

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 технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Корпус» секції грохотів з використанням CAD/CAM систем

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Москалець С.М.

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

Кривий Ріг
2025 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ
РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Корпус» секції грохотів з використанням CAD/CAM систем

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Москалець С.М.

Керівник КМР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

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-24м Москальця Сергія Миколайовича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» секції грохотів з використанням CAD/CAM систем.

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ 2025р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Розробка та узгодження технічного завдання. 2. Проектування технологічного процесу складання. 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. Складальне креслення. 2. Корпус. 3. Корпус (відливка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Пристрій верстатний. 7. Пристрій контрольний. 8. Робоче місце. 9. Науково-дослідна частина.

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	10.09.2025
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2025
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2025
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2025
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2025
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2025
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2025
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2025
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2025
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2025
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2025
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2025
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2025
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2025
Висновки	23.11.2025
Додатки	25.11.2025
Попередній захист	08.12.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи

/ Нечаєв В.П./

Завдання отримав

магістрант

/Москалець С.М./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» секції грохотів з використанням CAD/CAM систем»

Пояснювальна записка до КМР: 70 стор., 21 рисунок, 21 таблиці, комплект карт на 5 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 9 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусних деталей у машинобудуванні.

Предмет дослідження – технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус секції грохотів» із використанням CAD/CAM систем.

У сучасних умовах розвитку машинобудівної галузі одним із ключових напрямів підвищення конкурентоспроможності підприємств є впровадження цифрових технологій у виробництво. Корпус секції грохотів належить до складних деталей, що працюють у важких умовах експлуатації, тому до їх виготовлення висуваються високі вимоги щодо геометричної точності, зносостійкості та якості оброблених поверхонь. Традиційні методи технологічної підготовки часто не забезпечують необхідного рівня ефективності, тоді як застосування CAD/CAM систем дозволяє оптимізувати процес проектування та обробки, знизити трудомісткість і собівартість виробництва. Це визначає актуальність дослідження та необхідність розробки сучасних технологічних рішень.

Магістерська робота присвячена розробці технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус секції грохотів» із використанням CAD/CAM систем. У дослідженні проведено аналіз конструктивних особливостей корпусної деталі, розроблено технологічний процес її виготовлення, виконано моделювання маршрутів обробки з використанням сучасних програмних засобів. Запропоноване рішення дозволяє підвищити точність та якість виготовлення, скоротити витрати часу та ресурсів на технологічну підготовку виробництва. Результати дослідження мають практичне значення для впровадження на машинобудівних підприємствах і сприяють розвитку цифрового виробництва.

КОРПУС СЕКЦІЇ ГРОХОТІВ, CAD/CAM СИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБКИ, МАШИНОБУДУВАННЯ.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-11.Р</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Арк.шл.</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Москалець</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

ABSTRACT

Subject: «Development of technological support for the manufacture of the part “Housing” for a screen section applying CAD/CAM systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 70 pages, 21 figures, 21 tables, a set of maps on 5 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 9 sheets of the graphic part.

The object of the study is the process of design and technological preparation of production for housing-type components in mechanical engineering. The subject of the study is the technological support for manufacturing the part “Screen Section Housing” using CAD/CAM systems.

Under modern conditions of the mechanical engineering sector, one of the key directions for enhancing the competitiveness of enterprises is the implementation of digital technologies in production. The screen section housing belongs to complex components operating under severe service conditions; therefore, its manufacturing requires high geometric accuracy, wear resistance, and surface-finish quality. Traditional methods of technological preparation often fail to ensure the necessary level of efficiency, whereas the application of CAD/CAM systems enables optimization of design and machining processes, reducing labor intensity and production costs. This determines the relevance of the study and the need for developing modern technological solutions.

The master’s thesis is devoted to developing the technological support for manufacturing the “Screen Section Housing” using CAD/CAM systems. The research includes an analysis of the design features of the housing-type component, development of the technological process for its production, and simulation of machining routes using modern software tools. The proposed solution improves the accuracy and quality of manufacturing and reduces the time and resources required for technological production preparation. The results of the study have practical significance for implementation at mechanical engineering enterprises and contribute to the advancement of digital manufacturing.

SCREEN SECTION HOUSING, CAD/CAM SYSTEMS, TECHNOLOGICAL SUPPORT, MACHINING OPTIMIZATION, MECHANICAL ENGINEERING.

					KHU.KMP.131.25.1-11.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	13
2 Проектування технологічного процесу складання	14
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	14
2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів	16
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	21
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	21
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	25
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	37
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	37
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	39
5 Конструкторська підготовка виробництва	42
5.1 Проектування верстатного пристосування	42
5.2 Проектування контрольного пристрою	45
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	48
6.1 Розробка плану робочого місця	48
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	52
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	54
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	59
7.1 Типові зварні дефекти	60
7.2 Приймальний контроль зварних виробів	61
7.3 Види неруйнівного контролю, класифікація і характеристик	61
Висновки	68
Список використаних джерел	69
Додатки	71

					КНУ.КМР.131.25.1–11.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Маскалець			Зміст	Літ.	Арк.
Перевір.		Нечаєв					Арк.зміст
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ–24м	
Зав. каф.		Рязанцев					

ВСТУП

Сукупність методів та заходів виготовлення машин, використаних у визначеній галузі виробництва, складає технологією цієї галузі, у зв'язку з цим виникли поняття: технологія обробки тиском, технологія складання машин. Усі ці області виробництва відносяться до технології машинобудування, охоплюючи усі етапи процесу виготовлення машинобудівельної продукції.

Однак під «технологією машинобудування» прийнято розуміти наукову дисципліну що вивчає переважно процеси механічної обробки деталей та складання машин та за одним заходом торкається питання вибору заготовок та засобів їх виготовлення.

Процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів, трудомісткості та собівартості механічної обробки більше, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

У «технології машинобудування» комплексно вивчається питання взаємодії верстата й пристрою, ріжучого інструменту та оброблюючої деталі; шляхом побудов найбільш раціональних, таким чином найбільш виробничих та економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включає вибір обладнання та технологічного оснащення; засоби раціональної побудови технологічних процесів складання машин.

Питання, які характерні для технології виробництва спеціалізованих галузей, вивчаються у спеціальних керівництвах, таких, як «технологія автотракторного будівництва», «технологія двигунобудування», «технологія верстатобудування» і т.д. Технологія машинобудування як наукова дисципліна створена радянськими вченими. Початок формування цієї дисципліни відноситься до тридцятих років минулого століття. Розвиток технології механічної обробки та складання і її спрямованості обумовлюється стоячими перед машинобудівною промисловістю задачами вдосконалення технологічних процесів, пошуком та вивченням нових методів виробництва, подальшого розвитку та впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки та техніки, забезпечуючи найбільш високу продуктивність праці при належній якості та найменшій собівартості випускаючої продукції.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.В				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Маскалець			Вступ				
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Аркцив		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема магістерської роботи полягає у розробці технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» секції грохотів із застосуванням сучасних CAD/CAM систем. Дослідження спрямоване на вдосконалення процесів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва з урахуванням особливостей конструкції корпусних деталей та вимог до їх точності, міцності й надійності. Вихідні дані для виконання КМР: складальне креслення вузла ролика, креслення базової деталі «Корпус», річний обсяг випуску базової деталі, що складає 250 шт. Креслення складального вузла представлено на рисунку 1.1.

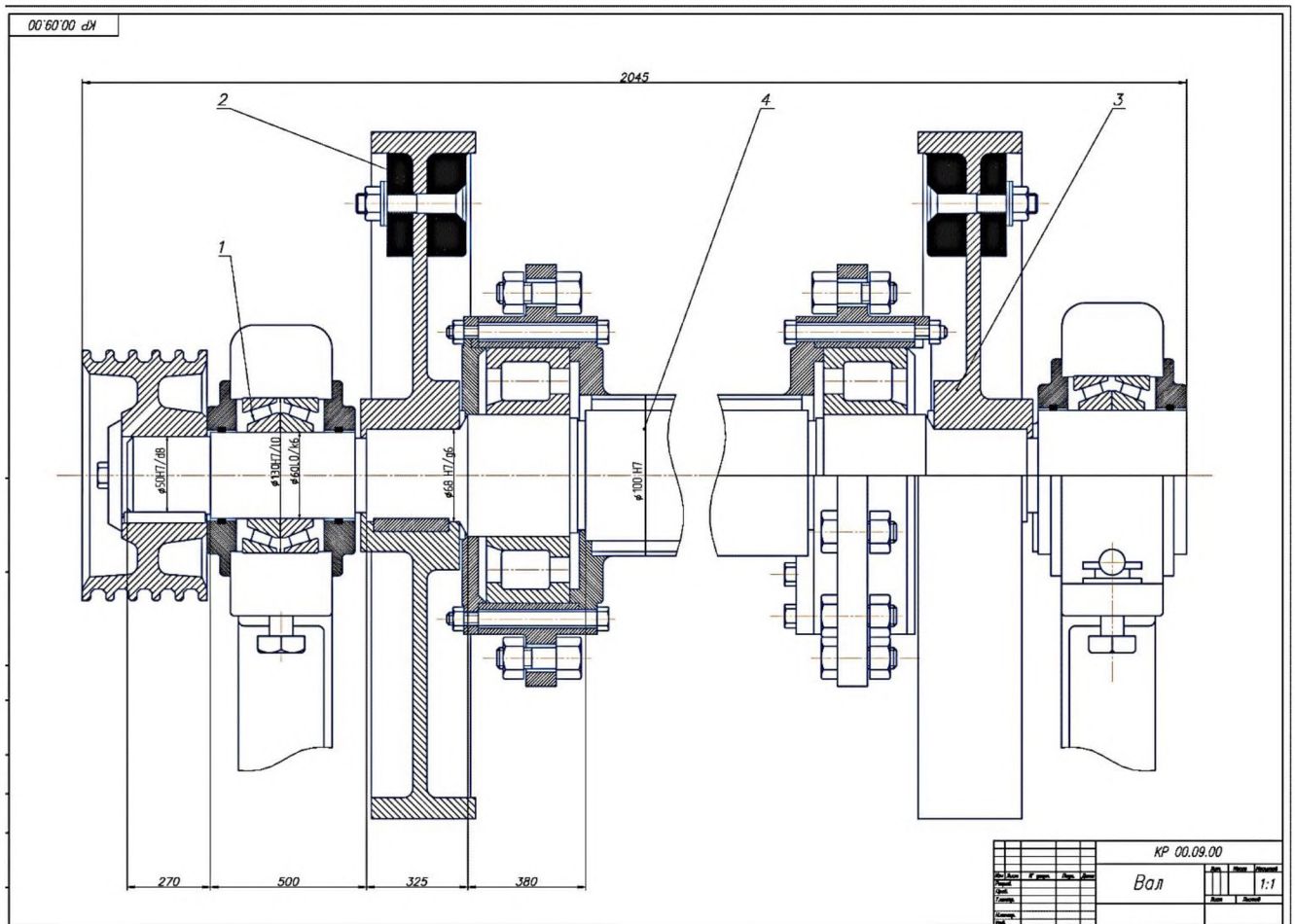


Рисунок 1.1 – Креслення складального вузла

Мета роботи – розробити ефективне технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус секції грохотів» на основі використання CAD/CAM систем для підвищення якості та економічності виробництва.

КНУ.КМР.131.25.1-11.01.РУТЗ							
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата	Розробка та узгодження технічного завдання		
Розроб.	Москалець						
Перевір.	Нечасів						
Реценз.							
Н. контр.	Нечасів						
Заб. каф.	Рязанцев				Лім.		
					Арк.		
					Архив		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати конструктивні та експлуатаційні особливості деталі «Корпус» секції грохотів;
- дослідити сучасні методи технологічної підготовки виробництва корпусних деталей;
- обґрунтувати вибір матеріалу та заготовки для виготовлення деталі;
- розробити маршрут обробки та підібрати оптимальні режими різання;
- виконати моделювання та верифікацію технологічного процесу за допомогою CAD/CAM систем;
- здійснити техніко-економічне обґрунтування ефективності запропонованого рішення.

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Грохот – пристрій або машина для поділу (сортування) сипучих матеріалів по більшості частинок (шматків) на поверхнях, що просіюють, з каліброваними отворами з метою отримання продуктів різного гранулометричного складу. Грохот (рис. 1.2) застосовують у гірській промисловості для гуркотіння вугілля, руд, щебеню, та інших сипких матеріалів та зневоднення. Грохот – основний вид технологічного обладнання дробильно-сортувальних фабрик та дробильно-сортувальних установок, рудопідготовчих та збагачувальних комплексів.

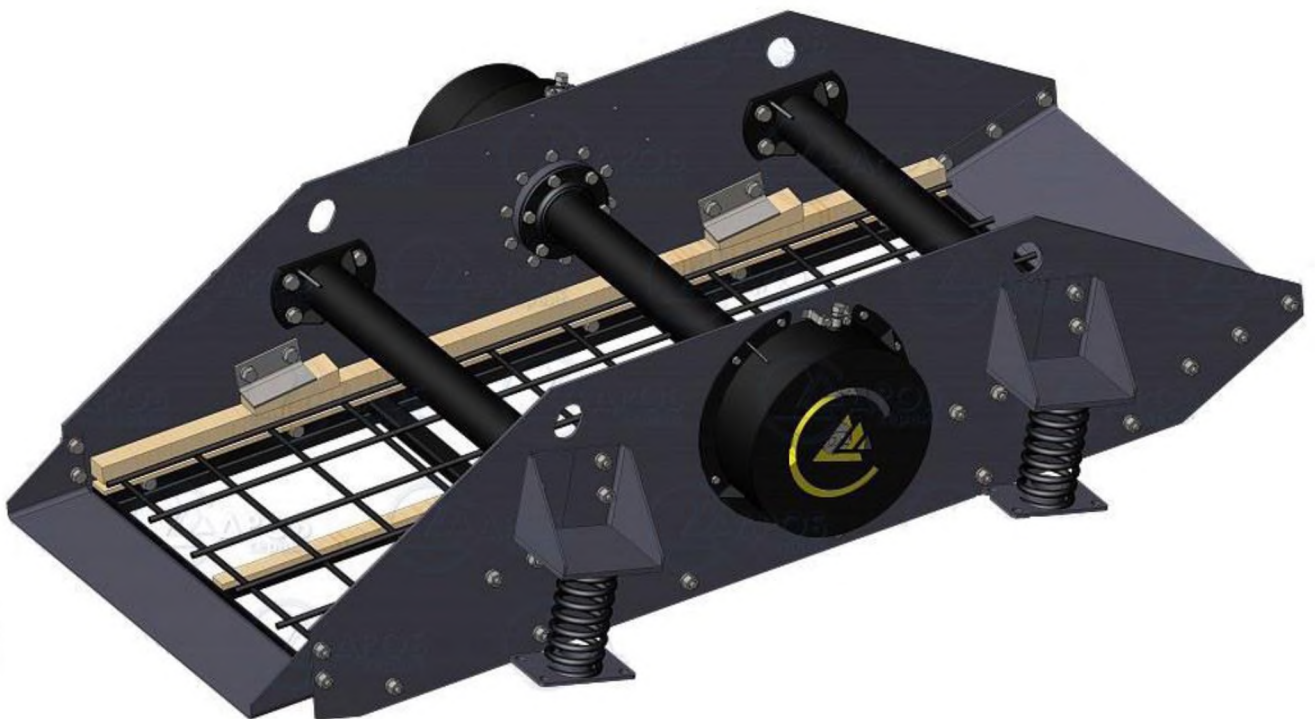


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд грохотів

Грохот – це одне з основних видів обладнання у гірничодобувній промисловості. Цей пристрій призначений для ефективного сортування сипких матеріалів за розміром частинок. Суть його роботи полягає у поділі вихідного

					КНУ.КМР.131.25.1-11.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

матеріалу на фракції, що дозволяє досягти оптимальної гранулометрії для подальших технологічних процесів.

Конструкція розроблена таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність сортування. Основою пристрою є сито, розташоване в коробі, який під впливом вібраційних або інших механізмів створює необхідний рух процесу гуркотіння.

Унікальність також полягає у його здатності до налаштування. Різні типи гуркотів дозволяють регулювати амплітуду та частоту вібрацій, що робить їх гнучкими у використанні для різних матеріалів та умов роботи. Схема грохоту передбачає можливість зміни кута нахилу сит, що також впливає на процес сортування та його ефективність.

У зв'язці з дробаркою він утворює елемент дробильно-сортувального комплексу, який є невід'ємною частиною виробничої лінії у гірничодобувній промисловості. Грохочіння, як апарати, відіграють ключову роль у забезпеченні якості та рівномірності фракцій матеріалу, що критично важливо для наступних етапів виробництва.

Грохоти в гірничодобувній промисловості виконують вирішальну функцію в процесі підготовки сипких матеріалів до подальшої переробки. Це обладнання є ключовим елементом сортувального комплексу, забезпечує ефективне поділ вихідної сировини на фракції згідно з заданими розмірами частинок.

Принцип роботи грохоту ґрунтується на механізмі вібрації або роторного руху, який дозволяє сортувати матеріали за розміром, відокремлюючи великі фракції від дрібних. Ця функція є критично важливою, оскільки розмір частинок безпосередньо впливає на якість та ефективність наступних операцій, таких як дроблення, флотація або металургійна переробка.

Особливого значення вони набувають у тих дробильних установках. Перед тим, як матеріал потрапить у дробарку, він проходить через гуркіт, який відсіює частинки, що вже відповідають необхідному розміру. Таким чином, грохоти не тільки спрощують дроблення, а й запобігають надмірному подрібненню матеріалу, знижуючи знос дробильних машин та заощаджуючи енергію.

Принцип роботи грохоту. Грохот являє собою комплексне обладнання, завдання якого полягає у поєднанні процесів дроблення та гуркотіння матеріалів. Принцип роботи такого комплексу ґрунтується на інтеграції двох ключових процесів: дроблення та сортування. Спочатку грохот приймає великі шматки матеріалу, які піддаються подрібненню до необхідних розмірів. Цей процес відбувається завдяки застосуванню сильного механічного тиску, що впливає на сировину за допомогою спеціальних елементів, що дроблять, таких як конуси, ротори або вали. Розміри одержуваних фракцій можуть бути заздалегідь задані, що дозволяє контролювати якість і однорідність подрібненого матеріалу. Після етапу дроблення настає стадія гуркотіння. На цьому етапі подрібнений матеріал надходить у секцію, де відбувається його подальша класифікація та сортування. Грохот оснащений ситами або ґратами з різними розмірами осередків, через які проходять частки, відокремлюючись за розміром. Завдяки вібраційному або роторному механізму матеріал рівномірно розподіляється по поверхні сита, забезпечуючи ефективне відділення фракцій.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Пристрій грохоту складається з таких елементів.

Короб (Каркас) – основа конструкції грохоту. Металевий каркас, який забезпечує надійність та стійкість усієї конструкції. У його завдання входить підтримка сит та інших робочих елементів під час роботи установки.

Сита (решета) – основний елемент гуркоту, призначений для поділу матеріалу на фракції. Сита можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як сталь, гума або поліуретан і мати різну форму осередків в залежності від необхідної granulometрії.

Вібраційна система – цей елемент створює коливання, які призводять до руху короба гуркоту та подальшого сортування частинок. Вібраційна система може бути різною – від простих ексцентрикових механізмів до складних багатовікових вібраторів.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Враховуючи, що у магістерській роботі передбачено застосування автоматизованих систем проектування, зокрема CAD-технологій, на основі вихідного 2D-креслення було створено просторову модель деталі «Корпус» секції грохотів (рис. 1.3). Сформована 3D-модель слугуватиме базою для подальшої розробки траєкторій обробки в середовищі CAM.

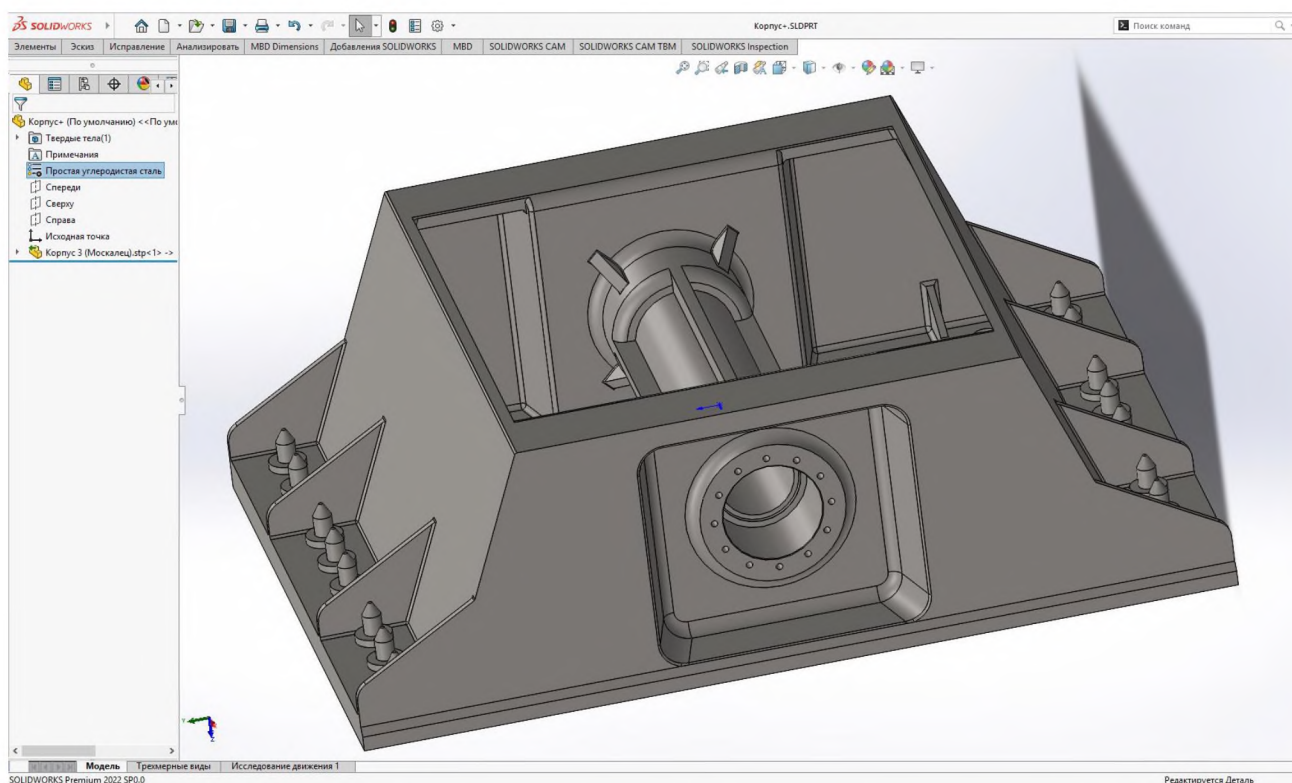


Рисунок 1.3 – Об’ємна модель деталі «Корпус» секції грохотів

					КНУ.КМР.131.25.1-11.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Щоб уникнути заклинювання підшипників, необхідно між торцевою поверхнею підшипника і кришкою передбачати зазор в межах 0,5-1,3 мм. Оскільки на креслені не було передбачено зазор, тому вибираємо зазор із рекомендованих значень. Вихідними даними для розрахунку є:

Для виконання розрахунків лінійних розмірних ланцюгів пронумеруємо поверхні торців поверхонь складального креслення.

Заносимо всі розрахункові дані у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Схема розмірного ланцюга

Призначення розмірного ланцюга	Забезпечення необхідного зазору між торцем підшипника і кришкою
Схема розмірного ланцюга	
Найменування ланок	
$\overrightarrow{A_1}$ – збільшуючи ланка, відстань між торцями корпуса; $\overleftarrow{A_2}$, $\overleftarrow{A_6}$ – висота ножки кришки; $\overleftarrow{A_3}$, $\overleftarrow{A_5}$ – ширина підшипника; $\overleftarrow{A_7}$ – товщина прокладки;	

Назначаємо технологічно досяжні допуски на всі ланки, крім допусків на ширину підшипників і заповнюємо зведену таблицю розмірних ланцюгів 2.2.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Москалец				Проектвання технологічного процесу складання	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Архів
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.	Рязанцев						

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця розмірних ланцюгів

Значення вихідної ланки			$A_{\Sigma} = 0^{+0,6}_{+0,05} \text{ мм}, T_{\Sigma} = 0,55 \text{ мм}, \Delta C_{\Sigma} = 0,325 \text{ мм}.$			
Вихідні дані			Розрахункові величини			
Позначення ланки	Номінальні розміри	i	Квалітет	Допуск	Розміри з відхиленням	ΔC_i
$\overrightarrow{A_1}$	444		12	0,63	$444 \pm 0,315$	0
$\overleftarrow{A_2}$	14		12	0,18	$14_{-0,18}$	-0,09
$\overleftarrow{A_3}$	58		12	0,15	$58_{-0,15}$	-0,075
$\overleftarrow{A_4}$	286		12	0,52	$286 \pm 0,26$	0
$\overleftarrow{A_5}$	58		12	0,15	$58_{-0,15}$	-0,075
$\overleftarrow{A_6}$	28		12	0,21	28	
$\overleftarrow{A_7}$						

Допуск технологічно досяжної ланки визначається за формулою (2.1):

$$T_{\Sigma} = \sum T_{Ai} \quad (2.1)$$

$$T_{\Sigma} = 0,63 + 0,18 + 0,15 + 0,52 + 0,15 + 0,21 = 1,84 \text{ мм}.$$

Величина компенсації визначається за формулою (1.2)[1]:

$$T_K = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.2)$$

$$T_K = 1,84 - 0,55 = 1,29 \text{ мм}$$

Товщина прокладки повинна бути не більше допуску на замикаючу ланку, тобто повинна виконуватися умова:

$$A_{\text{КОМ}} \leq [T_{\Sigma}] \quad (2.3)$$

В якості прокладок використовуємо металеві або картонні прокладки, товщина яких S знаходиться за формулою (2.4). Допуск на товщину прокладки вибираємо як можна менше, але технологічно досяжним, приймаємо $T_{\text{КОМ}}=0,2$. Граничні відхилення приймаємо симетрично.:

$$S = A_{\text{КОМ}} \quad (2.4)$$

$$S = 0,5 \pm 0,1 \text{ мм}.$$

Попереднє число прокладок визначаємо за формулою (2.5)

$$Z = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.5)$$

$$Z = 1,29 / 0,55 = 2,3 \text{ шт}$$

Приймаємо $Z=2$ шт.

