	Величини Експлуатаційних витрат, грн.
Сировина і матеріали	12616.37
Оплата праці основних працівників	432.15
Оплата праці додаткового персоналу	64.82
Внески до фонду заробітної плати	195.56
Ремонт і обслуговування обладнання	540.87
Витрати на споживання електроенергії	606.73
Амортизація для оновлення обладнання	731.83
Використання ріжучого інструменту	6.4
Витрати на зміст і амортизацію будинку	36.86
Разом собівартість виготовленого виробу	15235.01

Фондовіддача становить:

$$f_{\text{отд.}} = \frac{Q}{\Phi_{\text{ср.ч.}}} = \frac{C}{K} = \frac{15235.01}{2061.65} = 7.39 \text{ грн.}, . \quad (6.65)$$

,де $\Phi_{\text{ср.ч.}}$ - середньо річна; $Q \times \text{Ц}$ – обсяг виробництва

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.0ЕПВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.4.12 Техніко-економічні показники цеху (дільниці)

Таблиця 6.7 - Техніко-економічні показники цеху (дільниці)

Показники	
Річний обсяг випуску продукції, шт.	1000
Площа цеху або дільниці, м ² .	3456
Кількість одиниць основного обладнання, шт.	4
Загальна встановлена потужність, кВт.	88
Кількість працівників, чол.	8
Річна собівартість виробленої продукції, тис. грн.	15235010
Енергооснащеність одного працівника, кВт.	11
Площа виробничого приміщення на одиницю основного обладнання, м ² .	14.85
Площа виробничого приміщення на одного працівника, м ² .	7.425
Фондовіддача, грн.	7.39

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

Інноваційний розвиток технічних систем неможливий без використання сучасних матеріалів і технологій, які забезпечують підвищену ефективність та надійність обладнання. Одним із таких рішень є застосування клеєвих складів для ремонту деталей транспортно-технологічних машин, що дозволяє не лише відновити працездатність окремих елементів, а й покращити їх експлуатаційні характеристики.

Технології ремонту із застосуванням клеєвих складів дозволяють замінити традиційні методи, такі як зварювання та наплавка, на сучасніші підходи. Це стає особливо актуальним для деталей, відновлення яких за стандартними методами може бути неможливим через конструктивні особливості або вимоги охорони праці.

1) Герметик анаеробний "Анатерм-5МД" – це високоякісний матеріал, призначений для ущільнення різьбових, фланцевих і циліндричних з'єднань у різноманітних галузях промисловості. Завдяки своїй анаеробній природі, герметик твердне у відсутності повітря, забезпечуючи надійне ущільнення навіть у складних умовах експлуатації. "Анатерм-5МД" стійкий до впливу агресивних середовищ, вібрацій і температурних коливань, що робить його ідеальним вибором для використання в машинах, трубопроводах і технологічному обладнанні.



Рисунок 7.1 - Герметик анаеробний "Анатерм-5МД"

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фраймович			КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчпгв						
Реценз.						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.		Нрчпгв						
Затверд.		Рязпнігв						

Герметик легко наноситься, швидко твердне і створює міцний шар, який запобігає протіканню рідин чи газів. Особливістю "Анатерм-5МД" є його здатність витримувати високі тиски та зберігати еластичність протягом тривалого часу. Завдяки таким властивостям, цей герметик забезпечує надійність і довговічність з'єднань, що значно спрощує обслуговування техніки та підвищує її ефективність.

2) Епоксидний клей 3М 05901 – це професійний двокомпонентний склад, розроблений спеціально для ремонту корпусних деталей із пластику та інших матеріалів. Він забезпечує надзвичайно міцне та надійне з'єднання, здатне витримувати значні механічні навантаження та вплив агресивних середовищ. Завдяки своїй формулі, клей легко наноситься, а після затвердіння створює довговічний шар, що не втрачає своїх властивостей навіть у складних умовах експлуатації.



Рисунок 7.2 - Епоксидний клей 3М 05901

Особливістю 3М 05901 є його універсальність – він підходить для роботи з різними видами пластику, металу та композитів. Процес нанесення клею максимально простий завдяки використанню спеціального дозатора, що забезпечує точне змішування компонентів у потрібних пропорціях. Цей продукт ідеально підходить для відновлення тріснутих корпусів, склеювання зламаних елементів та усунення дефектів на деталях автомобілів, техніки чи обладнання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Порівняльна характеристика декількох клейових складів:



Рисунок 7.3 - Mannol 9905 Epoxy-Metal

Тип: Двокомпонентний клей на основі епоксидної смоли.

Призначення: Швидке та надійне склеювання деталей з різних металів та сплавів (сталь, чавун, алюміній, мідь, латунь тощо) у будь-яких комбінаціях.

Час затвердіння: Початкове затвердіння – 4 хвилини; повне затвердіння – 2-3 години.

Механічна міцність: Міцність на зсув 3-5 Н/мм².

Термостійкість: До +150 °С.

Особливості: Підходить для ремонту тріщин, порожнин та відновлення пошкодженого різьблення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 7.4 - Loctite 3450

Тип: Двокомпонентний епоксидний клей, наповнений металом, з високою міцністю.

Призначення: Склеювання металів, кераміки, жорстких пластиків та дерева; заповнення зазорів та ремонт.

Час затвердіння: Життєздатність суміші – 4-6 хвилин; технологічна міцність – 12-15 хвилин.

Механічна міцність: Міцність на зсув 25,6 Н/мм².

Термостійкість: Від -55 °С до +100 °С.

Особливості: Швидке затвердіння при кімнатній температурі; можливість механічної обробки та фарбування після затвердіння.

					КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР	Лист
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рисунок 7.5 - Akfix E350

Тип: Двокомпонентний епоксидний клей без розчинників, швидкотверднучий з високою міцністю.

Призначення: Склеювання металів, скла, кераміки, дерева, оргскла, каменю, бетону тощо.

Час затвердіння: Робочий час – 5 хвилин; повне затвердіння – 2 години.

Механічна міцність: Висока міцність та довговічність.

Термостійкість: Устойчивий до погодних умов та перепадів температур.

Особливості: Добрі заповнюючі властивості; стійкість до води, масел, лугів та слабких розчинів кислот; не проводить електричний струм.

Час затвердіння: “Mannol 9905” та “Loctite 3450” мають швидке початкове затвердіння (4-6 хвилин), тоді як Akfix E350 має робочий час 5 хвилин з повним затвердінням за 2 години.

Механічна міцність: “Loctite 3450” демонструє найвищу міцність на зсув (25,6 Н/мм²), порівняно з “Mannol 9905” (3-5 Н/мм²); точні показники для “Akfix E350” не вказані, але зазначається висока міцність.

Термостійкість: “Mannol 9905” витримує до +150 °С, “Loctite 3450” – до +100 °С; для “Akfix E350” конкретні дані не надані, але зазначається стійкість до перепадів температур.

Додаткові властивості: “Akfix E350” відзначається стійкістю до хімічних речовин та не проводить електричний струм; “Loctite 3450” дозволяє механічну обробку після затвердіння.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для ремонту корпусу ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК слід вибрати епоксидний клей, який забезпечить високу міцність, стійкість до вібрацій, перепадів температур і хімічних речовин, а також можливість заповнення тріщин або пошкоджень.

Для ремонту корпусу ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК найкращим варіантом є "Loctite 3450", оскільки він забезпечує високу міцність, необхідну для вузлів із значними механічними навантаженнями та вібраціями. Якщо температура експлуатації перевищує +100 °С, або навантаження менше критичних, можна розглянути "Mannol 9905". Для вузлів, що працюють у вологому або хімічно агресивному середовищі, підійде "Akfix E350".

