

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 деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Шелест Н.Б.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ
РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей
ролика рольганга з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Шелест Н.Б.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасв 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-23м Шелеста Назара Борисовича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій.

Керівник КМР: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Кришка підшипника». 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. Кришка підшипника. 3. Кришка підшипника (відливка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. План механоскладальної ділянки. 9. Наукова 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	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2024
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпеки життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2024
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	28.11.2024
Попередній захист	10.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ /Рязанцев А.О./

Завдання отримав
магістрант _____ /Шелест Н.Б./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-19.ПЗ	Пояснювальна записка	90	
A4		2	КНУ.КМР.131.24.1-19.ТП	Альбом тех.карт на ТП виготовлення деталі	7	
<i>Креслення</i>						
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-19.ВРСК	Вузол ролика (складальне креслення)	1	
A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-19.КП	Кришка підшипника	1	
A2		5	КНУ.КМР.131.24.1-19.КПВ	Кришка підшипника (відливка)	1	
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-19.ЕО	Ескізи операцій	1	
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-19.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		8	КНУ.КМР.131.24.1-19.ВП	Верстатне пристосування	1	
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-19.КП	Контрольне пристосування	1	
A2		10	КНУ.КМР.131.24.1-19.ПМД	План механоскладальної ділянки	1	
A2		11	КНУ.КМР.131.24.1-19.НЧ	Наукова частина	1	
КНУ.КМР.131.24.1-19.ВМ						
Відомість матеріалів КМР						
Лит.		Лист		Листов		
Н				1		
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м						
Формат А4						

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій»

Пояснювальна записка до КМР: 90 стор., 35 рисунків, 24 таблиці, комплект карт на 7 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 9 листів графічної частини.

Ролики рольгангів є важливими компонентами конвеєрних систем, які використовуються в різних галузях промисловості, зокрема в логістиці, автомобільному виробництві та упаковці. Впровадження САПР технологій дозволяє значно підвищити ефективність процесу проектування, скоротити терміни виготовлення та знизити витрати.

Актуальність теми обумовлена постійно зростаючими вимогами до продуктивності та точності виготовлення механічних деталей у сучасній промисловості. Використання САПР технологій у проектуванні та виготовленні роликів рольгангів не лише оптимізує процеси, але й забезпечує високу якість та довговічність продукції. В умовах глобалізації та жорсткої конкурентної боротьби, компанії змушені впроваджувати новітні технології, щоб відповідати сучасним стандартам та вимогам ринку.

Метою даного дослідження є розробка ефективного технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій. Для досягнення цієї мети передбачено виконати наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі методи виготовлення роликів рольгангів.
2. Визначити оптимальні технологічні процеси для виготовлення деталей.
3. Розробити моделі деталей роликів у САПР системах.
4. Оцінити економічну ефективність впровадження розроблених технологій.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси виготовлення деталей ролика рольганга. Предметом дослідження виступають методи проектування та виготовлення механічних деталей з використанням САПР технологій.

В даній випускній роботі розглядається процес розробки технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням сучасних САПР технологій. Дослідження охоплює аналіз існуючих методів виготовлення, розробку моделей деталей, а також оцінку економічної ефективності впровадження нових технологій. Отримані результати можуть бути використані для підвищення продуктивності та якості виробництва в промисловості.

РОЛИК РОЛЬГАНГА, САПР, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,
МЕХАНІЧНІ ДЕТАЛІ, ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ,
ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Реферат</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

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 проектної задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	12
2 Проектування технологічного процесу складання	13
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	14
2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів	20
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	27
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	27
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	35
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	58
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	58
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	61
5 Конструкторська підготовка виробництва	66
5.1 Проектування верстатного пристосування	66
5.2 Проектування контрольного пристрою	69
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	71
6.1 Проектування механоскладальної дільниці	71
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	74
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	77
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	80
7.1 Лиття по виплавлених моделях. Суть методу	80
7.2 Використання 3D друку методом FDM в технологічному процесі лиття по виплавленим моделям	81
Висновки	88
Список використаних джерел	89
Додатки	91

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

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.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Шелест</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема даного дослідження присвячена розробці технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Ролики рольгангів є важливими компонентами конвеєрних систем, які використовуються в різних галузях промисловості. Вихідні дані: складальне креслення вузла ролика, креслення деталі «Корпус підшипника», річний обсяг випуску заданої деталі, що становить 1000 шт. Креслення складального вузла наведено на рис. 1.1.

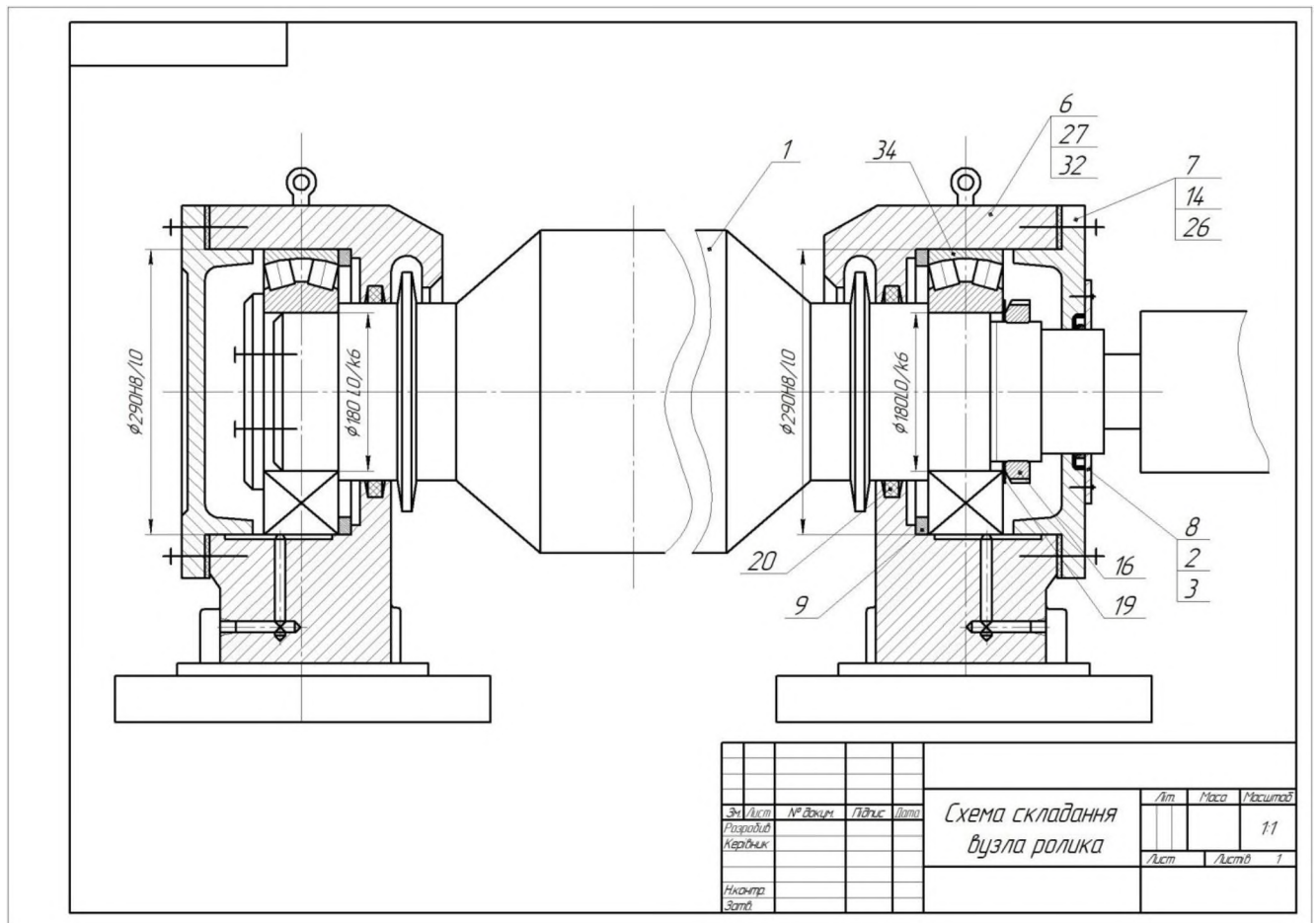


Рисунок 1.1 – Креслення складального вузла

Метою даного дослідження є розробка ефективного технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.01.РЧТЗ</i>			
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

Об'єктом дослідження є технологічні процеси виготовлення деталей ролика рольганга.

Предметом дослідження виступають методи проектування та виготовлення механічних деталей з використанням САПР технологій.

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Рольганги (рис. 1.2) у сучасному прокатному цеху є основним засобом переміщення металу. Рольганги поділяються на робочі та транспортні. Перші розташовані безпосередньо у робочих клітей і служать для подачі металу у валки та прийому його з валків. Решта рольганги називаються транспортними і пов'язують між собою окремі допоміжні машини і агрегати стану. Вони, наприклад, застосовуються для переміщення злитків або заготовки до печей і від печей до стану, прокатаний метал – до ножиць, пил, на стелажі, склади і т.д.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд роликів рольганга

При груповому приводі роликів одна секція рольгангу, що складається з 4-10 роликів і більше, забезпечена приводом роликів від одного електродвигуна через циліндричні, конічні шестерні та трансмісійний вал. Груповий привід застосовують тільки для рольгангів, що працюють у важких умовах, наприклад, блюмінгів, що підводять рольгангів.

						<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.01.РУТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Практика експлуатації рольгангів з груповим приводом роликів через конічні шестірні від трансмісійного валу показує, що їм властиві суттєві недоліки: через нерівномірне температурне нагрівання зубчасті зачеплення конічних шестерень швидко зношуються, зміна роликів або трансмісійного валу скрутна. За умов великих ударних навантажень швидко руйнуються. Тому за останні роки на обтискних та великосортних станах стали застосовувати рольганги з груповим приводом від вбудованих або окремих редукторів з циліндричними шестернями.

Основними параметрами рольгангів є діаметр роликів, довжина бочки роликів та крок між роликами. З метою зниження маси рольгангу та зменшення потужності приводу діаметр роликів доцільно брати найменшим, наскільки дозволяє міцність самого ролика. Довжину бочки роликів приймають для робочих рольгангів рівної довжині бочки валків, для транспортних рольгангів - на 150-200 мм більше ширини смуги, що транспортується (або ширини укладених в ряд декількох профілів, заготовок). Крок роликів вибирають із умови, що метал повинен лежати не менш ніж на двох роликах, проте він не повинен бути дуже великим, інакше метал прогинатиметься. Швидкість обертання роликів робочих рольгангів повинна бути на 10-15% вище швидкості металу, що виходить з валків.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Враховуючи, що тема магістерської роботи передбачає застосування автоматизованих систем, зокрема CAD-систем, на основі отриманого 2D креслення була розроблена тривимірна модель деталі "Корпус підшипника" ролика рольганга (рис. 1.3). Створена модель буде використовуватися для подальшого моделювання процесу обробки в САМ-системі.

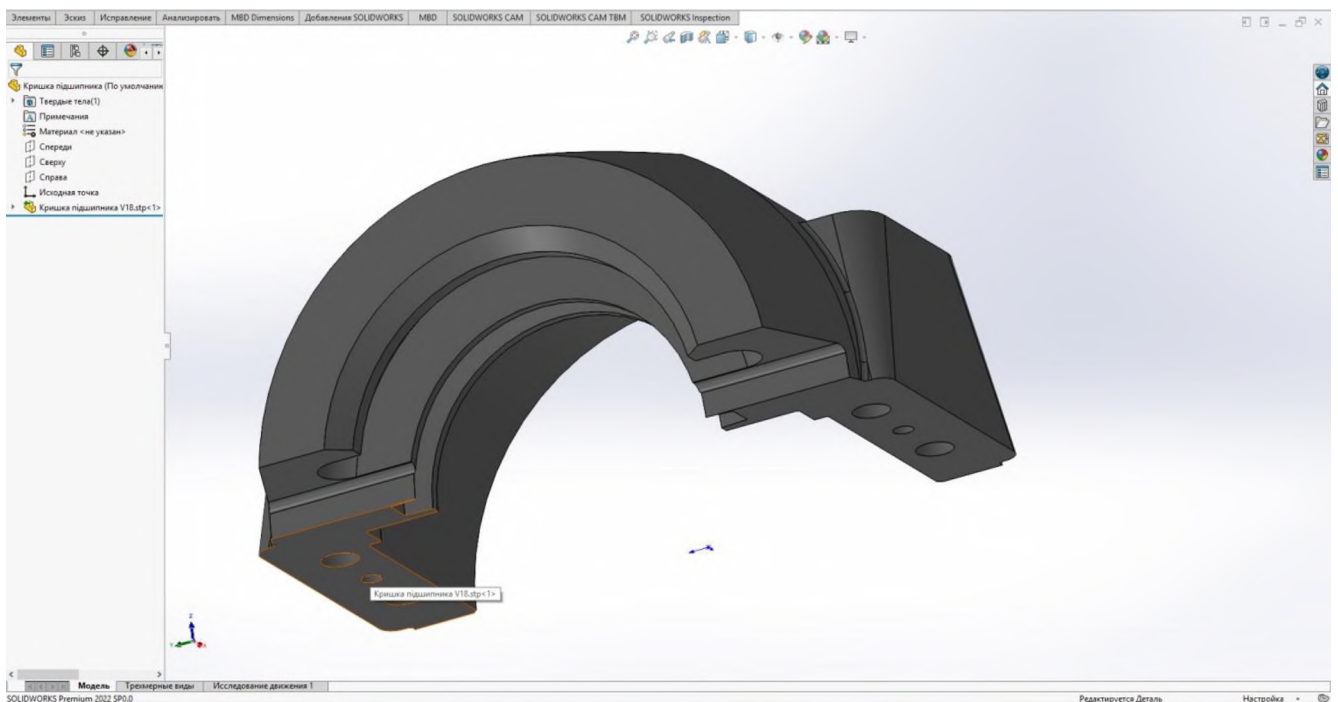


Рисунок 1.3 – 3D модель корпусу підшипника

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.01.РУТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Рольганги по призначенню діляться на робочі і транспортні. Робочі рольганги подають прокатний метал в калібри валків і приймають його з них. Транспортні рольганги переміщують злитки або заготовки до печей і від печей до стану, прокатний метал – до ножиць, на стелажі, склади і так далі.

Робочій рольганг складається з декількох секцій. Привідна секція рольгангу складається з двох рам: привідної і непривідної, які з'єднанні розпорами і стяжними шпильками. На рамі вкладені ролики, які опираються з непривідної сторони на роликовий підшипник з витими роликами, а за привідної – на радіально-упорний конічний роликовий підшипник.

Привід секції рольганга складається з електродвигуна, який з'єднаний з двоступінчатим циліндричним редуктором, остання шестірня якого входить в зачеплення з шестернею, яка посаджена на вал трансмісії.

Вал лежить на п'яти роликових підшипниках з витими роликами, шостий, конічний роликпідшипник, являється радіально-упорним.

В процесі роботи машини виникають удари і вібрації, які виникають в наслідок переміщення матеріалу або заготовок до потрібного місця. Машина працює при нормальній відносній вологості повітря, також забезпечується необхідна температура.

Монтаж рольганга починають зі складання рам, привідну і непривідну сторони яких з'єднують на розпірках стяжними шпильками.

Раму встановлюють на підкладках на анкерні болти, попередньо затягують їх, перевіряють і рихтують.

Вузол ролика призначений для подачі прокатного металу в калібри валків, або для переміщення злитків чи заготовок до печей і від печей до стану.

Виготовленні вузла не потребує великої точності, крім шийок під підшипники. Працює вузол при малих швидкостях, сприймає силові навантаження, так як можуть переміщуватись заготовки з великими габаритними розмірами.

Для забезпечення тривалої служби підшипників вузла ролика протягом нормального терміну суттєва їх співвісна установка. Співвісність розточок під підшипники перевіряють фальшвалом. Цим способом одночасно перевіряють посадкові місця підшипників, при необхідності їх пришабрують, вкладаючи і повертаючи фальшвал. З'єднувальні шпильки повинні бути затягнуті так, щоб місцеві зазори в з'єднаннях були не більш ніж 0,1 мм. відхилення від мінімальних розмірів, допустимі при вивірці положення рам рольганга, приведені нижче:

Відхилення рами від проектної висотної відмітки, мм	±0,5
Горизонтальність поверхні рами:	
В напрямку вісі прокатки	0,1:1000
В напрямку вісі робочої кліті	0,1:1000

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

Прямолінійність базових поверхонь на довжині 200мм, мм	0,1
Неспіввісність розточок під підшипники, мм	0,1
Відхилення розміру між віссю трансмісійного валу і віссю прокатки, мм	±1,0
віссю останнього ролика і віссю кліті, мм	

2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

2.1.1 Метод max-min

Вузол ролика є силовим, працює на малих швидкостях і не потребує підвищеної точності виготовлення. Права кришка приєднується останньою при складанні вузла. Лінійний зазор між підшипником і правою кришкою $A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 1,5$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм.