Будуємо новий розмірний ланцюг на складальному кресленні. Нова ланка позначається A_7 і вона збільшуюча.

Величина компенсатора, яка складається із Z прокладок визначається за формулою (2.6):

$$A_7 = Z \cdot A_{\text{КОМП}} \quad (2.6)$$

$$A_7 = 2 \cdot 0,5 = 1 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Номінальний розмір замикаючої ланки нового розмірного ланцюга визначаємо за формулою (2.7):

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^m \vec{A}_j \quad (2.7)$$

$$A_{\Sigma} = (444 + 1) - (14 + 58 + 286 + 28 + 58) = 1 \text{ мм.}$$

Координата середини поля допуску визначається за формулою (2.8):

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta \vec{C}_i - \sum_{j=1}^m \Delta \vec{C}_j \quad (2.8)$$

$$\Delta C'_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,09) + (-0,075) + (-0,075) + 0 + (-0,075) = 0,315 \text{ мм.}$$

Велечина компенсації нового розмірного ланцюга:

$$T'_{\kappa} = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]$$

$$T'_{\kappa} = 2,04 - [0,55] = 1,49$$

Остаточна кількість прокладок:

$$Z' = \frac{T'_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]} + 1 = \frac{1,49}{0,55} + 1 = 3,7$$

Приймаємо $Z=4$ шт.

В якості залежної ланки приймаємо A_6 . Величина поправки для ланки, яка є зменшуючою, визначається за формулою (2.9):

$$\vec{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{КОМ}} - A_{\text{КОМ}} \quad (2.9)$$

$$\vec{\Delta}' = 0,325 - 0,315 + \frac{2,04}{2} - 0 - 0,5 = 0,53 \text{ мм.}$$

Нова координата середини поля допуску:

$$\Delta C'_{A6} = \Delta C_{A6} + \Delta' = 0 + 0,53 = 0,53 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення залежної ланки:

$$es_{A6} = 0,53 + \frac{0,21}{2} = 0,635 \text{ мм.}$$

$$ei_{\Sigma} = 0,53 - \frac{0,21}{2} = 0,425 \text{ мм.}$$

$$A_{TA6} = 28^{+0,635}_{+0,425} \text{ мм.}$$

Середній розмір прокладок за формулою (2.10):

$$\vec{A}_{C A7} = \vec{A}_{\text{КОМП}} + \Delta C_{\text{КОМП}} - \Delta C'_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}] \quad (2.10)$$

$$\vec{A}_{C A7} = 0,5 + 0 - 0,315 + 0,325 = 0,51$$

$$A_{7 \text{ max}} = A_{C A7} + \frac{T'_{\kappa}}{2} = 0,51 + \frac{1,49}{2} = 1,255 \text{ мм.} \quad A_{7 \text{ min}} = A_{C A7} - \frac{T'_{\kappa}}{2} = 0,51 - \frac{1,49}{2} = 0 \text{ мм.}$$

Максимальна кількість прокладок визначається за формулою (2.11):

$$Z_{\text{max}} = \frac{A_{\kappa \text{ max}}}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.11)$$

$$Z_{\text{max}} = 1,255 / 0,55 = 2,28$$

Приймаємо $Z=2$ шт.

$$Z_{\text{min}} = 0$$

$$Z = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} = 2 - 0 = 2 \text{ прок.}$$

2.2 Визначення кутових розмірних ланцюгів

Розрахунок кутових розмірних ланцюгів проводиться з метою визначення відносного зсуву або відносного перекосу поверхонь, осей або їх поєднань. В

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

циліндричній передачі відносний переки́с осей може бути присутній в передачі циліндричне колесо, шестерня кремальєрна та в підшипниках.

Граничне відхилення міжосьової відстані черв'ячної передачі складає ± 100 мкм. Всім поверхням та вісям, які потрапили в ці перерізи, присвоюємо порядкові номери:

- 1) ланцюг γ – визначає відносне зміщення і переки́с осей вала в підшипникових опорах;
- 2) ланцюг k – визначає переки́с зубчатого колеса відносно опори;
- 3) ланцюг β – визначає переки́с кремальєрної шестерні відносно опори.

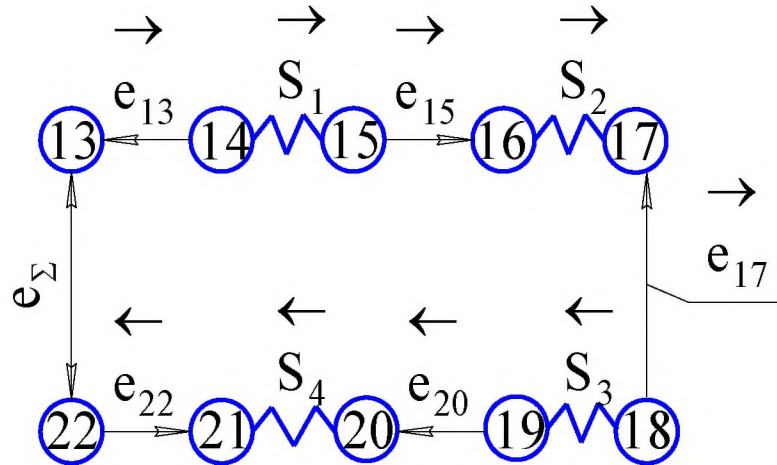


Рисунок 2.1 – Зображення розмірної ланцюга

Ланцюг γ складається з наступних величин:

- $S_1=S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал;
- $S_2=S_3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус;
- $e_{15}=e_{20}$ – половина радіального биття підшипників;
- $e_{13}=e_{22}$ – ексцентриситет посадочних шийок вала;
- e_{17} – зміщення осей отворів в корпусі.

Величина вихідної ланки e_{Σ} визначається із зачеплення зубчатого колеса за ступенем точності на всі норми 8 і виду бічного зазору В, тобто зачеплення 8-В. Для міжцентрової відстані 300 мм граничне відхилення міжосьової відстані $f_a=\pm 100$ мкм. Початкове значення вибирається як половина допуску тобто $[e_{\Sigma}]=\pm 0,05$ мм; $[Te_{\Sigma}]=0,1$ мм, $em_{e_{\Sigma}}=0$ мм.

Спочатку вибираємо підшипник класу точності 0. Граничні відхилення на посадочні розміри підшипників та їх радіальні биття. При визначенні e_{15} і e_{20} радіальні биття внутрішнього і зовнішнього кілець знаходять за формулою (2.12):

$$e_{15} = \frac{e_{15\text{вн}} + e_{15\text{зов}}}{2} \quad (2.12)$$

де $e_{15\text{вн}}$ – радіальне биття внутрішнього кільця (0,02 мм);

$e_{15\text{зов}}$ – радіальне биття зовнішнього кільця (0,045 мм).

$$e_{15} = \frac{0,02 + 0,045}{2} = 0,0325$$

Зміщення осей отворів у корпусі вибирається з для діаметру 170 мм відповідає 80 мкм. і повинно знаходитися в межах половини гарантованого бічного зазору j_n

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$\min=210 \text{ мкм}$, тобто $[e_s] < 105 \text{ мкм}$.

$$\begin{aligned} \varnothing 170 \frac{H7}{l0} &\rightarrow \left(\frac{170H7_0^{+0.04}}{170l0_{-0.019}^0} \right) \\ \varnothing 80 \frac{L0}{m6} &\rightarrow \left(\frac{80l0_{-0.015}^0}{80m6_{+0.03}^{+0.011}} \right) \end{aligned}$$

Допуски зазорів визначаються за формулою (2.12):

$$T_{Si} = S_{maxi} - S_{mini} \quad (2.12)$$

де S_{max} – максимальний зазор визначається за формулою (2.13):

$$S_{max} = ES - ei; \quad (2.13)$$

де ES – верхнє відхилення отвору;

ei – нижнє відхилення валу.

Мінімальний зазор визначається за формулою (2.14):

$$S_{min} = EI - es; \quad (2.14)$$

де EI – нижнє відхилення отвору; es – верхнє відхилення вала.

$$S_{1,4} \max = 0 - (+0,011) = -0,011 \text{ мм.}$$

$$S_{1,4} \min = (-0,015) - (0,03) = -0,045 \text{ мм.}$$

Тобто в посадці забезпечується натяг, але в розрахунок включаємо тільки зазор:

$$Ts_{1,4} = 0 \text{ мм.}$$

$$S_{2,3} \max = 0,04 - (-0,025) = 0,065 \text{ мм.}$$

$$S_{2,3} \min = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

$$Ts_{2,3} = 0,065 - 0 = 0,065 \text{ мм.}$$

Координата середини поля допуску зазора визначається за формулою:

$$em_{Si} = \frac{em_D + em_d}{2}; \quad (2.15)$$

де em_D – координата середини поля допуску отвору і визначається за формулою:

$$em_D = \frac{ES + EI}{2} \quad (2.16)$$

em_d – координата середини поля допуску вала визначається за формулою:

$$em_d = \frac{es + ei}{2}; \quad (2.17)$$

$$em_{D1} = \frac{0 - 0,015}{2} = -0,0075 \text{ мм}$$

$$em_{d1} = \frac{0,03 + 0,011}{2} = 0,0205 \text{ мм}$$

$$em_{D2} = \frac{0,04 + 0}{2} = 0,02 \text{ мм}$$

$$em_{d2} = \frac{0 - 0,025}{2} = -0,0125 \text{ мм}$$

$$ems_{1,4} = \frac{-0,0075 + 0,0205}{2} = 0,013 \text{ мм}$$

$$ems_{2,3} = \frac{0,02 - 0,0125}{2} = 0,01625 \text{ мм}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Допуск на вихідну ланку визначається за імовірнісним методом для проектних розрахунків за формулою:

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n Ts_{si}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m Te_{ej}^2} \quad (2.18)$$

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 2 \cdot 0,065^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,0325^2 + 2 \cdot 0,01025^2 + 0,08^2)} = 0,082 \text{ мм.}$$

Отримане значення не перевищує допустимого.

Визначаємо координату середини поля допуску за формулою:

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [\overrightarrow{em_{si}} + 0,5 \cdot \overrightarrow{e_{ei}} + 0,05 \cdot (\overrightarrow{T_{si}} + \overrightarrow{e_{ei}})] - \sum_{j=1}^m [\overrightarrow{em_{sj}} + 0,5 \cdot \overrightarrow{e_{ej}} + 0,05 \cdot (\overrightarrow{T_{sj}} + \overrightarrow{e_{ej}})] \quad (2.19)$$

$$em_{e\Sigma} = [(-0,013 + 0,01625) + 0,5 \cdot (0,0325 + 0,01025 + 0,08) + 0,05 \cdot (0 + 0,065 + 0,0325 + 0,01025 + 0,08)] - [(0,013 + 0,01625) + 0,5 \cdot (0,0325 + 0,01025) + 0,05 \cdot (0 + 0,065 + 0,021375 + 0,053875)] = 0,044 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення осі вала в опорах за формулами (2.20) та (2.21):

$$es_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} + \frac{Te_{\Sigma}}{2} \quad (2.20)$$

$$es_{e\Sigma} = 0,044 + \frac{0,082}{2} = 0,085$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} - \frac{Te_{\Sigma}}{2} \quad (2.21)$$

$$ei_{e\Sigma} = 0,044 - \frac{0,082}{2} = 0,003$$

$$e_{\Sigma} = 0_{+0,003}^{+0,085} \text{ мм.}$$

Визначимо величину перекосу в перетинах 1,3. Перетин 2 обираємо основним. В перетині 1 перекис буде в межах зміщення $Te_{\Sigma} = 0,082$ мм. Перекис визначимо з трикутника за схемою рисунка 2.2.

Спрощений розрахунок відносного перекосу визначається за формулою (2.22):

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{\Sigma}}{l} \Rightarrow P_{\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l}{L} \quad (2.22)$$

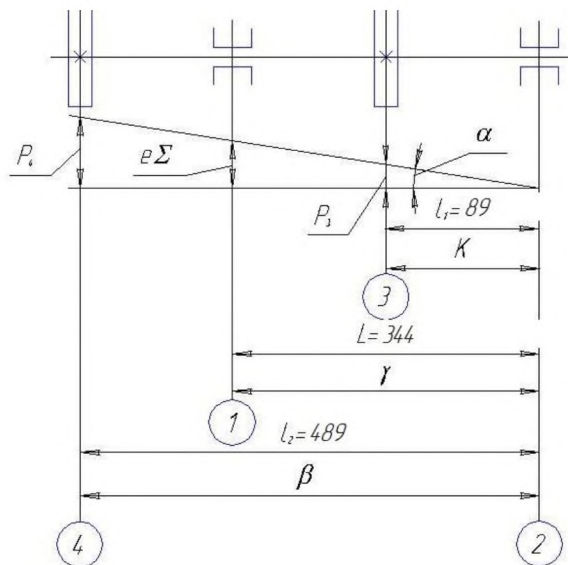


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для визначення відносного перекосу

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

З відношення знаходимо:

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3\Sigma}}{l_1} \Rightarrow P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l_1}{L} = \frac{0.082 \cdot 89}{344} = 0.021 \text{ мм}$$

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{4\Sigma}}{l_2} \Rightarrow P_{4\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l_2}{L} = \frac{0.082 \cdot 489}{344} = 0.11 \text{ мм}$$

Отримані значення перекосів не повинні перевищувати мінімальний гарантований зазор, тобто повинна виконуватися умова:

$$f_n > p_i, \quad (2.23)$$

Боковий зазор призначений для компенсації погрешностей виготовлення і збірки, температурних деформацій і вільного розміщення мастила. Для перетину 3 знаходимо за [2, т. 2, табл. 5.17] гарантований бічний зазор: $f_n = 210 \text{ мкм}$.

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + e_{\Sigma}^2} = \sqrt{0.021^2 + 0.082^2} = 0.085 \text{ мм}$$

$$T_{e_{\Sigma}} < f_n \quad 0,085 < 0,21 \text{ мм.}$$

Для перерізу 4 – кремальєрної шестерні виду відсутності ТУ до неї, порівнюємо отримане значення з найбільш вільним зубчатим колесом, 8-В.

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + e_{\Sigma}^2} = \sqrt{0.11^2 + 0.082^2} = 0.137 \text{ мм}$$

$$T_{e_{\Sigma}} < f_n \quad 0,137 < 0,21 \text{ мм}$$

Тобто перекоеси вала під зубчате колесо і кремальєрну шестерню менші допустимих значень.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «Корпус секції» є складовою одиницею грохота. Грохот – це, механізм який виконую функцію сита для просіювання матеріалів, яке приводиться в русі завдяки вібраційного приводу. Сфера призначення грохота дуже поширена. Він може використовуватися в гірничій промисловості, будівельній, хімічній та в інших галузях.

Згідно умов роботи деталі у вузлі її виготовляють з сталі ливарної 15Л ДСТУ 8981:2020.

Хімічний склад та механічні властивості сталі ливарної 15Л ДСТУ 8981:2020 приводимо в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі ливарної 15Л ДСТУ 8981:2020

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	P, %
15Л ДСТУ 8981:2020	0,1÷0,15	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0,17÷0,37	≤0,04

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі ливарної 15Л ДСТУ 8981:2020

Марка сталі	σ_T кгс/мм ²	δ_5 %	σ_p кгс/мм ²	ψ_1 %	a_H кгс/см ²
15Л ДСТУ 8981:2020	28	15	50	25	3,5

Корозійна стійкість сталі 15Л ДСТУ 8981:2020 низька, зварювальність сталі відмінна.

Матеріал заміни сталі 35Л ДСТУ 8981:2020. Хімічний склад та механічні властивості сталі 35Л ДСТУ 8981:2020 приводимо в таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад сталі ливарної 35Л ДСТУ 8981:2020

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	P, %	S, %
15Л ДСТУ 8981:2020	0,32÷0,4	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0,17÷0,37	≤0,04	≤0,045

Таблиця 3.4 – Механічні властивості сталі ливарної 35Л ДСТУ 8981:2020

Марка сталі	σ_T кгс/мм ²	δ_5 %	σ_p кгс/мм ²	ψ_1 %	a_H кгс/см ²	НВ
15Л ДСТУ 8981:2020	28	15	50	25	3,5	137...166

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата				
Розроб.	Маскалець				Технологічна підготовка виробництва виробу	Літ.	Арк.	Архив
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Деталь «Корпус секції» відноситься до корпусних деталей, має складну форму з кількох геометричних фігур. Для аналізу якостей поверхонь деталі пронумеруємо всі поверхні деталі.

Основні поверхні деталі: площа з'єднання з кришкою 3520x2540мм. Розточувальні отвори Ø400H7 мм та Ø350H12 мм.

Допоміжні поверхні деталі: 12 отворів М30мм, 4 отворів Ø100 мм.

Вільні поверхні: радіуси та фаски на зовнішніх і внутрішніх поверхнях деталі.

Дані про характеристику поверхонь деталі зводимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5– Аналіз якості поверхонь деталі «Корпус секції»

№ пов	Номінальний розмір, мм	Квалітет ІТ	Шорсткість Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	Торець р-ра 1140	14	12,5	База А
2	Торець р-ра 1140	14	12,5	0,1
3	Торець р-ра 80	14	6,3	
4, 6	Торець Ø400H7/ Ø585	14	3,2	
5, 7	Ø585	14	6,3	
8, 9	Ø400H7	7	0,8	0,01
10, 11	Фаска 3x45	14	12,5	
12, 13	Ø350	14	3,2	
14	Ø300	14	12,5	
15, 16	12 отв. М30	14	12,5	
17	4 отв. Ø100	14	12,5	

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі «Корпус секції» має необхідну інформацію про форму, розміри, допуски, шорсткість поверхонь, матеріал та масу деталі.

Формат креслення А1, масштаб 1:10. Креслення містить всі необхідні види, перерізи, перетини, що визначають конфігурацію деталі.

Технічні вимоги креслення мають необхідну інформацію про вимоги до відливки. На кресленні показані всі необхідні розміри з квалітетами точності та відхиленнями, відхилення форми та взаємного розташування окремих поверхонь деталі але за старими вимогами. Дані по термообробці не приведені в технічних вимогах креслення.

Необхідно виконати за новими вимогами показники шорсткості, відхилення форм і взаємного розташування поверхонь деталі. Змінити позначення виносного перерізу.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Клас деталі – корпусна.

Заготовку одержуємо за методом виливки.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТГВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Деталь має нормальні бази для встановлення та закріплення її в процесі обробки.

По своїй конструкції деталь «Корпус секції» має жорстку конструкцію, тому можлива одночасна обробка її кількома ріжучими інструментами та з використанням підвищених режимів різання.

Конструкція деталі забезпечує можливість вільного підведення та відведення різального та вимірювального інструменту. Деякі поверхні, які мають високі вимоги до точності та якості поверхонь можливо обробляти на верстатах нормальної та високої точності. Конструкція деталі має не технологічний отвір діаметром 300мм та довжиною 1190мм, тому застосування спеціального допоміжного інструментального оснащення має необхідність.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

До основних показників кількісного аналізу відносяться:

- коефіцієнт використання матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт використання матеріалу знаходимо за формулою:

$$K_{\text{вм}} = \frac{Q_o}{Q_z} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де Q_o – маса деталі, кг;

Q_z – маса заготовки, кг.

Підставивши необхідні данні до формули (3.1) отримаємо:

$$K_{\text{вм}} = 7500 : 7854 \approx 0,94.$$

Знаходимо коефіцієнт точності обробки за формулою:

$$IT_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot IT}{N}, \quad (3.2)$$

де: n_i - кількість поверхні однакової точності

IT – квалітет точності

N – кількість поверхонь.

$$IT_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot 16 + 1 \cdot 7}{17} = 13,6$$

Середня шорсткість R_a , мкм, визначається по формулі:

$$R_{\text{аср}} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot R_a}{N}, \quad (3.3)$$

де R_a - шорсткість поверхні

n_i – кількість поверхонь однакової шорсткості

N - загальна кількість поверхонь

Підставивши необхідні данні до формули (3.3) отримаємо:

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$R_{аср} = \frac{12,5 \cdot 8 + 6,3 \cdot 1 + 3,2 \cdot 7 + 0,8 \cdot 1}{17} = 7,62.$$

Кількісний аналіз технологічності показав, що деталь відзначається високим рівнем технологічності за показниками використання матеріалу, точності виготовлення та параметрів шорсткості поверхні.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій K_{30} , який показує відношення кількості технологічних операцій, які виконуються на технологічному обладнанні, та кількості робочих місць і визначається за формулою

$$K_{30} = n_0 / C, \quad (3.4)$$

де n_0 – кількість всіх операцій;

C – число робочих місць.

$$K_{30} = 50 : 5 = 10$$

Приймаємо для деталі «Корпус секції» річну програму випуску деталей $N = 1000$ штук, маса деталі 160 кг, тип виробництва середньосерійний, при якому коефіцієнт закріплення

$$20 \geq K_{30} > 10$$

Для середньосерійного типу виробництва доцільно застосовувати універсальне обладнання, верстати з числовим програмним керуванням та оброблювальні центри, використовуючи як стандартну, так і спеціальну технологічну оснастку. Остаточне визначення форми організації виробництва здійснюється після розроблення маршруту обробки деталі та проведення розрахунку норм часу.

3.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП

Метод одержання заготовки – лиття. За виробничим технологічним процесом виготовлення деталі «Корпус секції» складається з наступних технологічних операцій:

005. Контрольно-розмічувальна

010. Контрольно-розмічувальна

015. Фрезерна

020 Зачисна

025 Розточувальна

030 Розмічувальна

035 Розмічувальна

040 Зачисна

045 Розмічувальна

050 Фрезерна

055 Зачисна

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

060 Маркувальна

065 Контрольна

На першій чорновій операції при обробці торцевої поверхні. за базову поверхню приймається не оброблена торцева поверхня за розміром 3520x2540 мм.

На наступних операціях за базові поверхні приймається оброблена торцева поверхня.

Обробка поверхонь деталі ведеться на універсальному обладнанні.

Визначаємо задачі, які необхідно вирішити у магістерській роботі при виготовленні даної деталі:

1. Включити матеріали заміни деталі.
2. Вдосконалити метод отримання заготовки.
3. Вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі з впровадженням сучасного обладнання та технологічної верстатної і ріжучої оснастки, з метою підвищення технологічної обробки поверхонь.

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Основною метою під час вибору заготовки є визначення такого способу її отримання, щоб форма заготовки максимально відповідала формі готової деталі, забезпечуючи при цьому мінімальні витрати на виготовлення. Проводимо аналіз і підбір оптимального методу отримання заготовки за наявних вихідних даних:

Деталь – корпус

Матеріал деталі – сталь 15Л ДСТУ 8981:2020

Маса деталі – 7500 кг

Річна програма – 250 штук

Виробництво – середньосерійне

Складаємо матрицю можливих способів отримання заготовки, дані заносимо до таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Матриця впливу факторів

Методи обробки заготовок	Форма	Точність	Технологічні властивості матеріалу	Програма випуску	Виробничі можливості підприємства	Підсумок
Лиття у разову піщану форму з ручною формовкою	+	+	+	+	–	4
Лиття в разову оболонкову форму	+	+	+	+	–	4
Лиття в багаторазову форму	+	+	+	+	+	5

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Вартість заготовки:

$$A = M \cdot C \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{on} - (M - q) \cdot Ц, \quad (3.5)$$

де M – маса заготовки;

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки;

K_M – коефіцієнт враховуючий масу заготовок;

K_C – коефіцієнт враховуючий групу складності заготовок;

K_{on} – коефіцієнт враховуючий об'єм виробництва заготовок;

q – чиста маса деталі;

$Ц$ – ціна 1 кг відходів.

Відливка в піщану форму:

$$A = 7854 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 - (7854 - 7500) \cdot 5 = 272020,44 \text{ грн.}$$

Відливка в багаторазову форму:

$$A = 7700 \cdot 49 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 - (7700 - 7500) \cdot 5 = 319705 \text{ грн.}$$

Метод одержання заготовки обираємо виливки в багаторазові форми.

3.2.2 Проектування заготовок

Заготовка виливки в багаторазові форми.

Деталь відноситься до відливок 6 класу точності.

Клас точності розмірів – 7. Клас точності мас – 7. Ряд припусків – 4.

Допуски розмірів, граничних відхилень, зміщення та короблення.

Поверхні деталі, для яких будемо призначати припуски та граничні відхилення.

Пов.1 Торець р-ра 1140 – Ra12,5

Пов.2 Торець р-ра 1140 – Ra12,5

Пов.4,6 Торець Ø400H7/ Ø585 – Ra3,2

Пов.5,7 Ø585 – Ra6,3

Пов.8, 9 Ø400H7 – Ra0,8

Пов.12, 13 Ø350 – Ra3,2

Допуски розмірів

Пов.1 Торець р-ра 1140 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix}$

Пов.2 Торець р-ра 1140 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix}$

Пов.4,6 Торець Ø400±0,2

Пов.5,7 Ø585 $\begin{smallmatrix} +0,9 \\ 0 \end{smallmatrix}$

Пов.8, 9 Ø400H7 $\begin{smallmatrix} +0,9 \\ 0 \end{smallmatrix}$

Пов.12, 13 Ø350 $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$

Граничні відхилення зміщення від номінального положення елементів відливки по площині роз'єму не повинно перевищувати ± 0,7 мм.

Граничні відхилення короблення елементів відливок ± 1 мм.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Допуски маси – 0,9.