Переваги використання клеєвих складів

1. Універсальність і багатофункціональність. Клеєві склади, що використовуються для ремонту, класифікуються за механізмом їх затвердіння:
 - Анаеробне затвердіння.
 - Теплове затвердіння.
 - Вологе затвердіння.
 - Склади, що затвердівають активацією.
 - Клеї-розплави.

Такий підхід дозволяє підібрати оптимальне рішення залежно від умов експлуатації та характеру пошкоджень.

2. Економічна ефективність. Використання клеєвих складів дозволяє зменшити витрати на ремонт, оскільки вони забезпечують можливість відновлення деталей без складних і дорогих процесів.
3. Підвищення надійності. Наприклад, дослідження показали, що використання анаеробних складів для відновлення посадочних місць підшипників забезпечує рівномірний розподіл навантажень, знижує контактний тиск і збільшує строк служби.

Випробування і результати

Практичне застосування клеєвих складів довело їхню ефективність у таких випадках:

- Відновлення посадок підшипників. Використання анаеробних складів, таких як "Анатерм-6" і "Анатерм-111", дозволяє усунути зазори до 0,27 мм та підвищити надійність з'єднання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

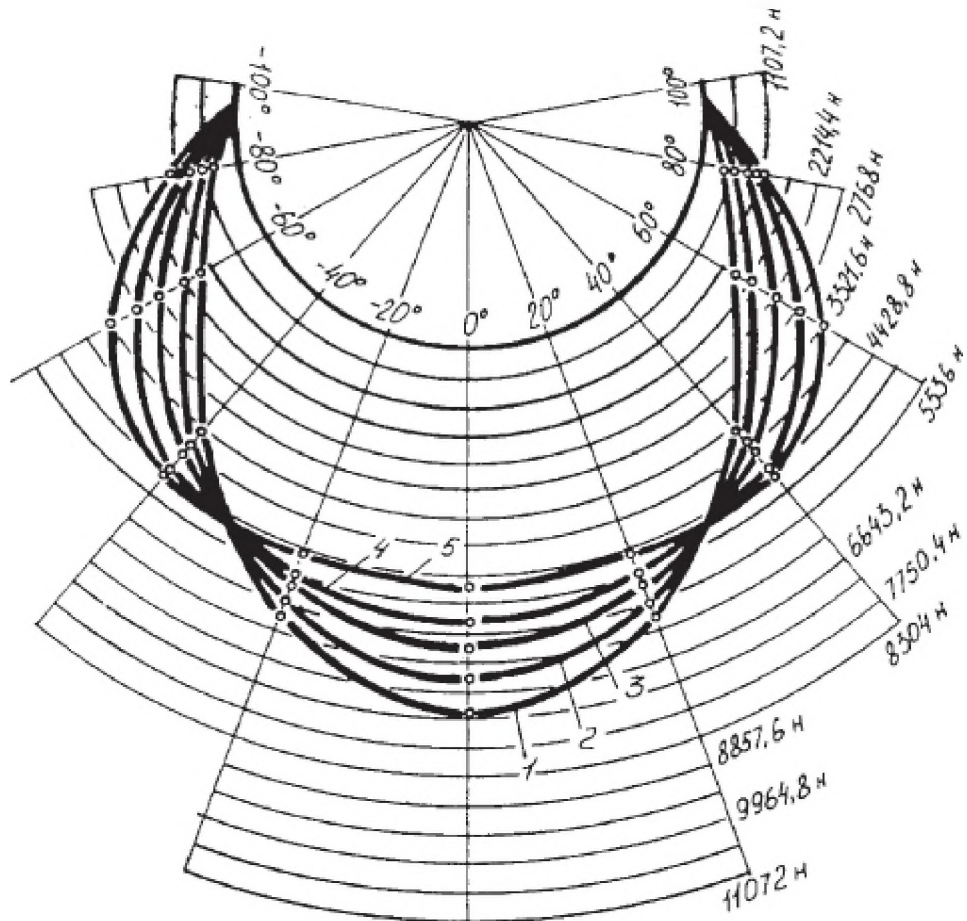


Рисунок 7.6 - Розподіл навантаження в підшипнику при використанні клеєвого складу товщиною, мм

- Герметизація мікротріщин. Анаеробні склади з низькою в'язкістю, такі як АН-1У, здатні проникати в найменші пори, забезпечуючи повну герметичність.

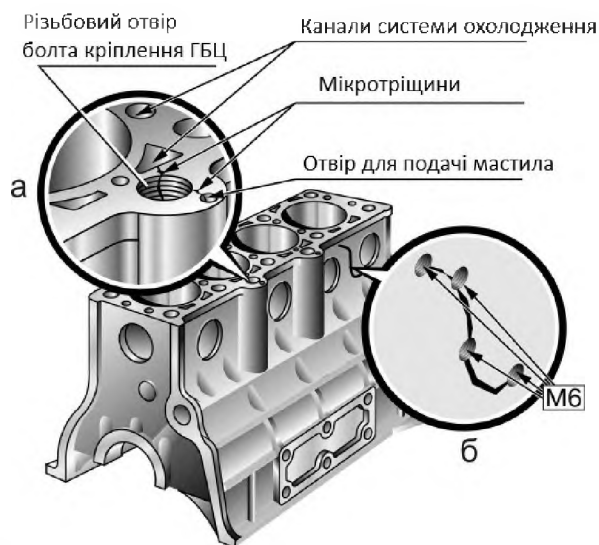


Рисунок 7.7 - Герметизація мікротріщин у блоці циліндрів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Фіксація шпильок у пошкоджених різьбових отворах. Ця технологія дозволяє виконувати ремонт у польових умовах, значно спрощуючи обслуговування техніки.
- Ремонт радіаторів. Технологія використання клеєвих складів для герметизації протікань у радіаторі дозволяє без демонтажу усунути несправності.

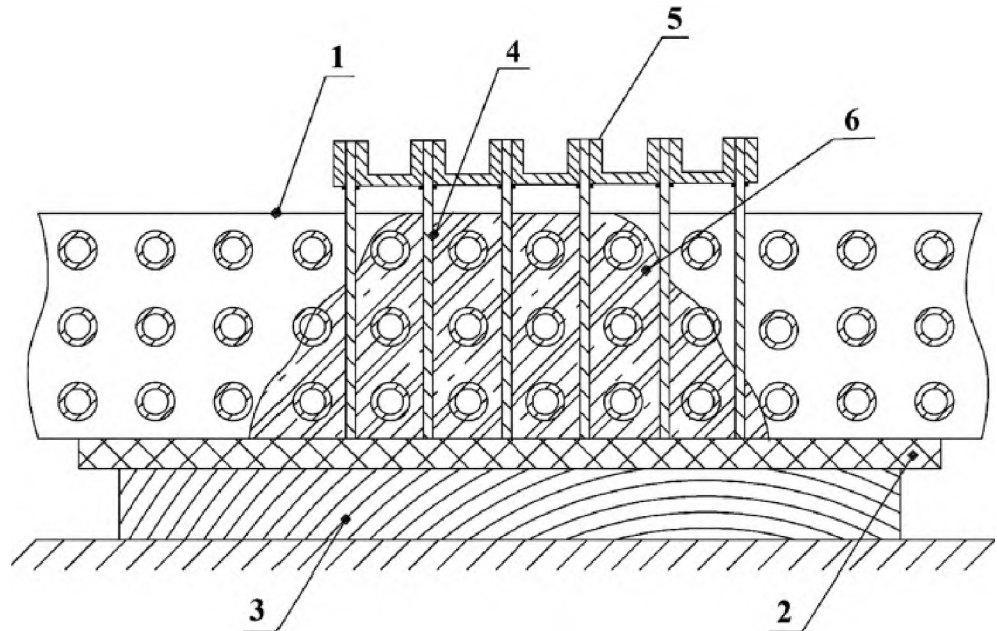


Рисунок 7.8 - Усунення течі серцевини радіатора: 1 - радіатор; 2 - гумова прокладка; 3 - дерев'яна підставка; 4 - стрижень; 5 - формоутворювальний клеєвий склад; 6 - додаткова теплообмінна поверхня

Інтеграція з проектними рішеннями

Використання клеєвих складів у проектуванні та відновленні деталей може бути інтегровано в системи автоматизованого проектування (САПР). Це дозволяє моделювати поведінку матеріалів у реальних умовах експлуатації, оцінювати їхню ефективність і вплив на загальну надійність конструкції.