Для забезпечення нормальної роботи вузла необхідно забезпечити: $A_{\Sigma_{\min}} = 0$; $A_{\Sigma_{\max}} = 1,5$. Кількість одиниць допуску a , визначаємо, виходячи із нормальної точності на відхилення від роз положення поверхонь за формулою 21.1:

$$a = \frac{0,7 \cdot (T_{\Sigma} - \sum T_{cm})}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad (2.1)$$

де $T_{\Sigma} = 150$ мкм – допуск замикаючої ланки;

$\sum_{i=1}^n i_i = 4,98$ – сума одиниць допуску;

$$a = \frac{0,7 \cdot (1500 - 150)}{4,98} = 189,76 \text{ мкм}$$

Для визначення кількості одиниць допуску необхідно заповнити праву частину табл. 2.1. В першу колонку заносимо позначення ланок з зазначенням зменшуючих і збільшуючих ланок у вигляді стрілок. В другу колонку заносимо значення ланок, які беруться з креслень деталіровки або вимірюються на складальному кресленні. В третю колонку заносимо значення одиниць допуску i . Знизу колонки визначається сума одиниць допусків.

Допуски на ширину підшипника і його торцеве биття вибираються із стандартних значень.

Знайдене значення кількості одиниць $a = 189,76$ мкм відповідає IT11, IT12. Квалітети заносимо в п'яту колонку таблиці 2.1.

Перевірка правильності призначення допусків проводиться за формулою 2.2.

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (1.2)$$

де T_{Ai} – допуск відповідної ланки, мкм;

β_i – торцеве биття відповідної ланки, мкм;

$$T_{\Sigma} = 0,4 + 0,15 + 0,25 + 0,15 + 0,25 + 0,06 + 0,25 = 1,51 \text{ мм}$$

По формулі 2.3 розраховуємо похибку:

$$\varepsilon = \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{[T_{\Sigma}]} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{1510 - 1500}{1500} \cdot 100\% = 0,66\%$$

Призначаємо граничні відхилення. Граничні відхилення призначаються на всі ланки, крім залежної. Допуски призначаються в тіло деталі. На розмірах, які визначають товщину або довжину деталі, відхилення проставляються в мінус, відхилення на глибину уступів – в плюс, відстань між стінками корпусів – симетрично. Значення середини полів допусків визначається за формулою:

$$\Delta C_i = \frac{es_i + ei_i}{2} \quad (2.4)$$

Де es_i та ei_i - відповідно верхнє і нижнє граничне відхилення ланки.

Координата середини поля допуску торцевого биття визначається за формулою:

$$\Delta \beta_i = \frac{\beta_i}{2} \quad (2.5)$$

В якості залежної ланки вибираємо A_4 і виділяємо її квадратом.

Координату середини поля допуску залежної зменшуючої ланки знаходимо за формулою 2.6:

$$\Delta C_{A_4} = \sum_{i=1}^n (\overline{\Delta C_i} + \overline{\Delta \beta_i}) - \sum_{j=1}^m (\overline{\Delta C_j} + \overline{\Delta \beta_j}) - \Delta C_{\Sigma} \quad (2.6)$$

Підставивши всі необхідні значення, отримаємо:

$$\overline{\Delta C_{A_4}} = (0 + 0) - (-0,075 - 0,125 + 0,125 + 0,03 + 0,125) - 0,75 = -0,83 \text{ мм}$$

Граничні відхилення знаходимо по формулах 2.7 та 2.8:

$$es_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2}, \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$ei_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2}, \text{ мм} \quad (2.8)$$

$$es_{A_4} = -0,83 + \frac{0,15}{2} = -0,755 \text{ мм}$$

$$ei_{A_4} = -0,83 - \frac{0,15}{2} = -0,905 \text{ мм}$$

Значення A_4 заносимо до табл. 2.1.

Перевірку правильності призначення граничних розмірів здійснюємо по формулі:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\overline{\Delta C_i} + \frac{\overline{\Delta \beta_i}}{2} \right) - \sum_{j=1}^m \left(\overline{\Delta C_j} + \frac{\overline{\Delta \beta_j}}{2} \right) \quad (2.9)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,075 - 0,125 - 0,83 + 0,125 + 0,03 + 0,125) = 0,75 \text{ мм}$$

$$es_{\Sigma} = 0,75 + \frac{1,51}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

$$ei_{\Sigma} = 0,75 - \frac{1,51}{2} = 0 \text{ мм}$$

$$A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$$

Розрахунок проведено правильно. Однак вимоги до точності лінійних розмірів дуже високі, тому переходимо до розрахунку розмірних ланцюгів вірогідним методом.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.1.2 Вірогідний метод

Кількість одиниць допуску a , визначаємо за формулою:

$$a = \frac{0,83 \cdot T_{\Sigma} - \sqrt{1,44 \cdot \Sigma T_{cm}^2 + 0,56 \cdot \Sigma \beta_{cm}^2}}{1,2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n i^2}} \quad (2.10)$$

$$a = \frac{0,83 \cdot 1500 - \sqrt{1,44 \cdot 1500^2 + 0,56 \cdot 60^2}}{1,2 \cdot \sqrt{2,52^2 + 1,56^2 + 0,9^2}} = \frac{1245 - 1800}{3,72} = 149$$

Знайдене значення кількості одиниць допуску a відповідає IT11, IT12. Тому переходимо до розрахунку розмірних ланцюгів методом регулювання.

2.1.3 Метод регулювання

В якості ланки-компенсатора вибираємо ніжку правої кришки (ланка A_2), тому що вона приєднується останньою і її розмір можна змінювати без розборки вузла.

Вихідні дані: $A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$ мм; $T_{\Sigma} = 1,5$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм.

Призначаємо технологічно допустимі допуски на всі ланки і заносимо їх значення до табл. 2.3. Ланку A_2 записуємо окремо. Визначаємо технологічно допустимий допуск замикаючої ланки за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (2.11)$$

$$T_{\Sigma} = (1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,6 + 0,06 + 0,6) = 3,39 \text{ мм}$$

Координата середини поля допуску визначається за формулою 2.12:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\overline{\Delta C_i} + \frac{\overline{\Delta \beta_i}}{2} \right) - \sum_{j=1}^m \left(\overline{\Delta C_j} + \frac{\overline{\Delta \beta_j}}{2} \right) \quad (2.12)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = (0) - (-0,075 - 0 + 0 + 0,3 + 0,03 + 0,3) = 0,55 \text{ мм}$$

Граничні відхилення технологічно допустимої замикаючої ланки знаходимо по формулам:

$$es_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2}, \text{ мм} \quad (2.13)$$

$$ei_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2}, \text{ мм} \quad (2.14)$$

$$es_{\Sigma} = 0,55 + \frac{3,39}{2} = +2,25 \text{ мм}$$

$$ei_{\Sigma} = 0,55 - \frac{3,39}{2} = -1,15 \text{ мм}$$

$$A_{\Sigma} = 0_{-1,15}^{+2,25} \text{ мм}$$

Величину компенсації T_{κ} , визначаємо по формулі:

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.15)$$

$$T_{\kappa} = 3,39 - 1,5 = 1,89 \text{ мм}$$

Визначаємо кількість ступеней компенсатора, N по формулі:

$$N = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}] - T_{\text{ком}}} + 1 \quad (2.16)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$N = \frac{17}{3,39} + 1 = 3,83 \text{ ст.}$$

Приймаємо кількість ступеней $N = 4$ ст.

Допуск ступені ланки компенсатора визначаємо по формулі:

$$T_{CT} = \frac{T_K}{N-1} \quad (2.17)$$

де T_K – допуск на компенсацію, мм;

N – кількість ступеней ланки.

$$T_{CT} = \frac{1,89}{4-1} = 0,63 \text{ мм}$$

Середній розмір ланки компенсатора визначаємо за формулою:

$$\overline{A_{C_2}} = \overline{A_{\text{комп}, A_2}} + \Delta C_{\text{комп}} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] \quad (2.18)$$

$$\overline{A_{C_2}} = 50 + 0 + 0,55 - 0,75 = 49,8 \text{ мм}$$

Граничні значення ланки компенсатора визначаються за формулами:

$$A_{K \max} = A_{CK} + \frac{T_K}{2} \quad (2.19)$$

$$A_{K \min} = A_{CK} - \frac{T_K}{2} \quad (2.20)$$

$$A_{2 \max} = 49,8 + \frac{1,89}{2} = 50,745 \text{ мм}$$

$$A_{2 \min} = 49,8 - \frac{1,89}{2} = 48,855 \text{ мм}$$

Розміри змінних деталей взяті з зменшуючих ланок, визначаються за формулами:

$$\text{I ст. } A_{K \max} \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} \quad (2.21)$$

$$\text{II ст. } (A_{K \max} - T_{cm}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} \quad (2.22)$$

$$\text{III ст. } (A_{K \max} - 2 \cdot T_{cm}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} \quad (2.23)$$

$$\text{IV ст. } (A_{K \max} - (n-1) \cdot T_{cm}) \pm \frac{T_{\text{комп}}}{2} \quad (2.24)$$

$$\text{I ст. } A_2 = 50,745 \pm 0,31 \text{ мм}$$

$$\text{II ст. } A_2 = 50,115 \pm 0,31 \text{ мм}$$

$$\text{III ст. } A_2 = (50,745 - 1,26) \pm 0,31 = 49,485 \pm 0,31 \text{ мм}$$

$$\text{IV ст. } A_2 = (50,745 - 1,88) \pm 0,31 = 48,865 \pm 0,31 \text{ мм}$$

Розраховуємо похибку розрахунку по формулі:

$$\varepsilon = \frac{IV_{cm} A_2 - A_{2 \min}}{A_{2 \min}} \cdot 100\% \quad (2.25)$$

$$\varepsilon = \frac{48,865 - 48,855}{48,855} \cdot 100\% = 0,02\%$$

Використання чотирьох розмірів ланки-компенсатора може опинитись нетехнологічним в конкретних умовах виробництва.

										Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС					

2.1.4 Метод компенсації за рахунок прокладок

Вихідні дані: $A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$ мм; $T_{\Sigma} = 1,5$ мм; $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм.

Визначаємо допуск замикаючої ланки за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (2.26)$$

$$T_{\Sigma} = (1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,6 + 0,06 + 0,6) = 3,39 \text{ мм}$$

Величину компенсації T_k , визначаємо по формулі 1.27:

$$T_k = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.27)$$

$$T_k = 3,39 - 1,5 = 1,89 \text{ мм}$$

Розміри прокладок вибираються із умови: товщина прокладки $S = A_{\text{ком}} = [T_{\Sigma}] = 1,5 \pm 0,1$ мм.

Приймаємо допуск $T_{\text{ком}} = 0,2$ мм, тобто $\Delta C_{\text{ком}} = 0$ мм.

Попередня кількість прокладок в наборі визначається за формулою:

$$Z = \frac{T_k}{[T_{\Sigma}]}, \quad (2.28)$$

де T_k – допуск на компенсацію, мм;

$[T_{\Sigma}]$ – необхідний допуск замикаючої ланки, мм.

$$Z = \frac{1,89}{1,5} = 1,26 \text{ шт}$$

Приймаємо $Z = 1$ шт.

Визначаємо розмір компенсатора, який складається з Z прокладок:

$$A_k = Z \cdot S \quad (2.29)$$

$$A_k = 1 \cdot (1,5 \pm 0,1) = 1,5 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

Номинальний розмір замикаючої ланки нового розмірного ланцюга:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{i=1}^n \bar{A}_i \quad (2.30)$$

$$A_{\Sigma} = (140 + 1,5) - (80 + 50 + 10) = 1,5 \text{ мм}$$

Допуск замикаючої ланки нового розмірного ланцюга:

$$T'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (2.31)$$

$$T'_{\Sigma} = 1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,25 + 0,6 + 0,06 + 0,6 = 3,64 \text{ мм.}$$

Координати середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta C'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\bar{\Delta C}_i + \bar{\Delta \beta}_i) - \sum_{j=1}^m (\bar{\Delta C}_j + \bar{\Delta \beta}_j) \quad (2.32)$$

$$\Delta C'_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,075 + 0 + 0 + 0,3 + 0,03 + 0,3) = 0,55 \text{ мм.}$$

Величина компенсації розраховується по формулі:

$$T'_k = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.33)$$

$$T'_k = 3,64 - 1,5 = 2,14 \text{ мм}$$

Уточнюємо число прокладок у наборі по формулі:

$$Z' = \frac{T'_k}{[T_{\Sigma}]} + 1, \quad (2.34)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$Z' = \frac{2,14}{1,5} + 1 = 2,4 \text{ шт}$$

Приймаємо $Z = 2$ шт.

Погрішність, отриману за рахунок збільшення кількості ланок, враховуємо шляхом зміни розміру одного з залежних ланок. Залежною вибираємо ланку A_2 .

Величина виправлення, мм:

$$\bar{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C'_{\Sigma} + \frac{T'_{\Sigma}}{2} + \Delta C_{\text{компл}, A_2} - A_{\text{компл}} \quad (2.35)$$

$$\bar{\Delta}' = 0,75 - 0,55 + 1,82 - 0 - 1,5 = 0,52 \text{ мм.}$$

Нова координата середини поля допуску залежної ланки визначається за формулою:

$$\Delta C'_{A_2} = \Delta C_{A_2} + \Delta' \quad (2.36)$$

$$\Delta C'_{A_2} = 0 + 0,52 = 0,52 \text{ мм}$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаються за формулами:

$$es_{A_2} = \Delta C_{A_2} + \frac{T_{A_2}}{2} \quad (2.37)$$

$$ei_{A_2} = \Delta C_{A_2} - \frac{T_{A_2}}{2} \quad (2.38)$$

$$es_{A_2} = 0,52 + \frac{0,62}{2} = 0,82 \text{ мм; } ei_{A_2} = 0,52 - \frac{0,62}{2} = 0,21 \text{ мм}$$

$$A_2 = 50^{+0,82}_{+0,21} \text{ мм}$$

Нове значення ланки A_2 заносимо до таблиці 2.4.

Перевірка правильності проведених розрахунків:

а) середній розмір всіх прокладок та граничні відхилення:

$$\overline{A_{C_2}} = \overline{A_{\text{компл}, A_2}} + \Delta C_{\text{компл}} + \Delta C'_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] \quad (2.39)$$

$$A_{K \max} = A_{\text{ск}} + \frac{T'_K}{2}; \quad A_{K \min} = A_{\text{ск}} - \frac{T'_K}{2} \quad (2.40)$$

$$\overline{A_{C_2}} = 1,5 + 0 - 0,55 + 0,75 = 1,7 \text{ мм}$$

$$A_{S \max} = 1,7 + \frac{2,14}{2} = 2,77; \quad A_{S \min} = 1,7 - \frac{2,14}{2} = 0,63$$

б) максимальна кількість прокладок визначається за формулою:

$$Z_{\max} = \frac{A_{S \max}}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.41)$$

$$Z_{\max} = \frac{2,77}{1,5} = 1,8 \text{ прокладок}$$

Приймаємо $Z_{\max} = 2$ прокладки.

в) мінімальна кількість прокладок в наборі визначається за формулою:

$$Z_{\min} = \frac{A_{S \min}}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.42)$$

$$Z_{\min} = \frac{0,63}{1,5} = 0,42 \text{ прокладки.}$$

Приймаємо $Z_{\max} = 0$ прокладок.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

г) кількість прокладок в наборі визначається за формулою:

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min} \quad (2.43)$$

$$Z = 2 - 0 = 2 \text{ прокладки}$$

Розрахунок проведений вірно.

2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Розрахунок кутового розмірного ланцюга ведеться методом прецедентів так як підшипникові вузли являються стандартними і характер посадок визначається при конструкторських розрахунках. Розрахунок зручно вести з заповненням табл. 2.5.

Кутовий ланцюг складається з наступних величин:

$S_1 = S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал;

$S_2 = S_3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус;

$e_{12} = e_{17}$ – ексцентриситет посадкових шийок вала;

$e_{10} = e_{19}$ – половина радіального биття підшипника кочення;

e_{14} – неспіввісність осей отворів в корпусі.