Призначаємо загальні та додаткові припуски на механічну обробку

Пов.1, 2 Торець р-ра 1140 - $1140 + 2(4,6 + 0,4) = 1150\text{мм}$

Пов.4,6 Торець 92,5 - $92,5 + (2,1 + 0,2) = 96,6\text{мм}$

Пов.5,7 Ø585 - $585 - 2(3,9 + 0,2) = 577,8\text{мм}$

Пов.8, 9 Ø400Н7 - $400 - 2(3,9 + 0,2) = 391,8\text{мм}$

Пов.12, 13 Ø350 - $350 - 2(3,7 + 0,3) = 358\text{мм}$

Висновки: По вартості заготовки більш доцільно використовувати заготовку отриману способом лиття в землю, але відносно форми, то форма заготовки отримана методом виливки в багаторазові форми більше наближена до форми готової деталі та менша кількість відходів при обробці. Тому за основний метод одержання заготовки приймаємо лиття в багаторазові форми.

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Деталь «Корпус секції» відноситься до класу корпусних.

Розглянемо конструкцію даної деталі, визначимо наступні базові поверхні: основну, вимірювальну, технологічну.

Основна база – конструкторська, яка визначає положення деталі у вузлі. Це торцева поверхня з розмірами 3520х2540 мм.

Вимірювальні бази – це бази які визначають положення деталі на вимірювальній операції. Вимірювальною базою буде торцева поверхня з розмірами 1140 мм.

Технологічною базою буде поверхня, яка визначає положення деталі на механічній операції при встановленні та закріпленні її на пристрою. Технологічною базою буде торцева поверхня з розмірами 3520х2540 мм.

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Для розробки маршруту обробки деталі необхідно проаналізувати поверхні деталі та визначити технологічні методи.

На всі поверхні деталі визначаємо кількість послідовність переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості.

Дані заносимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки поверхонь

№ пов.	Розмір, мм	Найменування переходів	Ra	IT
1	2	3	4	5
1	Торець р-ра 1140	Фрезерування чорнове	12,5	14
2	Торець р-ра 1140	Фрезерування чорнове	12,5	14
3	Торець р-ра 80	Фрезерування чорнове	12,5	14
		Фрезерування напівчистове	6,3	14
4, 6	Торець Ø400Н7/ Ø585	Фрезерування чорнове	12,5	14
		Фрезерування чистове	3,2	14

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5
5, 7	Ø585	Розточування чорнове Розточування напівчистове	12,5 6,3	14 14
8, 9	Ø400H7	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове Розточування тонке	12,5 6,3 3,2 0,8	14 12 9 7
10,11	Фаска 3x45	Точіння чорнове	12,5	14
12,13	Ø350	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове	12,5 6,3 3,2	14 14 14
14	Ø300	Розточування чорнове	12,5	14
15,16	12 отв. М30	Свердління Нарізання різьби	12,5 6,3	14 12
17	4 отв. Ø100	Свердління Розсвердлування	12,5	14
18	Торець р-ра 250x2540	Не оброблюється	1000	17
19	Торець р-ра 250x3520	Не оброблюється	1000	17

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

На основі заводського технологічного процесу і задач проектування розробляємо технологічну послідовність обробки деталі «Корпус секції» і заповнюємо таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Маршрут обробки деталі

№ опер	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуємої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Ливарна			
010	Термічна			
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1	2, 18, 19	Вертикально-фрезерний з ЧПК LAGUN GCM 5
		17, 3, 2	1, 18, 19	
020	Горизонтально-розточувальна з ЧПК	4, 5, 9,10, 12, 14 , 15	1, 18, 19	Горизонтальний фрезерно-розточувальний з ЧПК TOS VARNSDORF WHN 13 CNC
		7, 6, 8, 11, 13, 16	1, 18, 19,	
025	Маркувальна			
030	Технічний контроль			

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Аналітичний розрахунок припусків виконуємо на поверхню деталі - Ø400H7мм. Дані з розрахунків заносимо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Послідовність обробки поверхні Ø400H7

№ поверхні	Найменування операцій та переходів	Шорсткість	Точність	Допуск
Пов. 8, 9 Ø400H7	Розточування чорнове	12,5	H12	400
	Розточування чистове	3,2	H10	100
	Розточування тонке	0,8	H7	40

Сумарне значення R_z та h характеризуючи якість поверхні литої заготовки при литті в кокіль вибираємо по довіднику

$$R_z + h = 40 + 260 = 300 \text{ мкм}$$

Сумарне значення R_z та h після кожного етапу механічної обробки

$$R_z + h = 20 \text{ мкм} - \text{чорнове розточування};$$

$$R_z + h = 10 \text{ мкм} - \text{чистове розточування};$$

$$R_z + h = 5 \text{ мкм} - \text{тонке розточування}.$$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = 15 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{см}} = 120 \text{ мкм}$$

Тоді сумарне значення просторових відхилень заготовки

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{S_{\text{кор}}^2 + S_{\text{см}}^2} = 125 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{\text{заг}}$ - похибка встановлення

Сумарне значення просторових відхилень етапів механічних операцій розточування

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 120 = 6 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 15 = 0,75 \text{ мкм}$$

$$\rho = 0$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2}$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0$$

$$\varepsilon_{\gamma} = 100 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_1 = 100 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_2 = 90 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_3 = 4,5 \text{ мкм}$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків ведемо по формулі:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (3.6)$$

$$\text{чорнове } 2Z_{\min 1} = 2(300 + \sqrt{125^2 + 100^2}) = 920 \text{ мкм}$$

$$\text{чистове } 2Z_{\min 2} = 2(20 + \sqrt{6^2 + 90^2}) = 220 \text{ мкм}$$

$$\text{тонке } 2Z_{\min 3} = 2(10 + \sqrt{0,75^2 + 4,5^2}) = 30 \text{ мкм}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Розрахунковий мінімальний розмір, для переходів отримуємо:

$$d_{p1} = 400 - 0,03 = 399,97 \text{ мм} - \text{для чистового розточування}$$

$$d_{p2} = 399,97 - 0,220 = 399,76 \text{ мм} - \text{для чорнового розточування}$$

$$d_{p3} = 399,76 - 0,920 = 398,84 \text{ мм} - \text{для заготовки}$$

Допуск для кожного переходу:

Заготовка – 1400 мкм

Розточування чорнове – 400 мкм

Розточування чистове – 160 мкм

Розточування тонке – 100 мкм

Граничні розміри : заготовка – $d_{\min} = 398,84 \text{ мм}$ $d_{\max} = 401,84 \text{ мм}$

Розточування чорнове – $d_{\min} = 399,76 \text{ мм}$ $d_{\max} = 400,16 \text{ мм}$

Розточування чистове – $d_{\min} = 399,97 \text{ мм}$ $d_{\max} = 400,13 \text{ мм}$

Розточування тонке – $d_{\min} = 400 \text{ мм}$ $d_{\max} = 400,1 \text{ мм}$

Граничні значення припусків

Розточування чорнове – $2Z_{\min} = 92 \text{ мкм}$ $2Z_{\max} = 1680 \text{ мкм}$

Розточування чистове – $2Z_{\min} = 210 \text{ мкм}$ $2Z_{\max} = 30 \text{ мкм}$

Розточування тонке – $2Z_{\min} = 38 \text{ мкм}$ $2Z_{\max} = 30 \text{ мкм}$

$\Sigma 340 \text{ мкм}$ $\Sigma 1740 \text{ мкм}$

Перевірка:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = 1740 - 340 = 1400 \text{ мкм.}$$

3.2.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Обробку торцевих поверхонь 1 та 2 деталі «Корпус секції» ведемо в такій послідовності:

Поверхня 1: розмір 1140 мм

Заготовка – IT17 ; Rz800 ; $z_0 = 5 \text{ мм}$.

Фрезерування чорнове – IT14 ; Ra12,5 ; $z_1 = 5 \text{ мм}$.

Поверхня 2: розмір 1140 мм

Заготовка – IT17 ; Rz800 ; $z_0 = 5 \text{ мм}$.

Фрезерування чорнове – IT14 ; Ra12,5 ; $z_2 = 5 \text{ мм}$

Таблиця 3.10 – Граничні значення припусків

№ р-р ланцюга	Рівняння	Вихідне значення	Номинальний технологічний розмір	Допуск	Технологічний розмір налагоджений	Граничні значення припусків
1, 2	$Z_1 = S_1 + Z_2$	$S_1 = 1140_{-0,52}$	$Z_1 = 1140 + 5 = 1145$	IT14 = $\pm 1,13$	$Z_1 = 1140 \pm 5,5$	$Z_2 = 1145 \pm 0,55 - 1140_{-0,52} = 5 \pm 1$

3.2.7 Розробка технологічної операції

Розробляємо послідовність виконання технологічних операцій обробки деталі «Корпус», дані заносимо до таблиці 3.11.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ оп.	1.Найменування операції 2.Модель верстату 3.Зміст переходів	Верстатний пристрій	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
015	1. Вертикально - фрезерна ЧПК 2. LAGUN GCM 5 3. Установ А Фрезерувати пов.1 Установ Б Фрезерувати пов.2 Фрезерувати пов.3 Свердлити пов.17	СРП	Фреза торцева SECO Корпус - NSE400-250C14R Пластина - TEEN2204PETR1 Сплав – MX2525 - Фреза торцева SECO Корпус - BAP300-663A08R Пластина – APMT1135PDER-H2 Сплав – MX2525 - Свердло SECO Корпус SD542-85-212.5-50R7 SCGX120408-F2 Розточувальна чорнова головка SECO Корпус A75060 Держак A75060CC1290 Пластина CCMT120408-F2 Сплав TP2500. Допоміжний інструмент SECO Тримач Graflex: M569 4660; Збільшувач Graflex: M403 67; Оправка Graflex:EM4 466 401 3660. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Оправка Graflex:EM4466 40M 2880. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
020	1. Горизонтальна фрезерно-розточувальна ЧПК 2. TOS VARNSDORF WHN 13 CNC 3. Установ А Розточити пов.4 Розточити пов.5 Розточити пов.9 Розточити пов.10 Розточити пов.12 Розточити пов.14 Свердлити 15 Установ Б Розточити пов.7 Розточити пов.6 Розточити пов.8 Розточити пов.11 Розточити пов.13 Свердлити 16	СРП	1. Свердло зі змінними твердосплавними SECO пластинами: Корпус: SD503-98-45-50R2; Пластини: корпус SCGX062008W-P2; сплав T10000. корпус SPGX0602-C1; сплав T30000. Фреза для нарізання різьби SECO: Корпус: TM25D17L36Z2. Пластини: TM25N1001SO. Допоміжний інструмент SECO Тримач Graflex: M569 4660; Збільшувач Graflex: M403 67; Оправка Graflex: EM4 466 401 3660. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Оправка Graflex: EM4466 40M 2880. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Розточувальний ріжучий інструмент SECO Держак E3471 731200 Траверса: для Ø300 -350мм – A731020 для Ø400мм - A731030 для Ø585мм - A731060 Картриджі: SCGCL16CA-16 Пластини: -CCMT160512-F2 для чорнової обробки; Сплав TP2500; - CCMT097304-F1 для чистової обробки; Сплав CP500;
025	Маркувальна		
030	Контрольна		

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.2.8 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Аналітичний розрахунок режимів різання для розточування Ø400H7.

Ріжучий інструмент – державка E3471 731200

Припуск – 4мм.

Верстат – горизонтально - фрезерно-розточувальний з ЧПК TOS VARNSDORF WHN 13 CNC.

Етапи обробки поверхні:

Розточування чорнове – Ra12,5; H12

Розточування чистове – Ra3,2 ; H9

Розточування тонке - Ra0,8; H7

Глибина різання : $t_1 = 3$ мм $t_2 = 0,8$ мм $t_3 = 0,2$ мм

Матеріал ріжучої частини різців розточувальних за SECO:

Сплав TP2500– для чорнового розточування

Сплав CP500- для чистового та тонкого розточування.

Період стійкості 90 хв для чорнового, чистового та тонкого розточування.

Подача: при чорновому розточуванні – $S = 0,15$ мм/об

при чистовому розточуванні – $S = 0,06$ мм/об

при тонкому розточуванні – $S = 0,02$ мм/об

Вибираємо швидкість різання.

$V_{\text{чор}} = 300$ м/хв

$V_{\text{чис}} = 400$ м/хв

$V_{\text{тон}} = 473$ м/хв.

Перевірка вибраних режимів різання по потужності приводу головного руху. Розрахунок потужності необхідної для різання:

$$N = N_T \cdot \frac{V_\phi}{V_T} \cdot K_N \quad (3.7)$$

де V_ϕ , V_T – фактична та таблична швидкості з врахуванням коефіцієнтів

N_T – потужність таблична

$K_N = 1$

Розточування чорнове $N = 5,62$ кВт

Розточування чистове $N = 4,24$ кВт

Розточування тонке $N = 3,48$ кВт

$$N < [N_{\text{ст}}] - \text{умова виконується} \quad (3.8)$$

Аналітичний розрахунок норм часу на горизонтально-фрезерно-розточувальну операцію поверхні Ø400H7мм

Верстат – горизонтально - фрезерно-розточувальний з ЧПК TOS VARNSDORF WHN 13 CNC.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Норма часу визначається:

$$H_{вр} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (3.9)$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{ТВ}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отд}}{100}\right) \quad (3.10)$$

де $T_{ца}$ – час циклу автоматичної роботи верстату.

$$T_{ца} = T_o + T_{мв} \quad (3.11)$$

де T_o – основний час.

$$T_o = \frac{300 + 2 + 2}{95} = 3,2 \text{ хв}$$

де $T_{мв}$ – машинно-допоміжний час,

$$T_{мв} = 2,09 \text{ хв}$$

$$T_{ца} = 2,41 + 2,09 = 4,5 \text{ хв}$$

$K_{ТВ} = 1$ – коефіцієнт,

$T_{в} = 0,3 \text{ хв}$ – допоміжний час,

$a_{тех}$; $a_{орг}$; $a_{отд}$ - час на технічне обслуговування, відпочинок, орг. питання, складає 8%.

$$T_{шт} = (4,5 + 0,3 \cdot 1) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 5,1 \text{ хв}$$

де $T_{пз} = 39,35 \text{ хв}$ – підготовчо-заключний час,

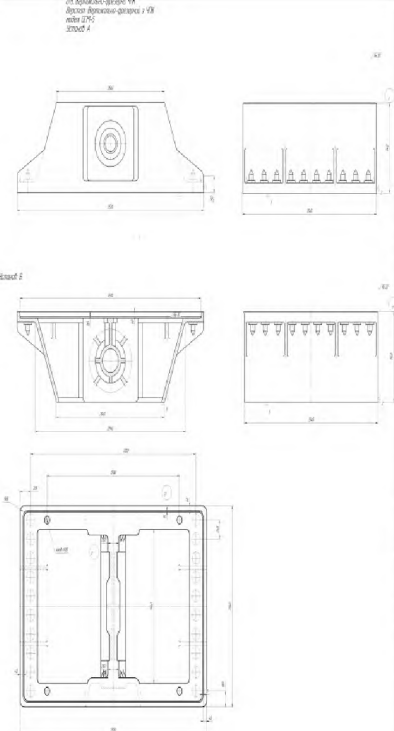
$n = 100 \text{ шт}$ – кількість виробів у партії.

Норма часу:

$$H_{вр} = 5,1 + \frac{39,35}{100} = 5,5 \text{ хв}$$

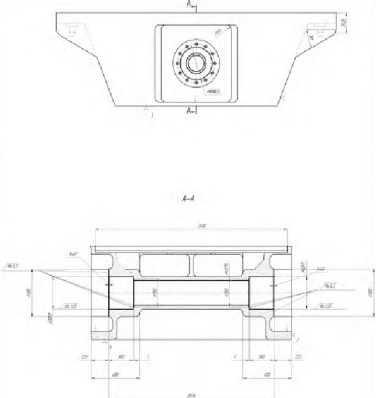
					КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.12 – Технологічний процес обробки деталі «Корпус секції»

№ опер.	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	Ескіз операції	Інструмент	Режими різання							Норми часу, хв					
				D, H мм	L мм	t мм	S мм/б	V м/хв	n об/хв	i	T _о	T _в	T _{оп}	T _{обс}	T _{шт}	T _{шт.к.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
005	Ливарна															
010	Термічна															
015	1.Вертикально-фрезерна ЧПУ 2.Верстат LAGUN GCM 5 3. Установ А Фрезерувати пов.1 Установ Б Фрезерувати пов.2 Фрезерувати пов.3 Свердлити пов.17		Фреза торцева SECO Корпус - NSE400-250C14R Пластина - TEEN2204PETR1 Сплав – MX2525 Фреза торцева SECO Корпус - BAP300-663A08R Пластина – APMT1135PDER-H2 Сплав – MX2525 Свердло SECO Корпус SD542-85-212.5-50R7 SCGX120408-F2 Розточувальна чорнова головка SECO Корпус A75060 Держак A75060CC1290 Пластина CCMT120408-F2 Сплав TP2500. Допоміжний інструмент SECO Тримач Graflex: M569 4660; Збільшувач Graflex: M403 67; Оправка Graflex:EM4 466 401 3660. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Оправка Graflex:EM4466 40M 2880. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660.	1140 1140 15 80 100	2040 3520 2410 113 113	5 5 20 40 10	0,3 0,3 0,3 0,12 0,3	250 250 250 200 250	350 350 350 300 350	2 2 4 4 4	20,9 33,5 0,57 3,0 3,8 Σ61,8	20	81,8	1,08	83	85

КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
020	1. Горизонтальна фрезерно-розточувальна ЧПК 2. TOS VARNSDORF WHN 13 CNC 3. Установ А Розточити пов.4 Розточити пов.5 Розточити пов.9 Розточити пов.10 Розточити пов.12 Розточити пов.14 Свердли 15 Установ Б Розточити пов.7 Розточити пов.6 Розточити пов.8 Розточити пов.11 Розточити пов.13 Свердли 16		1.Свердло зі змінними твердосплавними SECO пластинами: Корпус: SD503-98-45-50R2; Пластини: корпус SCGX062008W-P2; сплав T10000. корпус SPGX0602-C1; сплав T30000. Фреза для нарізання різьби SECO: Корпус:TM25D17L36Z2. Пластини: TM25N1001SO. Допоміжний інструмент SECO Тримач Graflex: M569 4660; Збільшувач Graflex: M403 67; Оправка Graflex:EM4 466 401 3660. Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Оправка Graflex:EM4466 40M 2880 Тримач-моноблок EM4 466 401 3660. Розточувальний ріжучий інструмент SECO Держак E3471 731200 Траверса: для Ø300 -350мм – A731020 для Ø400мм - A731030 для Ø585мм - A731060 Картриджі: SCGCL16CA-16 Пластини: -CCMT160512-F2 для чорнової обробки; Сплав TP2500; - CCMT097304-F1 для чистової обробки; Сплав CP500	585	92,5	4	0,2	270	350	2	1,7	35	83,6	1,08	84,6	88,7
				585	270	4	0,3	270	350	2	5,4					
				400	300	5	0,3	350	420	2	5,6					
				400	3	3	0,12	200	300	1	0,03					
				350	8	8	0,3	250	340	2	0,15					
				300	870	4	0,3	200	300	1	8,3					
				26	60	13	0,11	120	180	12	6,9					
				585	92,5	4	0,2	270	350	2	1,7					
				585	270	4	0,3	270	350	2	5,4					
				400	300	5	0,3	350	420	2	5,6					
				400	3	3	0,12	200	300	1	0,03					
				350	8	8	0,3	250	340	2	0,15					
				26	60	13	0,11	120	180	12	6,9					
											Σ48,6					
025	Маркувальна															
030	Технічний контроль															

КНУ.КМР.131.25.1-11.03.ТТБВ

Розробка верстатно-інструментального налагодження виконується на вертикально-фрезерний верстат з ЧПК LAGUN GCM 5 (рис. 4.1) для операції 015 Вертикально-фрезерна ЧПК.



Різальний інструмент технологічної операції:

1. Фреза торцева зі змінними твердосплавними пластинами: NSE400-250C14R; пластина: TEEN2204PETR1; сплав – кермет MX2525.
2. Фреза торцева зі змінними твердосплавними пластинами: BAP300-063A08R; пластина: APMT1135PDER-H2; сплав – кермет MX2525.
3. Свердло SECO: SD542-85-212.5-50R7, пластина – SCGX120408-F2
4. Розточувальна чорнова головка SECO: держак – A75060CC1290; пластина – CCMT120408-F2; сплав – TP2500.

Допоміжний інструмент: тримач Graflex: M569 4660; збільшувач Graflex: M403 67; оправка Graflex: EM4 466 401 3660; тримач-моноблок EM4 466 401 3660; оправка Graflex: EM4466 40M 2880; тримач-моноблок EM4 466 401 3660.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.04.МПМО				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Москалець			Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Архив
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев							

Технічна характеристика верстата наведена в табл. 4.1. Робочі органи верстата показані на рис. 4.2.

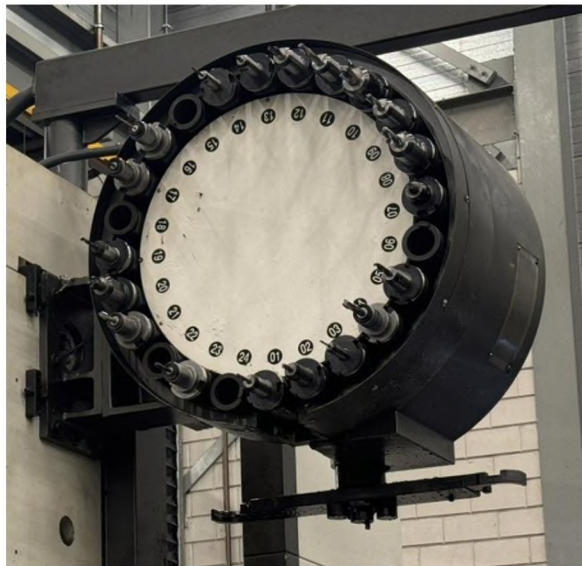


Рисунок 4.2 – Робочі органи верстату

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата LAGUN GCM 5

№	Характеристика	Значення
1	Система керування	HeidenHain iTNC530
2	Переміщення по осі X, мм	5000
3	Переміщення по осі Y, мм	1200
4	Переміщення по осі Z, мм	2000
5	Довжина столу, мм	6500
6	Живлення шпинделя, кВт	37
7	Конус шпинделя ISO	50
8	Швидкість подачі по осі X, Y, Z, мм/хв	20000
9	Інструментальний магазин, позицій	20
10	Вага верстата, кг	34000
11	Габаритні розміри (Д/Ш/В), мм	8400 x 6800 x 4800

					КНУ.КМР.131.25.1-11.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.4 – Атрибути обробки деталі «Корпус»

Після імпорту тривимірної моделі деталі, автоматичного визначення її геометричних особливостей, формування послідовності технологічних переходів, підбору інструменту та вибору оптимальної стратегії обробки була згенерована й перевірена керуюча програма.