Висновки

Інноваційні рішення, що базуються на використанні клеєвих складів, забезпечують:

- Підвищення ефективності виробничих процесів.
- Скорочення часу та витрат на ремонт.
- Поліпшення екологічності та безпеки технологій.

Ці переваги роблять такі рішення важливим елементом сучасного машинобудування, сприяючи їх впровадженню у виробничі процеси для забезпечення високої конкурентоспроможності підприємств.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.КОЕПР</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи зроблено наступне:

Проведено аналіз вихідних даних, службового призначення деталі та технічного завдання. Зокрема, було визначено основні функціональні вимоги до деталі «Корпус», обґрунтовано вибір матеріалу, проведено аналіз якості поверхонь та технологічності виробу. Це дозволило оптимізувати подальше проектування процесу виробництва та забезпечити відповідність деталі вимогам експлуатації.

Спроектовано технологічний процес обробки деталі, який включає розробку маршрутів, вибір технологічних баз, визначення режимів різання та нормування технологічних операцій. Особлива увага приділена проектуванню заготовок із врахуванням техніко-економічного обґрунтування та визначення припусків на механічну обробку, що забезпечує високу точність кінцевого виробу.

Окрім цього:

- Виконано моделювання та програмування операцій механічної обробки, розроблено керуючі програми для верстатів з ЧПК, проведено їх візуалізацію та перевірку.
- Спроектовано верстатні пристосування для технологічного процесу та контрольне оснащення.
- Розроблено заходи з організаційно-економічної підготовки виробництва, включаючи формування вихідних параметрів робочих місць та розрахунок ключових техніко-економічних показників.
- Визначено заходи з охорони праці та екології виробництва, включаючи вимоги до електробезпеки, пожежної безпеки, освітлення, експлуатації підйомно-транспортного обладнання, санітарії та охорони навколишнього середовища.

Такий підхід до висновку забезпечує не лише інформативність, а й логічну структуру, що дозволяє краще зрозуміти результати проведеної роботи.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.B</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Фраймович			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчпгв					
Реценз.					<i>ВИСНОВКИ</i>		
Н. Контр.		Нрчпгв					
Затверд.		Рязпнігв					
					<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. - М.: Машиностроение, 1982.
2. "Каталог шахтних вентиляторів", Видавництво "Гірничя промисловість", 2020.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
4. Інструкція з експлуатації та технічного обслуговування вентиляторів типу ВМ-75/1200-МК, 2021.
5. Посібник з проектування вентиляторів для енергетичних установок, В. Петров, 2021
6. Комп'ютерне моделювання у виробництві вентиляційних систем, М. Павлов, 201
7. Гірничий енциклопедичний словник – розділ "Вентиляція шахт".
8. Сучасні методи конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, 2022
9. Методичні вказівки "Проектування верстатних пристосувань" Для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Кіяновский М.В.,- Кривий Ріг: КНУ, 2019.
10. Стандарт організації України. Загальні вимоги та правила оформлення текстових та графічних студентських робіт. /Дворніков В.А., Дубровський С.С., Гулівець О.А. - Кривий Ріг, ДВНЗ КНУ, 2014.
11. Методичні вказівки «Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстатах з ЧПК» Для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
12. Методичні вказівки "Техніко-економічне обґрунтування собівартості обробки при впровадженні верстатів з числовим програмним керуванням та РТК на базі ЧПК" Для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
13. Методичні вказівки "Вибір типу виробництва та методу роботи проектуємої дільниці" /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2020.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.СВД</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фраймович			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нрчлсґ						
Реценз.								
Н. Контр.		Нрчлсґ				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.		Рязпнісґ						

ДОДАТКИ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-16.Д			
Розроб.	Фраймович				ДОДАТКИ	Лит.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Нрчлгн							
Реценз.								
Н. Контр.	Нрчлгн							
Затверд.	Рязпнієн							
						Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		

Додаток А

		Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.		
Лист	Лист									
						<u>Документація</u>				
Сторінка №	Лист	A1			КНУ.КМР.131.24.1-16.ВГО05	Складальне креслення				
						<u>Складальні одиниці</u>				
				1			Гідроциліндр	2		
				2			Опора	4		
				3			Упор	3		
							<u>Деталі</u>			
				4			Шпонка	2		
				5			Плита	1		
				6			Подавжувач М48	4		
				7			Пружина	2		
				8			Штицер 1 1/2	2		
				9			Прихват	2		
							<u>Стандартні вироби</u>			
						10		Болт М48х150 ISO 4018	8	
						11		Шайба сферична (М48)) 7019-04.14 ISO 8738	2	
				12		Гайка М48-7Н ISO 4036	2			
				13		Шпилька М48х150 ISO 7047	2			
				14		Рим-болт М48 ISO 3266	4			
				15		Шайба 7019-04.14 ISO 10670	2			
					КНУ.КМР.131.24.1-16.ВГО05С					
№№ листів	Лист	Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата				
		Розроб.	Фрайтабич				Верстатне пристосування	Лист.	Арк.	
		Перев.	Нічасв						Арк.	
		Нконтр.	Нічасв				Операція 005		Кафедра ТМ гр. ПМ-23н	
		Зіб.	Рязаничв				Копіявд			
							Формат А4			

Додаток Б

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.																																										
<i>Документація</i>																																																
A1			<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ВГО10</i>	<i>Складальне креслення</i>																																												
<i>Деталі</i>																																																
		1		<i>Плита</i>	1																																											
		2		<i>Упор прихвата</i>	2																																											
		3		<i>Прихват</i>	2																																											
		4		<i>Пружина</i>	2																																											
		5		<i>Плита під пальці</i>	1																																											
		6		<i>Палець циліндричний</i>	1																																											
		7		<i>Палець зрізаний</i>	1																																											
		8		<i>Шпанка направляюча</i>	2																																											
		9		<i>Установ</i>	4																																											
<i>Стандартні вироби</i>																																																
		10		<i>Гайка (M4.8) 7003-0304 ISO 4036</i>	2																																											
		11		<i>Штилька M4.8x150 ISO 7047</i>	2																																											
		12		<i>Болт M4.8x100 ISO 4018</i>	4																																											
		13		<i>Шайба M4.8 ISO 10670</i>	4																																											
		14		<i>Штифт 30x100 ISO 8737</i>	2																																											
		15		<i>Гайка M4.8 ISO 4036</i>	2																																											
		16		<i>Шайба (M4.8) 7019-0414 ISO 10670</i>	4																																											
		17		<i>Винт M16x40 ISO 15480</i>	8																																											
		18		<i>Шайба 7019-0414 ISO 10670</i>	2																																											
<i>КНУ.КМР.131.24.1-16.ВГО10С</i>																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td></td> <td>Фрайманіч</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>Верстатне пристосування</i></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>Лит.</i></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td>Нечасів</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Арк.</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Арк.</td> </tr> <tr> <td>Нантв.</td> <td></td> <td>Нечасів</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>Кафедра ТМ</i></td> </tr> <tr> <td>Заб.</td> <td></td> <td>Рязанцев</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><i>гр. ПМ-23н</i></td> </tr> </table>														Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			Розроб.		Фрайманіч			<i>Верстатне пристосування</i>	<i>Лит.</i>	Перев.		Нечасів			Арк.	Арк.	Нантв.		Нечасів			<i>Кафедра ТМ</i>		Заб.		Рязанцев			<i>гр. ПМ-23н</i>	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																																												
Розроб.		Фрайманіч			<i>Верстатне пристосування</i>	<i>Лит.</i>																																										
Перев.		Нечасів					Арк.	Арк.																																								
Нантв.		Нечасів			<i>Кафедра ТМ</i>																																											
Заб.		Рязанцев			<i>гр. ПМ-23н</i>																																											
<i>Операція 010</i>																																																
<i>Копія</i>																																																
<i>Формат А4</i>																																																

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Корпус» ходової частини вентилятора ВМ-75/1200-МК з використанням САПР технологій.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

_____ (підпис)

Фраймович А.В.