Вихідні данні $e_z = \pm 0,025$ мм, $Te_z = 0,05$ мм.

Вибираємо підшипник класу точності 0.

При визначенні e_{12} та e_{17} використовуємо вираз:

$$e_{12} = \frac{e_{12\text{вн}} + e_{12\text{зов}}}{2} \quad (2.44)$$

Допуски зазорів визначаються по виразу:

$$T_{s_i} = S_{\max_i} - S_{\min_i} \quad (2.45)$$

де S_{\max} – максимальний зазор: $S_{\max} = ES - ei$;

де ES – верхнє відхилення отвору;

ei – нижнє відхилення валу.

Мінімальний зазор визначається по формулі:

$$S_{\min} = EI - es \quad (2.46)$$

де EI – нижнє відхилення отвору;

es – верхнє відхилення валу.

В нашому випадку:

$$S_{1,4\max} = 0 - (+0,003) = -0,003 \text{ мм}$$

$$S_{1,4\min} = (-0,025) - (+0,028) = -0,053 \text{ мм}$$

Тобто спряжені забезпечуються натяг, але в розрахунках включається тільки зазор, тобто:

$$T_{s_{1,4}} = 0 \text{ мм}$$

$$S_{2,3\max} = 0,052 - (-0,035) = 0,087 \text{ мм}$$

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

$$T_{s_{2,3}} = 0,087 - 0 = 0,087 \text{ мм}$$

Координата середина поля допуску зазору визначається за формулою:

$$em_{s_i} = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (2.47)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де em_D - координата середини поля допуску отвору:

$$em_D = \frac{ES + EI}{2}$$

em_d - координата середини поля допуску валу:

$$em_d = \frac{es + ei}{2}$$

$$em_{D_2} = \frac{0 + 0,052}{2} = 0,026 \text{ мм}$$

$$em_{d_2} = \frac{0 - 0,035}{2} = -0,0175 \text{ мм}$$

$$em_{s_2} = \frac{0,026 - 0,0175}{2} = 0,00425 \text{ мм}$$

Допуск на вихідну ланку визначається по вірогідному методу для проектних розрахунків за формулою:

$$T_{e_\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{S_i}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{e_j}^2} \quad (2.48)$$

Підставивши всі необхідні дані до вищезазначеної формули, отримаємо:

$$T_{e_\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 2 \cdot 0,087^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,01^2 + 2 \cdot 0,025^2 + 0,04)} = 0,875 \text{ мм.}$$

Якщо отримане значення e_Σ значно відрізняється в більшу сторону від допуску вихідної ланки Te_Σ , то необхідно змінити клас точності підшипника.

Координату середини поля допуску em_{e_Σ} замикаючої ланки визначаємо по формулі 1.49:

$$em_{e_\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\overline{em_{S_i}} + 0,5 \cdot \overline{Te_i} + 0,05 \cdot (\overline{T_{S_i}} + \overline{Te_i}) \right) - \sum_{j=1}^m \left(\overline{em_{S_j}} + 0,5 \cdot \overline{Te_j} + 0,05 \cdot (\overline{T_{S_j}} + \overline{Te_j}) \right) \quad (2.49)$$

Підставивши всі необхідні дані до вищезазначеної формули, отримаємо:

$$em_{e_\Sigma} = ((0,0015 + 0,00425) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,025 + 0,04) + 0,05 \cdot (0 + 0,087 + 0,01 + 0,025 + 0,04)) -$$

$$- ((0,0015 + 0,00425) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,025) + 0,05 \cdot (0 + 0,087 + 0,01 + 0,025)) = 0,022 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення вісей валу в опорах по формулам:

$$es_{e_\Sigma} = em_{e_\Sigma} + \frac{Te_\Sigma}{2}, \quad (2.50)$$

$$ei_{e_\Sigma} = em_{e_\Sigma} - \frac{Te_\Sigma}{2}, \quad (2.51)$$

$$es_{e_\Sigma} = 0,022 + \frac{0,875}{2} = 0,4695 \text{ мм.}$$

$$ei_{e_\Sigma} = 0,022 - \frac{0,875}{2} = -0,4205 \text{ мм.}$$

$$e_\Sigma = 0_{-0,4205}^{+0,4695}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом max-min

Призначення розмірного ланцюга		Значення вихідної ланки		$A_{\Sigma} = 0^{+1,5}$ мм $T_{\Sigma} = 1,5$ мм $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм				
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
		Позначення ланки	Номінальний розмір	i	IT	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i
		$\overline{A_1}$	140	2,52	12	0,4	$140 \pm 0,2$	0
		$\overline{A_3}$	80	ст	ст	0,15	$80_{-0,15}$	-0,075
		$\overline{A_2}$	50	1,56	12	0,25	$50_{-0,25}$	-0,125
		$\overline{A_4}$	10	0,9	12	0,15	$10_{-0,905}^{-0,755}$	-0,83
Розрахунок розмірного ланцюга				$\Sigma 4,98$				
$\overline{A_1}$ – відстань між торцями кришки		$\overline{\beta_1}$	290		11	0,25	-	0,125
$\overline{A_2}$ – висота ніжки кришки		$\overline{\beta_2}$	290		Ст.	0,06	-	0,03
$\overline{A_3}$ – ширина підшипника		$\overline{\beta_3}$	290		11	0,25	-	0,125
$\overline{A_4}$ – ширина кільця						$\Sigma 1,510$		
Торцеве биття		$a = \frac{0,7 \cdot (1500 - 150)}{4,98} = 189,76 \text{ МММ}$						
$\overline{\beta_1}$ – торцеве биття кришки		Перевірка: $T_{\Sigma} = 0,4 + 0,15 + 0,25 + 0,15 + 0,25 + 0,06 + 0,25 = 1,51 \text{ ММ}$						
$\overline{\beta_2}$ – биття підшипника		$\varepsilon = \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{[T_{\Sigma}]} \cdot 100\% ; \varepsilon = \frac{1510 - 1500}{1500} \cdot 100\% = 0,66\%$						
$\overline{\beta_3}$ – торцеве биття кільця		$\Delta \overline{C_{A_4}} = (0 + 0) - (-0,075 - 0,125 + 0,125 + 0,03 + 0,125) - 0,75 = -0,83 \text{ ММ}$						
		$es_{A_4} = -0,83 + \frac{0,15}{2} = -0,755 \text{ ММ}; ei_{A_4} = -0,83 - \frac{0,15}{2} = -0,905 \text{ ММ}$						
		$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,075 - 0,125 - 0,83 + 0,125 + 0,03 + 0,125) = 0,75 \text{ ММ}$						
		$es_{\Sigma} = 0,75 + \frac{1,51}{2} = 1,5 \text{ ММ}; ei_{\Sigma} = 0,75 - \frac{1,51}{2} = 0 \text{ ММ}$						
$a = \frac{0,7 \cdot (T_{\Sigma} - \Sigma T_{cm})}{\sum_{i=1}^n i_i}$								

КНУДМР.131.24.1-19.02.ПТПС

Змін:
 Аркуш:
 № Документа:
 Підпис:
 Дата:
 Аркуш:

Таблиця 2.2 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга ймовірним методом

Призначення розмірного ланцюга		Значення вихідної ланки		$A_{\Sigma} = 0^{+1,5}$ мм $T_{\Sigma} = 1,5$ мм $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм					
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані							
		Позначення ланки	Номінальний розмір	i	IT	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i	
		$\overline{A_1}$	140	2,52	12	0,4	$140 \pm 0,2$	0	
		$\overline{A_3}$	80	ст	ст	0,15	$80_{-0,15}$	-0,075	
		$\overline{A_2}$	50	1,56	12	0,25	$50_{-0,25}$	-0,125	
		$\overline{A_4}$	10	0,9	12	0,15	-	-	
Розрахунок розмірного ланцюга				$\Sigma 4,98$					
		$\overline{A_1}$ – відстань між торцями кришки	$\overline{\beta_1}$	290		11	0,25	-	0,125
		$\overline{A_2}$ – висота ніжки кришки	$\overline{\beta_2}$	290		ст.	0,06	-	0,03
		$\overline{A_3}$ – ширина підшипника	$\overline{\beta_3}$	290		11	0,25	-	0,125
$\overline{A_4}$ – ширина кільця					$\Sigma 1,510$				
Торцеве биття $\overline{\beta_1}$ – торцеве биття кришки $\overline{\beta_2}$ – биття підшипника $\overline{\beta_3}$ – торцеве биття кільця		$a = \frac{0,83 \cdot T_{\Sigma} - \sqrt{1,44 \cdot \Sigma T_{cm}^2 + 0,56 \cdot \Sigma \beta_{cm}^2}}{1,2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n i_i^2}}$ $a = \frac{0,83 \cdot 1500 - \sqrt{1,44 \cdot 1500^2 + 0,56 \cdot 60^2}}{1,2 \cdot \sqrt{2,52^2 + 1,56^2 + 0,9^2}} = \frac{1245 - 1800}{3,72} = 149$							
		Знайдене значення кількості одиниць допуску a відповідає IT11, IT12							

КНУКМР.131.24.1-19.02.ПТПС

Змін Аркуш № Документа Підпис Дата Аркуш

Таблиця 2.3 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсаторів (деталь вузла)

Призначення розмірного ланцюга		Значення вихідної ланки		$A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$ мм $T_{\Sigma} = 1,5$ мм $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм				
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
		Позначення ланки	Номинальний розмір	i	IT	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i
		$\overline{A_1}$	140	-	14	1,0	$140 \pm 0,5$	0
		$\overline{A_3}$	80	-	ст.	0,15	$80_{-0,15}$	-0,075
		$\overline{A_2}$	50	-	14	0,62	$50 \pm 0,31$	0
Розрахунок розмірного ланцюга		$\overline{A_4}$	10	-	14	0,36	$10 \pm 0,18$	0
$\overline{A_1}$ – відстань між торцями кришки		$\overline{\beta_1}$	290	-	13	0,6	-	0,3
$\overline{A_2}$ – висота ніжки кришки		$\overline{\beta_2}$	290	-	ст.	0,06	-	0,03
$\overline{A_3}$ – ширина підшипника		$\overline{\beta_3}$	290	-	13	0,6	-	0,3
$\overline{A_4}$ – ширина кільця		$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i) = (1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,6 + 0,06 + 0,6) = 3,39 \text{ мм};$ $\Delta C_{\Sigma} = (0) - (-0,075 - 0 + 0 + 0,3 + 0,03 + 0,3) = 0,55 \text{ мм}$ $T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 3,39 - 1,5 = 1,89 \text{ мм}; \quad N = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}] - T_{\text{комн}}} + 1 = \frac{3,39}{1,5 - 0,3} + 1 = 3,83 \text{ ст.};$						
Торцеве биття								
$\overline{\beta_1}$ – торцеве биття кришки								
$\overline{\beta_2}$ – биття підшипника								
$\overline{\beta_3}$ – торцеве биття кільця								
$T_{CT} = \frac{T_{\kappa}}{N-1} = \frac{1,89}{4-1} = 0,63 \text{ мм}; \quad \overline{A_{C_2}} = \overline{A_{\text{комн}A_2}} + \Delta C_{\text{комн}} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] = 50 + 0 + 0,55 - 0,75 = 49,8 \text{ мм}$ $A_{2\text{max}} = A_{\text{ск}} + \frac{T_{\kappa}}{2} = 49,8 + \frac{1,89}{2} = 50,745 \text{ мм}; \quad A_{2\text{min}} = A_{\text{ск}} - \frac{T_{\kappa}}{2} = 49,8 - \frac{1,89}{2} = 48,855 \text{ мм}$								
<p>I ст. $A_2 = A_{\text{Кmax}} \pm \frac{T_{\text{комн}}}{2} = 50,745 \pm 0,31$ II ст. $A_2 = (A_{\text{Кmax}} - T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комн}}}{2} = 50,115 \pm 0,31$; III ст. $A_2 = (A_{\text{Кmax}} - 2 \cdot T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комн}}}{2} = 49,485 \pm 0,31$</p> <p>IV ст. $A_2 = (A_{\text{Кmax}} - (n-1) \cdot T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комн}}}{2} = 48,865 \pm 0,31$; $\varepsilon = \frac{IV_{\text{cm}} A_2 - A_{2\text{min}}}{A_{2\text{min}}} \cdot 100\% = \frac{48,865 - 48,855}{48,855} \cdot 100\% = 0,02\%$</p>								

КНУДМР.131.24.1-19.02.ПТПС

Змін:
 Аркуш:
 № Документа:
 Підпис:
 Дата:
 Аркуш:

Таблиця 2.4 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом компенсаторів (прокладки)

Призначення розмірного ланцюга		Значення вихідної ланки		$A_{\Sigma} = 0_0^{+1,5}$ мм $T_{\Sigma} = 1,5$ мм $\Delta C_{\Sigma} = +0,75$ мм				
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані						
		Позначення ланки	Номинальний розмір	i	IT	Допуск	Розмір з відхиленнями	ΔC_i
		$\overline{A_1}$	140	-	14	1,0	$140 \pm 0,5$	0
		$\overline{A_3}$	80	-	ст.	0,15	$80_{-0,15}$	-0,075
		$\overline{A_2}$	50	-	14	0,62	$50 \pm 0,31$	0
		$\overline{A_4}$	10	-	14	0,36	$10 \pm 0,18$	0
Розрахунок розмірного ланцюга		$\overline{\beta_1}$	290	-	13	0,6	-	0,3
$\overline{A_2}$ – висота ніжки кришки		$\overline{\beta_2}$	290	-	ст.	0,06	-	0,03
$\overline{A_3}$ – ширина підшипника		$\overline{\beta_3}$	290	-	13	0,6	-	0,3
$\overline{A_4}$ – ширина кільця		$T_{\Sigma} = (1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,6 + 0,06 + 0,6) = 3,39$ мм; $S = A_{\text{ком}} = [T_{\Sigma}] = 1,5 \pm 0,1$ мм. $T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]$; $T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 3,39 - 1,5 = 1,89$ мм; $T_{\text{ком}} = 0,2$; $\Delta C_{\text{ком}} = 0$ $Z = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{1,89}{1,5} = 1,26$ шт.; $A_S = Z \cdot A_{\text{ком}} = Z \cdot [T_{\Sigma}] = 1 \cdot (1,5 \pm 0,1) = 1,5 \pm 0,1$ мм. $T'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{A_i} + \beta_i) = 1,0 + 0,15 + 0,62 + 0,36 + 0,25 + 0,6 + 0,06 + 0,6 = 3,64$ мм.						
Торцеве биття		$T'_{\kappa} = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] = 3,64 - 1,5 = 2,14$ мм; $Z' = \frac{T'_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]} + 1 = \frac{2,14}{1,5} + 1 = 2,4$ шт.; $\Delta' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C'_{\Sigma} + \frac{T'_{\Sigma}}{2} + \Delta C_{\text{ком}A_2} - A_{\text{ком}} = 0,75 - 0,55 + 1,82 - 0 - 1,5 = 0,52$ мм. $\Delta C'_{A_2} = \Delta C_{A_2} + \Delta' = 0 + 0,52 = 0,52$ мм; $es_{A_2} = 0,52 + \frac{0,62}{2} = 0,82$ мм; $ei_{A_2} = 0,52 - \frac{0,62}{2} = 0,21$ мм $\overline{A_{C_2}} = \overline{A_{\text{ком}A_2}} + \Delta C_{\text{ком}} + \Delta C'_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] = 1,5 + 0 - 0,55 + 0,75 = 1,7$ мм; $A_{S\text{max}} = 1,7 + \frac{2,14}{2} = 2,77$; $A_{S\text{min}} = 1,7 - \frac{2,14}{2} = 0,63$ $Z_{\text{max}} = \frac{A_{S\text{max}}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{2,77}{1,5} = 1,8$ прокладок; $Z_{\text{min}} = \frac{A_{S\text{min}}}{[T_{\Sigma}]} = \frac{0,63}{1,5} = 0,42$ прокл.; $Z = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} = 2 - 0 = 2$ прокладки						

КНУДМР.131.24.1-19.02.ПТПС

Архив

Змін: _____
 Аркуш: _____
 № Документа: _____
 Підпис: _____
 Дата: _____
 КНУДКМР.131.24.1-19.02.ПТПС
 Аркуш: _____

Таблиця 2.5 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга

Позначення і призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зміщення і відносного перекосу вісі вала в підшипникових опорах	Призначення вихідної ланки розмірного ланцюга					
Схема розмірного ланцюга			Визначаєма величина	Значення визначаємої величини			
			e_{Σ}	$0 \pm 0,025$ мм			
			$em_{e_{\Sigma}}$	0			
			Te_{Σ}	0,05 мм			
			P_{Σ}				
Ланка	Найменування розміру	Величина	em_i	em_{si}	T_{S_i}	α_i	K_i
$S_1 = S_4$	посадка внутрішнього кільця підшипника на вал	$160 \frac{L0}{k6} \begin{pmatrix} 0 \\ -0,025 \\ +0,028 \\ +0,003 \end{pmatrix}$	$\frac{-0,0125}{+0,0155}$	0,0015	0	-	-
$S_2 = S_3$	посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус	$290 \frac{H7}{\ell 0} \begin{pmatrix} +0,052 \\ 0 \\ -0,035 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\frac{+0,026}{-0,0175}$	0,00425	0,087	-	-
$e_{12} = e_{17}$	ексцентриситет посадкових шийок вала	$\frac{0,020}{2} = 0,01$	0,005	-	-	-	-
$e_{10} = e_{19}$	половина радіального биття підшипника кочення	$\frac{0,025}{2} + \frac{0,025}{2} = 0,025$	0,0125	-	-	-	-
e_{14}	неспіввісність осей отворів в корпусі	0,040	0,02	-	-	-	-

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 типу кришка підшипника являє собою корпусну деталь в яку встановлюють також різноманітні деталі та складальні одиниці, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці так і в процесі роботи машин під навантаженням. В зв'язку з цим деталь типу кришка повинна мати необхідну точність деяких поверхонь, необхідну жорсткість та вібростійкість, що забезпечує необхідне відносне положення з'єднувальних деталей та вузлів, правильність роботи механізмів та відсутність вібрацій.