Список операций

Операция	Элемент	Инструмент	Полое	Скорость
чист	торец1	торцевая фреза	1618.8 мм/мин	1001 об/мин
чист	конт. проток1	стенка2	122.2 мм/мин	407 об/мин
чист	конт. проток1	стенка2	90.4 мм/мин	409 об/мин
чист	конт. проток1	стенка3	77.5 мм/мин	204 об/мин
чист	конт. проток1	стенка3	60.5 мм/мин	244 об/мин
Результаты				

Рисунок 4.4 – Атрибути обробки деталі «Корпус»



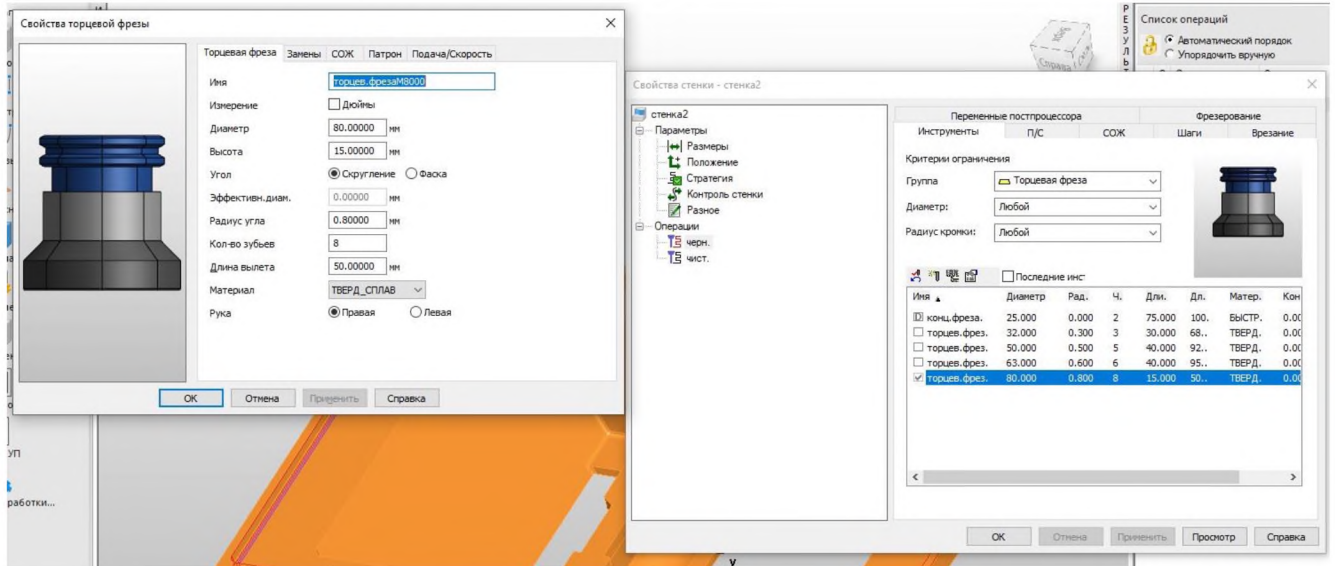


Рисунок 4.7 – Підбір різального інструменту – торцева фреза

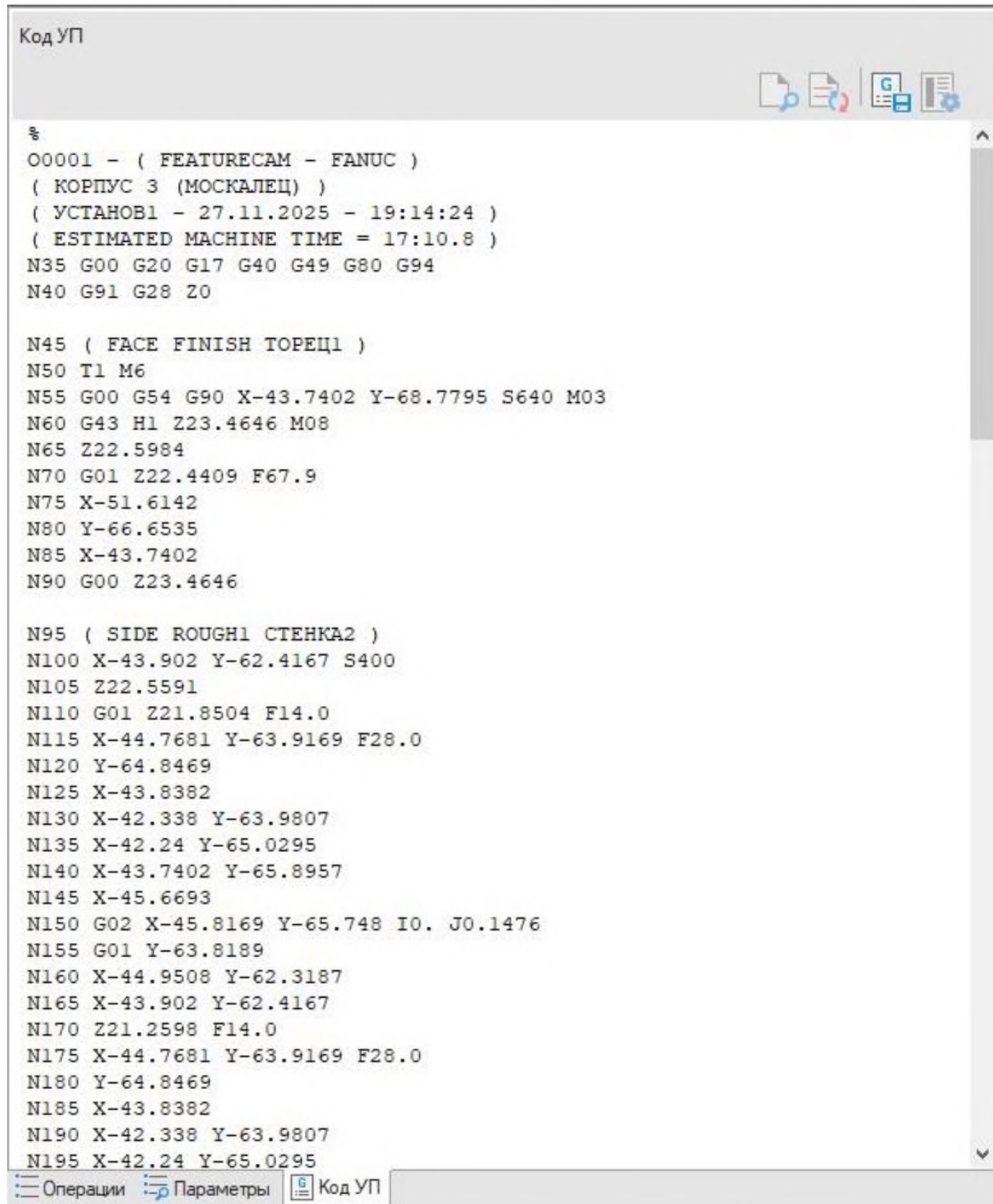


Рисунок 4.8 –КП по обробці деталі «Корпус»

					КНУ.КМР.131.25.1-11.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

5.1.1 Технічне завдання

Розробити переналагоджувальний пристрій на фрезерування площини $L \cdot B = 2040 \times 2540$ мм для операції 015.

Верстат: вертикально-фрезерний моделі GCM-5

Інструмент: фреза торцева $\varnothing 63$ мм компанії «SECO».

Параметри столу верстату:

Довжина столу – 11500 мм.

Ширина столу – 5500 мм.

Кількість пазів: 7– 22Н9.

5.1.2 Аналіз схеми базування деталі

Схема базування деталі представлена на рисунку 5.1.

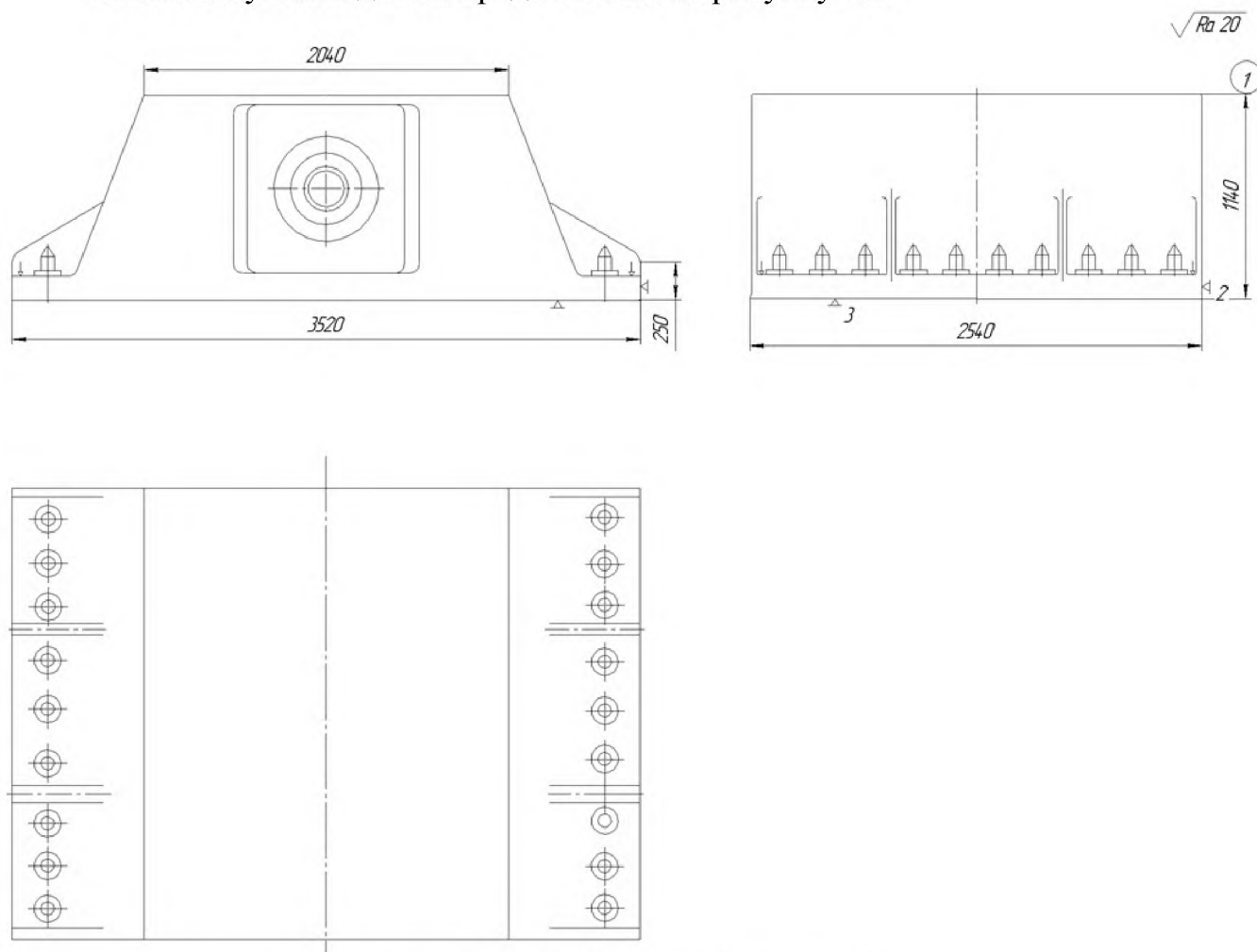


Рисунок 5.1 – Ескіз операції

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва		
Розроб.	Москалець						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
					Літ.	Арк.	Арк-шіт

Установочна база – торець деталі з параметрами 3520 мм.

Направляюча база – торець деталі з параметрами 3520х250 мм.

Упорна база – торець деталі з параметрами 2540х250мм.

Вибираємо стандартні опорні елементи:

Опорні пластини ДСТУ ГОСТ 4743:2018.

Матеріал – сталь 20Х, HRC 55...60.

5.1.2 Розраховуємо похибку базування

Виконуємо розрахунок на похибку базування.

$$\varepsilon_6 = 0$$

При заданій схемі базування, коли установча база співпадає вимірювальною, похибка базування має $\varepsilon_6 = 0$.

5.1.3 Вибір і розрахунок схеми закріплення

Визначаємо силу затиску деталі під час обробки.

Величину сил затиску та їх напрямки визначаємо в залежності від сил різання та їх моментів, які діють на оброблювану деталь.

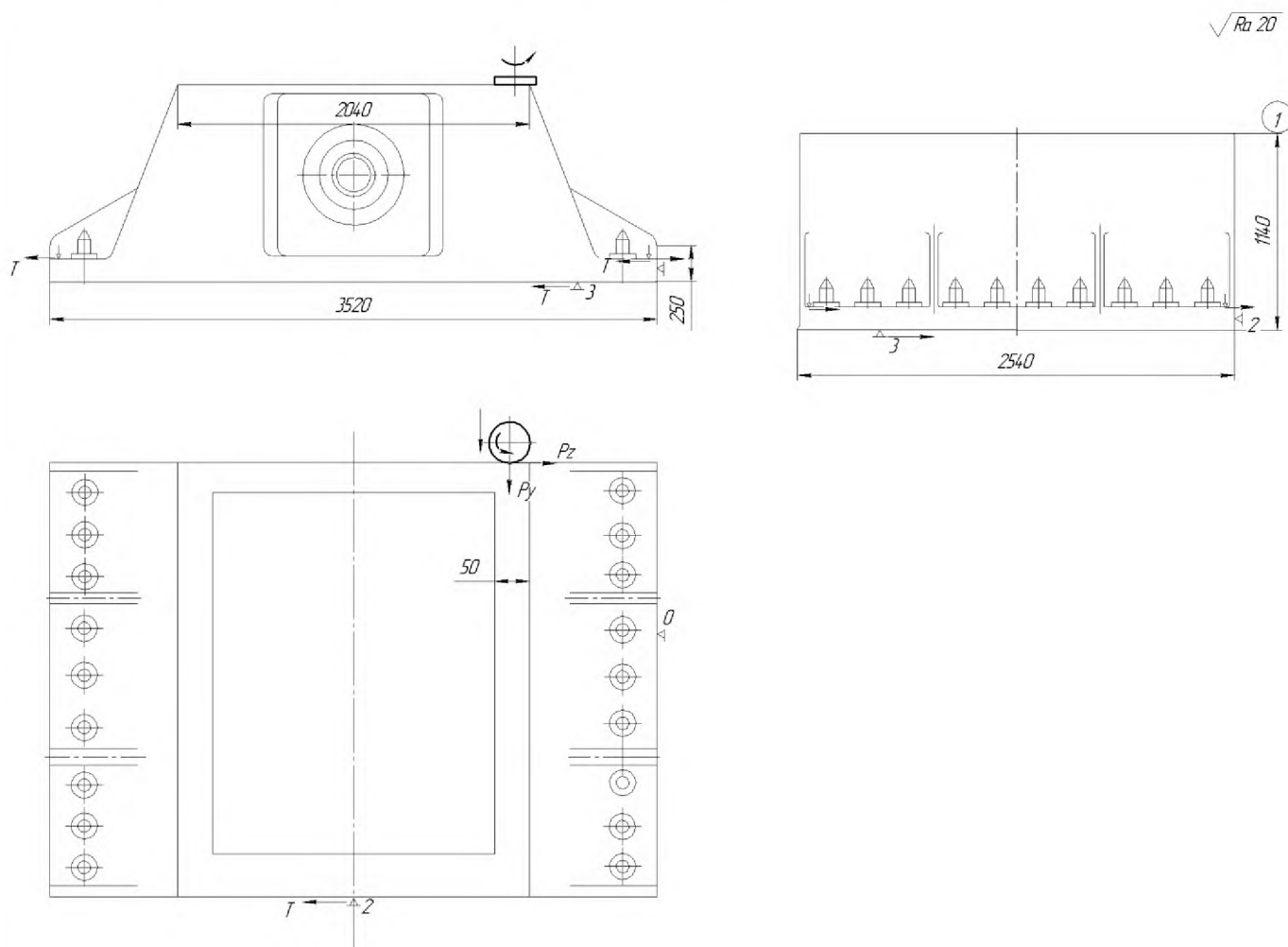


Рисунок 5.2 – Схема сил закріплення деталі

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Складаємо рівняння суми моментів від сил затиску, сил тертя, сил різання, що діють на деталь під час обробки торцевої поверхні.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-F_T \cdot 2540/2 - F_T \cdot 3540 = k \cdot (P_z \cdot 2540/2)$$

$k=2,5$ – коефіцієнт запасу

$$f = 0,1;$$

$$F_{TP} = W f;$$

Діаметр фрези 63мм. Сила різання $P_z = 5436$ Н.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W = \frac{2,5 \cdot 5436 \cdot 2540/2}{2540/2 \times 0,1 + 3540 \times 0,1} = 1700 \text{ Н}$$

5.1.4 Вибір силових приводів

Для затиску деталі вибираємо комбінований зажим, який складається із гвинтового та важільного зажиму.

По силі затиску та допустимому напруженню визначаємо номінальний діаметр гвинта із рівняння:

$$W = 0,64\pi d^2/4 \cdot G = 0,5d^2 \cdot G$$

де G – допустиме напруження розтягнення матеріалу гвинта, що складає 800 кг/см^2 .

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5G}} \quad (5.1)$$

$$d = \sqrt{\frac{1700}{0,5 \cdot 800}} = 2,06 \text{ см}$$

Закріплення заготовки в пристрою при механічній обробці виконуємо за допомогою пристосування з не механізованим затиском.

Визначимо вихідне зусилля. Приймаємо довжину плеч прихвату 300мм.

Кінематична схема затиску комбінованим прихватом зображена на рис. 5.3.

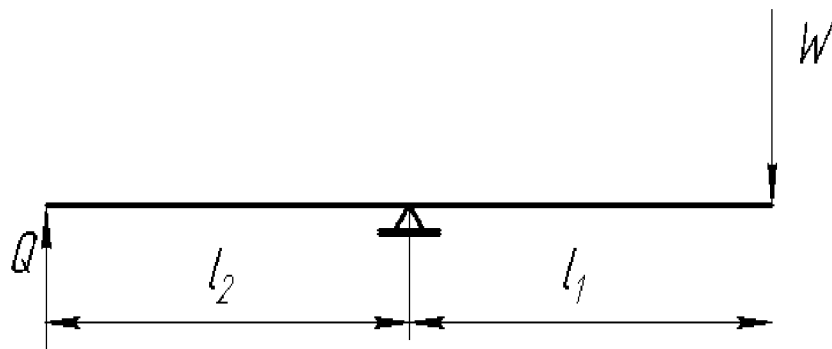


Рисунок 5,3 – Кінематична сила затиску

Вихідна сила на рукоятці гвинта:

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{w(l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta} \quad (5.2)$$

$\eta = 0,95$ – коефіцієнт

$l_1 = 150$ мм

$l_2 = 150$ мм

$$Q = \frac{1700 \times (150 + 150)}{150 \cdot 0,95} = 3579 \text{ Н}$$

Вибір базових та допоміжних елементів конструкції верстатного пристрою.

Установочні елементи пристрою базуються на самому верстаті.

Базові та допоміжні елементи:

Прихват зворотній та рухомий – ДСТУ ГОСТ 4735:2009

Конструктивні параметри: довжина – 300 мм; ширина 90 мм; висота – 50 мм.

Шайба плоска – DIN 125.

Шпонка призматична – DIN 6885-1.

Гайки шестигранні – DIN 555.

Болти пазові – DIN 186.

Опори – ДСТУ ГОСТ 1557:2007.

5.1.4 Розрахунок точності верстатного пристосування

Виконуємо розрахунок на точність пристрою за формулою:

$$\varepsilon_{np} = \kappa \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{no}^2 + \varepsilon_s^2} \quad (5.3)$$

де ε_{δ} – похибка базування (0 мм);

ε_{pn} – $1/5$ IT похибка розташування пристрою на верстаті (0,2 мм);

ε_{no} – похибка розташування опорних поверхонь деталі відносно посадочних поверхонь пристрою, $\varepsilon_{no} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}\right)$ допуску розміру деталі що обробляється до опорного елемента (0,004 мм);

ε_s – похибка закріплення (0,11 мм);

κ – коефіцієнт який враховує закон розподілення складових похибок (1,11...1,20).

Підставляємо значення у формулу

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1,11 \sqrt{0,2^2 + 0,004^2 + 0,110^2} = 0,252 \text{ мм}$$

Сумарна похибка пристрою не перевищує допуску на обробку поверхні.

5.2 Проектування контрольного пристрою

Розробити контрольний пристрій для контролю площинності поверхні роз'єму деталі, що складає 0,1 мм від базової площинності встановлення.

Розробляємо принципову схему пристрою. На базі умови контролю та вибраної схеми пристрою, вибираємо схему контролю.

Контроль площинності поверхні виконується при встановленні деталі торцевою (базовою) поверхнею на установчі елементи пристрою.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Базування деталі при контролі здійснюється відповідно схемі контрольного пристрою.

Установка деталі виконуватиметься на опорні пластини. Установча база та вимірвальна база співпадають, тому похибка базування буде дорівнювати нулю.

Для проектування пристрою вибираємо базуючі елементи. Деталь встановлюється на плиту повірочну та на опорні пластини.

Параметри контролю здійснюємо контрольним приладом.

Вимірювальний прилад вибираємо в залежності від точності вимірювальної величини. Ціна поділу вимірювального приладу повинна бути на порядок вищою.

Вибираємо вимірювальний прилад. Обираємо індикатор часового типу Індикатор МІКРОТЕХ ІЧ-10 0-10 мм (рис. 5.5):

Ціна поділу – 0,1 мм.

Діапазон вимірювання – 0...10 мм.

Похибка всієї шкали – 20 мкм, ділянки 10 мкм.



Рисунок 5.5 – Індикатор МІКРОТЕХ ІЧ-10

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі вибраних стандартних установчих елементів та контрольного приладу виконуємо розрахунок на точність пристрою контрольного.

Допустима похибка вимірювання:

$$[\Delta] = 0,08 \dots 0,3 \text{ Т, мм} \quad (5.4)$$

$$[\Delta] = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ мм}$$

Визначаємо сумарну похибку вимірювання:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{ye} + \sqrt{\Delta_{cn}^2 + \Delta_{ind}^2} \quad (5.5)$$

де Δ_{ye} - похибка установочних елементів

$\Delta_{сп}$ - похибка випадкова

$\Delta_{ind} = 0.01 \text{ мм}$ - похибка індикатора.

$\Delta_{сп} = 0,05 \cdot 0,2 = 0,001 \text{ мм}$

$\Delta_{\Sigma} = [\Delta] = 0,02 \text{ мм}$

Визначимо похибку установочних елементів:

$$0,02 = \Delta_{ye} + \sqrt{0,01^2 + 0,001^2}$$

$$\Delta_{ye} = 0,02 - 0,01 = 0,01 \text{ мм}$$

Тобто, відхилення від плоскостності установчих елементів не більше 0,01 мм.

Конструкція контрольного пристрою представлена на кресленні.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розробка плану робочого місця

6.1.1 Розробка загального компонування і принцип розміщення обладнання у цеху

Програма випуску – 250 штук;

Періодичність випуску – 2 раз на місяць;

$N_{зм} = 250 / 24 = 11$ шт – обробляється деталей за один запуск.

Серійність випуску виробу – серійне механізоване;

Маса і габарити виробу – $m=7500$ кг; 3520×2540 мм.

Сама точна поверхня деталі «Корпус секції» Ø400H7мм, з шорсткістю Ra1,6 МКМ.

6.1.2 Нормування для даної операції, розрахунок верстата - хвилин

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = \varphi_k \cdot T_0 \quad (6.1)$$

де $\varphi=3,25$ – коефіцієнт, який залежить від типу верстата та серійності випуску.

$$T_{шк} = 3,25 \cdot 28 = 91хв$$

Так як періодичність випуску 2 рази на місяць, значить в рік відбувається 24 запуски.

В 1 зміні 8 год, а значить 480 хвилин.

$$N_{зм} = \frac{480хв}{91хв} = 5шт - обробляється деталей за 1 зміну$$

6.1.3 Визначення засобів і способів транспортування деталей у цеху

Для транспортування деталей у цеху передбачено:електровізок, мостовий кран.

6.1.4 Визначення площ, необхідних для збереження і нагромадження заготівель і оброблених деталей на робочому місці

За технологічним процесом використовуємо горизонтально фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК TOS VARNSDORF WHN 13 CNC.

Обираємо тару для збереження деталей і заготовок – тара ящикового типу 4НПД863,2-0,5 з габаритами $L \times B \times H=600 \times 800 \times 200$ мм. Вантажопідйомність тари – 0,5 тони.

Площу, необхідну для збереження деталей і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_1 = 3 \cdot S \cdot k, м^2 \quad (6.2)$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Організаційно- економічна підготовка виробництва</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Москалець</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		

S – площа в плані займана тарою, m^2 ;

k – коефіцієнт площі, необхідної для навантаження-вивантаження тари, $k=1,3$

$$S_{тари} = 600 \cdot 800 \cdot 2 = 960000 \text{ мм}^2 = 0,96 \text{ м}^2$$

$$S_1 = 3 \cdot 0,96 \cdot 1,3 = 3,744 \text{ м}^2$$

6.1.5 Визначення площ для збереження інструментів і технологічного оснащення на робочому місці

Обираємо стіл прийомний з інструментальними ящиками моделі СД3702.11Б.

Вантажопідйомність – 300 кг;

Габарит - 850×630×820 мм;

Маса – 109 кг.

Для збереження інструментів обираємо тумбочку інструментальну моделі СМ3746.06.

Вантажопідйомність тумбочки – 230 кг;

Вантажопідйомність ящика – 30 кг;

Хід ящика – 575 мм;

Габарит - 500×630×800 мм.

Для збереження пристосувань обираємо стелаж з висувною платформою моделі СД 3725.01.

Вантажопідйомність – 100 кг;

Габарит - 900×800×852 мм;

Маса – 65 кг.

Площу, необхідну для збереження інструментів і технологічного оснащення можна визначити за формулою

$$S_2 = S_{ст} \cdot k_1 + S_{ин.т.} \cdot k_2 + S_{ст.пр.} \cdot k_3, \text{ м}^2 \quad (6.3)$$

де $S_{ст}$ – площа в плані столика, m^2 ;

k_1 – коефіцієнт займаної площі приймальним столиком, $k_1=1,1$;

$S_{ин.т.}$ – площа в плані інструментальної тумбочки, m^2 ;

k_2 – коефіцієнт займаної площі інструментальною тумбочкою, $k_2=2$;

$S_{ст.пр.}$ – площа в плані стелажа для пристосувань, m^2 ;

k_3 – коефіцієнт займаної площі стелажем для пристосувань, $k_3=2$.

$$S_2 = 850 \cdot 630 \cdot 1,1 + 500 \cdot 630 \cdot 2 + 900 \cdot 800 \cdot 2 = 2659050 \text{ мм}^2 = 2,66 \text{ м}^2$$

6.1.6 Розрахунок площ і вибір устаткування для допоміжних технологічних цілей

Площа для допоміжних технологічних цілей визначається за формулою:

$$S_3 = k_4 \cdot (S_{об.} + S_1 + S_2), \text{ м}^2 \quad (6.4)$$

де $S_{об.}$ – площа в плані верстата, $S_{об.}=101,12 \text{ м}^2$;

k_4 – коефіцієнт займаної площі для обслуговування робочого місця, $k_4=0,5$;

$$S_3 = 0,5 \cdot (101,12 + 3,744 + 2,66) = 53,762 \text{ м}^2$$

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.7 Розрахунок загальної площі робочого місця

Площа робочого місця визначається за формулою:

$$S_{p.m.} = S_p + S_{об.} + S_1 + S_2 + S_3, m^2 \quad (6.5)$$

де S_p – площа робочого місця верстатника, m^2 , $S_p = 4,5 m^2$.

$$S_{p.m.} = 4,5 + 5,35 + 3,744 + 2,66 + 53,762 = 70,961 m^2$$

6.1.8 Компонування робочого місця

Робоче місце розділяється на зони в залежності від трудових рухів – зона А та зона Б. Кожна з цих зон розділена на ряд секторів – 1, 2, 3 в залежності від розташування стосовно робітника, а кожен сектор розділений концентричними колами, що визначають відстань від предметів праці до робітника.

На рисунку 6.1 зображене планування робочого місця для горизонтально-розточувального верстата моделі TOS VARNSDORF WHN 13 CNC.