Керівник КМР

_____ (підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

_____ (підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Вил		Вил в зборі	
1	1	1	1
		Підшипник	2
		Шпилька	1
		Шпилька	1
		Підшипник	2
Кришка ліва		Кришка ліва в зборі	
6	1	6	1
		Болт М10х35	5
		Болт М10х35	5
		Кришка права	1
		Кришка права в зборі	1
7	1	7	1
		Болт М10х35	5
		Болт М10х35	5
		Мікрит	1
		Мікрит	2
		Пластик	1
		Шпилька	1
		Кришка затка	1
		Кришка затка	5

Рез болт	
8	2

Харківська обл.
Донецький район
с. Заріччя

Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа
2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24
Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа
2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24
Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа
2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24
Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа
2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24
Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа	Код документа
2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24	2018-2-24

1. Типовую пружину для сборки детали
 2. Корпус на чертеже имеет VI-6TR, диаметр 005
 2. Пружина пружина - ±13 мм

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

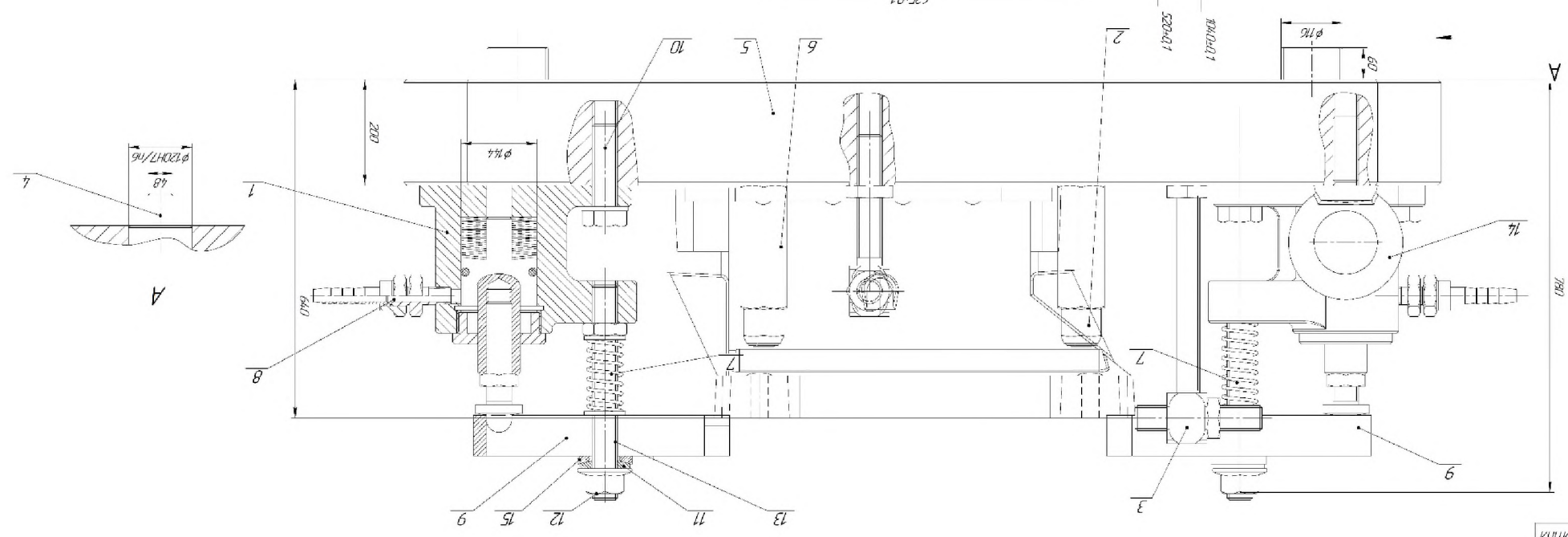
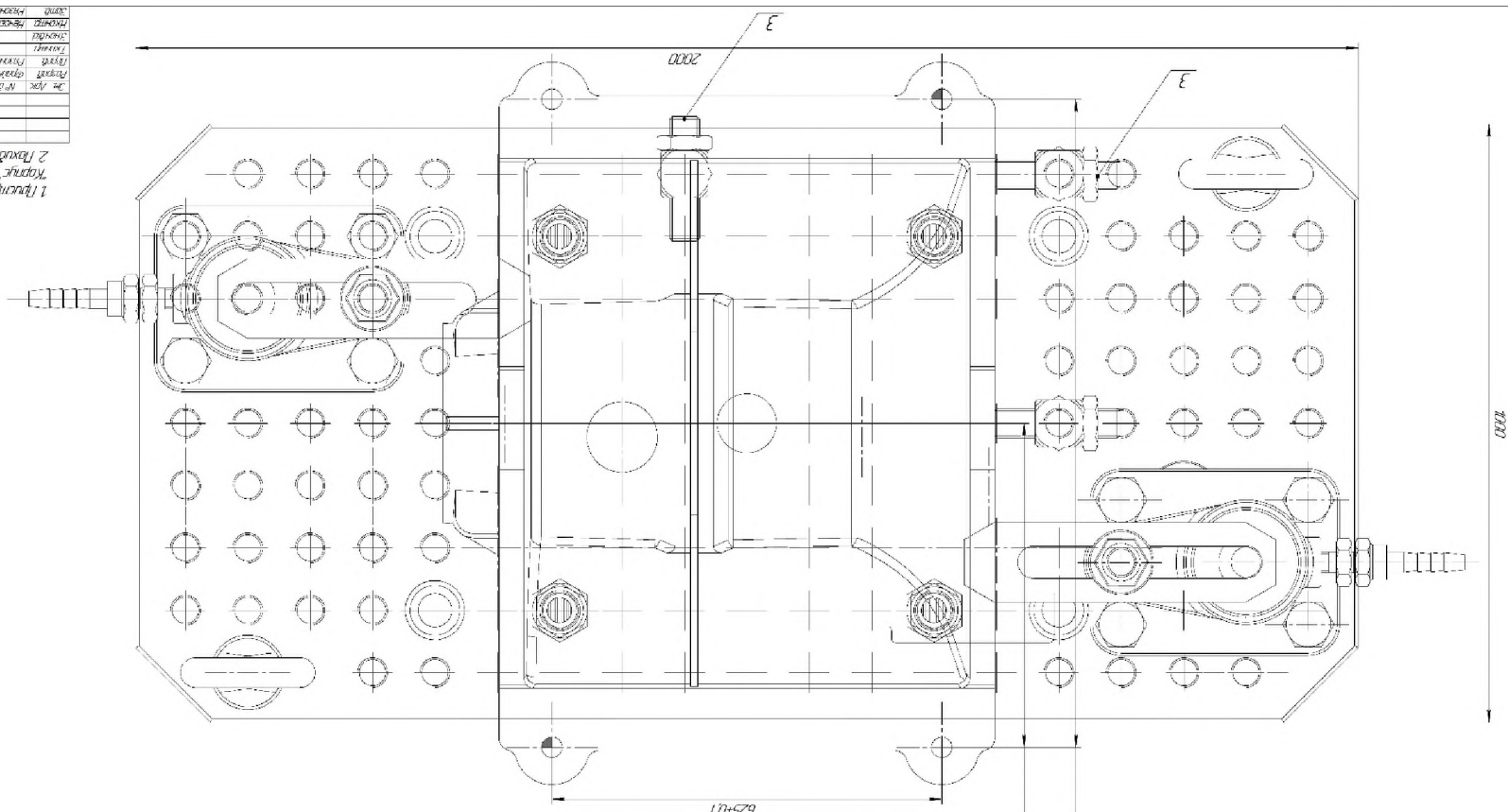
КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