Дана деталь виконує функцію допоміжної опори для забезпечення необхідної точності відносного положення валів. У розмірних зв'язках машин або окремих вузлів деталь приймає участь розмірами та відносними поворотами своїх поверхонь. Ці розміри та кутові параметри деталі безпосередньо визначають точність положення одного комплекту допоміжних баз відносно другого або точність положення допоміжних баз деталі. У зв'язку з цим до точності геометричної форми, розмірів та відносних поворотів базуючи поверхонь пред'являються підвищені вимоги.

Для даної деталі вибираємо матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018. Застосовується сталь 35Л ДСТУ 8781:2018 для відповідальних відливок (деталі, які працюють на зношення в умовах великого тиску, кришок підшипників, корпусів та різних механізмів) [1, 4, 50].

Вибираємо заміну основного матеріалу – сталь 30Л, 40Л та 45Л.

Хімічний склад основного матеріалу та його заміників приведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад матеріалів

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
				не більше				
Сталь 35Л	0,32-0,40	0,40-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04
Сталь 30Л	0,27-0,35	0,40-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04
Сталь 40Л	0,37-0,45	0,40-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04
Сталь 55Л	0,42-0,50	0,40-0,90	0,20-0,52	0,30	0,30	0,30	0,045	0,04

Механічні властивості основного матеріалу та його заміників приведений в табл. 3.2.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва виробу</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

Таблиця 3.2 – Механічні властивості матеріалів

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ %	ψ %	КСИ, Дж/см ²
Сталь 35Л	350	550	16	20	30
Сталь 30Л	300	500	17	30	35
Сталь 40Л	350	550	14	20	29
Сталь 55Л	400	600	10	20	24

Термообробка сталі 35 Л проводиться за рахунок закалювання та відпуску. При цьому температура нагрівання сталі досягає 860-880°C, це на 30-50°C вище критичної точки A_{c3} . Умови охолодження: швидке охолодження в воді або мастилі для переохолодження аустеніту до мартенситної точки M_H . Швидкість охолодження повинна бути вище швидкості закалювання. Кінцева структура матеріалу після гартування: мартенсит + залишковий аустеніт. Гартування використовується для отримання високої твердості, зносостійкості і потрібних фізико-механічних властивостей. Також використовується відпуск для отримання максимальної в'язкості при зберіганні відносно високих значень границі міцності і текучості, а також отримання мінімальних напружень. Кінцева структура після відпуску – сорбіт відпуску.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Таблиця 3.3 – Аналіз якості поверхні деталі

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т чи відхилення	Шорсткість Ra	Відхилення форми й розташування поверхні
1	112	ІТ12	0,35	0,8	Допуск площинності 0,03
2	160	ІТ14	1,0	12,5	
3	112	ІТ14	0,87	12,5	
4	Ø22	Н8	0,033	6,3	
5	Ø12	Н8	0,027	6,3	
6	Ø290	Н7	0,062	1,6	
7	140	ІТ14	1,0	3,2	
8	Ø273	Н12	0,081	12,5	
9	Ø182	Н8	0,072	6,3	
10	Ø216	Н7	0,025	0,8	
11	17,7	ІТ14	0,43	6,3	
12	Ø280	Н14	0,081	12,5	
13	Ø215	Н14	0,081	12,5	
14	12x45°	ІТ14	0,43	12,5	
15	230	ІТ14	1,15	3,2	
16	M16	Н8	0,027	6,3	
17	Ø10,6	Н10	0,07	12,5	
18	K1/4"	Н14	0,081	6,3	

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приводимо ескізи деталі з пронумерованими поверхнями на окремих аркушах. На ескізах розміри деталі не проставляємо, номери поверхонь беремо по колу (рис. 3.1).

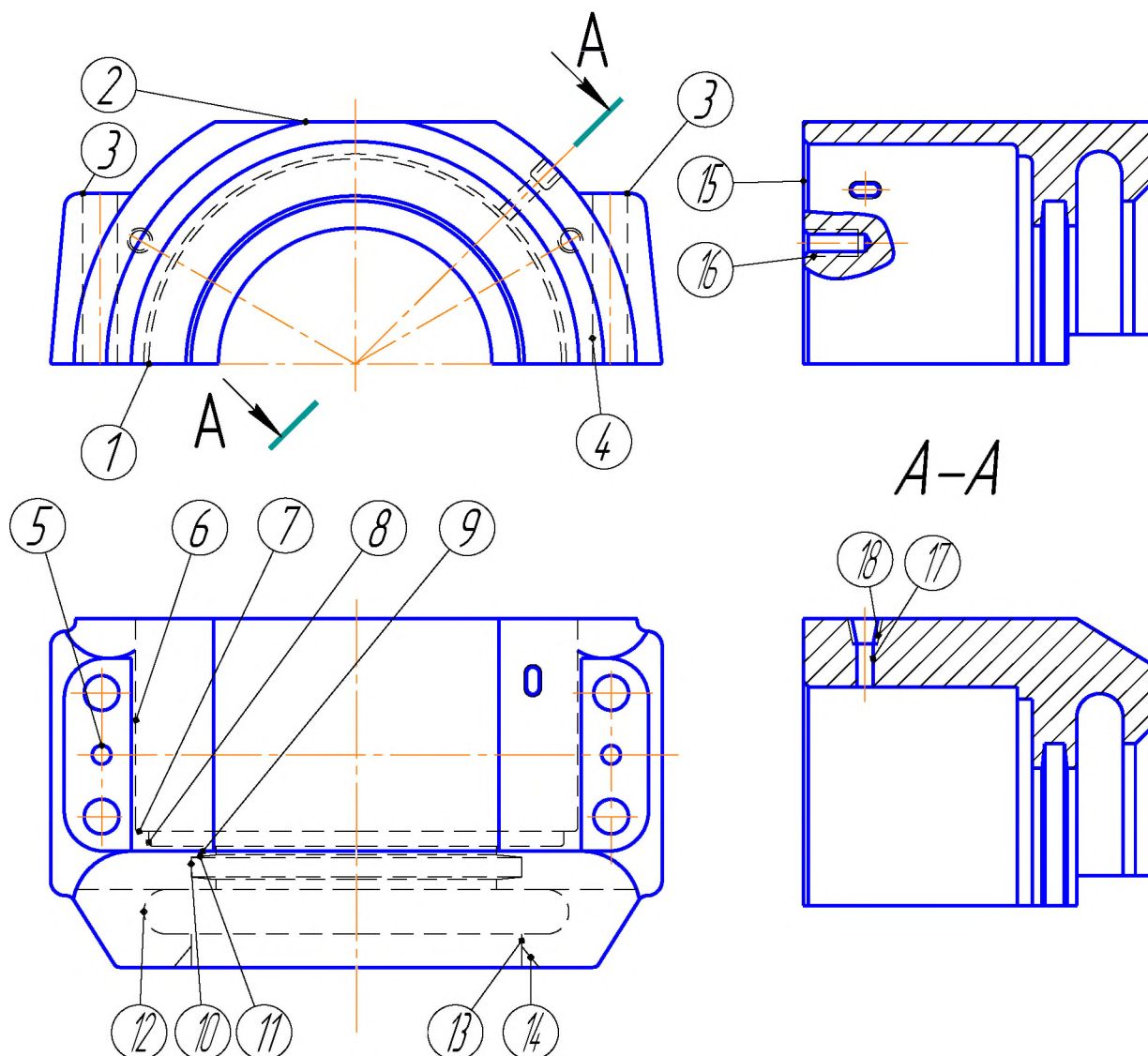


Рисунок 3.1 – Схема деталі з пронумерованими поверхнями

Аналізуючи якості поверхонь деталі кришка підшипника, визначаємо основні та допоміжні поверхні.

Основні поверхні визначають положення деталі у складальному вузлі – це два центральні отвори $\text{Ø}12\text{H}7$, $R_a=1,6$ мкм та площина основи, розміром 180×400 мм, $R_a=0,8$ мкм.

Допоміжні поверхні визначають положення деталей, що приєднуються до даної деталі – це отвір $\text{Ø}290\text{H}8$, $R_a=1,6$ мкм (визначає положення підшипника кочення), отвір $\text{Ø}216$, $R_a=0,8$ мкм (визначає положення гумового ущільнення), п'ять різьбових отвори $\text{M}16 \text{H}7$, $R_a=6,3$ мкм на торцевій поверхні $\text{Ø}370$ мм (визначають положення приєднувальної кришки), чотири отвори $\text{Ø}12 \text{H}8$, $R_a=6,3$ мкм (технологічні).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ

Арк.

Аналіз вимог до точності, шорсткості та відхилення поверхонь приведений в табл. 3.3. Поверхневий шар деталі після механічної обробки пластично деформований, тому фізичний стан в основному характеризується деформованими змінами в ньому наслідком яких є його деформаційна міцність. Деформаційна міцність поверхневого шару залежить від режимів різання, геометрії ріжучого інструменту, його зношення та інших умов обробки. З підвищенням твердості оброблювального матеріалу зменшується об'єм, що підлягає пластичній деформації. Чим м'якіша сталь, тим глибше розповсюджується пластична деформація.

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь на кресленні представлена головним видом, видом зверху, профільним розрізом на виді зліва, та розрізом А-А, чого цілком достатньо для визначення конфігурації деталі і її поверхонь.

На кресленні всі поверхні мають розміри з необхідними відхиленнями, зазначенням шорсткості оброблювальних поверхонь та їх допустимих відхилень від взаємного положення.

Незазначені граничні відхилення приведені в технічних вимогах креслення:

- для валів – по $h14$;
- для отворів по $H14$;
- для лінійних розмірів – по $\frac{IT12}{2}$.

Проаналізувавши креслення, я прийшов до висновку, що воно не за всіма показниками відповідає вимогам ЄСКД:

- позначення видів не повинні підкреслюватись;
- шорсткість поверхонь не відповідає нормальному ряду;
- розміри відповідають нормальному ряду.

Креслення деталі не містить усіх необхідних даних про матеріал, термічну обробку, застосовані захисні та декоративні покриття, масу деталі. Деякі ці параметри ми визначаємо самостійно, провівши аналіз призначення та умови роботи деталі – призначаємо матеріал 35Л, застосування термічної обробки та відсутність декоративного покриття.

Технічні умови даного робочого креслення не містять інформацію про твердість та заміну матеріалу

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь кришка підшипника виготовлена із сталі 35Л литтям, тип виробництва даної деталі – серійне (N=1000 шт.), маса дорівнює 39 кг, деталь має середню ступінь складності.

Проаналізувавши характеристики деталі можна з впевненістю сказати, що найбільш продуктивним та економічним методом отримання заготовки є лиття в піщано-глинисті форми.

Деталь має дві розвинуті базові поверхні для встановлювання та базування – це площина основи розміром 400x180 мм та два отвори діаметром 12 Н7 мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кришка підшипника є жорсткою деталлю і передбачає можливість використання одночасно декількох різальних інструментів та підвищених режимів різання.

При обробці та вимірювання деталі можливе вільне підведення різального та вимірювального інструмента, тому що деталь не має замкнутих і закритих поверхонь, можливе використання багатоінструментальної обробки.

Необхідна точність та шорсткість поверхонь деталі досягається при використанні верстатів і оснащення нормальної точності.

Нетехнологічним конструктивним елементом деталі є конусний отвір К 1/4".

Конфігурація деталі дозволяє виконувати обробку усіх плоских площин на прохід. Деякі площини розташовуються паралельно або перпендикулярно одна до одної, що суттєво полегшує обробку деталі різанням.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання металу $K_{\text{вм}}$, визначаємо по формулі:

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

де Q_d – маса деталі, кг;

Q_s – маса заготовки, кг.

Підставивши необхідні данні до формули (3.1) отримаємо:

$$K_{\text{вм}} = \frac{39}{42} \cdot 100\% = 93\%$$

Визначимо середню точність IT , середню шорсткість Ra і коефіцієнт уніфікації $K_{\text{ун}}$.

Середня точність IT визначається 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.

$$IT_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot 12 + 1 \cdot 10 + 4 \cdot 8 + 2 \cdot 7}{19} = 11,8$$

Середня шорсткість Ra , 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:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ					

$$R_{аср} = \frac{12,5 \cdot 8 + 6,3 \cdot 6 + 3,2 \cdot 2 + 1,6 \cdot 1 + 0,8 \cdot 2}{19} = 7,75$$

Коефіцієнт уніфікації, $K_{ун}$ визначимо по формулі:

$$K_{ун} = \frac{\Pi_{ун}}{N}, \quad (3.4)$$

де $\Pi_{ун}$ – кількість уніфікованих розмірів

N - загальна кількість розмірів

$$K_{ун} = \frac{9}{19} \cdot 100\% = 0,47 \cdot 100\% = 47\%$$

Кількісний аналіз технологічності показав, що деталь технологічна за показниками використання матеріалу, точності та шорсткості, а за показниками уніфікації – не технологічна.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Визначаємо коефіцієнтом закріплення операцій та тип виробництва для ділянки з трьома верстатами на яких виконуються операції.

$N = 1000$ шт. – річна програма випуску.

Припустимо, що виробництво – середньосерійне.

Штучно-калькуляційний час операцій складає:

$$T_{шт.к.} = 25,43 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.к.} = 1,05 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.к.} = 37 \text{ хв.}$$

Можливе число операцій на кожному верстаті:

$$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_{з.н.}}{T_{шт.к.} \cdot N}, \quad (3.5)$$

де N – річна програма випуску деталей = 1000 шт/рік;

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

$\eta_{з.н.} = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження верстатів;

$$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{25,43 \cdot 1000} = 0,41$$

$$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{1,05 \cdot 1000} = 10,04$$

$$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{37 \cdot 1000} = 0,28$$

Загальне число операцій, виконуваних на ділянці протягом одного місяця:

$$\Sigma \Pi_{oi} = \Pi_{o1} + \Pi_{o2} + \Pi_{o3} + \dots + \Pi_{on} \quad (3.6)$$

$$\Sigma \Pi_{oi} = 0,41 + 10,04 + 0,28 = 10,73$$

Кількість робітників, які обслуговують кожен верстат окремо (при роботі в одну зміну):

$$p = 0,96 \cdot \eta_{з.н.} \quad (3.7)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$$

Явочна кількість робітників на ділянці (при роботі в одну зміну):

$$\Sigma p_i = 0,77 + 0,77 + 0,77 = 2,31$$

Коефіцієнт закріплення операцій для всіх різновидів серійного виробництва:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma P_{oi}}{\Sigma P_i}, \quad (3.8)$$

$$K_{з.о.} = \frac{10,73}{2,31} = 4,6$$

Виробництво багатосерійне, метод роботи перемінно-поточний.

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

У якості базового використовуємо заводський технологічний процес ТОВ «Ливарно-механічний завод».