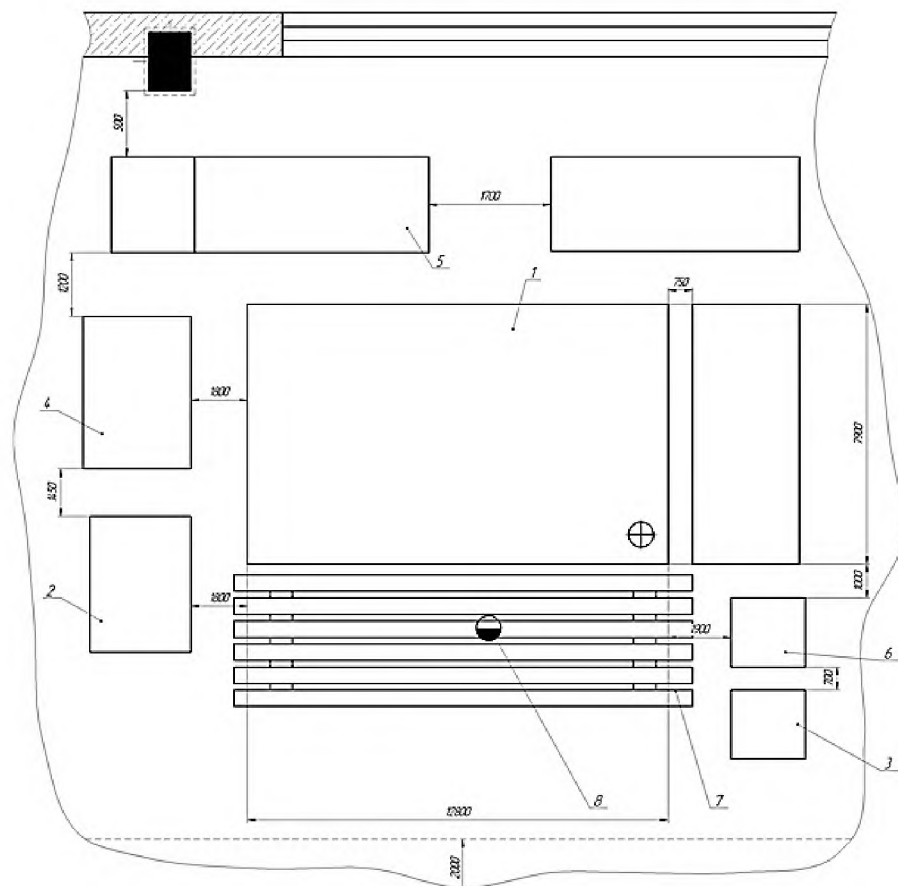


Рисунок 6.1 – Планування робочого місця для горизонтального фрезерно-розточувального верстата: 1 – верстат мод. TOS VARNSDORF WHN 13 CNC; 2 – столик прийомний; 3 – тара для заготовок; 4 – тумбочка інструментальна; 5 – стелаж для пристосувань; 6 – тара для готових деталей; 7 – ґрати під ноги; 8 – верстатник

Побудуємо загальну індексацію розташування предметів праці:

Заготовки – Б – 1 – 2 – 1О (19 балів);

Готові деталі – Б – 1 – 2 – 1П (18 балів);

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня кількість балів – 18,5 .

Інструменти на прийомному століку – Б – 1 – 2 – 1О (19 балів);

Пристосування на стелажі – Б – 1 – 2 – 1П (18 балів);

Середня кількість балів – 18,5.

Визначимо бальну оцінку робочого місця:

$$B = \frac{K_{II} \cdot B_{II} + K_I \cdot B_I}{K_{II} + K_I} \quad (6.6)$$

де B_{II} та B_I – бальна оцінка розташування предметів праці й інструментів на робочому місці;

K_{II} – число прийомів установки і зняття деталей, виконаних за зміну;

K_I – число прийомів, пов'язаних з використанням інструментами за зміну.

$$B = \frac{172 \cdot 17,5 + 172 \cdot 18,5}{172 + 172} = 18,5 \text{ балів.}$$

Ціна одного бала – 0,01 хв. Значить 18,5 бала – 0,185 хв., або 11,1 секунд. Це означає, що при обробці кожної деталі можна зекономити по 11,1 секунд завдяки вдалій компоновці робочого місця.

6.1.9 Розробка схеми установки і кріплення обладнання. Розрахунок фундаменту

Верстат встановлюється на спеціальний фундамент , який виготовляється з бетону 1:3:6.

Вага фундаменту визначається за формулою:

$$G_{\Phi} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q \quad (6.7)$$

де Q – об'єм фундаментальної плити;

q – вага 1м^3 бетону, $q=2000 \text{ кг/м}^3$;

F – опорна площа фундаментальної плити в м^2 ;

h – висота фундаментальної плити , $h=0,7\text{м}$.

$$G_{\Phi} = 110 \cdot 0,7 \cdot 2000 = 154000 \text{ кг} \quad (6.8)$$

Загальне навантаження на ґрунт визначають за формулою:

$$P = G_{\Phi} + G_{\text{вер}} + G_{\text{д}} \quad (6.9)$$

де $G_{\text{вер}}$ – вага верстата, $G_{\text{вер}}=48500\text{кг}$;

$G_{\text{д}}$ – вага деталі, $G_{\text{д}}=499,2\text{кг}$.

$$P = 154000 + 48500 + 499,2 = 202999,2\text{кг} \quad (6.10)$$

Перевірочний розрахунок фундаменту ведеться з припущення, що ґрунт являє собою пружну основу і сили, прикладені до фундаменту, проходять через центр ваги фундаментної плити.

Розрахункова формула тиску фундаменту на ґрунт:

$$P = p \cdot F \quad (6.11)$$

де p – питомий тиск на ґрунт при статистичному навантаженні, $p=3,5\text{кг/см}^2$;

F – опорна площа фундаментальної плити в см^2 ;

$$P = 3,5 \cdot 11000 = 38500\text{кг} \cdot 10 = 385000\text{Н} = 385\text{кН}$$

Так як для міцних ґрунтів допустиме $p = 343 \dots 588 \text{ кН/м}^2$, можна стверджувати що ґрунт витримає навантаження.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Ремонт корпусних деталей грохотів — доволі об'ємний технологічний процес, який поєднує механічні, зварювальні, слюсарні та діагностичні операції. Грохоти як обладнання для сортування сипучих матеріалів зазнають високих експлуатаційних навантажень, вібрацій, абразивного зношування, що зумовлює регулярні ремонти. З екологічної та виробничо-безпекової точки зору це один із найбільш «пилових» та шумних етапів обслуговування дробильно-сортувальних ліній. Саме тому питання мінімізації негативного впливу ремонту на довкілля і забезпечення безпечних умов праці стає ключовим для підприємств, що працюють з мінеральною сировиною, будівельними матеріалами та іншими сипучими продуктами.

6.2.1 Екологічні аспекти ремонту корпусних деталей

Основна екологічна проблема – пил, який утворюється при зачистці зношених поверхонь, механічній обробці, видаленні нагарів, корозії, залишків матеріалу. Пил грохотів часто містить частинки кварцу, граніту, металів, і в разі потрапляння у повітря робочої зони може впливати на дихальну систему та навколишнє середовище.

Ефективними заходами є: локальні відсмоктувачі та переносні аспіраційні системи; використання закритих боксових постів для зварювання та шліфування; подача зволоженого повітря або мінімальне змочування поверхонь перед обробкою, якщо це сумісно з технологією.

Утворення відходів

Під час ремонту генерується металобрухт, відходи абразивів, зношені сита, демонтовані амортизатори та гумові елементи. Для екологічно коректного підходу необхідно: розподіляти відходи за категоріями (металеві, гумові, композитні, фарбові покриття); повертати металоскрап у повторну переробку; утилізувати гумові та полімерні відходи через спеціалізовані підприємства; уникати зберігання масляних та хімічних залишків на відкритому ґрунті.

Ремонт грохотів традиційно супроводжується високим рівнем шуму, особливо під час роботи ударного інструменту, демонтажу та клепальних або шліфувальних операцій. З екологічної точки зору це впливає не лише на працівників, а й на прилеглу територію.

Основні рішення: облаштування ремонтної зони шумопоглинаючими панелями; використання інструменту з низьким рівнем вібрацій і шуму; організація ремонтних робіт у закритих приміщеннях, а не на відкритому майданчику.

6.2.2 Охорона праці при ремонті корпусних деталей грохотів

Ремонт корпусних елементів включає операції з важкими деталями (маси понад сотні кілограмів), роботу зварювальним устаткуванням, вплив високої температури, ризик ураження електричним струмом, а також шкідливі фактори – пил, шум, вібрація. До типових загроз належать:

- травмування при підйомі або фіксації корпусу;
- опіки від зварювання та різання;

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.ОЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- травми від відлітаючих часток металу;
- захворювання органів дихання через пил;
- перевтома від тривалої вібрації інструменту.

Для зниження ризиків необхідно створити правильно організоване робоче середовище:

- робоча зона має бути рівною, сухою, без сторонніх предметів, із достатнім освітленням;
- корпус грохота на час ремонту фіксується механічними або гідравлічними упорами;
- застосовуються вантажопідіймальні пристрої та страхувальні стропи з регулярною перевіркою технічного стану;
- зону зварювання огорожують щитами або ширмами від ультрафіолетового випромінювання.

Засоби індивідуального захисту

Найпоширеніша помилка під час ремонту – недооцінювання дрібних часток та шуму. Комплект ЗІЗ включає:

- респіратор протипиловий класу FFP2–FFP3;
- захисні окуляри або лицьовий щиток;
- протишумні навушники або беруші, оскільки рівень шуму може перевищувати 100 дБ;
- спецодяг із стійких до іскор матеріалів та рукавиці;
- захисне взуття з металевими носками та антиковзною підошвою.

Безпечне виконання зварювальних та шліфувальних робіт

Оскільки корпусні деталі грохотів часто мають складну геометрію та залишкові напруження, зварювальні роботи потребують зосередженості та дотримання регламентів:

- заборонено здійснювати зварювання на брудних, масляних поверхнях – спочатку проводять очищення;
- обов'язкова перевірка заземлення;
- використання витяжної вентиляції для вловлювання зварювального диму;
- контроль температури нагріву металу, щоб уникнути появи тріщин після охолодження.

Психофізіологічні аспекти

Ремонт грохотів зазвичай виконується у важких умовах кар'єрів та дробарень, де на робітника впливає механічний шум, пил, нестабільний мікроклімат. Тому важливо враховувати:

- чергування режимів роботи та відпочинку;
- скорочення тривалості монотонних або високошумових операцій;
- проведення медоглядів працівників, схильних до захворювань органів слуху та дихання.

6.2.3 Системні підходи до охорони праці та екологічної безпеки

Підприємства, що здійснюють ремонт корпусних частин грохотів, все частіше інтегрують стандарти ISO 14001 (екологічне управління) та ISO 45001 (охорона праці). Це дозволяє: систематизувати ризики; запровадити культуру «нульового

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

травматизму»; оптимізувати поводження з відходами; підвищити загальний рівень технологічної дисципліни.

Практика показує, що впровадження навіть простих інженерних рішень – як от локальні аспіраційні системи, енергоефективне освітлення, шумозахист – зменшує екологічний слід і підвищує безпеку праці без значних фінансових затрат.

6.2.4 Висновки

Ремонт корпусних деталей грохотів – це процес, який поєднує технологічну складність, підвищені екологічні ризики та небезпечні виробничі фактори. Сучасний підхід передбачає інтеграцію екологічних рішень (очищення повітря, переробка відходів, зниження шуму) із системним управлінням охороною праці (організація робочого простору, ЗІЗ, профілактика професійних ризиків). Такий комплексний підхід не тільки мінімізує негативний вплив на довкілля, але й забезпечує здоров'я та безпеку персоналу, що є ключовою умовою ефективної роботи ремонтних підрозділів.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

У дослідженні проведено економічно-аналітичний огляд та розраховано собівартість виготовлення деталі «Корпус секції» за двома можливими маршрутами її технологічної обробки. Виконано порівняння ефективності модернізації виробництва шляхом заміни застарілого верстата моделі 6612 на сучасний горизонтальний фрезерно-розточувальний обробний центр з ЧПК TOS VARNSDORF WHN 13 CNC.

Усі вихідні дані й підсумки розрахунків, включно з визначенням терміну повернення інвестицій, подано у таблицях 6.1-6.4. У таблиці 6.1 наведено основні параметри, що слугували базою для подальших економічних обчислень.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані		
Дані	Базовий 6612	Новий варіант WHN 13 CNC
Деталь		
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	250	250
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	25	25
Тривалість випуску деталей Z, рік	1	1
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	112	88,7
Час наладки верстата, хв.	55	35
Розряд:		
	контролера	5
	верстатника	4
	наладчика	3
	наладчика інструменту	4

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Кількість кадрів програми, шт.			180
Вартість заготовки $S_{\text{заг}}$, грн.	319705		319705
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{\text{пр}}$, грн	100000		90000
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5		1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45		120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному $k_{\text{т}}$	0,083		0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9
Вартість розробки ПК $K_{\text{пк}}$, грн.			1602
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника $H_{\text{ст}}$	150		130
наладчика $H_{\text{нал}}$	150		130
наладчика інструмента $H_{\text{ін}}$	120		150
контролера $H_{\text{к}}$	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н		А
Маса верстата, т	67,5		38,8
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	12,4 x 7,4		8,3 x 8,6
Габарити пристрою ЧПК, м			1,5 x 1,5
Тип пристрою ЧПК			HEIDENHAIN iTNC 530
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{\text{рц}}$, років	7		10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	24		56
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини $R_{\text{м}}$	8		29
електротехнічної частини $R_{\text{е}}$	11		28
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1		1
Оптова ціна верстата C , грн.	4995000		9004000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,6		0,9
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	90,0		71,4
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.			2,25

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.		
механічної частини Н _м	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Φ _{об} , год	4055	3935
Виробничі та інші площі		
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд.} , грн	500	500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	1000	1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7	7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	200

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників		
Дані	Базовий варіант	Новий варіант
	6612	WHN 13 CNC
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	800	700
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	22,91666667	14,58333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін} , год	0	35,00
Час контролю деталей впродовж року Т _к , год	66,4	58,1
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.) (дійсна)	0,43	0,38
	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова) (дійсна)	0,0123	0,0078
	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.ін} , чол. (розрахункова) (дійсна)	0	0,01882
	0	1

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.2

Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.) (дійсна)	0,04	0,03
	1	1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{\text{доп}}$, чол (розрахункова) (дійсна)	0,00	0,10
	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	3	5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,34	0,20

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{ін} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$											
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; $I_{ін}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 1740,62 C_2 на деталь = 1642,29	
I_3	I_n	$I_{ін}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 199454 + 5405,40 + 0,00 + 0,00 + 104000 + 0 + 74336,47 + ##### + 21000 + 1405 + 0 + 7636,00 = 435154,67$											
$C_2 = 151253 + 2981,16 + 234,00 + 1602,00 + 93600 + 0 + ##### + 3024,00 + 35000 + 3475 + 393,46 + 6681,50 = 410571,85$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де K_6 – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 1858412 + 60882 + 21000 + 3252858 + 100000 + 0 = 5293151$											
$K_2 = 1782792 + 23193 + 28000 + 3461682 + 90000 + 1602 = 5387269,80$											

Аналіз результатів показав, що застосування одного високопродуктивного верстата з числовим програмним керуванням замість двох застарілих машин дає змогу суттєво зменшити тривалість виготовлення деталей. Запропонована модернізація виробничого обладнання є економічно виправданою: прогнозований

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

період окупності становить 3,83 року, а очікуваний щорічний економічний ефект – приблизно 10 465 грн.

Таблиця 6.4 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати				
З₁	=	C ₁	+	E _н · K ₁
1E+06		435155		0,15 5293151
З₂	=	C ₂	+	E _н · K ₂
1E+06		410572		0,15 5387270

Річний економічний ефект				
E	=	З ₁	-	З ₂
10465		1229127		1218662

Строк окупності				
T_{ок}	=	(K ₂ - K ₁)	/	(C ₁ - C ₂)
3,83		5387270 5293151		435155 410571,9

					КНУ.КМР.131.25.1-11.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЗВАРЮВАННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС» СЕКЦІЇ ГРОХОТІВ

«Корпус» секції грохотів – це основна робоча частина грохоту, що є звареною конструкцією, всередині якої розташовані поверхні, що просівають (сита) для розділення сипких матеріалів. Він є несучим елементом, на який монтуються всі інші частини машини, включаючи вібровузол, двигун і пружинні опори, який отримує коливання від вібровузла для виконання процесу грохочення.

Склад: корпус включає одну або декілька дек з встановленими на них ситами, які просівають матеріал, розділяючи його на фракції.

Призначення: його головна функція - служити каркасом для розміщення сит і передавати на них вібрацію від вібровузла, що забезпечує ефективне поділ матеріалу за розміром.

Типи: За конструкцією корпусу можна розділити на плоскі, барабанні та дугові.

Принцип роботи: Сипучий матеріал подається на верхнє сито. Під впливом інтенсивних коливань коробка дрібні частинки провалюються через осередки сита наступного ярусу, а великі залишаються лежить на поверхні і переміщаються далі, зазвичай, до виходу.

Великогабаритні зварні вироби (каркасно-листові, оболонкові, рамні, балочні) є складовими основами механізмів, споруд або машин, їх часто називають зварними конструкціями.

До зварних виробів пред'являють певні вимоги, від виконання яких залежить їх якість і придатність до експлуатації. Якість зварних виробів є комплексним поняттям і являє сукупність певних характеристик. Окремі характеристики продукції об'єднуються в групи або показники якості. Показники якості залежно від характеру вирішуваних завдань класифікуються за різними ознаками. Розрізняють наступні групи показників якості: призначення, надійність, технологічність та ін.

Стосовно зварних конструкцій (виробів), у яких застосовують нероз'ємні з'єднання, первинне значення мають показники призначення і надійності.

Ці властивості визначатимуть вимоги до зварних з'єднань які забезпечуються певними конструктивними і технологічними характеристиками зварного з'єднання. До конструктивних характеристик відносять форму і геометричні розміри зварного шва і зварних точок.

До технологічних характеристик відносять рівень залишкових напружень, величину деформацій, розміри і кількість дефектів та ін.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Москалець			Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно- наукових ресурсів	Літ.	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						

Перераховані характеристики в сукупності визначають якість зварних з'єднань і є основою для оптимізації технологічного процесу, під якою розуміють знаходження найкращого технологічного вирішення здійснення процесу, що забезпечує якість і надійність зварних виробів. Тому дослідження, спрямовані на пошук технологічних та контрольних заходів для покращення якості зварних виробів є актуальними.

Предмет дослідження – процес неруйнівного контролю зварних швів.

Об'єкт дослідження – дефекти зварних з'єднань.

7.1 Типові зварні дефекти

Наявність у зварних з'єднаннях дефектів – відхилень від заданих властивостей, форми і суцільності шва, властивостей і суцільності біляшовної зони може призвести до порушення герметичності, міцності і інших експлуатаційних характеристик виробу, а при деяких обставинах викликати аварію його в процесі виготовлення, монтажу або експлуатації.

Дефекти, що з'являються у зварних з'єднаннях, різняться за місцем розташування (зовнішні і внутрішні) і причинами виникнення.

Залежно від причин виникнення їх можна розділити на дві групи.

До першої групи відносяться дефекти, пов'язані з металургійними, термічними і гідродинамічними явищами, які відбуваються в процесі утворення, формування та кристалізації зварювальної ванни і охолодження зварного з'єднання.

До другої групи дефектів, які мають назву дефекти формування швів, відносяться непровари, подрізи, напливи, прожоги, кратери, несиметричність розташування кутових швів, зменшення розмірів швів та ін.

Досвід експлуатації зварних конструкцій показує, що технологічні дефекти можуть істотно знижувати працездатність зварних з'єднань. У конструкціях, що працюють в умовах статичного навантаження, дефекти нерідко стають осередками крихких тріщин, які виникають при низьких рівнях робочих напружень, а в конструкціях, що працюють при змінних навантаженнях, вони знижують межу витривалості зварних з'єднань.

Погіршення пластичних властивостей сталі у вершин дефекту на практиці може бути пов'язане з природним старінням металу у зонах концентрації пластичних деформацій, які виникають при попередньому перевантаженні конструкцій.

У якості прикладу на рис. 7.1 показана залежність величини номінальних руйнівних напружень від температури, отримана при випробуванні зразків-пластин з сталі ВСтЗсп зі стиковими швами, виконаними електродами ОММ5 [11]. Приблизно однакові розміри непроварів у цих зразках забезпечувалися збільшенням притуплення кромки у центральній частині пластин. Крихкість металу внаслідок пластичного деформування і наступного старіння сталі підвищує чутливість зварного з'єднання до технологічних дефектів і збільшує небезпеку утворення руйнувань від них.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

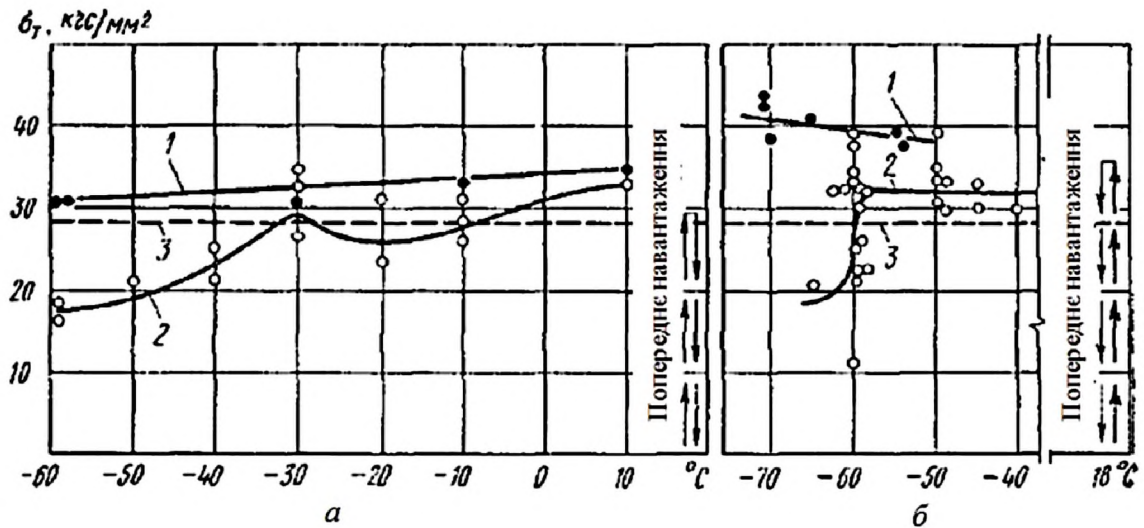


Рисунок 7.1 – Залежність руйнівних напружень від температури випробування зразків: а – з наскрізним надрізом; б – з внутрішнім непроваром; 1 – зразки не піддавалися попередній обробці; 2 – зразки після загальної деформації розтягу на 0,4 % і наступного штучного старіння при температурі 250 °С протягом 2 год.; 3 – межа текучості металу шва при кімнатній температурі

7.2 Приймальний контроль зварних виробів

Приймальний контроль включає перевірку зовнішнього вигляду виробу та визначення його розмірів (візуальний контроль). Для відповідальних зварних виробів проводять випробування. Випробування поділяють на руйнівні та неруйнівні.

Неруйнівні випробування часто називають фізичними методами контролю. До них відносять: радіографічний, радіохвильовий, ультразвуковий, магнітний, вихрострумний, акустичний, капілярний, контроль герметичності та ін.

Неруйнівні випробування дозволяють визначити у зварних швах внутрішні або наскрізні дефекти, недоступні зовнішньому огляду. Ці випробування непрямым чином характеризують показники працездатності зварних виробів.

Руйнівні випробування дозволяють оцінити прямим шляхом показники якості зварних виробів.

До руйнівних випробувань відносять:

- механічні випробування;
- аналіз хімічного складу;
- випробування на корозійну стійкість.

Однак жоден з методів контролю не є універсальним, тому важливим є не тільки правильний вибір методу контролю, але й комбінування ряду методів, сполучення руйнівних і неруйнівних випробувань.

7.3 Види неруйнівного контролю, класифікація і характеристика

Неруйнівні методи контролю і випробування металів включають беззразкові випробування і безпосередньо дефектоскопію. Прийнято, що під

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

терміном неруйнівні фізичні методи контролю розуміють види контролю, які мають дві характерні ознаки:

- вони не повинні призводити до руйнування (ушкодження) контрольованого об'єкта;

- вони засновані на взаємодії фізичних полів або речовин з дефектами.

Фізичну основу методів неруйнівного контролю складає дослідження змін характеристик металів і виявлення дефектів, що є причиною цих змін.

Методи неруйнівного контролю відповідно до ДСТУ EN ISO 22825:2017 «Неруйнівний контроль» класифікують на наступні види: візуально-вимірювальний, акустичний, магнітний, оптичний, капілярний, течієшуканням, радіаційний, радіохвильовий, тепловий, електричний, електромагнітний, вихрових струмів.

Види неруйнівного контролю – це умовне угруповання методів, об'єднане спільністю фізичних характеристик.

Акустичні методи. Засновані на реєстрації пружних коливань, порушуваних у контрольованому об'єкті. Застосовують для виявлення поверхневих і внутрішніх дефектів. Акустичні методи дозволяють вимірювати геометричні параметри при однобічному доступі до виробу.



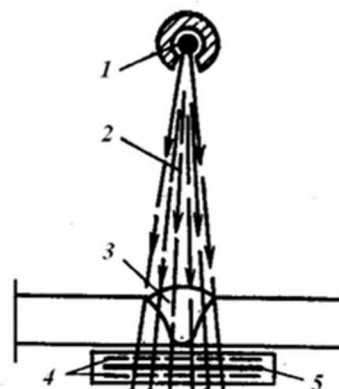
а



б



в



г

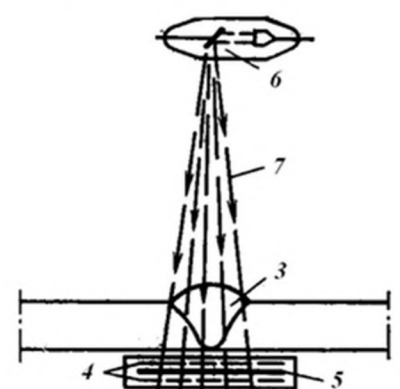


Рисунок 7.2 – Деякі види неруйнівного контролю:

а – візуальний; б – ультразвуковий; в – магнітний; г – радіографічний: 1 – ампула з ізотопом; 2 – гамма-промені; 3 – зварний шов; 4 – посилюючий екран; 5 – рентгенівська плівка; 6 – рентгенівська трубка; 7 – рентгенівські промені

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Магнітні методи. Засновані на реєстрації магнітних полів розсіювання над дефектами або магнітними властивостями контрольованого об'єкта. Застосовують для виявлення поверхневих і підповерхневих дефектів у виробках, виготовлених з ферромагнітних матеріалів (магнітопорошковий, магнітографічний, магнітоіндукційний, феррозондовий та інші методи).