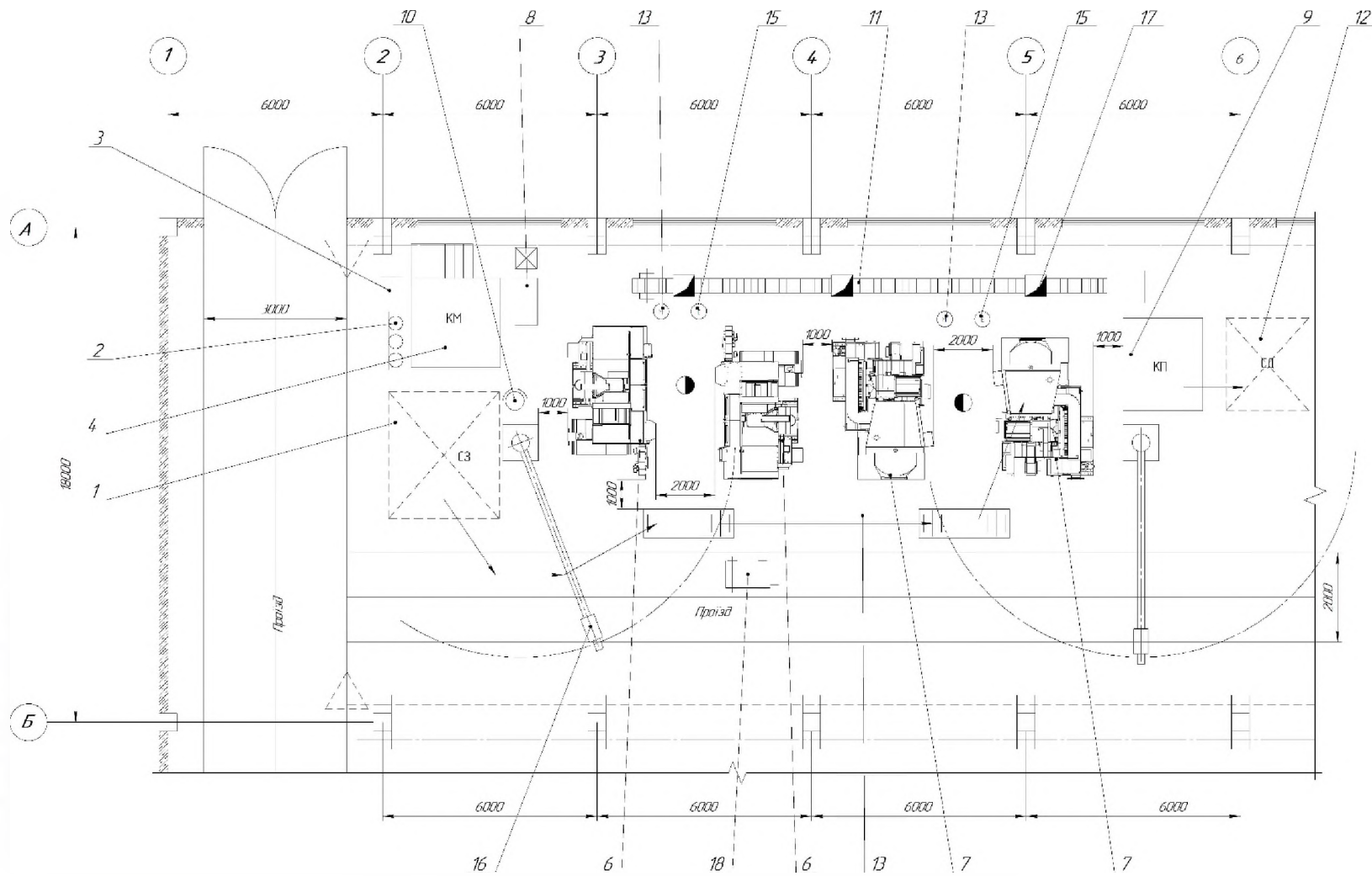
КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005

КНУКМР.13124.1-16.ВТ005
 Версия пружины
 005





№/п	Найменування	Кіл.	Примітки
1	Місце складування заслінвок	1	
2	Пожарний щит	1	
3	Ящик з піском	1	
4	Кабіна майстра	1	
5	Кран-балка	1	10 тс
6	Багатоопераційний верстат HAAS VF-6TR	2	
7	Більшмощний верстат HAAS TC-5005	2	
8	Місце з'єднання інструменту з валом	1	
9	Контрольний пункт	1	
10	Автомат з пультної задачі	1	
11	Пластиковий конвеєр для стержнів	1	
12	Місце складування деталей	1	
13	Підвіс масла	2	
14	Світло проїзний з висхідним шлюском	2	
15	Підвіс СОЖ	2	
16	Каміньовий підлоговий крил	2	
17	Рядок для стержнів	3	
18	Рядок стержнів	1	