Типовий технологічний процес представимо у вигляді рисунку 3.2.

Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование (наименование)	Приспособление и вспомогательный инструмент (наименование)
I	Контрольная	-	-
1	Проверить геометрические параметры отливки, наличие припусков под мех. обработку.		
II	Разметочная ИОТ № ОТ.102.07.03	плита разметочная	-
1	Разметить плоскость разъема.		
2	Разметить плоскость «К» под обработку, площадки в размер 112.		
III	Фрезерная ИОТ № ОТ.102.23.02	вертикально-	-
A	Установить, выверить, закрепить.	фрезерный станок	
1	Фрезеровать плоскость разъема.	654	
B	Переустановить, выверить, закрепить.		
2	Фрезеровать плоскость «К» в размер 160.		
3	Фрезеровать площадки под болты до чистоты $12,5 \sqrt{}$, контролируя размер 112.		
IV	Разметочная ИОТ № ОТ.102.07.03	плита разметочная	-
1	Разметить 4 отв. Ø22, отв. под $K \frac{1}{4}$ " труб.		
V	Контрольная	-	-
1	Контроль ОТК.		
2	Маркировать.		
Дальнейшая технология обработки см. черт. 2-8282А/1			
Корпус подшипника.			
		Разработал	Фамилия технолога Самокиш Т.Н.

Рисунок 3.2 – Заводський технологічний процес

					КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Основні способи отримання заготовок – лиття, обробка тиском, сварка. Спосіб отримання тієї чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі, а також від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших факторів.

Розробка технологічних процесів виготовлення заготовок повинна здійснюватись на основі технічного і економічного принципів. Відповідно технічному принципу вибраний технологічний процес повинен повністю забезпечувати виконання всіх вимог креслення і технічних умов на заготовку. Відповідно економічному принципу виготовлення заготовки повинно бути з мінімальними виробничими витратами.

В залежності від конструкції деталі та технічних вимог встановлюють основні фактори, які визначають вибір виду заготовки і технології її виготовлення:

- Форма і розміри заготовки;
- Необхідна точність і якість поверхневого шару;
- Технологічні властивості матеріалу;
- Річна програма випуску;
- Виробничі можливості підприємства.

На етапі вибору оптимального способу одержання заготовки використовуємо матрицею впливу факторів, що представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготівлі	Фактори					Сума
	Форма і розміри заготовки	Необхідна точність і якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	
Лиття в піщано-глинисті форми	+	+	+	+	+	5
Лиття в кокіль	+	+	+	+	-	4

Проаналізувавши матрицю впливу факторів для одержання заготовки, можна зробити висновок, що більш доцільним та ефективним методом отримання заготовки є лиття в піщано-глинисті форми.

Зробимо техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовки.

В нашому випадку заготовку деталі отримують литтям в піщано-глинисті форми.

Приведені витрати по деталі 3, грн, визначимо по формулі:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З = A + З_о + E_H \cdot З_к + O_з, \quad (3.9)$$

де A – вартість заготовки, грн;

$З_о$ – витрати по операціях механічної обробки, що відрізняються;

E_H – нормативні коефіцієнти ефективності, $E_H = 0,15$;

$З_к$ – поточні капітальні витрати на операцію, грн;

$O_з$ – поточні витрати по експлуатації верстата;

Вартість заготовок визначимо по формулі:

$$A = M \cdot C \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{on} - (M - q) \cdot Ц, \quad (3.10)$$

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.

Тоді:

$$A_{n-2} = 42 \cdot 42,52 \cdot 1,06 \cdot 0,82 - (42 - 39) \cdot 5 = 1537,25 \text{ грн.};$$

$$A_k = 40,8 \cdot 42,52 \cdot 1,06 \cdot 0,81 - (40,8 - 39) \cdot 5 = 1480,51 \text{ грн.}$$

Зробивши техніко-економічне обґрунтування методів отримання заготовки, можна зробити висновок, що більш прийнятним та дешевшим є лиття в кокіль. Даний метод зменшує собівартість деталі, вимагає менших затрат на заробітну плату робітників, поточні затрати по експлуатації верстатів, питомі годинні затрати на операції. Але з точки зору виробничих можливостей підприємства та програми випуску деталей (500 шт/рік) обираємо лиття в піщано-глинисті форми.

3.2.2 Проектування заготовок

Деталь типу кришка підшипника є відливкою в піщано-глинисті форми з використанням трьохступінчатого стрижня.

Таблиця 3.5 – Дані проектування виливки в піщано-глинисті форми

Номинальний розмір	Характеристика поверхні		Допуск лінійних розмірів	Граничні відхилення	Основний припуск	Розмір заготовки
	Квалітет	Шорсткість				
112 мм	IT14	0,8/12,5	2,0	±1,0	3,6/2,8	118,4±1,0
160 мм	IT14	0,8/12,5	2,0	±1,0	3,6/2,8	166,4±1,0
230 мм	IT14	3,2	2,2	±1,1	3,2	233,2±1,1
Ø182 мм	H8	6,3	2,2	±1,1	3,2	178,8±1,1
Ø273 мм	H12	12,5	2,4	±1,2	3,2	269,8±1,2
Ø290 мм	H7	1,6	2,4	±1,2	4,0	286±1,2

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

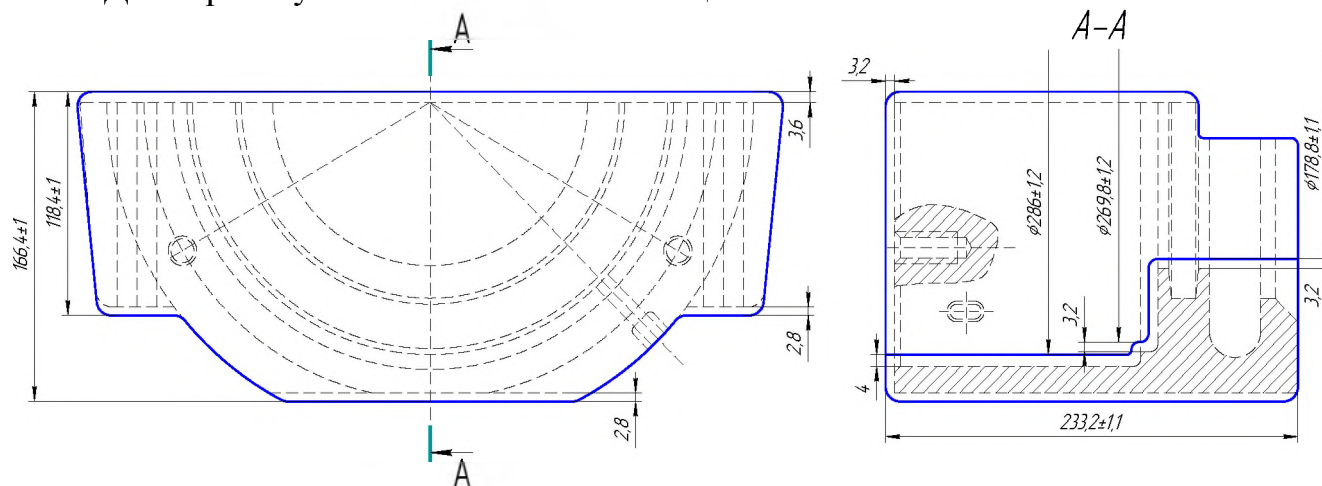
Клас точності розмірів та мас, а також ряди припусків на механічну обробку виливки:

$$\frac{7T-12}{2-4} = \frac{9}{3},$$

де 9 – клас точності розмірів та мас;

3 – ряд припусків.

Дані проектування заносимо в таблицю 3.5.



1. Можлива заміна матеріалу на сталь 30Л, 40Л, 45Л.
2. Поверхню виливки дробеструїти.
3. Неказані формувачні кути $1^{\circ}31'$.
4. Неказані либарні градіуси 10 мм.
5. Контролювати 20% виливок.

Рисунок 3.3 – Схема заготовки деталі кришка підшипника

Для проектування другого виду заготовки ми використовуємо лиття в кокіль з використанням трьохступінчатого стрижню.

Клас точності розмірів та мас, а також ряди припусків на механічну обробку виливки:

$$\frac{5-11T}{1-3} = \frac{8}{2},$$

де 8 – клас точності розмірів та мас;

2 – ряд припусків.

Дані проектування заносимо в таблицю 3.6

Таблиця 3.6 – Дані проектування виливки в кокіль

Номінальний розмір	Характеристика поверхні		Допуск лінійних розмірів	Граничні відхилення	Основний припуск	Розмір заготовки
	Квалітет	Шорсткість				
112 мм	IT14	0,8/12,5	1,6	±0,8	2,8/2,0	116,8±0,8
160 мм	IT14	0,8/12,5	1,6	±0,8	2,8/2,0	164,8±0,8
230 мм	IT14	3,2	1,8	±0,9	3,2	233,2±0,9
Ø182 мм	H8	6,3	1,8	±0,9	2,4	179,6±0,9
Ø273 мм	H12	12,5	2,0	±1,0	2,4	270,6±1,0
Ø290 мм	H7	1,6	2,0	±1,0	3,2	286,8±1,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ

Арк.

- площина симетрії кришки – направляюча база;
- поверхня торця – опорна база.

Базування заготовки по скритій направляючій базі на першій операції можливо здійснити шляхом використання самоцентрувального пристосування або за допомогою (підпружиненої) плаваючої призми, а також шляхом встановлювання заготовки по розмітці.

Схема встановлювання кришки підшипника на першій операції представлена на рисунку 3.5.

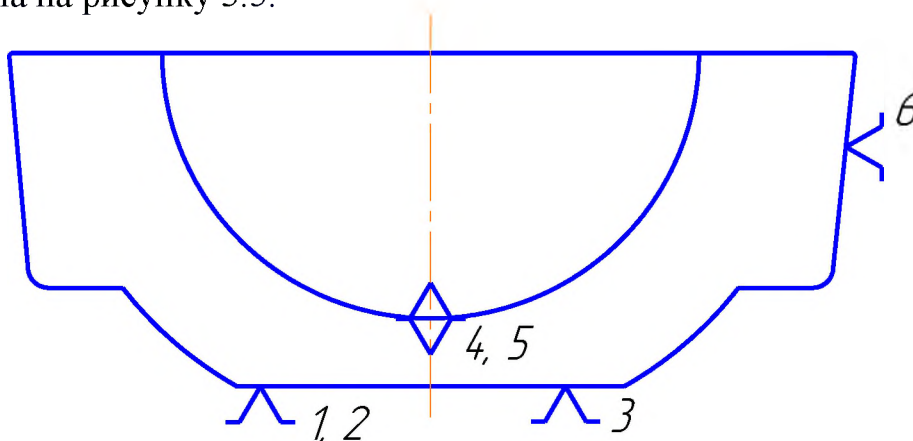


Рисунок 3.5 – Схема базування кришки підшипника на першій операції

Схема базування деталі на наступних операціях може бути наступною:

- площина основи – установочна база;
- торцева поверхня – направляюча база;
- два отвори – опорна база.

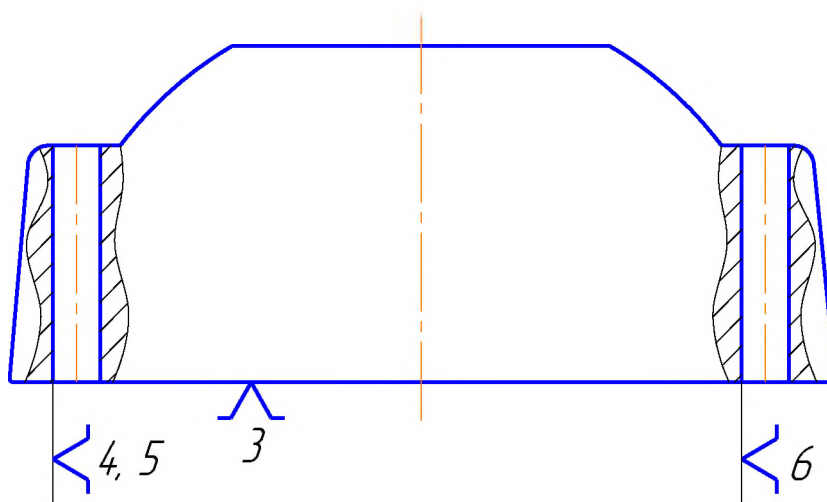


Рисунок 3.6 – Схема базування кришки підшипника на останніх операціях

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На всі поверхні, що підлягають механічній обробці визначимо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності й шорсткості.

Послідовність обробки поверхонь приводимо в таблиці 3.7.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Послідовність обробки поверхонь

№ пов., розмір, мм	Найменування переходів	Шорсткість R _a , мкм	Точність IT	Допуск T, мкм
1	2	3	4	5
1 112	Фрезерування чорнове	6,3	12	0,35
	напівчистове	3,2	10	0,14
	чистове	1,6	9	0,087
	тонке	0,8	8	0,054
2 160	Фрезерування чорнове	12,5	14	1,0
3, 3' 112	Фрезерування чорнове	12,5	14	0,87
4 Ø22	Свердління зенківка	12,5	H8	0,033
5 Ø12	Свердління зенківка	12,5	H10	0,07
6 Ø290	Розточування чорнове	6,3	H10	0,13
	напівчистове	3,2	H9	0,07
	чистове	1,6	H7	0,062
7 140	Розточування чорнове	6,3	14	1,0
	напівчистове	3,2	12	0,4
8 Ø273	Розточування чорнове	12,5	H14	0,081
9 Ø182	Розточування напівчистове	6,3	H8	0,072
10 Ø216	Розточування чорнове	6,3	H12	0,46
	напівчистове	3,2	H10	0,18
	чистове	1,6	H8	0,072
	тонке	0,8	H7	0,025
11, 17 7	Розточування напівчистове	6,3	14	0,43
12 Ø280	Фрезерування чорнове	12,5	H14	0,081
13 Ø215	Фрезерування чорнове	12,5	H14	0,081
14 12x45°	Точіння фаски	12,5	14	0,43
15 230	Фрезерування чорнове	6,3	14	1,0
	напівчистове	3,2	12	0,25

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.9

№ пов.	1. Назва операції. 2. Верстат. 3. Зміст переходів операції	Інструмент
1	2	3
3	Фрезерна Розточний Juaristi MX5 чорнова	Фреза Seco R217.69-1632.RE-10-3A, пластина – ХОМХ10Т304TR-МЕ07, матеріал пластини МР3000 Лінійка вимірювальна 0-1000 ДСТУ ГОСТ 427:2009
4	Свердлильна Розточний Juaristi MX5 свердління зенкування	Свердло Seco Ø22 SD207A-2200-103- 22R1-P Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 20
5	Свердлильна Розточний Juaristi MX5 свердління зенкування	Свердло Seco Ø22 SD207A-2200-103- 22R1-P Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 20
6	Розточна Розточний Juaristi MX5 чорнова чистова	Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ102 D240-300 d40 K093 L164, пластина ССМТ 09 Т3 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
7	Розточна Розточний Juaristi MX5 чорнова напівчистова	Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ102 D240-300 d40 K093 L164, пластина ССМТ 09 Т3 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
8	Розточна Розточний Juaristi MX5 чорнова	Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ102 D240-300 d40 K093 L164, пластина ССМТ 09 Т3 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
9	Розточна Розточний Juaristi MX5 напівчистова	Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ102 D240-300 d40 K093 L164, пластина ССМТ 09 Т3 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
10	Розточна Розточний Juaristi MX5 чорнова напівчистова чистова тонке	Канавочний різець АККО АІКТ-ІG-R-25- 4-T10-Н, пластина – DGN/GRP-4 (ISCAR)

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.9

1	2	3
11	Розточна Розточний Juaristi MX5 напівчистова	Канавочний різець АККО АІКТ-ІG-R-25-4-Т10-Н, пластина – DGN/GRP-4 (ISCAR)
12	Фрезерна Розточний Juaristi MX5 чорнова	Радіусна фреза Sumitomo WBMR 2000S, пластини – ZNMT 1804100-С, матеріал пластин – АСР 300
13	Фрезерна Розточний Juaristi MX5 чорнова	Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ101 D180-240 d40 K093 L164, пластина CCMT 09 T3 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
15	Фрезерна Розточний Juaristi MX5 Чорнова напівчистова	Фреза торцева Seco R220.54-8200-14-12А, пластина – SNMX1407ANTR, матеріал пластини MP2501 Лінійка вимірювальна 0-1000 ДСТУ ГОСТ 427:2009 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
16	Свердлильна Розточний Juaristi MX5 свердління зенкування нарізання різьби	Свердло Seco Ø5 SD207A-0500-103-05R1-P Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 11 Мітчик Seco M6 MTH-M6X1.00ISO6HX-BC-S002
17	Свердлильна Розточний Juaristi MX5 свердління зенкування	Свердло Seco Ø10,6 SD207A-1060-103-11R1-P Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 10
18	Свердлильна свердління нарізання різьби	Свердло конічне Мітчик кон. 2680-0005 ДСТУ ГОСТ 6227:2009

3.2.7 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків дана кришка підшипника, яка виготовляється зі сталі 35Л. Заготовкою для деталі є вилівка 2-го класу точності. Для розрахунку припусків вибираємо отвір Ø290 H7. Розрахунки ведемо аналітичним методом, при цьому знаходимо розміри для виконання кожного переходу. Деталь буде базуватись на площину основи та два отвори. Відповідно до заданих умов встановлюємо маршрут обробки внутрішнього отвору:

- чорнове розточування;
- напівчистове розточування;
- чистове розточування;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тонке розточування.