Оптичні методи. Засновані на взаємодії світлового випромінювання з контрольованим об'єктом. За характером взаємодії розрізняють методи наскрізного, відбитого, розсіяного та індукційного випромінювання (останнім терміном визначають оптичне випромінювання об'єкта під дією зовнішнього впливу). Оптичні методи широко застосовують у зв'язку з великою розмаїтістю способів одержання первинної інформації (амплітуда, фаза, ступінь поляризації, частота або частотний спектр, час проходження світла через об'єкт, геометрія переломлення та відбиття випромінювання).

Капілярні методи. Засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин у порожнину поверхневих дефектів.

Методи течієшукування. Засновані на реєстрації індикаторних рідин і газів, що проникають у наскрізні дефекти контрольованого об'єкта.

Радіаційні методи. Засновані на реєстрації і аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання. Проникаюче випромінювання (рентгенівське, гама, потоки нейтронів), проходячи крізь товщу виробу, по різному послабляється в дефектній і бездефектній області і несе інформацію про внутрішню будову речовини та наявність дефектів всередині контрольованих об'єктів.

Радіохвильові методи. Засновані на реєстрації зміни параметрів електромагнітних хвиль радіодіапазону, взаємодіючих з контрольованим об'єктом.

Теплові методи. Засновані на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованого об'єкта.

Електричні методи. Засновані на реєстрації параметрів електричного поля, взаємодіючого з контрольованим об'єктом, або поля, що виникає в контрольованому об'єкті в результаті зовнішнього впливу.

Первинними інформаційними параметрами є електричні ємність або потенціал.

Електромагнітний метод вихрових струмів. Заснований на реєстрації змін взаємодії електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться цією котушкою в контрольованому об'єкті.

При остаточному рішенні про вибір методу контролю і обсяги його застосування необхідно провести оцінку вартості (витрати на устаткування, його ремонт, матеріали, електроенергію, зарплату персоналу, охорону праці, проведення екологічних заходів та ін.). Далі необхідно провести зіставлення повної суми витрат, витрачених на контроль, з ефективністю, що досягається в результаті зменшення витрат, викликаних браком і виправленням дефектних місць.

Найважливішими характеристиками неруйнівних методів контролю є їхня чутливість і роздільна здатність, простота і доступність технологічного процесу контролю, надійність апаратури.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чутливість до виявлення дефектів для кожного методу визначають порізному, вона коливається в широкому діапазоні. Загальна характеристика чутливості деяких методів наведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Загальна характеристика чутливості методів дефектоскопічного контролю [11]

Метод неруйнівного контролю	Мінімальні розміри дефектів, що виявляються, мм		
	Ширина розкриття	Глибина розкриття	Довжина
Поверхневі дефекти			
Візуально-оптичний	0,005—0,01	—	0,1
Кольоровий	0,001—0,002	0,01—0,03	0,1—0,3
Люмінесцентний	0,001—0,002	0,01—0,03	0,1—0,3
Магнітно-порошковий	0,001	0,01—0,05	0,3
Вихрострумний	0,005—0,01	0,15—0,2	0,6—2
Внутрішні дефекти			
Ультразвуковий імпульсний ехо-метод	0,001—0,03	0,1—0,3	—
Рентгенографічний	—	1,1—3 % від товщини	—
Гамма-графічний	—	4—6 % від товщини	—

Примітка. Нижня межа мінімальних розмірів дефектів відноситься до контролю деталей і зразків у лабораторних умовах

У табл. 7.2 наведено короткі характеристики розглянутих вище методів неруйнівного контролю з вказівками переваг і обмежень їхнього використання.

Таблиця 7.2 – Характеристики видів неруйнівного контролю

Методи контролю	Фізичний ефект	Розпізнавання дефекту	Визначення розташування дефекту	Визначення розмірів дефекту	Область застосування
1	2	3	4	5	6
Візуальний	Блиск, колір, контраст форми	Так	Так	Обмежено	Великі поверхневі дефекти

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6
Візуальний	Блиск, колір, контраст форми	Так	Так	Обмежено	Великі поверхневі дефекти
Магнітні	Розсіювання потоку	Так	Так	Обмежено	Поверхневі тріщини
Магнітними часками		Так	Обмежено	Обмежено	
Магнітною індукцією	—	—	—	—	Несплавлення, контроль структури, вимір товщини шару
Капілярні	Капілярний ефект	Так	Так	Немає	Поверхневі пори, поверхневі тріщини

Електричні Потенціометричні	Електропровідність	Немає	Обмежено	Так	Вимір глибини тріщин
Вихровими струмами	Електропровідність	Так	Обмежено	Так	Контроль будьяких металів, вимір товщини шару
Радіографічний	Поглинання	Так	Обмежено	Обмежено	Об'ємні внутрішні дефекти
Рентгєнівський	Інтерференція	Немає	Немає	Немає	
Радіоактивне випромінювання	Поглинання	Так	Обмежено	Обмежено	Об'ємні внутрішні дефекти
Гама-випромінювання Бета-частинки	Поглинання	Обмежено	Немає	Немає	Вимір товщини
Акустичні	Поглинання	Обмежено	Немає	Обмежено	Плоскі і об'ємні внутрішні дефекти

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6
Ультразвуковий Пропущенням Ехо-імпульсний	Відбиття	Так	Так	Обмежено	—
Акустичною емісією	Шум	Тільки поширення	Так	Немає	Визначення поширення тріщин, течієшукуванням
Акустичним датчиком	Специфічний резонанс	Так	Немає	Визначення розмірів дефекту	Контроль виливків
Термічні	Різниця температур	Так	Так	Обмежено	Контроль сплавлення, зовнішні дефекти

Висновки

1. Неруйнівний контроль є дієвим засобом дефектоскопії. Той чи інший варіант залежить від конструктивних особливостей виробу, від марки матеріалу та його мікроструктури.

2. Зварні з'єднання деталей з аустенітних сталей та зварні з'єднання різнорідних металів дуже складно інспектувати за допомогою ультразвуку. Проблеми в основному пов'язані з несприятливою структурою та розміром зерна, а також з різними властивостями матеріалу, які призводять до утворення неоднорідних та анізотропних механічних і акустичних властивостей, що контрастують з відносно однорідною та ізотропною поведінкою у зварних з'єднаннях низьколегованих сталей.

3. Аустенітні зварювані метали та інші крупнозернисті, анізотропні матеріали можуть істотно вплинути на поширення ультразвуку. До того ж, на лініях сплавлення та/або локалізаціях стовпчастих зерен можливі спотворення пучка, несподівані відбиття та трансформації моди хвилі. Тому ультразвуковим хвилям може бути складно, а іноді й неможливо проникнути в метал зварного шва.

4. Для ультразвукового контролю таких металів можуть бути потрібні способи, що відрізняються від традиційних. Ці спеціальні способи часто охоплюють використання роздільно-суміщених перетворювачів, призначених для заломлення хвиль стискування (поздовжніх) або повзучих хвиль, а не звичайних зсувних (поперечних) хвиль.

5. Крім того, необхідно виготовити репрезентативні контрольні зразки зі зварними швами для розроблення процедури контролю, встановити попередній

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівень чутливості, атестувати та продемонструвати ефективність процедури, перш ніж буде прийнято остаточну письмову процедуру контролю. Матеріал, підготовка під зварювання й технологія зварювання, а також геометрія та стан поверхні контрольних зразків мають бути такі самі, що й для контрольованої деталі.

6. При остаточному рішенні про вибір методу контролю і обсяги його застосування необхідно провести оцінку вартості (витрати на устаткування, його ремонт, матеріали, електроенергію, зарплату персоналу, охорону праці, проведення екологічних заходів).

					КНУ.КМР.131.25.1-11.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У КМР виконано комплекс досліджень і проектних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виготовлення деталі «Корпус» секції грохотів шляхом застосування сучасних CAD/CAM технологій, оптимізації технологічного процесу та впровадження сучасного обладнання й інструменту.

У результаті виконання роботи отримано такі основні результати:

1. Проведено аналіз та розрахунок розмірних ланцюгів при складанні редуктора грохотів. Це дозволило забезпечити необхідну точність взаємного розташування елементів, мінімізувати монтажні похибки та визначити допустимі відхилення для забезпечення надійної роботи вузла.

2. Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» секції грохотів, що включає оптимальну послідовність операцій, вибір методів обробки та технологічних баз, що підвищує точність і стабільність виготовлення деталі.

3. Створено верстатно-інструментальне налагодження для багатоцільової операції, що виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК LAGUN GCM 5. Обрано сучасний інструмент, який забезпечує високу продуктивність і якість поверхонь. У середовищі FeatureCAM розроблено та верифіковано керуючу програму, що гарантує надійну та безпечну обробку корпусної деталі.

4. Запроєктовано спеціальне технологічне оснащення для фрезерної операції, а також контрольний пристрій для перевірки площинності поверхні роз'єму деталі. Це підвищує точність контрольних вимірювань і зменшує можливість похибок під час серійного виготовлення.

5. Розроблено план організації робочого місця для верстату TOS VARNSDORF WHN 13 CNC, проведено розрахунок техніко-економічних показників функціонування дільниці. Встановлено, що заміна застарілого обладнання є економічно доцільною: період окупності становить 3,83 року, а очікуваний річний економічний ефект – близько 10 465 грн. Запропоновано заходи з охорони праці та екологічної безпеки під час ремонту корпусних деталей грохотів.

6. У рамках науково-дослідної частини обґрунтовано вибір методів неруйнівного контролю зварних з'єднань деталі «Корпус». Проаналізовано можливості ультразвукового, капілярного та магнітопорошкового контролю, визначено їх ефективність залежно від типу дефектів і умов експлуатації обладнання.

Таким чином, у роботі комплексно вирішено питання технологічного забезпечення виготовлення корпусної деталі грохотів з використанням CAD/CAM систем. Результати дослідження можуть бути застосовані на виробничих підприємствах гірничо-збагачувальної та машинобудівної галузей для підвищення якості, надійності та економічної ефективності виготовлення корпусних деталей.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-11.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Маскалець</i>				<i>Висновки</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>Архів</i>	
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської випускної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О., Бондар О.В., 2022.
2. Справочник технолога – машиностроения. В 2 томах/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., М., 1986г.
3. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
4. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –137 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
8. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
10. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
11. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.
12. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Боровик А.І,- К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Технологічні задачі механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект Поліграф, 2008.-220 с.
14. Технології механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект- Поліграф, 2008. 358 с.
15. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.СВД			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Список використаних джерел	Літ.	Арк.	Аркцшів
Розроб.		Москалець						
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

17. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

18. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

19. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

20. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.

21. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.

22. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286-1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.

23. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

24. ДСТУ 2.604:2005 ЄСКД. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги.

25. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

26. Software module for generating control programs for additive manufacturing equipment / M. I. Chizhov, A. V. Lutovin, A. V. Bredihin, V. V. Vetohin // AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 29–30 апреля 2021 года / Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Vol. Volume 2402. – Melville, New York, United States of America: AIP Publishing, 2021. – P. 70038. – DOI 10.1063/5.0071393. – EDN MUIHO.

27. Эттель, В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука - проблемы и достижения : Материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41-43. – EDN XQBBRZ.

28. Kheifetz, M. L. From Information and Additive Technologies to Self-Reproduction of Machines and Organisms / M. L. Kheifetz // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – No. 1. – P. 22-35. – DOI 10.17277/amt.2018.01.pp.022-035. – EDN XWDLAD.

					КНУ.КМР.131.25.1-11.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-11.Д			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Маскалець			Додатки	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев						

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 технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Корпус» секції грохотів з використанням CAD/CAM систем

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Москалець С.М.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасів В.П.

Нормоконтроль

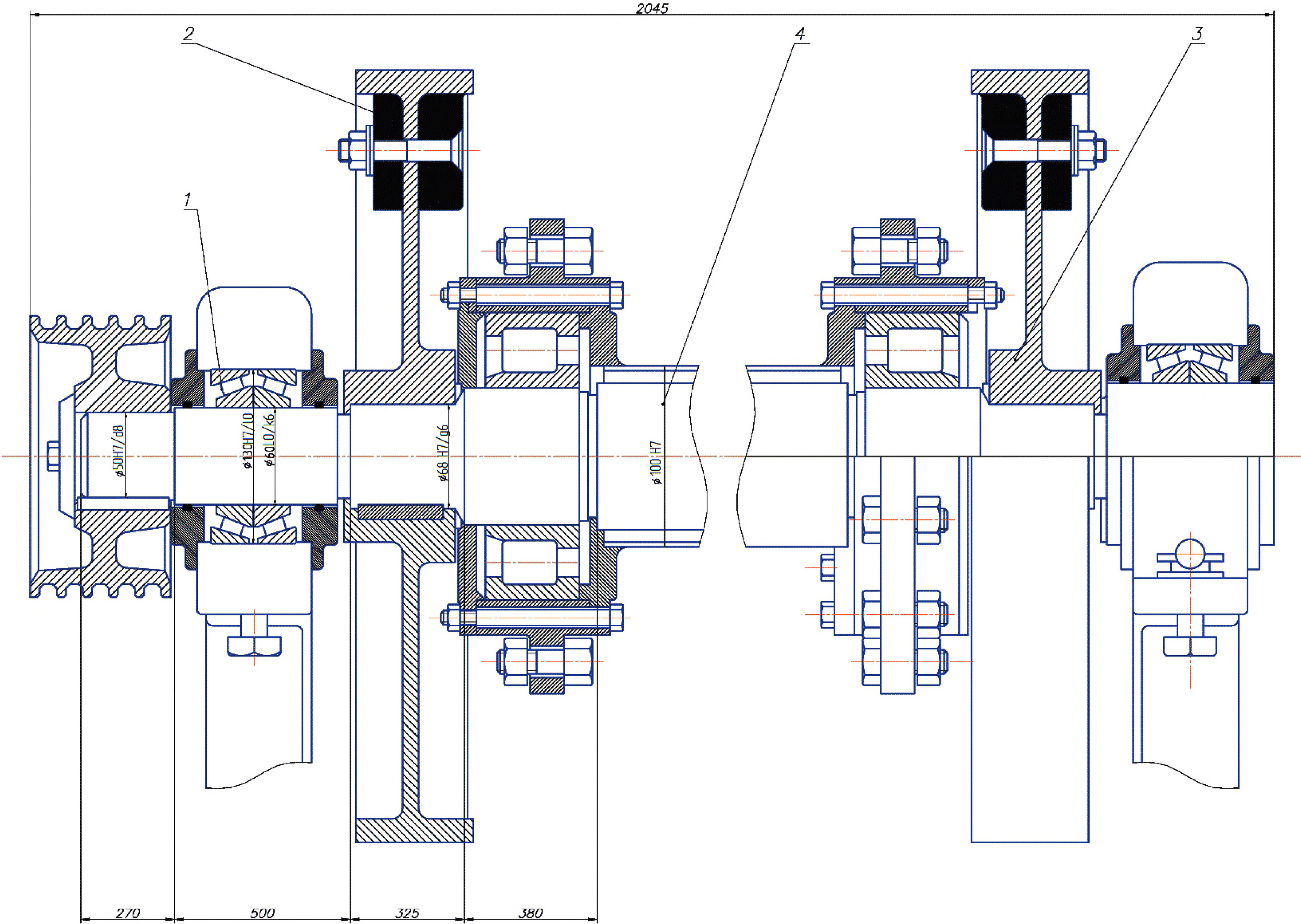
(підпис)

Нечасів В.П.

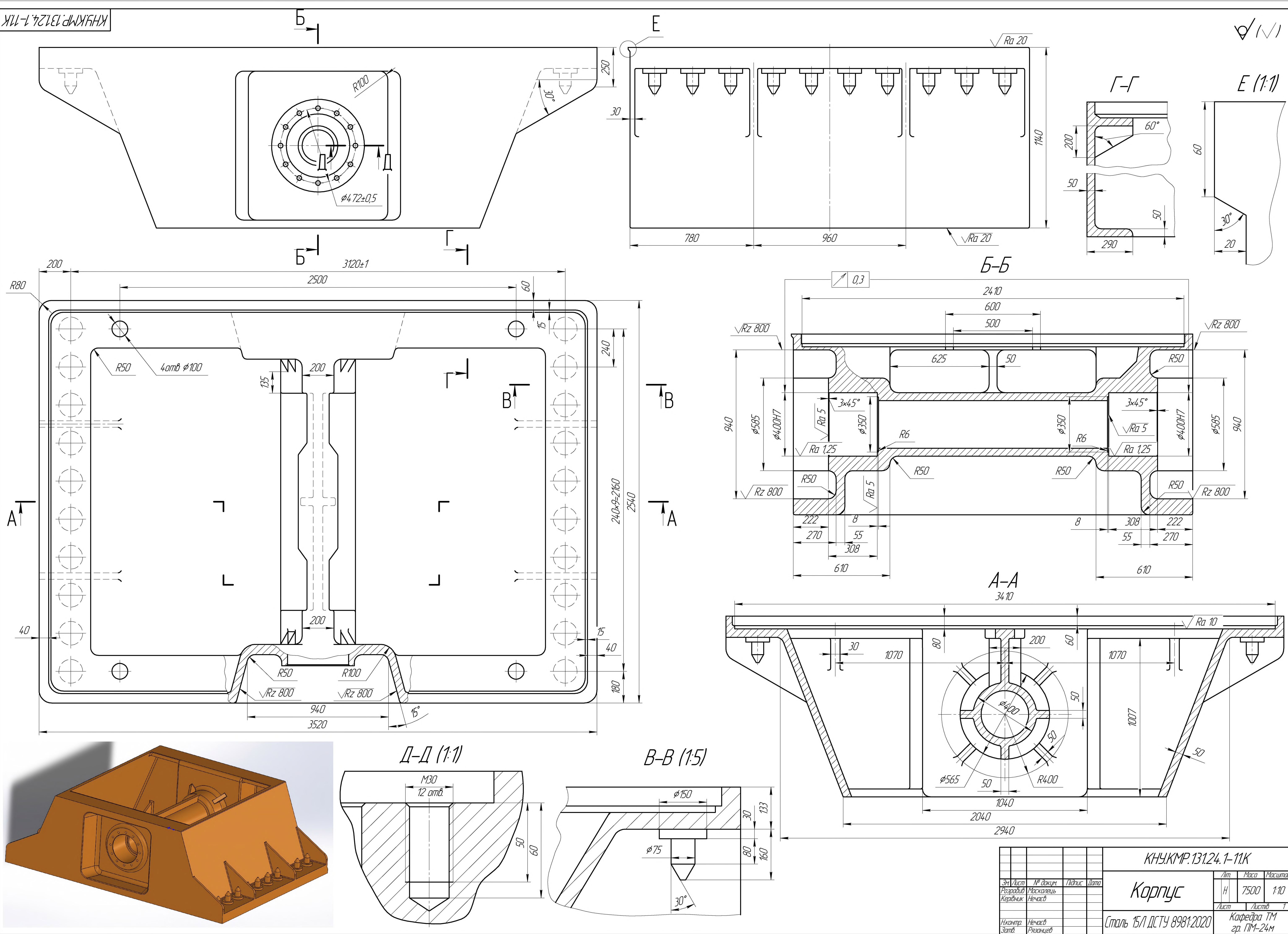
Завідувач кафедри

(підпис)

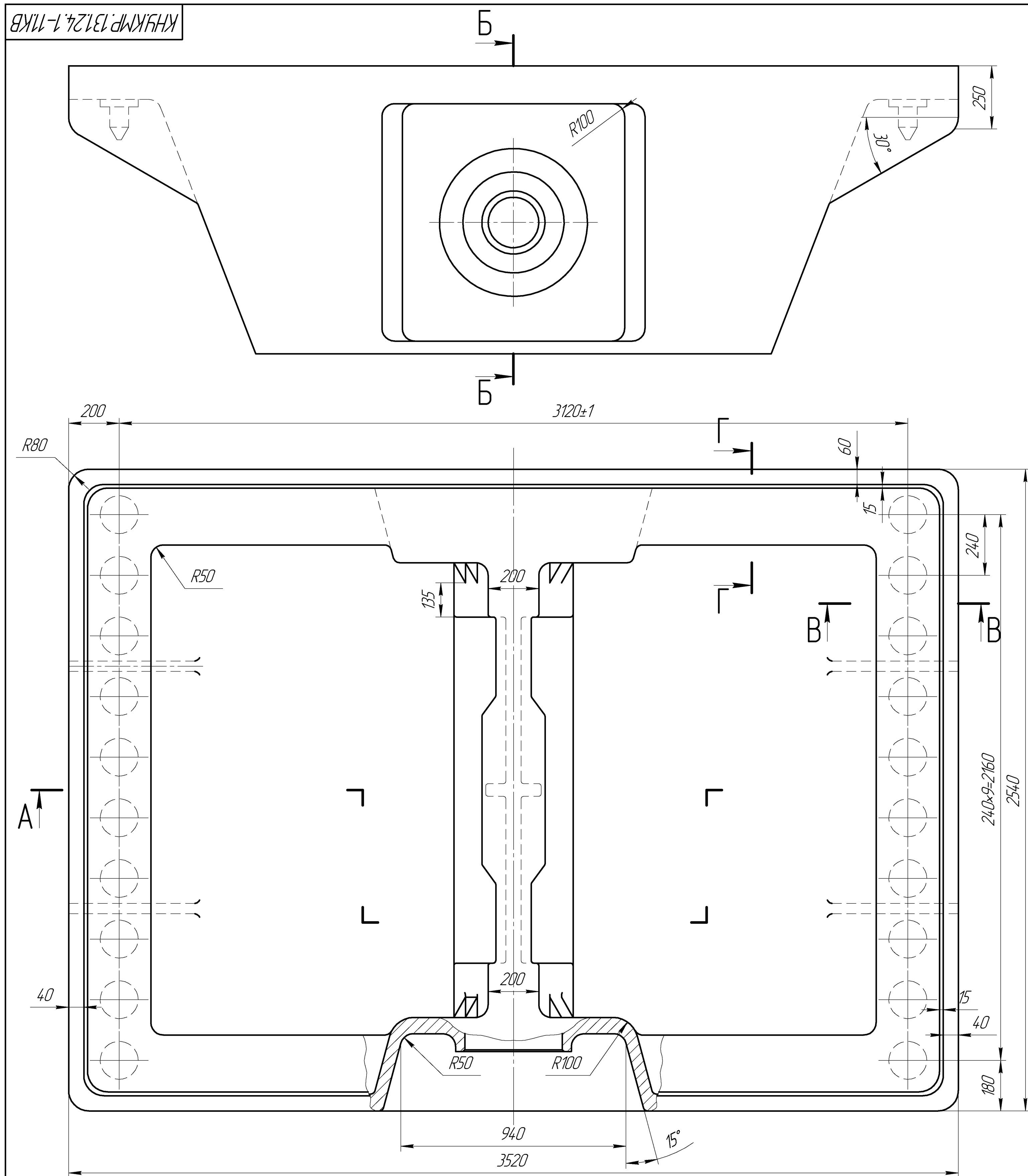
Рязанцев А.О.