КНУ.КМР.131.24.1-16.ПРО

План розміщення
обладнання

Мета 1.75

1.75

Коридор ТМ

2018-2019

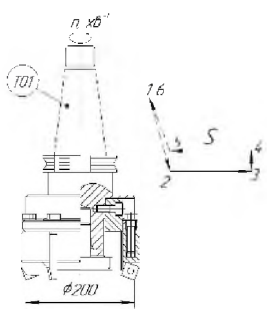
Коридор А1

Коридор

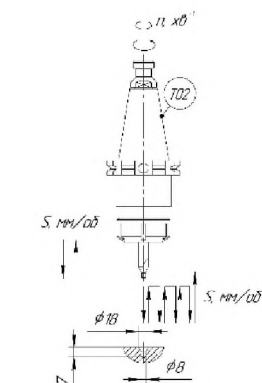
А1

Операція 005.Вертикально-фрезерна з ЧПК. Верстат: Haas VF-6TR

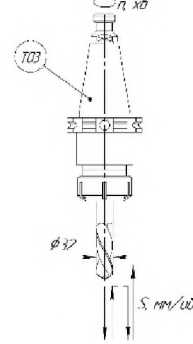
Перехід 01,02



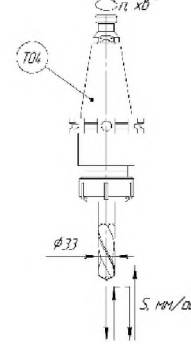
Перехід 03



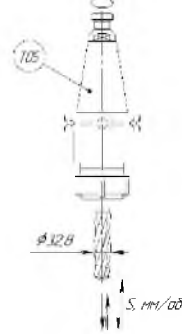
Перехід 04



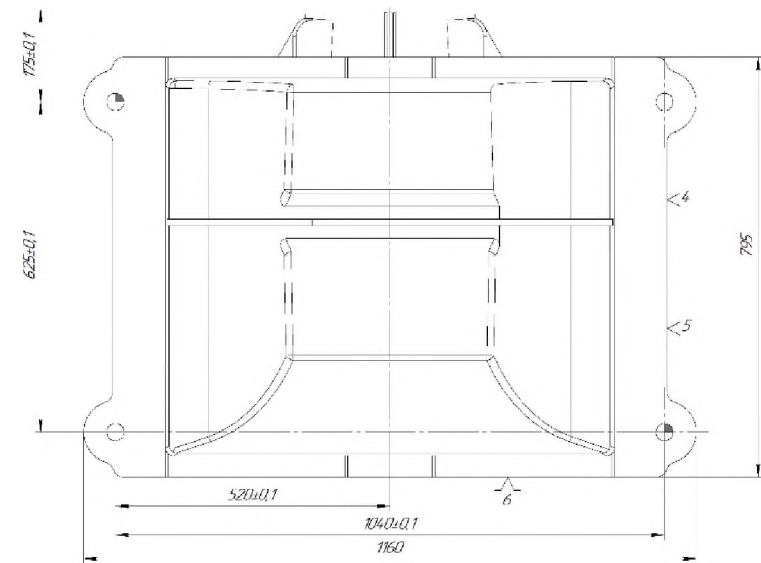
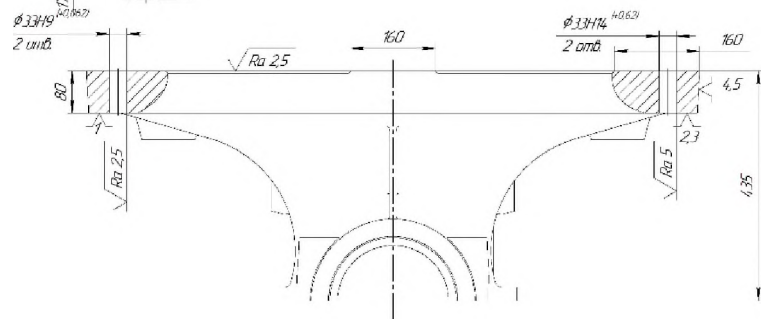
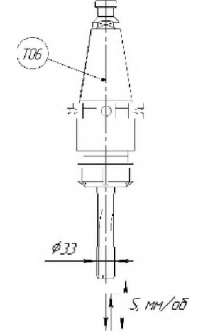
Перехід 05



Перехід 06



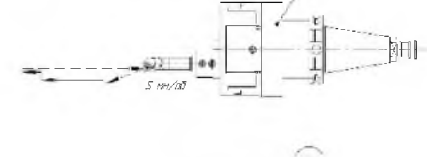
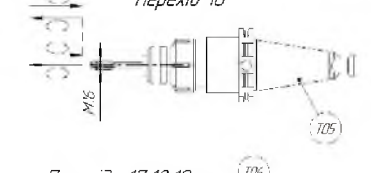
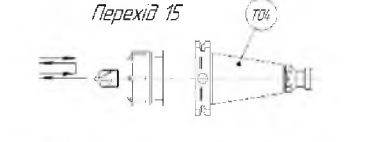
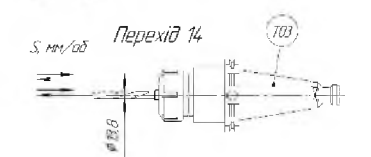
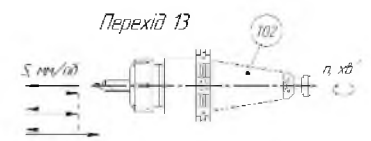
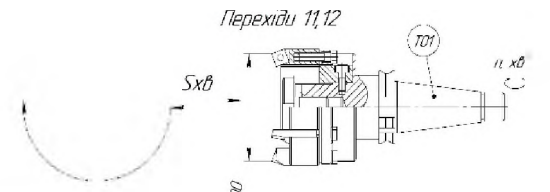
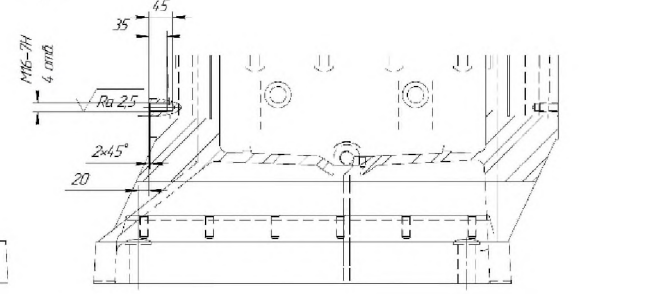
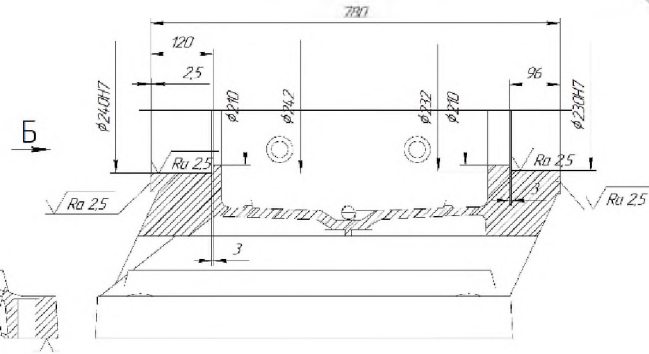
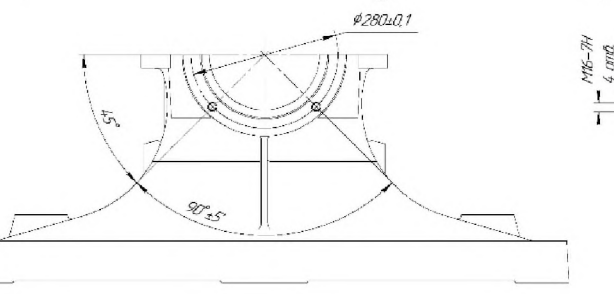
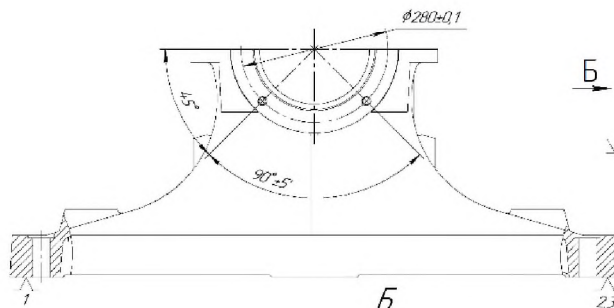
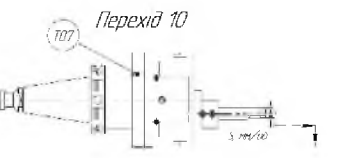
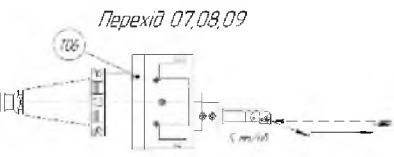
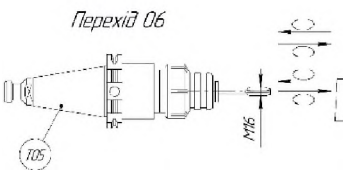
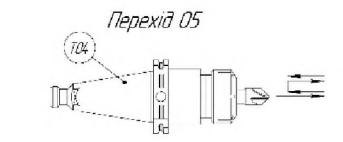
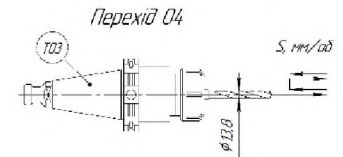
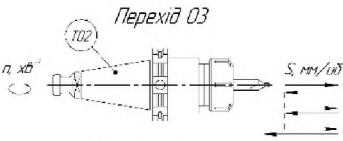
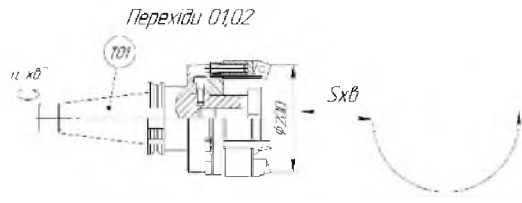
Перехід 07