Всі дані розрахунку припусків і граничних розмірів заносимо до табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні переходи обробки поверхні	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{пнп}}$, мкм	Розрахунковий розмір, мм.	Допуск на виготовлення, мкм	Граничні значення припусків, мкм	
		R_z	h	Δ	ε				$2d_{\text{min}}$	$2d_{\text{max}}$
Виливка	14	40	100	742	-	-	287,756	1300	287,75	286,45
Розточування										
чорнове	11	20	20	44,52	227	1951	289,707	320	289,7	289,38
напівчистове	11	20	20	1,8	9	170	289,87	320	289,87	289,55
чистове	10	10	10	-	0	83	289,96	210	289,9	289,75
тонке	7	-	-	-	-	40	290	52	290	289,948

Мінімальний припуск $2Z_{\text{min}}$, мм визначимо по формулі [11]:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (3.11)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

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

Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході, мкм;

ε_i – похибка установки заготовки на виконаному переході, мкм;

Визначаємо сумарне відхилення розташування поверхонь Δ , мкм по формулі:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2}, \quad (3.12)$$

Короблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому його перетині, тому:

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} \cdot d)^2 + (\Delta_{\kappa} \cdot l)^2}, \quad (3.13)$$

де Δ_{κ} - питома кривизна (мкм) на 1 мм довжини;

l - довжина отвору;

d - діаметр отвору деталі.

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \cdot 290)^2 + (0,7 \cdot 140)^2} = 225,42 \text{ мкм}$$

Враховуючи те, що сумарне зміщення отвору в відливці відносно зовнішньої її поверхні представляє геометричну суму в двох взаємно перпендикулярних площинах, отримуємо:

$$\Delta_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\kappa}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\nu}}{2}\right)^2} = \sqrt{500^2 + 500^2} = 707 \text{ мкм}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ					

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки дорівнює:

$$\Delta_{\Sigma_3} = \sqrt{225,42^2 + 707^2} = 742 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення після чорнового розточування дорівнює:

$$\Delta_{\Sigma_1} = 0,06 \cdot \Delta_{\Sigma_3} = 0,06 \cdot 742 = 44,52 \text{ мкм}$$

Остаточне просторове відхилення для напівчистового розточування дорівнює:

$$\Delta_{\Sigma_2} = 0,04 \cdot \Delta_{\Sigma_1} = 0,04 \cdot 44,52 = 1,8 \text{ мкм}$$

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки в вертикальній площині при встановлюванні її на штирі пристосування. Перекіс при цьому відбувається за рахунок зазору між найбільшим діаметром отворів і найменшим діаметром штирів.

Найбільший зазор між отворами і штирями $S_{\max} = 0,075$ мм, з урахуванням посадки $\text{Ø}12 \text{ H}7/\text{f}7$. Відстань між отворами $a = 335$ мм. Тоді найбільший кут повороту заготовки на штирях може бути знайденим з відношення:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{a} = \frac{0,075}{335} = 0,00022$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору l :

$$\varepsilon_{\phi} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 140 \cdot 0,00022 = 0,0308 \text{ мм} = 30,8 \text{ мкм}$$

Похибку базування заготовки приймаємо $\varepsilon_{\phi} = 225 \text{ мкм}$. Тоді похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{30,8^2 + 225^2} = 227,09 \text{ мкм}$$

Остаточна похибка при напівчистовому розточуванні дорівнює:

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot \varepsilon_1 = 0,04 \cdot 227,09 = 9,08 \text{ мкм}$$

Для чорнового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left((40 + 160) + \sqrt{742^2 + 226^2} \right) = 1951 \text{ мкм}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left((20 + 20) + \sqrt{44,52^2 + 9^2} \right) = 170 \text{ мкм}$$

Для чистового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left((20 + 20) + \sqrt{1,8^2} \right) = 83 \text{ мкм}$$

Для тонкого розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left((10 + 10) + \sqrt{0^2} \right) = 40 \text{ мкм}$$

Визначимо мінімальні розміри d_{\min} , мм для кожного переходу по формулі:

$$d_{\min_{i-1}} = d_{\min_i} + 2Z_{\min_i}, \quad (3.14)$$

де $d_{\min_{i-1}}$ – розмір, який отримується на попередньому переході, мм;

d_{\min_i} – розмір, який отримується на даному переході, мм;

$2Z_{\min_i}$ – розрахунковий мінімальний припуск кожного технологічного переходу.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ					

$$d_{\min_1} = 290 - 0,052 = 289,948 \text{ мм}$$

$$d_{\min_2} = 289,96 - 0,21 = 289,75 \text{ мм}$$

$$d_{\min_3} = 289,87 - 0,32 = 289,55 \text{ мм}$$

$$d_{\min_4} = 289,7 - 0,32 = 289,38 \text{ мм}$$

$$d_{\min_5} = 287,75 - 1,3 = 286,45 \text{ мм.}$$

Знаходимо граничні розміри d_{\max} , мм, по формулі.

$$d_{\max_i} = d_{\min_i} + Td_i, \quad (3.15)$$

де d_{\min_i} – округлений найменший граничний розмір, мм;

Td_i – допуск на виготовлення, мм.

$$d_{\max_1} = 290 - 0,04 = 289,96 \text{ мм}$$

$$d_{\max_2} = 289,96 - 0,083 = 289,877 \text{ мм};$$

$$d_{\max_3} = 289,877 - 0,17 = 289,707 \text{ мм};$$

$$d_{\max_4} = 289,707 - 1,951 = 287,756 \text{ мм};$$

Граничні значення припусків Z_{\max}^{np} , Z_{\min}^{np} , мм, визначимо по формулах.

$$2Z_{\min}^{np} = d_{\max_i} - d_{\max_{i-1}}, \quad (3.16)$$

$$2Z_{\max}^{np} = d_{\min_i} - d_{\min_{i-1}}, \quad (3.17)$$

де d_{\max_i}, d_{\min_i} – відповідно максимальний і мінімальний діаметр на $i^{\text{ом}}$ переході, мм;

$d_{\max_{i-1}}, d_{\min_{i-1}}$ – відповідно максимальний і мінімальний на попередньому переході, мм.

$$2Z_{\max_1}^{np} = 289,948 - 289,75 = 0,198 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max_2}^{np} = 289,75 - 289,55 = 0,2 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max_3}^{np} = 289,55 - 289,38 = 0,17 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max_4}^{np} = 289,38 - 286,45 = 2,93 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min_1}^{np} = 290 - 289,96 = 0,04 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min_2}^{np} = 289,96 - 289,877 = 0,09 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min_3}^{np} = 289,87 - 289,7 = 0,17 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min_4}^{np} = 289,7 - 287,75 = 1,95 \text{ мм}$$

Для максимальних припусків:

$$Z_{0_{\max}} = \Sigma Z_{\max} \quad (3.18)$$

$$Z_{0_{\max}} = 3,498 \text{ мм}$$

Для мінімальних припусків:

$$Z_{0_{\min}} = \Sigma Z_{\min} \quad (3.19)$$

$$Z_{0_{\min}} = 2,25 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$Z_{0_{\max}} - Z_{0_{\min}} = T_3 - T_0 \quad (3.20)$$

$$Z_{0_{\max}} - Z_{0_{\min}} = 3,498 - 2,25 = 1,248 \text{ мм}$$

$$T_3 - T_0 = 1,3 - 0,052 = 1,248 \text{ мм}$$

Перевірка виконується.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

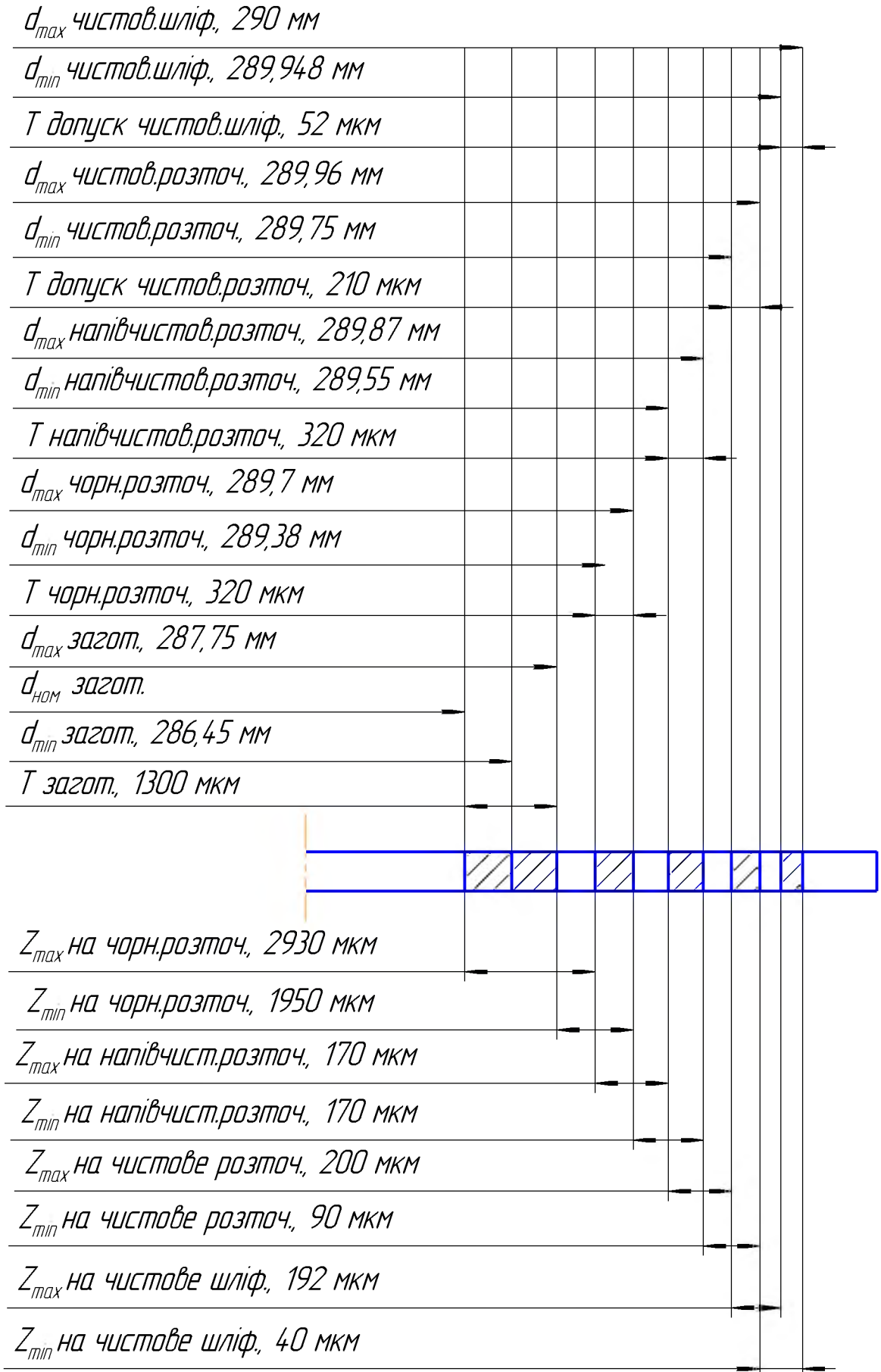


Рисунок 3.7 – Схема графічного зображення припусків і допусків на обробку отвору Ø290H7

					КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.7.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Послідовність обробки торцевих поверхонь кришки корпусу підшипника:

- 005 Фрезерна напівчистова
Фрезерувати торець А
- 010 Розточна напівчистова
Розточити отвір $\varnothing 290H7$ і підрізати торець Б
- 015 Розточна чорнова
Підрізати торець В

№ операції

Розмірна схема технологічного процесу

Схема розмірних ланцюгів

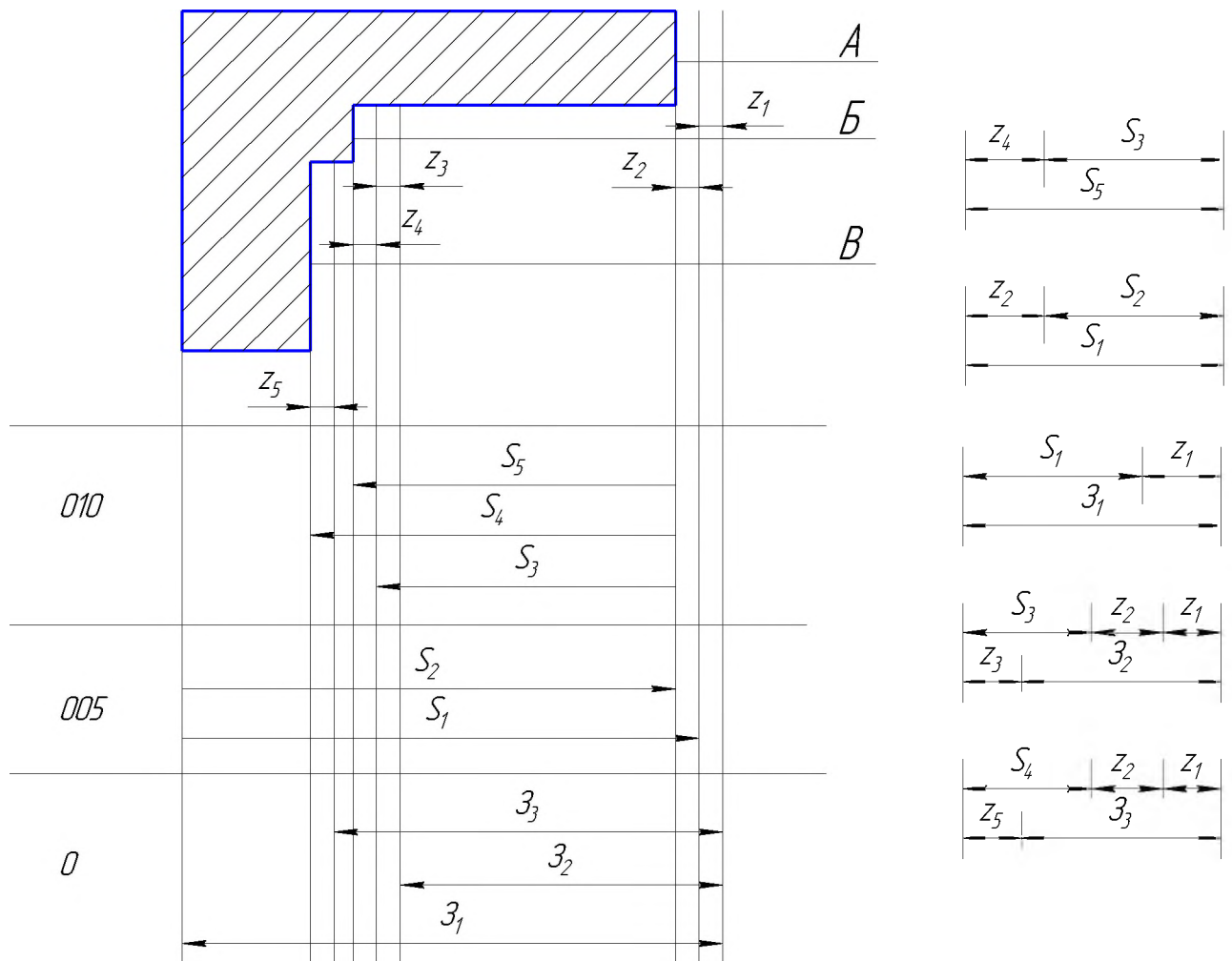


Рисунок 3.8 – Схема послідовності обробки торцевих поверхонь

З таблиці 3.7 виписуємо послідовність обробки торцевих поверхонь, включених, у лінійні розмірні ланцюги й заносимо їх до таблиці 3.11.

					КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11 – Обробка торцевих поверхонь

№ пов.	Послідовність обробки поверхні	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T , мм	Припуск t , мм	Позначення припуску
A	Заготовка	50	14	1,6		-
z_1	Чорнова	6,3	12	1,0	1,5	-
z_2	Напівчистова	3,2	11	0,25	1	-
B	Заготовка	50	14	1,6		-
z_3	Чорнова	6,3	12	0,52	1,5	-
z_4	Напівчистова	3,2	10	0,13	1	-
B	Заготовка	50	14	1,6		-
z_5	Чорнова	12,5	12	0,87	1	-

Таблиця 3.12 – Розрахунок припусків на обробку

№ ланцюга	Вихідні дані	Рівняння розмірного ланцюга, номінальні значення	Допуск, розміру T , мм	Міжопераційний розмір з допуском	Уточнені значення припуску
1	$S_3 = 139$ $Z_4 = 1$	$S_5 = S_3 + Z_4 = 139 + 1 = 140$	0,13	$140 \pm 0,065$	$Z_4 = S_5 - S_3$ $Z_4 = 140 \pm 0,065 - 139 =$ $= 1 \pm 0,065$
2	$S_2 = 180$ $Z_2 = 1$	$S_1 = S_2 + Z_2 = 180 + 1 = 181$	0,25	$181 \pm 0,125$	$Z_2 = S_1 - S_2$ $Z_2 = 181 \pm 0,125 - 180 =$ $= 1 \pm 0,125$
3	$S_1 = 181 \pm 0,125$ $Z_1 = 1,5$	$S_3 = S_1 + Z_1 = 181 + 1,5 = 182,5$	1,0	$182,5 \pm 0,5$	$Z_1 = S_3 - S_1$ $Z_1 = 182,5 \pm 0,5 -$ $- 181 \pm 0,125 =$ $= 1,5 \pm 0,625$
4	$S_3 = 139$ $Z_1 = 1,5 \pm 0,625$ $Z_2 = 1 \pm 0,125$ $Z_3 = 1,5$	$S_2 + Z_3 = S_3 + Z_1 + Z_2$ $S_2 = S_3 + Z_1 + Z_2 - Z_3 = 140$	0,52	$140 \pm 0,26$	$Z_4 = S_5 - S_3$ $Z_4 = 140 - 139 = 1 \pm 0,065$
5	$S_4 = 150$ $Z_1 = 1,5 \pm 0,625$ $Z_2 = 1 \pm 0,125$ $Z_5 = 1$	$S_3 + Z_5 = S_4 + Z_1 + Z_2$ $S_3 = S_4 + Z_1 + Z_2 - Z_5 = 151,5$	0,87	$151,5 \pm 0,435$	$Z_5 = S_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3$ $Z_5 = 150 + 1,5 \pm 0,625 +$ $+ 1 \pm 0,125 - 151,5 \pm 0,435 =$ $= 1 \pm 0,315$

3.2.7.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

На основі таблиці 3.7 і розрахунків заповнимо таблицю 3.13 на всі поверхні.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.13 – Міжопераційні розміри з допусками

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T, мм	Припуск, t	Міжоперац. розмір з допусками
1	2	3	4	5	6	7
1	Фрезерування: чорнове	6,3	12	0,35	2,0	114±0,175
	напівчистове	3,2	10	0,14	1,5	113,5±0,07
	чистове	1,6	9	0,087	1	113±0,0435
	тонке	0,8	8	0,054	0,5	112,5±0,027
2	Фрезерування: чорнове	12,5	14	1,0	1	161±0,5
3	Фрезерування: чорнове	12,5	14	1,0	1	113±0,5
4	Свердління: зенківка	12,5	H8	0,033	-	-
5	Свердління: зенківка	12,5	H10	0,07	-	-
6	Розточування: чорнове	6,3	H10	0,21	2	288±0,105
	напівчистове	3,2	H9	0,13	1,5	288,5±0,065
	чистове	1,6	H7	0,062	1	289±0,031
7	Розточування: чорнове	6,3	14	0,4	1,5	141,5±0,2
	напівчистове	3,2	12	0,12	1	141±0,06
8	Фрезерування: чорнове	12,5	H14	0,87	1	272±0,435
9	Розточування: напівчистове	6,3	H8	0,077	1	181±0,036
10	Розточування: чорнове	6,3	H12	0,46	2	214±0,23
	напівчистове	3,2	H10	0,18	1,5	214,5±0,09
	чистове	1,6	H8	0,072	1	215±0,036
	тонке	0,8	H7	0,025	0,5	215,5±0,0125
11	Розточування: напівчистове	6,3	H14	0,43	1	18,7±0,215
12	Фрезерування: чорнове	12,5	H14	0,87	1	279±0,435
13	Фрезерування: чорнове	12,5	H14	0,87	1	214±0,435
14	Точіння фаски	12,5	H14	0,43	-	-

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.13

1	2	3	4	5	6	7
15	Фрезерування:					
	чорнове	6,3	12	0,35	1,5	231,5±0,175
	напівчистове	3,2	11	0,25	1	231±0,125
16	Свердління:					
	Зенківка	12,5	H10	0,07	-	-
	Нарізання різьблення	6,3	H8	0,027		
17	Свердління: зенківка	12,5	H10	0,07	-	-
18	Свердління: Нарізання різьблення	12,5 6,3	H14 H12	-	-	-

3.2.8 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розраховуємо режими різання на фрезерну операцію 005.

Вихідні дані:

- Оброблюваний матеріал – сталь 35Л;
- Верстат розточний Juaristi MX5;
- Число обертів шпинделя, об/хв.: 31,5; 40; 50; 60; 70; 80; 100; 110; 120; 160; 180; 200; 230; 260; 280; 300; 315; 320; 400; 480; 500; 600; 700; 800; 1000; 1250; 1300; 1500; 1600;
- Подача, мм/хв.: 10, 18, 20, 26, 30,36, 40, 60, 80, 100, 110, 120, 130, 135, 140, 160, 180, 200, 260, 280, 290, 315, 320, 400, 500, 600, 800, 1000, 1250, 1300, 1600, 1800, 2000;
- Потужність електродвигуна: 37 кВт;
- Діаметр фрези 250 мм, B=25мм, d=50мм, z=26 шт.

Розраховуємо подачу на 1 зуб:

$$S_z = \frac{S}{z} \quad (3.21)$$

де $S = 0,7$ мм/об, подача на оберт;

z - кількість зубів фрези

$$S_z = \frac{0,7}{26} = 0,03 \text{ мм/зуб}$$

Швидкість різання:

$$v_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (3.22)$$

де $C_v = 64,7$ - коефіцієнт швидкості;

$q = 0,25$; $y = 0,2$; $m = 0,2$; $x = 0,1$; $u = 0,15$; $p = 0$ - показники ступеня;

T – період стійкості інструмента, 240 хв.;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, визначаємо по формулі:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Uv} \cdot K_{mv}, \quad (3.23)$$

де $K_{Mv} = 1$ – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{Uv} = 1$ – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту;

$K_{mv} = 1$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки.

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді:

$$v = \frac{64,7 \cdot 250^{0,25}}{240^{0,2} \cdot 0,9^{0,1} \cdot 0,03^{0,2} \cdot 25^{0,15} \cdot 26^0} \cdot 1 = 109,47 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо $v = 110$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (3.24)$$

де v – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр фрези, мм.

Підставивши значення до формули (3.24), отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 110}{3,14 \cdot 250} = 140,13 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 160$ об/хв.

Розраховуємо головну складову сили різання при фрезеруванні – окружну силу P_z , Н, яка розраховується по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (3.25)$$

де z – кількість зубів фрези;

n – частота обертів фрези;

$C_p = 82,5$; $q = 1,1$; $y = 0,8$; $w = 0$; $x = 0,95$; $u = 1,1$; $K_m = 1$

Підставивши значення до формули (3.25), отримаємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 0,9^{0,95} \cdot 0,03^{0,8} \cdot 25^{1,1} \cdot 26}{250^{1,1} \cdot 160^0} \cdot 1 = 92,026 \text{ Н}$$

Визначимо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (3.26)$$

де D – діаметр фрези.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = \frac{92,026 \cdot 250}{200} = 115,03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо ефективну потужність різання по формулі:

$$N_e = \frac{P_z \cdot N}{1020 \cdot 60}, \quad (3.27)$$

$$N_e = \frac{92,026 \cdot 110}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

На інші операції та переходи режимами різання назначаються табличним способом.

Розраховуємо основний час на фрезерну операцію:

Фрезерування чорнове: $T_{01} = 6 \cdot l = 6 \cdot 400 = 2,4 \text{ хв.}$

Фрезерування чистове: $T_{02} = 4 \cdot l = 4 \cdot 400 = 1,6 \text{ хв.}$

Фрезерування тонке: $T_{03} = 2,5 \cdot l = 2,5 \cdot 400 = 1 \text{ хв.}$

Допоміжний час: $T_{\phi} = 2,65 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час, $T_{шт.к.}$: $T_{01} = 2,4 \cdot 1,84 = 4,42 \text{ хв.}$

$T_{02} = 1,6 \cdot 1,84 = 2,94 \text{ хв.}$

$T_{03} = 1 \cdot 2,1 = 2,1 \text{ хв.}$

На всі інші операції розраховується тільки основний час, а інші складові вибираються табличним способом (табл. 3.14).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТПВВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.14 – Режими різання і норми часу на технологічні операції

№ операції	1. Найменування операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	Ескіз операції	Інструмент	Режими різання							Норми часу				
				D	l	t	S	V	n	i	T _о	T _д	T _{отд} T _{обс}	T _{шт}	T _{шт.к}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	Багатоцільова Верстат розточний Juaristi MX5 Установ А Фрезерувати поверхню 1 в розмір 112±0,026.	<p>Установ А</p>	<p>Фреза торцева Seco R220.54-8200-14-12A, пластина – SNMX1407ANTR, матеріал пластини MP2501</p> <p>Фреза Seco R217.69-1632.RE-10-3A, пластина – XOMX10T304TR-ME07, матеріал пластини MP3000</p> <p>Лінійка вимірювальна 0-1000 ДСТУ ГОСТ 427:2009</p>		112	1,0	0,07	260	180	1	2,4	2,65	6,5	2,75	4,56
	Установ Б Переустановити деталь Фрезерувати поверхню 2 в розмір 160±0,5 начорно. Фрезерувати поверхню 3 в розмір 112±0,435 начорно	<p>Установ Б</p>	<p>Лінійка вимірювальна 0-1000 ДСТУ ГОСТ 427:2009</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009</p>		160 112	0,9 0,9	0,37 0,37	260 240	135 150	1 1					

Змін.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

КНУ.КМР.13124.1-19.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.14

Змін.	
Арк.	
№ докум.	
Гідопис	
Дата	
КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТТВВ	
Арк.	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
005	<p>Установ Б</p> <p>Свердли 4 отвори 4 в розмір $\varnothing 22 \pm 0,0165$.</p> <p>Свердли 2 отвори 5 в розмір $\varnothing 12 \pm 0,035$.</p> <p>Зенкувати отвір 6 в розмір $\varnothing 10,6 \pm 0,035$.</p> <p>Свердли конусний отвір 6.</p> <p>Зенкувати отвір 6.</p> <p>Нарізати трубну конусну різьбу К 1/4"</p>		<p>Свердло Seco $\varnothing 22$ SD207A-2200-103-22R1-P</p> <p>Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 20</p> <p>Свердло Seco $\varnothing 10,6$ SD207A-1060-103-11R1-P</p> <p>Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 10</p> <p>Свердло конічне Мітчик кон. 2680-0005</p> <p>ДСТУ ГОСТ 6227:2009</p>												
				12	112	4,9	0,1	110	355	1					
				10,6	112	3,5	0,08	120	362	1					
				10,6	35	0,05	0,02	220	360	1	0,35	1,16	5	2,32	12,5
					16	0,06	0,1	250	310	1					
					16	0,06	0,1	100	158	1					

Продовження таблиці 3.14

Змі.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
					005	<p>Установ В</p> <p>Переустановити деталь</p> <p>Розточити тонко канавку 10 в розмір $\varnothing 216 \pm 0,0125$</p> <p>Розточити напівчисто канавку 11 в розмір $17,7 \pm 0,215$</p> <p>Фрезерувати отвір 12 в розмір $\varnothing 280 \pm 0,0405$</p> <p>Фрезерувати циліндричну поверхню 13 в розмір $\varnothing 215 \pm 0,0405$</p> <p>Свердлити 5 отворів 11 в розмір $\varnothing 11 \pm 0,0165$.</p> <p>Зенкувати отвори 11</p> <p>Нарізати різьбу М6 в 5 отворах 11</p>		<p>Свердло Seco $\varnothing 5$ SD207A-0500-103-05R1-P</p> <p>Зенківка конічна YATO HEX- 1/4" 11</p> <p>Мітчик Seco M6 MTH- M6X1.00ISO6HX-BC- S002</p> <p>Регульована розточна голівка ТЕКНІК THB102 D240-300 d40 K093 L164, пластина CCMT 09 T3</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-П- 250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009</p>																		
									182	30	6,3	0,2	160	210	1											
									216	17,7	5,2	0,21	180	250	1											
										17,7	2,3	0,08	315	500	1	0,8	1,6	5	1,28	39,9						
									280	30	2,4	0,09	400	350	1											
									215	5	2,4	0,08	300	500	1											

КНУ.КМР.131.24.1-19.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.14

Змін.				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Арк. № докум. Підпис Дата	005 Установ Г Переустановити деталь Фрезерувати напівчисто торець 15 в розмір 230±0,125 Розточити отвір 6 Начисто в розмір Ø290±0,031 Підрізати напівчисто торець 7 в розмір 140±0,54 Розточити начорно отвір 8 в розмір Ø273±0,0405		Канавочний різець АККО АІКТ-ІG-R-25-4-T10-H, пластина – DGN/GRP-4 (ISCAR) Радіусна фреза Sumitomo WBMР 2000S, пластини – ZNMT 1804100-C, матеріал пластин – АСР 300 Регульована розточна голівка ТЕКНІК ТНВ101 D180-240 d40 K093 L164, пластина ССМТ 09 Т3 Штангенциркуль ШЦ-П- 250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Фреза торцева Seco R220.54-8200-14-12А, пластина – SNMX1407АНTR, матеріал пластини MP2501 Лінійка вимірювальна 0- 1000 ДСТУ ГОСТ 427:2009 Штангенциркуль ШЦ-П- 250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009												
КНУ.КМР.13124.1-19.03.ТТБВ				370	160	4,9	0,1	100	450	1					
Арк.				14,5	40	3,5	0,1	200	350	1					
				16	36	3,5	0,2	105	200	1	0,8	1,16	5	1,28	39,9
				290	140	2,6	0,09	400	500	1					
				273	10	1,8	0,06	300	400	1					

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Вихідні дані:

Операція свердлильна з ЧПК.

Деталь – Кришка підшипника.

Матеріал – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018.

Точність обробки – Н14.

Шорсткість поверхні – Ra 12,5 мкм.

Верстат моделі Juaristi MX5 (рис. 4.2).

Система ЧПК – HEIDENHAIN TNC 530.

Зміст операції:

- 1) Центрувати 5 отворів;
 - 2) Свердлити 5 отворів;
 - 3) Зенкерувати 5 отворів.
 - 4) Нарізання різьблення в 5 отворах М16;
- Координати точок приводимо в таблиці 9.1.
Ескіз обробки отворів приведений на рисунку 9.1.