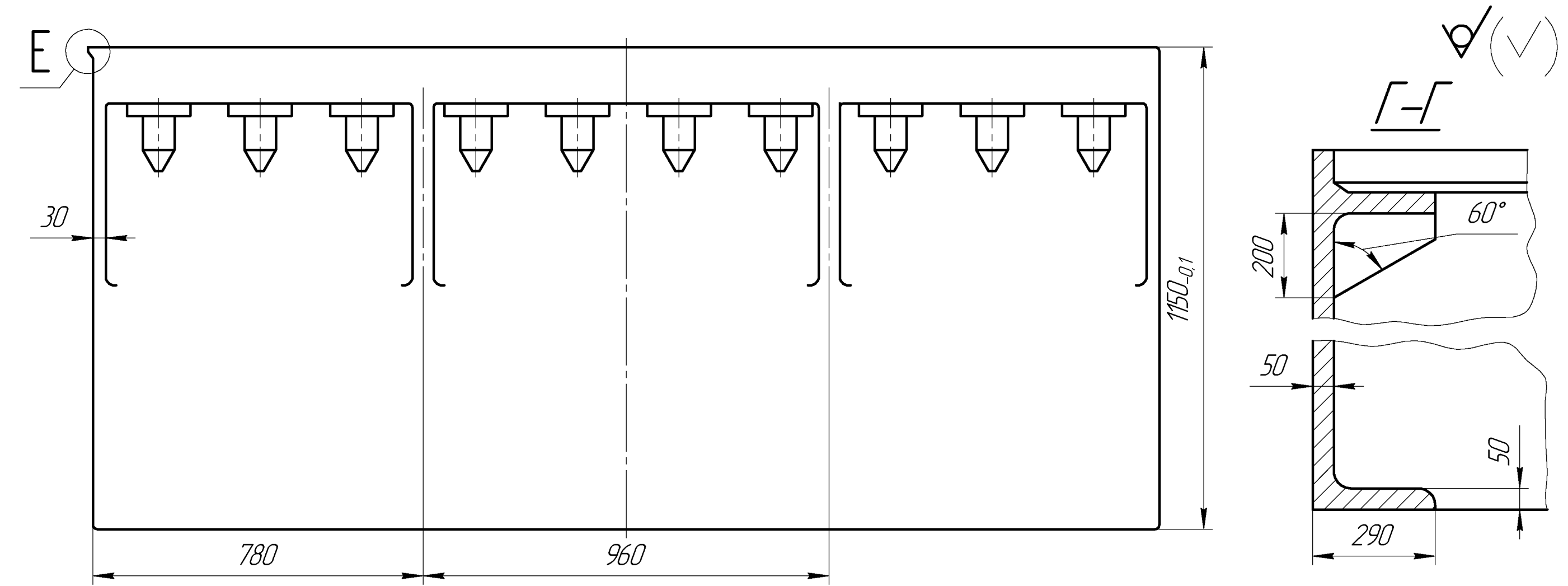
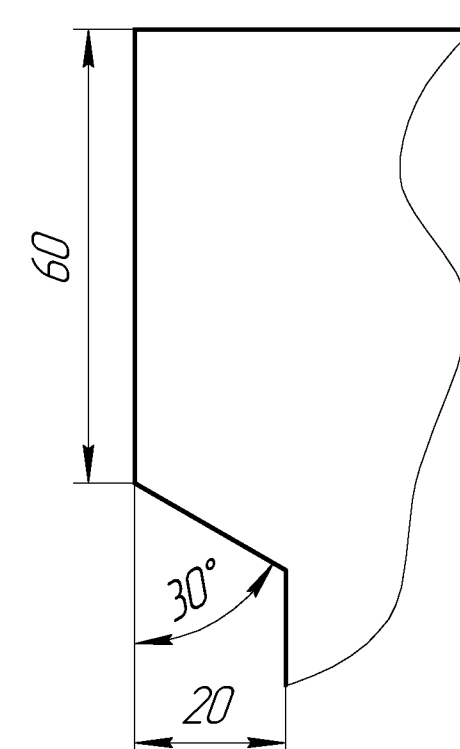
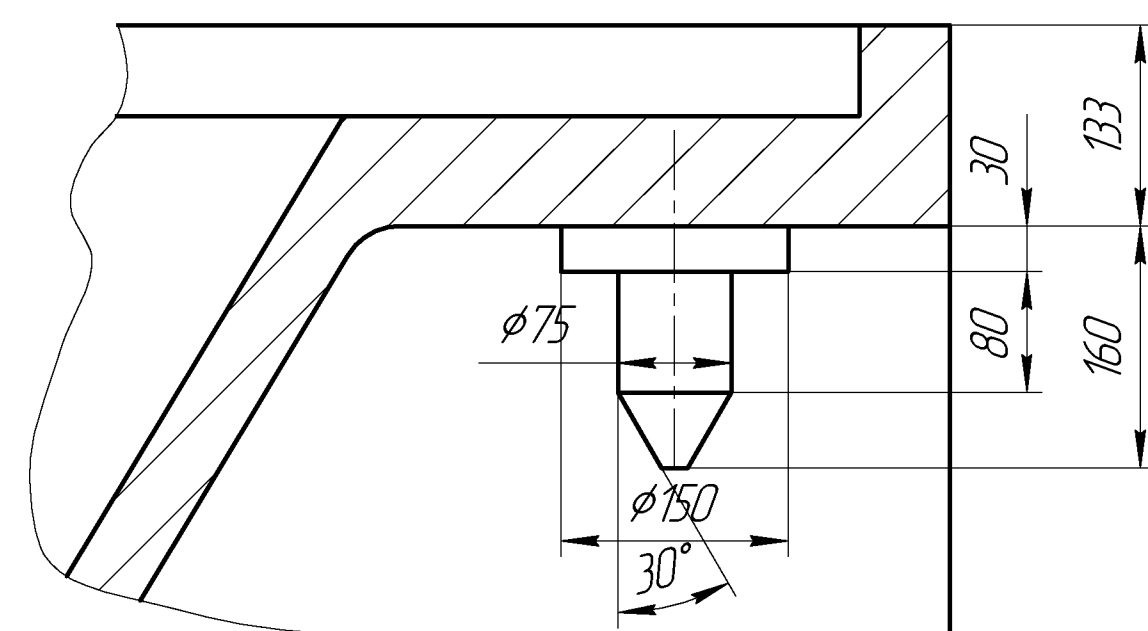
					КНУ.КМР.131.24.1-11.СК				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Складальне креслення	Лит.	Маса	Масштаб	
						Н		1:15	
						Лист		Листів	1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-24м			
Н.контр.		Нечасів							
Затв.		Рязанцев							



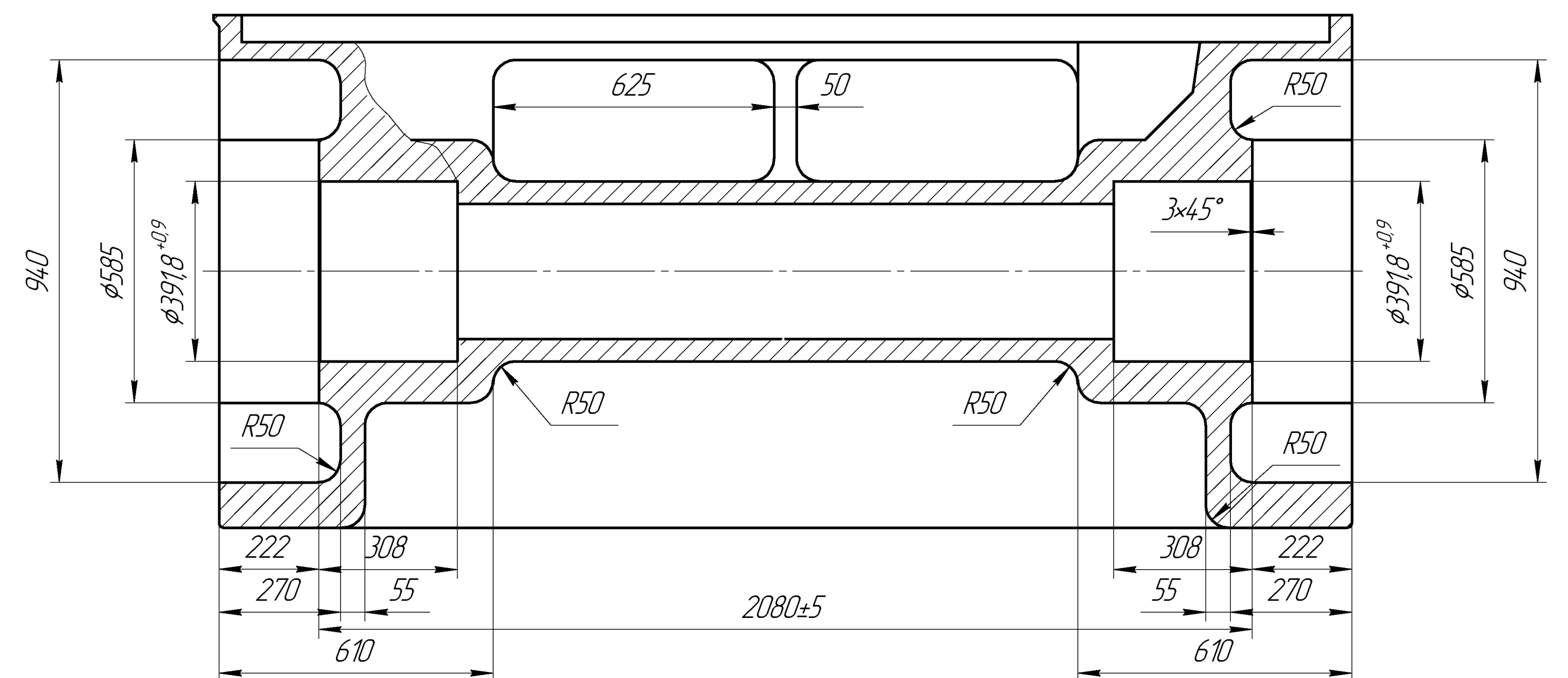
КНУКМР.13124.1-11К				Корпус		
Экз. Лист	№ докум.	Подпис.	Дата	Н	Масса	Масштаб
Разработ.	Маскалев			1	7500	1:10
Керолинг	Нечасов			Лист	Листов	1
Начальн.	Нечасов			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		



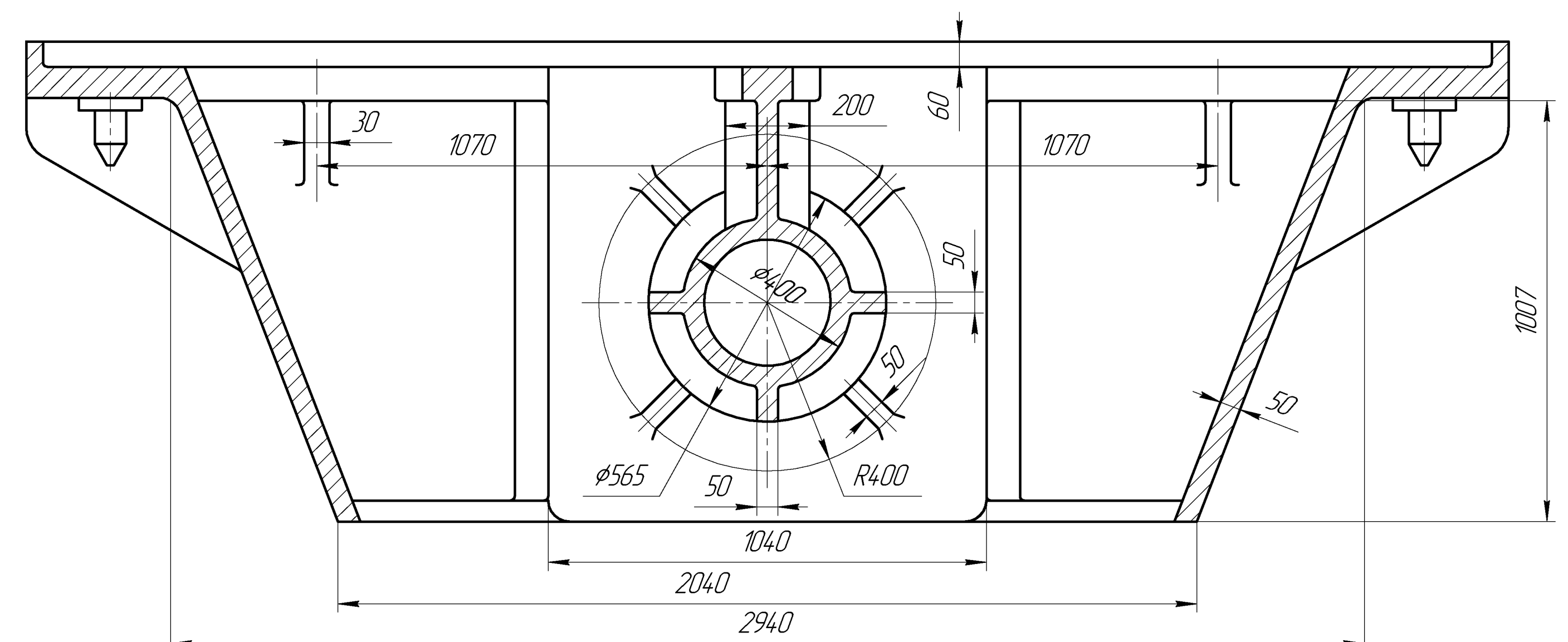
B-B (1:5)

E (1:1)

B-B



A-A



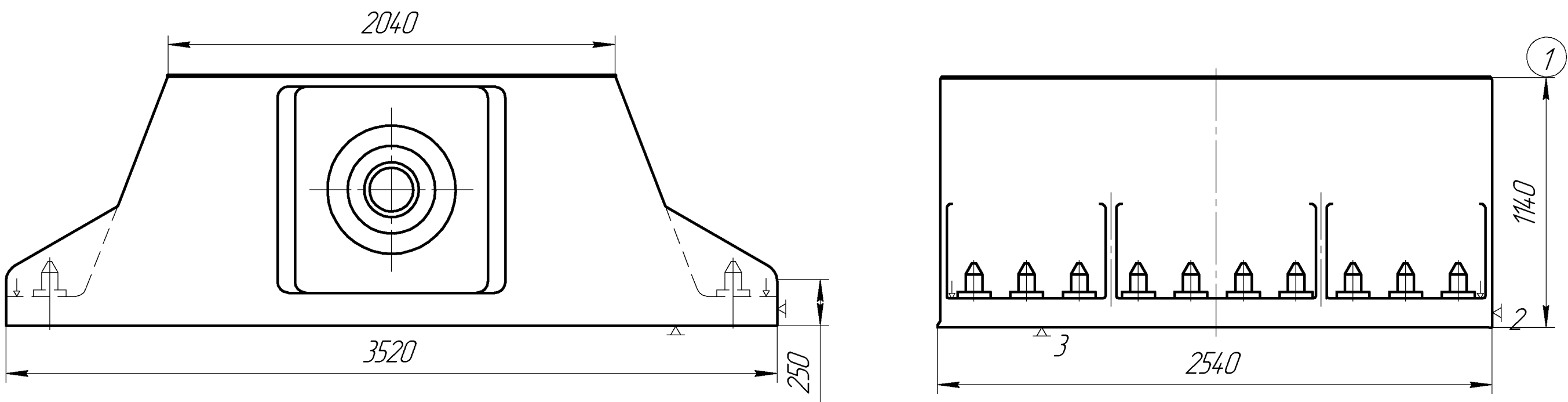
1. Відливка III групи ДСТУ 8781:2018
2. Ливарні цехи за ISO 8062-4:2017.
3. Невказані ливарні радіуси R5, 10 мм.
4. Кородлення і розвернутість відливки не більше ± 10 мм.
5. В теплових вузлах і важкодоступних для очищення місцях допускається прилад.

				КНУ.КМР.131.24. 1-11КВ			
Эт./Лист	№ докум.	Подпис	Дата	Корпус (Відливка)	Лит	Масса	Масштаб
Разработчик	Маскаленец				Н	7800	1:10
Керівник	Нечасів				Лист	Листов	1
Інженер	Нечасів			Сталь 15Л ДСТУ 8998:2020	Кафедра ТМ		
Залп	Рязанцев				гр. ПМ-24м		

015 – Вертикально-фрезерна ЧПК
Верстат: Вертикально-фрезерний з ЧПК
моделі LAGUN GCM 5

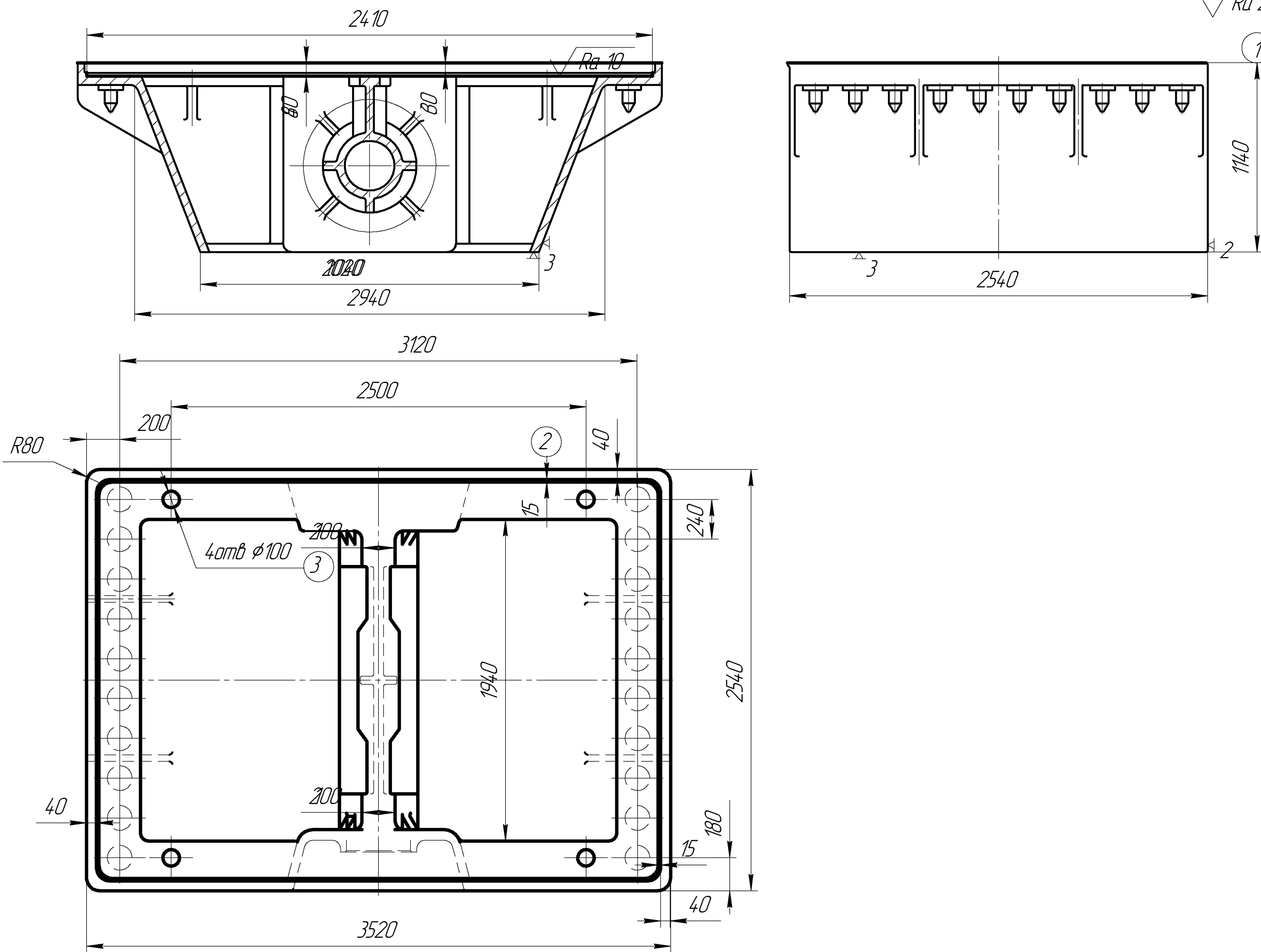
Установ: А

$\sqrt{Ra\ 20}$



Установ: Б

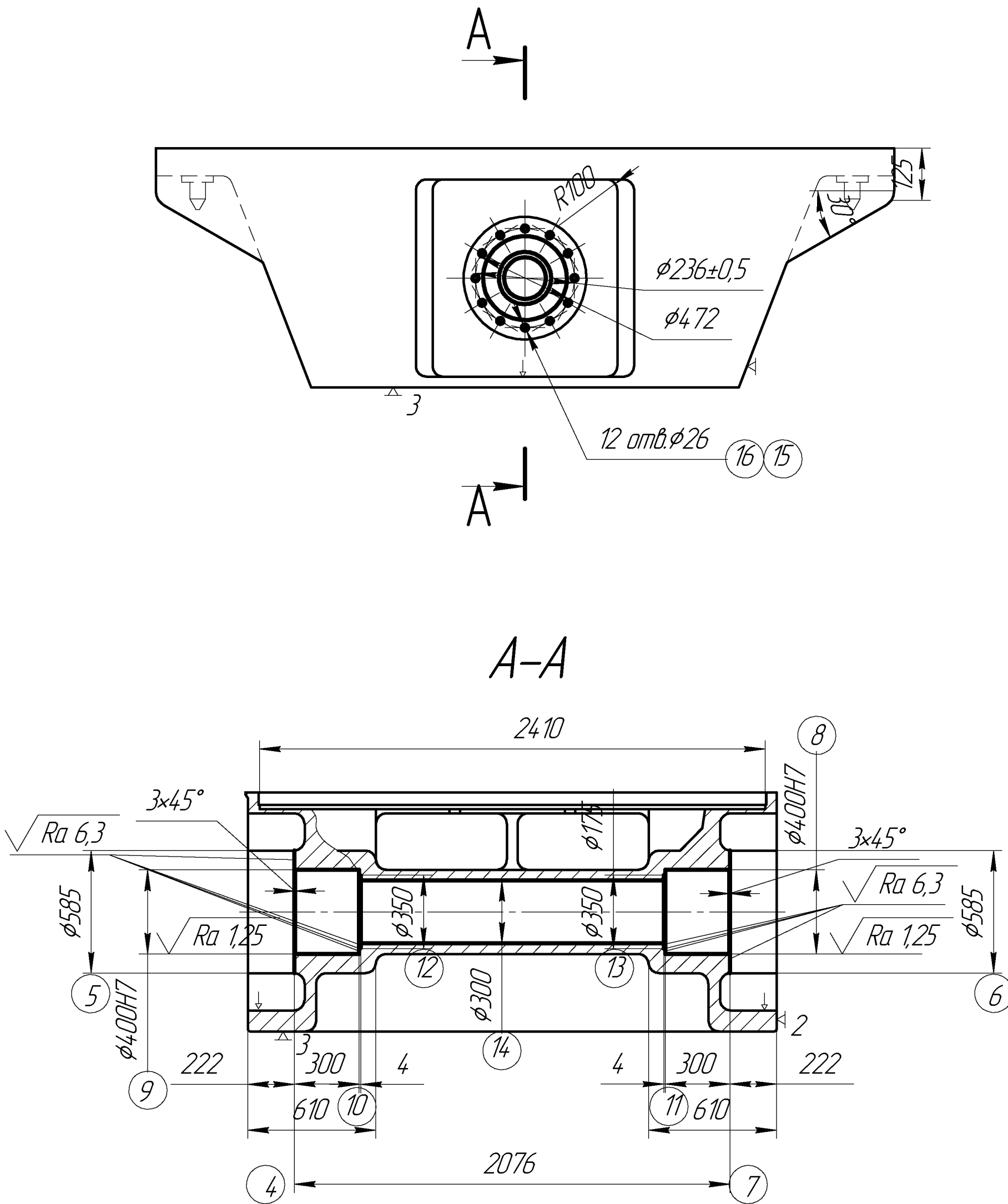
$\sqrt{Ra\ 20}$



Свердлити пов.17	5	0,3	250	350	85
Фрезерувати пов.3	20	0,3	250	350	
Фрезерувати пов.2	40	0,12	250	350	
Фрезерувати пов.1	10	0,3	250	350	
Найменування переходів	t	s	V	n	Тшт.к

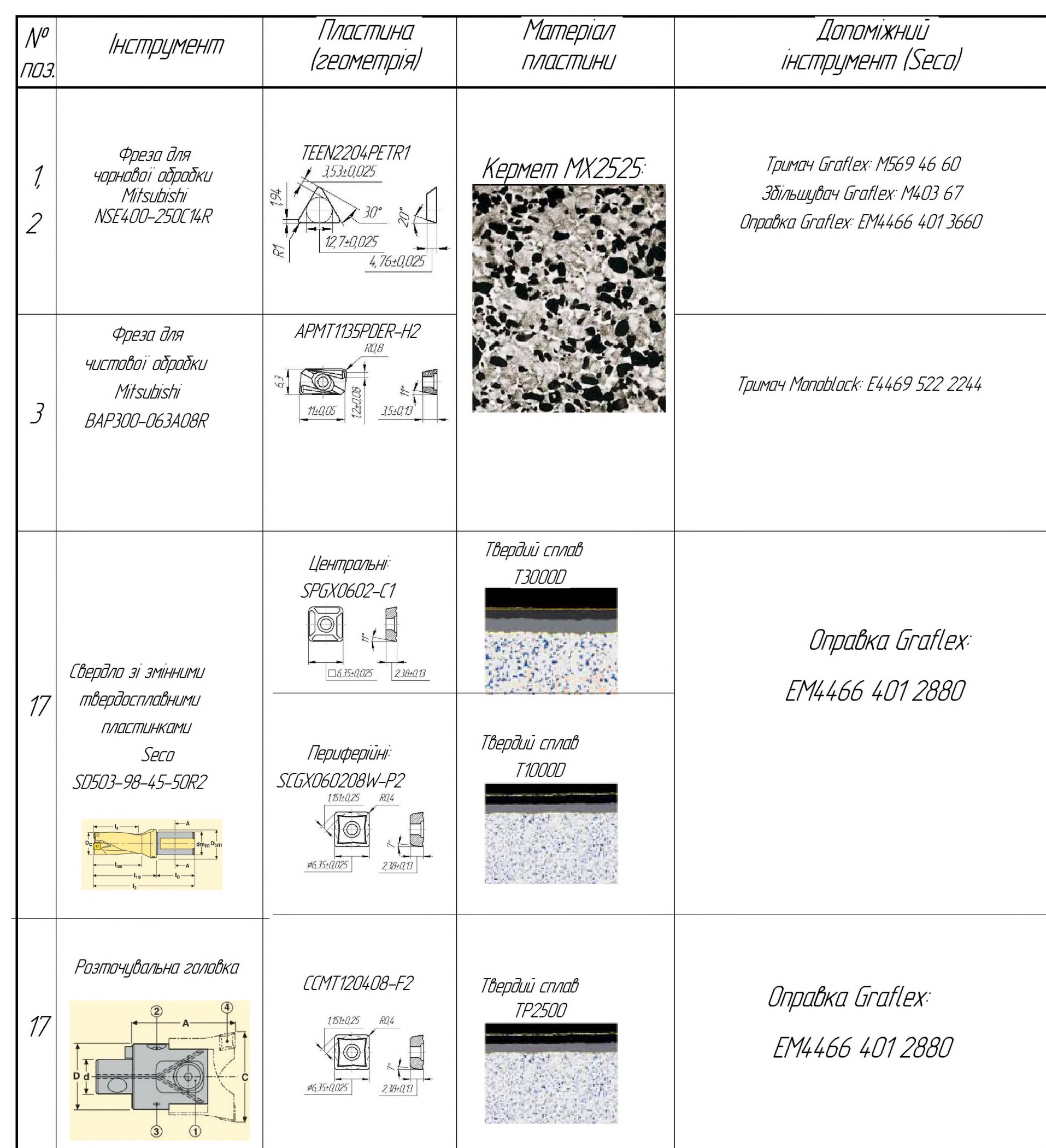
025 – Горизонтально- фрезерно-розточувальна ЧПК
Верстат: Горизонтально-фрезерно-розточувальний з ЧПК
моделі TOS VARNSDORF WHN 13 CNC