№ операції	Назва операції	№ інструмента	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	
005	Розагартка φ33H9 830A-E0603300H7S20	7	01	0.6	160	15	2
	Зенкер φ32.8H7/k7 880-D3280L40-02	6	04	0.4	250	26	2
	Сверло φ34 880-D3400L40-02	5	06	0.3	250	27	267
	Сверло φ32 880-D3200L40-02	4	06	0.3	250	26.7	267
	Дриль центр φ19 Dorliner A20060X200	3	4	0.15	400	22.6	133
	Фреза φ200 3652000-13M на 365R 1305	2	05	0.3	400	250	23.33
	Фреза φ110 3652000-13M на 365R 1305	1	2	0.6	400	250	116.7

Мат. інструмент		ЧП		Інструмент		Пар. мех		S mm/ob		L об		V об/хв		T год	
КНУКМР.13124.1-16.Г.3ТТ															
№	Акс	Матеріал	Марка	Діаметр	Довжина	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
Графічне зображення технологічного процесу															
Код операції ТМ 2017-234															

Операція 020. Горизонтально-свердлильна з ЧПК. Верстат: Haas EC-500



№ операції	Назва операції	№	Інструмент	Позиція	Висота	Скорості	Глибина	Відстань	Час
020	Базисний сверлильний верстат HAAS EC-500	1	Резець канавочний TA612-1106-16R п.п. N12X12-050-0002-01	10,20	3	0,1	750	200	14
			Резець (розточувальний) AZ05-SOL12 11-R п.п. D1M1 11 T3 08	9,19	0,1	0,1	315	250	7
			Резець розточувальний AZ05-SOL12 11-R п.п. D1M1 11 T3 08	8,18	0,4	0,15	315	250	4,7
			Резець розточувальний AZ05-SOL12 09-R п.п. D1M1 09 T3 08	7,17	2	0,3	240	200	3,6
			Міткач M16 E326 M16 G,16	1	2	315	15,8	0,25	
			Зенковка $\angle 90^\circ$ Диаметр G3374,0	5,15	16	0,3	500	28	0,13
			Свердло $\phi 13,8$ 870 1380 13120 3 4 14 п.п. 870-1380-D-101.1334	6,9	0,3	630	27	11	
			Свердло центральне A8 Диаметр A2000.01200	3,13	4	0,15	400	22,6	1,33
			Фреза $\phi 200$ 34,5 200060-13M п.п. 34,5R-1305	2,17	0,5	0,3	400	240	29,5
			Фреза $\phi 200$ 34,5 200060 13M п.п. 34,5R 1305	1,11	2	0,6	400	250	14,75