Установ: А

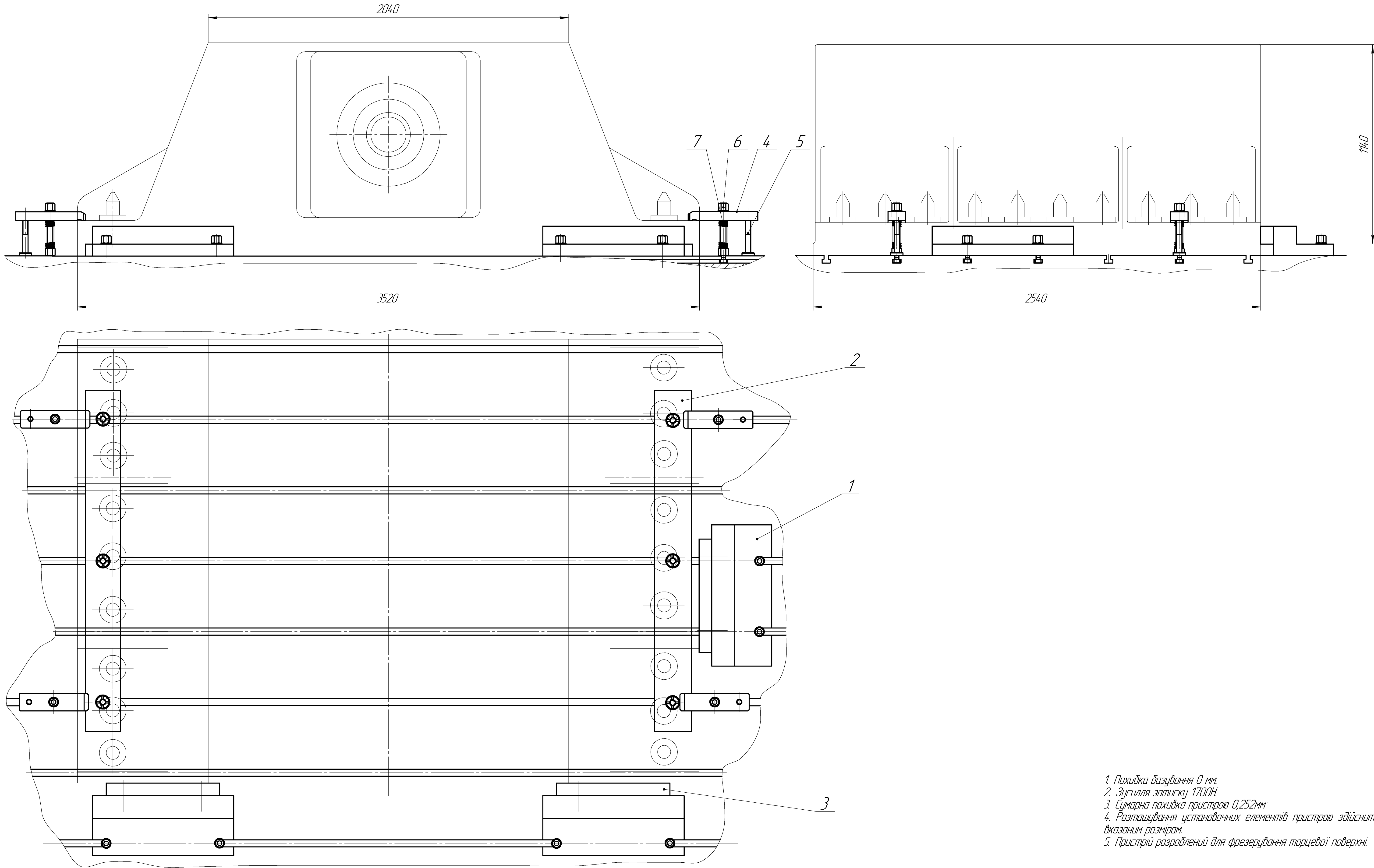


Свердлити пов.16	13	0,11	120	180	88,7
Розточити пов.13	8	0,3	250	340	
Розточити пов.11	3	0,12	200	300	
Розточити пов.8	5	0,3	350	420	
Розточити пов.6	4	0,3	270	350	
Розточити пов.7	4	0,2	270	350	
Свердлити пов.15	13	0,11	120	180	
Розточити пов.14	4	0,3	200	300	
Розточити пов.12	8	0,3	250	340	
Розточити пов.10	3	0,12	200	300	
Розточити пов.9	5	0,3	350	420	
Розточити пов.5	4	0,3	270	350	
Розточити пов.4	4	0,2	270	350	
Найменування переходів	t	s	V	n	Тшт.к

КНУ.КМР.13124.1-11ЕО				Лист 1		
Ескізи операцій				Н	М	М
Лист 1				Лист 1		
Кафедра ТМ				гр. ПМ-24м		

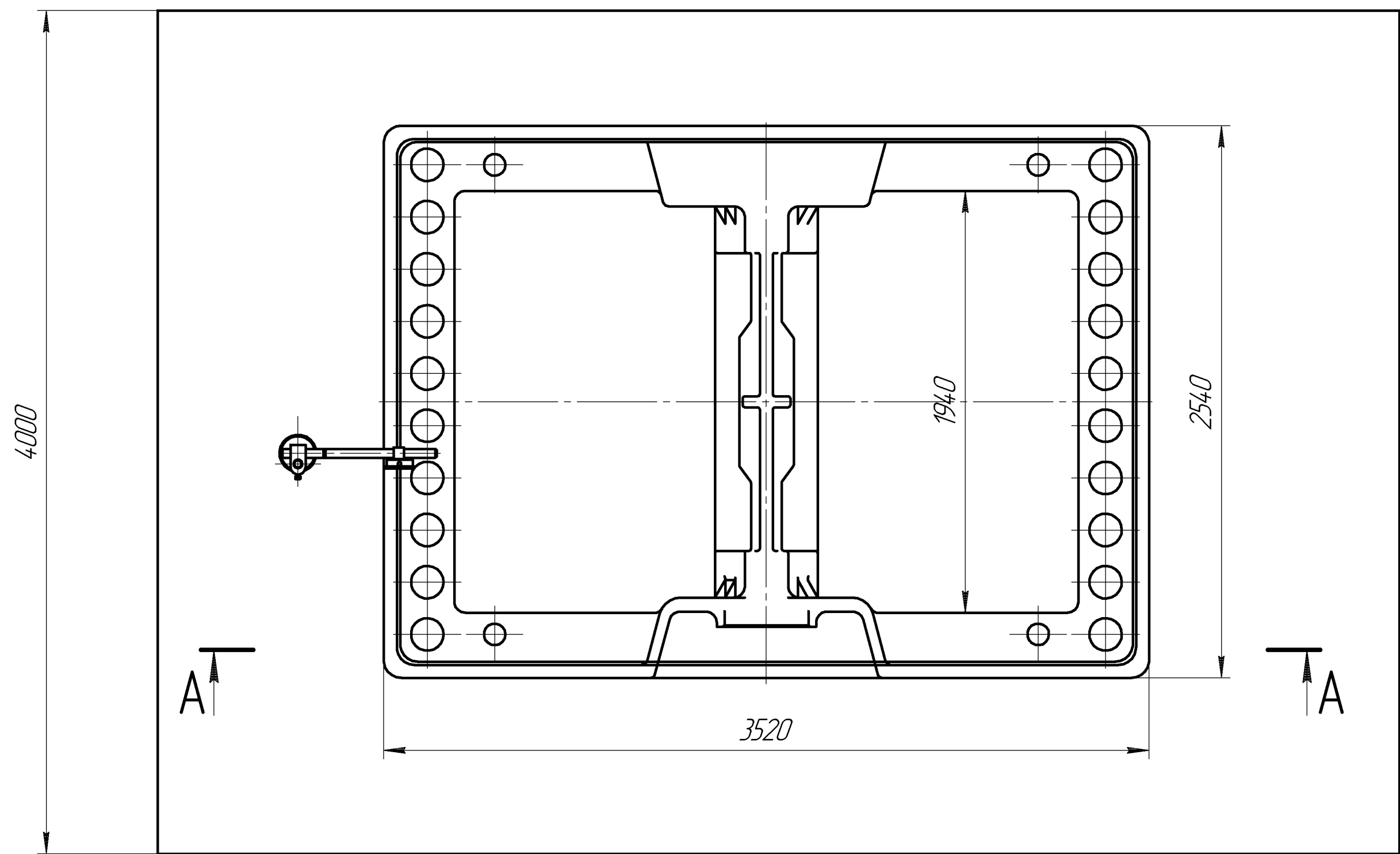
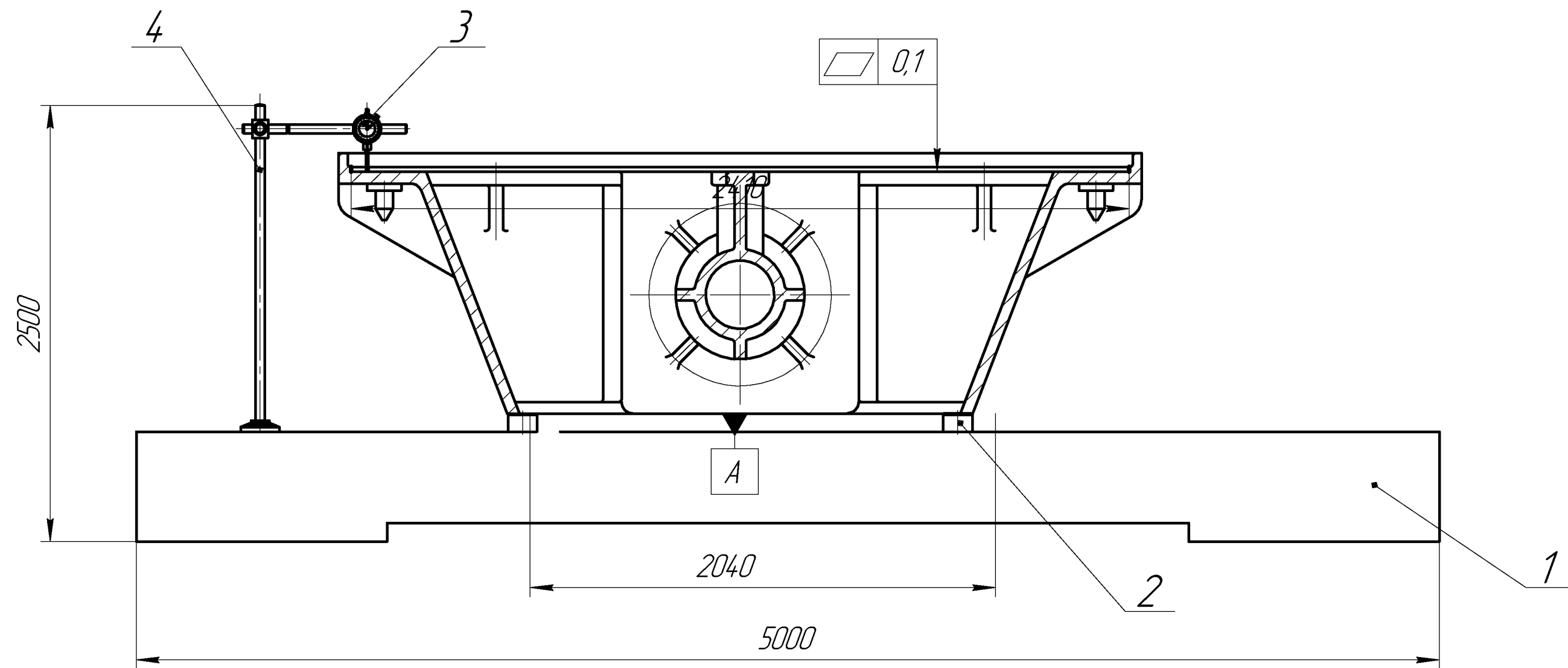


						КНУ.КМР.13124.1-11.ВІН			
						Верстатно-інструментальне налагодження	Лист	Маса	Масштаб
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата			Н		
Раздобув		Маскалець					Лист	Листів	1
Керівник		Нечасів					Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Інкант		Нечасів							
Затв		Раздобув							



1. Похибка базування 0 мм.
2. Зусилля затиску 1700Н.
3. Сумарна похибка пристрою 0,252мм.
4. Розташування установочних елементів пристрою здійснити згідно вказаним розмірам.
5. Пристрій розроблений для фрезерування торцевої поверхні.

КНУ.КМР.13124.1-11ПВ				Пристрій верстатний		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Маса
Розробив	Маскалев				Н	110
Керівник	Нечасов				Лист	Масштаб
Начальник	Нечасов				Лист	1
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м	



1. Похибка установчих елементів контрольного пристрою становить 0,01мм.

					КНУ.КМР.131.24.1-11.ПК				
					Пристрій контрольний	Лист	Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н			
Розробив	Маскалець								
Керівник	Нечаєв					Лист	Листів	1	
						Кафедра ТМ			
Н.контр.	Нечаєв					гр. ПМ-24м			
Затв.	Рязанцев								

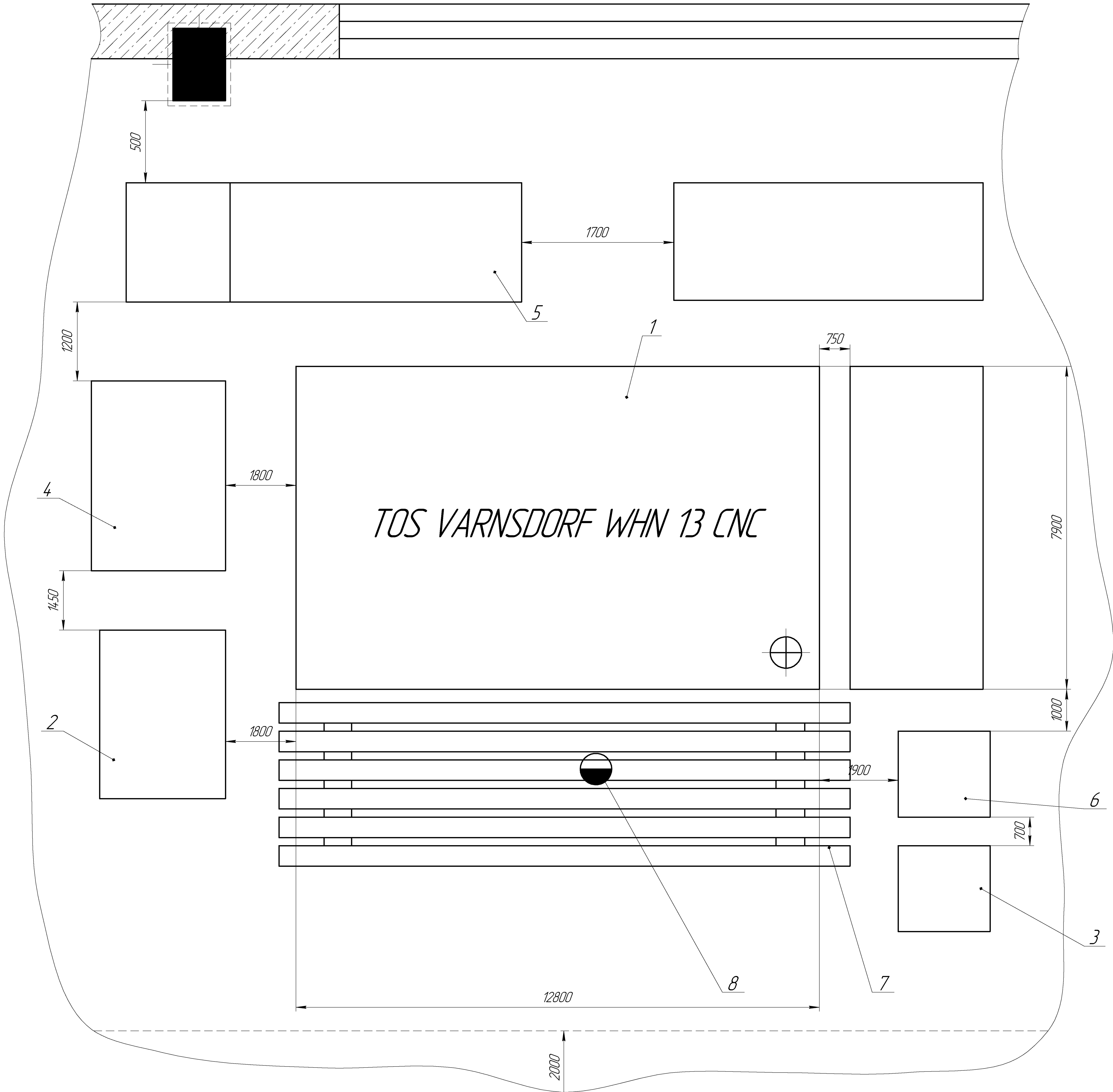
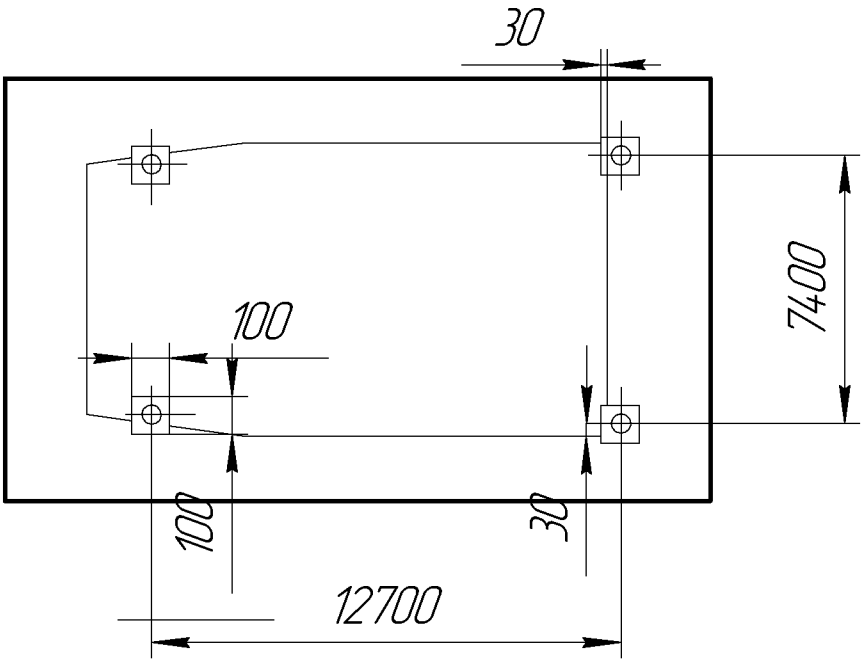
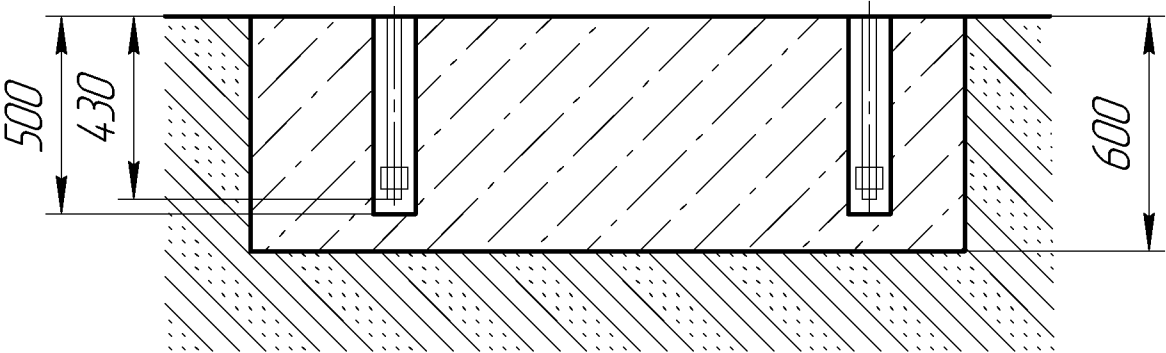


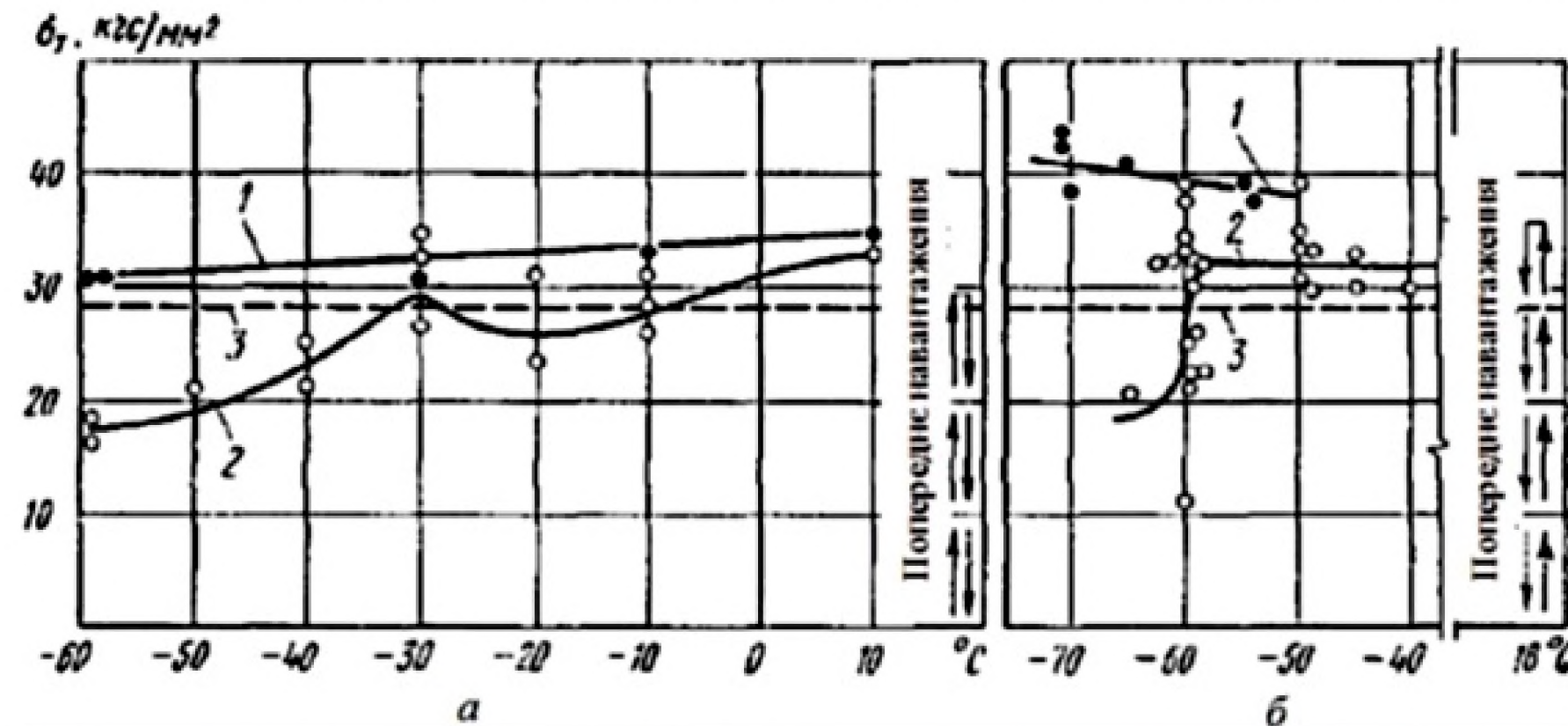
Схема встановлення (1:100)



Фундамент (1:100)



КНУКМР.13124.1-11РМ				Робоче місце		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Маса
Розроб.	Маскалев	Нечас			1	150
Керівник	Нечас				Лист	Маса
Начальн.	Нечас				1	Маса
Затв.	Рязанцев				Лист	Маса



Залежність руйнівних напружень від температури випробування зразків:
 а – з наскрізним надрізом; б – з внутрішнім непроваром;
 1 – зразки не піддавалися попередній обробці;
 2 – зразки після загальної деформації розтягу на 0,4 % і наступного штучного старіння при температурі 250 °С протягом 2 год.;
 3 – межа текучості металу шва при кімнатній температурі



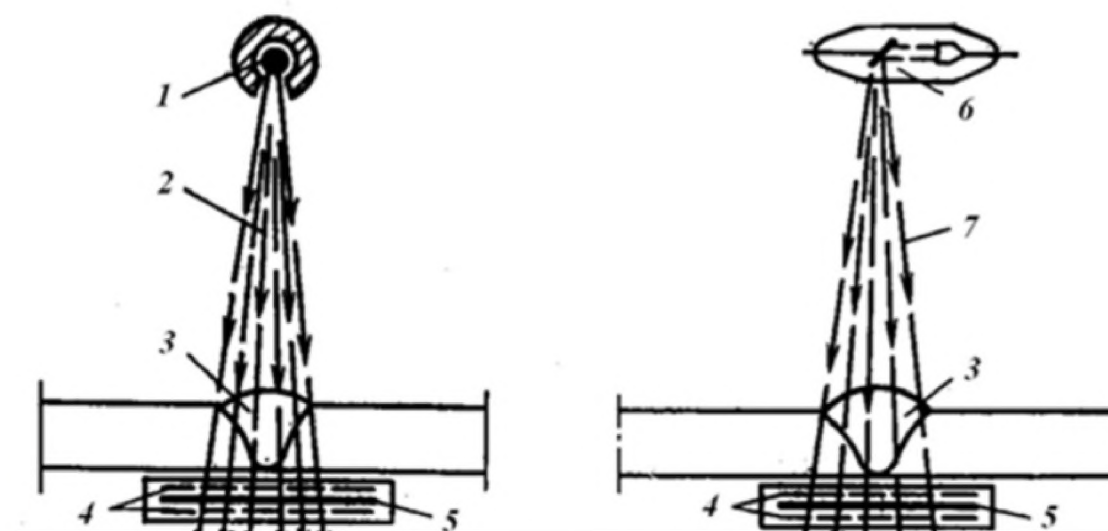
а



б



в



г

Види неруйнівного контролю:
 а – візуальний; б – ультразвуковий; в – магнітний; г – радіографічний;
 1 – ампула з ізотопом; 2 – гамма-промені; 3 – зварний шов; 4 – посилюючий екран;
 5 – рентгенівська плівка; 6 – рентгенівська трубка; 7 – рентгенівські промені

Загальна характеристика чутливості методів дефектоскопічного контролю

Метод неруйнівного контролю	Мінімальні розміри дефектів, що виявляються, мм		
	Ширина розкриття	Глибина розкриття	Довжина
Поверхневі дефекти			
Візуально-оптичний	0,005—0,01	—	0,1
Кольоровий	0,001—0,002	0,01—0,03	0,1—0,3
Люмінесцентний	0,001—0,002	0,01—0,03	0,1—0,3
Магнітно-порошковий	0,001	0,01—0,05	0,3
Вихрострумний	0,005—0,01	0,15—0,2	0,6—2
Внутрішні дефекти			
Ультразвуковий імпульсний ехо-метод	0,001—0,03	0,1—0,3	—
Рентгенографічний	—	1,1—3 % від товщини	—
Гамма-графічний	—	4—6 % від товщини	—

				КНУ.КМР.131.24.1-11НДЧ		
Зм./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Науко-дослідна частина	Лист	Маса
					Н	Масштаб
Розробив	Маскалець					
Керівник	Нечаєв					
Н.контр.	Нечаєв				Лист	Листів 1
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м	