Д.В.В.п. 1085-1188-1189-1190-1191-1192-1193-1194-1195-1196-1197-1198-1199-1200-1201-1202-1203-1204-1205-1206-1207-1208-1209-1210-1211-1212-1213-1214-1215-1216-1217-1218-1219-1220-1221-1222-1223-1224-1225-1226-1227-1228-1229-1230-1231-1232-1233-1234-1235-1236-1237-1238-1239-1240-1241-1242-1243-1244-1245-1246-1247-1248-1249-1250-1251-1252-1253-1254-1255-1256-1257-1258-1259-1260-1261-1262-1263-1264-1265-1266-1267-1268-1269-1270-1271-1272-1273-1274-1275-1276-1277-1278-1279-1280-1281-1282-1283-1284-1285-1286-1287-1288-1289-1290-1291-1292-1293-1294-1295-1296-1297-1298-1299-1300-1301-1302-1303-1304-1305-1306-1307-1308-1309-1310-1311-1312-1313-1314-1315-1316-1317-1318-1319-1320-1321-1322-1323-1324-1325-1326-1327-1328-1329-1330-1331-1332-1333-1334-1335-1336-1337-1338-1339-1340-1341-1342-1343-1344-1345-1346-1347-1348-1349-1350-1351-1352-1353-1354-1355-1356-1357-1358-1359-1360-1361-1362-1363-1364-1365-1366-1367-1368-1369-1370-1371-1372-1373-1374-1375-1376-1377-1378-1379-1380-1381-1382-1383-1384-1385-1386-1387-1388-1389-1390-1391-1392-1393-1394-1395-1396-1397-1398-1399-1400-1401-1402-1403-1404-1405-1406-1407-1408-1409-1410-1411-1412-1413-1414-1415-1416-1417-1418-1419-1420-1421-1422-1423-1424-1425-1426-1427-1428-1429-1430-1431-1432-1433-1434-1435-1436-1437-1438-1439-1440-1441-1442-1443-1444-1445-1446-1447-1448-1449-1450-1451-1452-1453-1454-1455-1456-1457-1458-1459-1460-1461-1462-1463-1464-1465-1466-1467-1468-1469-1470-1471-1472-1473-1474-1475-1476-1477-1478-1479-1480-1481-1482-1483-1484-1485-1486-1487-1488-1489-1490-1491-1492-1493-1494-1495-1496-1497-1498-1499-1500-1501-1502-1503-1504-1505-1506-1507-1508-1509-1510-1511-1512-1513-1514-1515-1516-1517-1518-1519-1520-1521-1522-1523-1524-1525-1526-1527-1528-1529-1530-1531-1532-1533-1534-1535-1536-1537-1538-1539-1540-1541-1542-1543-1544-1545-1546-1547-1548-1549-1550-1551-1552-1553-1554-1555-1556-1557-1558-1559-1560-1561-1562-1563-1564-1565-1566-1567-1568-1569-1570-1571-1572-1573-1574-1575-1576-1577-1578-1579-1580-1581-1582-1583-1584-1585-1586-1587-1588-1589-1590-1591-1592-1593-1594-1595-1596-1597-1598-1599-1600-1601-1602-1603-1604-1605-1606-1607-1608-1609-1610-1611-1612-1613-1614-1615-1616-1617-1618-1619-1620-1621-1622-1623-1624-1625-1626-1627-1628-1629-1630-1631-1632-1633-1634-1635-1636-1637-1638-1639-1640-1641-1642-1643-1644-1645-1646-1647-1648-1649-1650-1651-1652-1653-1654-1655-1656-1657-1658-1659-1660-1661-1662-1663-1664-1665-1666-1667-1668-1669-1670-1671-1672-1673-1674-1675-1676-1677-1678-1679-1680-1681-1682-1683-1684-1685-1686-1687-1688-1689-1690-1691-1692-1693-1694-1695-1696-1697-1698-1699-1700-1701-1702-1703-1704-1705-1706-1707-1708-1709-1710-1711-1712-1713-1714-1715-1716-1717-1718-1719-1720-1721-1722-1723-1724-1725-1726-1727-1728-1729-1730-1731-1732-1733-1734-1735-1736-1737-1738-1739-1740-1741-1742-1743-1744-1745-1746-1747-1748-1749-1750-1751-1752-1753-1754-1755-1756-1757-1758-1759-1760-1761-1762-1763-1764-1765-1766-1767-1768-1769-1770-1771-1772-1773-1774-1775-1776-1777-1778-1779-1780-1781-1782-1783-1784-1785-1786-1787-1788-1789-1790-1791-1792-1793-1794-1795-1796-1797-1798-1799-1800-1801-1802-1803-1804-1805-1806-1807-1808-1809-1810-1811-1812-1813-1814-1815-1816-1817-1818-1819-1820-1821-1822-1823-1824-1825-1826-1827-1828-1829-1830-1831-1832-1833-1834-1835-1836-1837-1838-1839-1840-1841-1842-1843-1844-1845-1846-1847-1848-1849-1850-1851-1852-1853-1854-1855-1856-1857-1858-1859-1860-1861-1862-1863-1864-1865-1866-1867-1868-1869-1870-1871-1872-1873-1874-1875-1876-1877-1878-1879-1880-1881-1882-1883-1884-1885-1886-1887-1888-1889-1890-1891-1892-1893-1894-1895-1896-1897-1898-1899-1900-1901-1902-1903-1904-1905-1906-1907-1908-1909-1910-1911-1912-1913-1914-1915-1916-1917-1918-1919-1920-1921-1922-1923-1924-1925-1926-1927-1928-1929-1930-1931-1932-1933-1934-1935-1936-1937-1938-1939-1940-1941-1942-1943-1944-1945-1946-1947-1948-1949-1950-1951-1952-1953-1954-1955-1956-1957-1958-1959-1960-1961-1962-1963-1964-1965-1966-1967-1968-1969-1970-1971-1972-1973-1974-1975-1976-1977-1978-1979-1980-1981-1982-1983-1984-1985-1986-1987-1988-1989-1990-1991-1992-1993-1994-1995-1996-1997-1998-1999-2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007-2008-2009-2010-2011-2012-2013-2014-2015-2016-2017-2018-2019-2020-2021-2022-2023-2024-2025-2026-2027-2028-2029-2030-2031-2032-2033-2034-2035-2036-2037-2038-2039-2040-2041-2042-2043-2044-2045-2046-2047-2048-2049-2050-2051-2052-2053-2054-2055-2056-2057-2058-2059-2060-2061-2062-2063-2064-2065-2066-2067-2068-2069-2070-2071-2072-2073-2074-2075-2076-2077-2078-2079-2080-2081-2082-2083-2084-2085-2086-2087-2088-2089-2090-2091-2092-2093-2094-2095-2096-2097-2098-2099-2100-2101-2102-2103-2104-2105-2106-2107-2108-2109-2110-2111-2112-2113-2114-2115-2116-2117-2118-2119-2120-2121-2122-2123-2124-2125-2126-2127-2128-2129-2130-2131-2132-2133-2134-2135-2136-2137-2138-2139-2140-2141-2142-2143-2144-2145-2146-2147-2148-2149-2150-2151-2152-2153-2154-2155-2156-2157-2158-2159-2160-2161-2162-2163-2164-2165-2166-2167-2168-2169-2170-2171-2172-2173-2174-2175-2176-2177-2178-2179-2180-2181-2182-2183-2184-2185-2186-2187-2188-2189-2190-2191-2192-2193-2194-2195-2196-2197-2198-2199-2200-2201-2202-2203-2204-2205-2206-2207-2208-2209-2210-2211-2212-2213-2214-2215-2216-2217-2218-2219-2220-2221-2222-2223-2224-2225-2226-2227-2228-2229-2230-2231-2232-2233-2234-2235-2236-2237-2238-2239-2240-2241-2242-2243-2244-2245-2246-2247-2248-2249-2250-2251-2252-2253-2254-2255-2256-2257-2258-2259-2260-2261-2262-2263-2264-2265-2266-2267-2268-2269-2270-2271-2272-2273-2274-2275-2276-2277-2278-2279-2280-2281-2282-2283-2284-2285-2286-2287-2288-2289-2290-2291-2292-2293-2294-2295-2296-2297-2298-2299-2300-2301-2302-2303-2304-2305-2306-2307-2308-2309-2310-2311-2312-2313-2314-2315-2316-2317-2318-2319-2320-2321-2322-2323-2324-2325-2326-2327-2328-2329-2330-2331-2332-2333-2334-2335-2336-2337-2338-2339-2340-2341-2342-2343-2344-2345-2346-2347-2348-2349-2350-2351-2352-2353-2354-2355-2356-2357-2358-2359-2360-2361-2362-2363-2364-2365-2366-2367-2368-2369-2370-2371-2372-2373-2374-2375-2376-2377-2378-2379-2380-2381-2382-2383-2384-2385-2386-2387-2388-2389-2390-2391-2392-2393-2394-2395-2396-2397-2398-2399-2400-2401-2402-2403-2404-2405-2406-2407-2408-2409-2410-2411-2412-2413-2414-2415-2416-2417-2418-2419-2420-2421-2422-2423-2424-2425-2426-2427-2428-2429-2430-2431-2432-2433-2434-2435-2436-2437-2438-2439-2440-2441-2442-2443-2444-2445-2446-2447-2448-2449-2450-2451-2452-2453-2454-2455-2456-2457-2458-2459-2460-2461-2462-2463-2464-2465-2466-2467-2468-2469-2470-2471-2472-2473-2474-2475-2476-2477-2478-2479-2480-2481-2482-2483-2484-2485-2486-2487-2488-2489-2490-2491-2492-2493-2494-2495-2496-2497-2498-2499-2500-2501-2502-2503-2504-2505-2506-2507-2508-2509-2510-2511-2512-2513-2514-2515-2516-2517-2518-2519-2520-2521-2522-2523-2524-2525-2526-2527-2528-2529-2530-2531-2532-2533-2534-2535-2536-2537-2538-2539-2540-2541-2542-2543-2544-2545-2546-2547-2548-2549-2550-2551-2552-2553-2554-2555-2556-2557-2558-2559-2560-2561-2562-2563-2564-2565-2566-2567-2568-2569-2570-2571-2572-2573-2574-2575-2576-2577-2578-2579-2580-2581-2582-2583-2584-2585-2586-2587-2588-2589-2590-2591-2592-2593-2594-2595-2596-2597-2598-2599-2600-2601-2602-2603-2604-2605-2606-2607-2608-2609-2610-2611-2612-2613-2614-2615-2616-2617-2618-2619-2620-2621-2622-2623-2624-2625-2626-2627-2628-2629-2630-2631-2632-2633-2634-2635-2636-2637-2638-2639-2640-2641-2642-2643-2644-2645-2646-2647-2648-2649-2650-2651-2652-2653-2654-2655-2656-2657-2658-2659-2660-2661-2662-2663-2664-2665-2666-2667-2668-2669-2670-2671-2672-2673-2674-2675-2676-2677-2678-2679-2680-2681-2682-2683-2684-2685-2686-2687-2688-2689-2690-2691-2692-2693-2694-2695-2696-2697-2698-2699-2700-2701-2702-2703-2704-2705-2706-2707-2708-2709-2710-2711-2712-2713-2714-2715-2716-2717-2718-2719-2720-2721-2722-2723-2724-2725-2726-2727-2728-2729-2730-2731-2732-2733-2734-2735-2736-2737-2738-2739-2740-2741-2742-2743-2744-2745-2746-2747-2748-2749-2750-2751-2752-2753-2754-2755-2756-2757-2758-2759-2760-2761-2762-2763-2764-2765-2766-2767-2768-2769-2770-2771-2772-2773-2774-2775-2776-2777-2778-2779-2780-2781-2782-2783-2784-2785-2786-2787-2788-2789-2790-2791-2792-2793-2794-2795-2796-2797-2798-2799-2800-2801-2802-2803-2804-2805-2806-2807-2808-2809-2810-2811-2812-2813-2814-2815-2816-2817-2818-2819-2820-2821-2822-2823-2824-2825-2826-2827-2828-2829-2830-2831-2832-2833-2834-2835-2836-2837-2838-2839-2840-2841-2842-2843-2844-2845-2846-2847-2848-2849-2850-2851-2852-2853-2854-2855-2856-2857-2858-2859-2860-2861-2862-2863-2864-2865-2866-2867-2868-2869-2870-2871-2872-2873-2874-2875-2876-2877-2878-2879-2880-2881-2882-2883-2884-2885-2886-2887-2888-2889-2890-2891-2892-2893-2894-2895-2896-2897-2898-2899-2900-2901-2902-2903-2904-2905-2906-2907-2908-2909-2910-2911-2912-2913-2914-2915-2916-2917-2918-2919-2920-2921-2922-2923-2924-2925-2926-2927-2928-2929-2930-2931-2932-2933-2934-2935-2936-2937-2938-2939-2940-2941-2942-2943-2944-2945-2946-2947-2948-2949-2950-2951-2952-2953-2954-2955-2956-2957-2958-2959-2960-2961-2962-2963-2964-2965-2966-2967-2968-2969-2970-2971-2972-2973-2974-2975-2976-2977-2978-2979-2980-2981-2982-