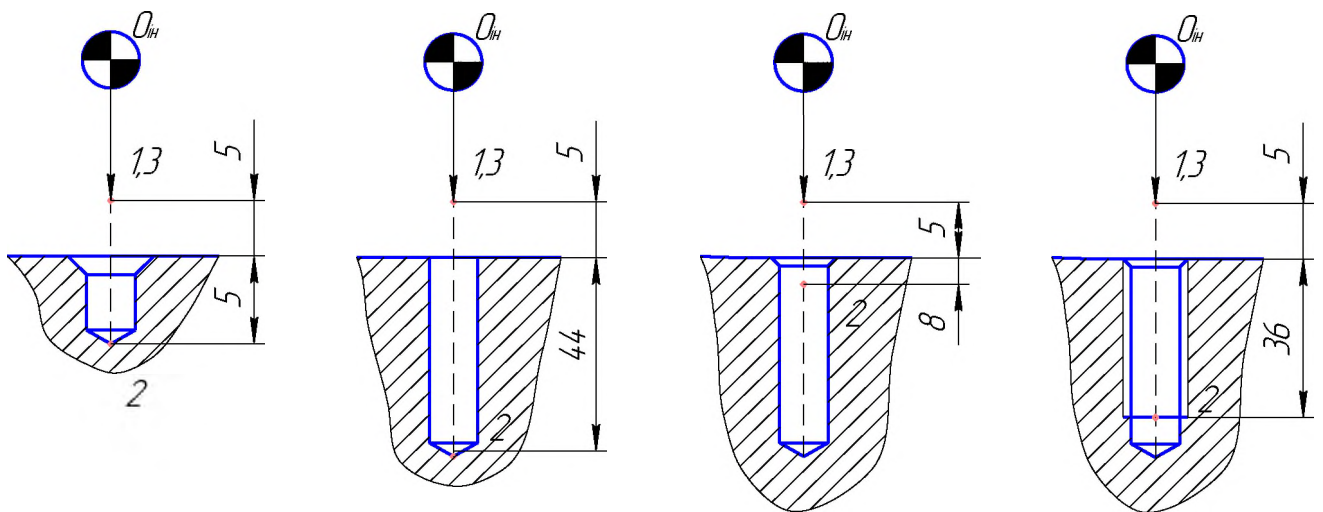


Рисунок 4.1 – Ескіз обробки отворів

Технічна характеристика розточувального верстата Juaristi MX5 наведена в табл. 4.1. Робочі органи верстата показані на рис. 4.3.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд розточувального верстата Juaristi MX5

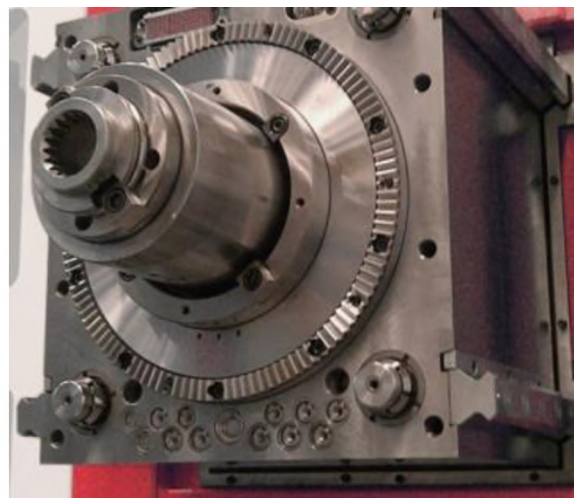


Рисунок 4.3 – Робочі органи верстату

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата

Характеристика	Значення
Тип розточувального верстата	рухома колона
Тип напрямних	кочення
Кількість осей	5
Переміщення по осі X, мм	4000
Переміщення по осі Y, мм	2000/4000
Переміщення по осі Z, мм	1200
Максимальні обороти шпинделя, об/хв	3000/3500
Максимальна потужність шпинделя, кВт	46/51
Крутний момент шпинделя, Нм	2250/3225
Діаметр розточувального шпинделя, мм	130/160
Інструментальний магазин	120 позицій
Вага верстата, кг	35000
Габаритні розміри (Д/Ш/В), мм	10 000 x 5 000 x 5 000
Керування	HEIDENHAIN TNC 530

4.1.1 Підбір різального інструменту

Розглянемо детально раніше підібраний металорізальний інструмент (рис. 4.4-4.5), який будемо використовувати для розробки верстатно-інструментального налагодження. В таблиці 4.2 представлено кодування технологічної операції.

Таблиця 4.2 – Кодування технологічної операції

Перехід	Позиція інструменту	Різальний інструмент	Корекція L	Частота обертів шпинделя n , хв. ⁻¹	Код S	Подача шпинделя S мм/хв.	Код F
Центрування	T01	Свердло центрувальне Ø3,15 мм	L01	1600	S10	100	F12
Свердління	T02	Свердло Seco Ø5 SD207A-0500-083-05R1-P	L02	200	S6	50	F09
Зенкування	T03	Зенківка конічна YATO HEX-1/4" 14	L03	200	S6	16	F03
Нарізання різьби	T04	Мітчик Seco M6 MTH-M6X1.00ISO 6HX-BC-S002	L04	200	S6	130	F13

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- Внутренняя подача СОЖ
- Угол вершины: 140°
- Покрытие: TiAlN
- Допуск отверстия: IT9
- По режимам обработки см. стр. 115

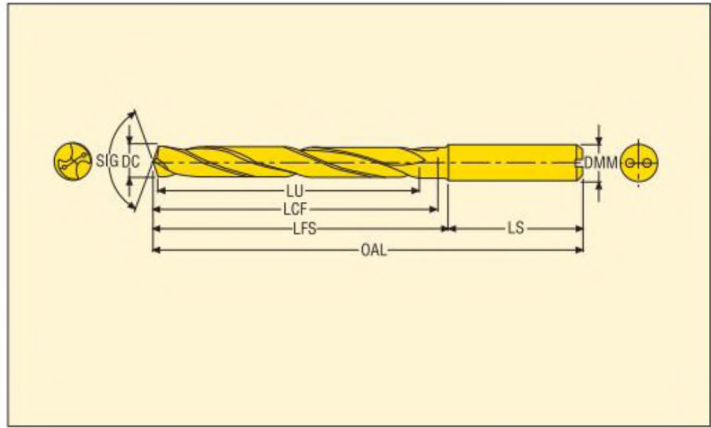


Рисунок 4.4 – Свердло Seco Ø5 SD207A-0500-083-05R1-P

Свердло Seco Ø5 SD207A-0500-103-05R1-P: загальна довжина – 155мм, довжина робочої частини – 110 мм, глибина свердління – 83 мм.

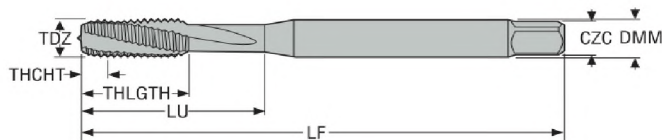


Рисунок 4.5 – Мітчик Seco M6 MTH-M6X1.00ISO6HX-BC-S002

Мітчик Seco M6 MTH-M6X1.00ISO6HX-BC-S002: MTH– мітчик з спіральною канавкою; М6 – метрична різьба з діаметром 6 мм; X1.00ISO – крок різьби 1; 6H – допуск; Х – глухий та наскрізний отвір; загальна довжина – 110 мм; довжина робочої частини – 39,5 мм; кріплення під квадрат 16x12 мм.

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Координати точок наведено в табл. 4.3

Таблиця 4.5 – Координати точок

№	координати			Пояснення
	X	Y	Z	
1	2	3	4	5
0	0	0	-100	Інструмент T01 свердло центрувальне Вихідна початкова точка
1 ₁ 3 ₁	0	0	-5	Підвід, відвід свердла до першого отвору
2 ₁	0	0	+5	Центрування першого отвору
1 ₂ 3 ₂	-165	142,5	-5	Підвід, відвід свердла до другого отвору
2 ₂	-165	142,5	+5	Центрування другого отвору
1 ₃ 3 ₃	-495	142,5	-5	Підвід, відвід свердла до третього отвору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО

Арк.

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
2 ₃	-495	142,5	+5	Центрування третього отвору
1 ₄ 3 ₄	-495	-142,5	-5	Підвід, відвід свердла до четвертого отвору
2 ₄	-495	-142,5	+5	Центрування четвертого отвору
1 ₅ 3 ₅	-165	-142,5	-5	Підвід, відвід свердла до п'ятого отвору
2 ₅	-165	-142,5	+5	Центрування п'ятого отвору
0	0	0	-100	Повернення інструменту в початкову точку
				Інструмент Т02 свердло спіральне
0	0	0	-100	Вихідна початкова точка
1 ₁ 3 ₁	0	0	-5	Підвід, відвід свердла до першого отвору
2 ₁	0	0	+44	Свердління першого отвору
1 ₂ 3 ₂	-165	142,5	-5	Підвід, відвід свердла до другого отвору
2 ₂	-165	142,5	+44	Свердління другого отвору
1 ₃ 3 ₃	-495	142,5	-5	Підвід, відвід свердла до третього отвору
2 ₃	-495	142,5	+44	Свердління третього отвору
1 ₄ 3 ₄	-495	-142,5	-5	Підвід, відвід свердла до четвертого отвору
2 ₄	-495	-142,5	+44	Свердління четвертого отвору
1 ₅ 3 ₅	-165	-142,5	-5	Підвід, відвід свердла до п'ятого отвору
2 ₅	-165	-142,5	+44	Свердління п'ятого отвору
0	0	0	-100	Повернення інструменту в початкову точку
				Інструмент Т03 зенківка конічна
0	0	0	-100	Вихідна початкова точка
1 ₁ 3 ₁	0	0	-5	Підвід, відвід зенківки до першого отвору
2 ₁	0	0	+8	Зенкування першого отвору
1 ₂ 3 ₂	-165	142,5	-5	Підвід, відвід зенківки до другого отвору
2 ₂	-165	142,5	+8	Зенкування другого отвору
1 ₃ 3 ₃	-495	142,5	-5	Підвід, відвід зенківки до третього отвору
2 ₃	-495	142,5	+8	Зенкування третього отвору
1 ₄ 3 ₄	-495	-142,5	-5	Підвід, відвід зенківки до четвертого отвору
2 ₄	-495	-142,5	+8	Зенкування четвертого отвору
1 ₅ 3 ₅	-165	-142,5	-5	Підвід, відвід зенківки до п'ятого отвору
2 ₅	-165	-142,5	+8	Зенкування п'ятого отвору
0	0	0	-100	Повернення інструменту в початкову точку
				Інструмент Т04 мітчик
0	0	0	-100	Вихідна початкова точка
1 ₁ 3 ₁	0	0	-5	Підвід, відвід мітчика до першого отвору
2 ₁	0	0	+36	Нарізання різьблення на першому отворі
1 ₂ 3 ₂	-165	142,5	-5	Підвід, відвід мітчика до другого отвору
2 ₂	-165	142,5	+36	Нарізання різьблення на другому отворі
1 ₃ 3 ₃	-495	142,5	-5	Підвід, відвід мітчика до третього отвору
2 ₃	-495	142,5	+36	Нарізання різьблення на третьому отворі
1 ₄ 3 ₄	-495	-142,5	-5	Підвід, відвід мітчика до четвертого отвору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО

Арк.

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
2 ₄	-495	-142,5	+36	Нарізання різьблення на четвертоу отворі
1 ₅ 3 ₅	-165	-142,5	-5	Підвід, відвід мітчика до п'ятого отвору
2 ₅	-165	-142,5	+36	Нарізання різьблення на п'ятому отворі
0	0	0	-100	Повернення інструменту в початкову точку

На верстаті Juaristi MX5 використовується система ЧПК HEIDENHAIN TNC 530. Керуюча програма для створення різьбового отвору (рис. 4.1) розробляється за допомогою програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. У процесі обробки даних та визначення траєкторії руху інструмента було створено та перевірено керуючу програму. Послідовність етапів розробки програми в середовищі FeatureCAM зображено на рисунках 4.6-4.11.

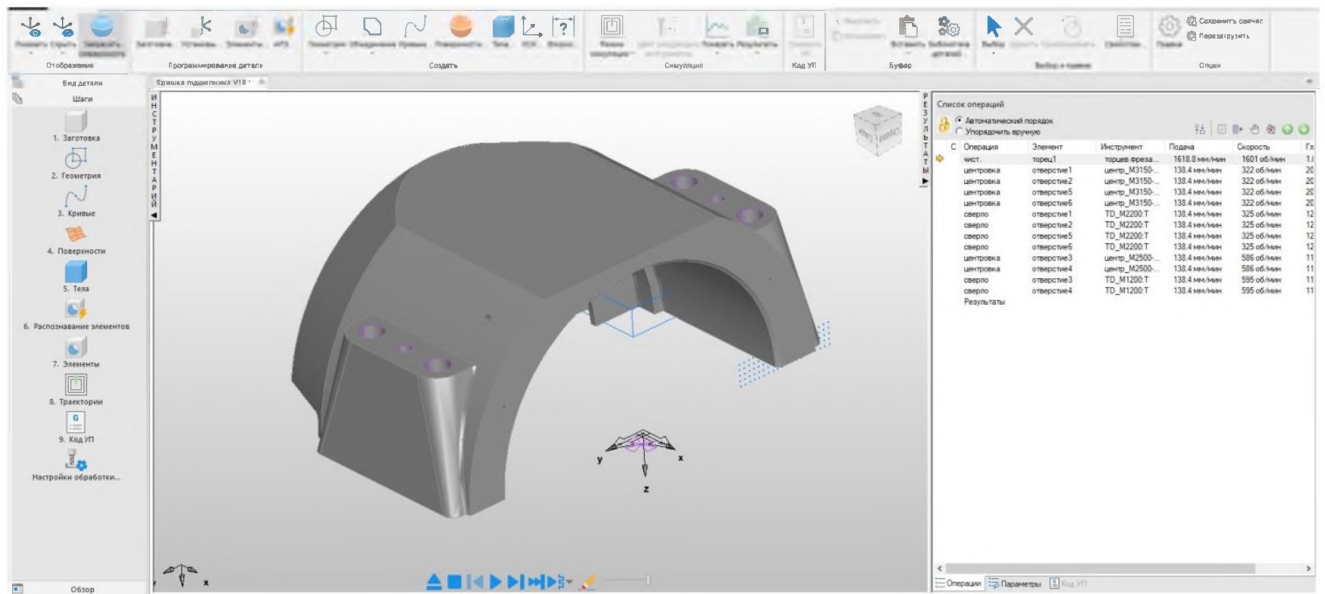


Рисунок 4.6 – Етапи обробки деталі «Корпус підшипника»

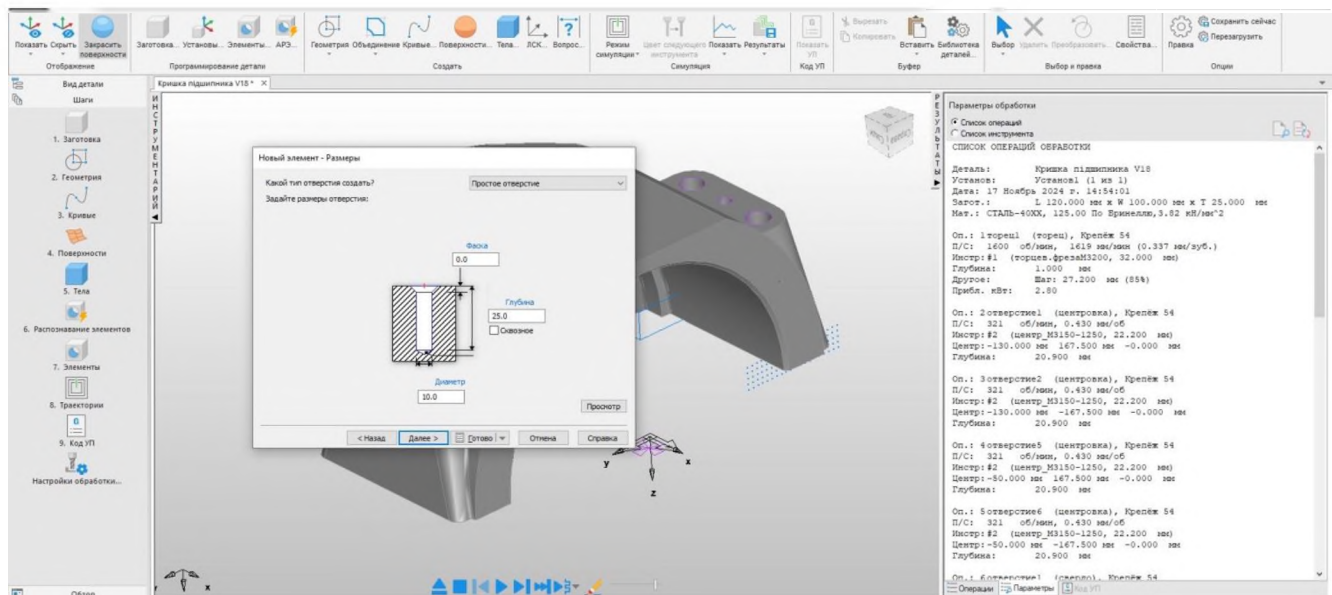


Рисунок 4.7 – Введення даних для обробки деталі «Корпус підшипника»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО	Арк.

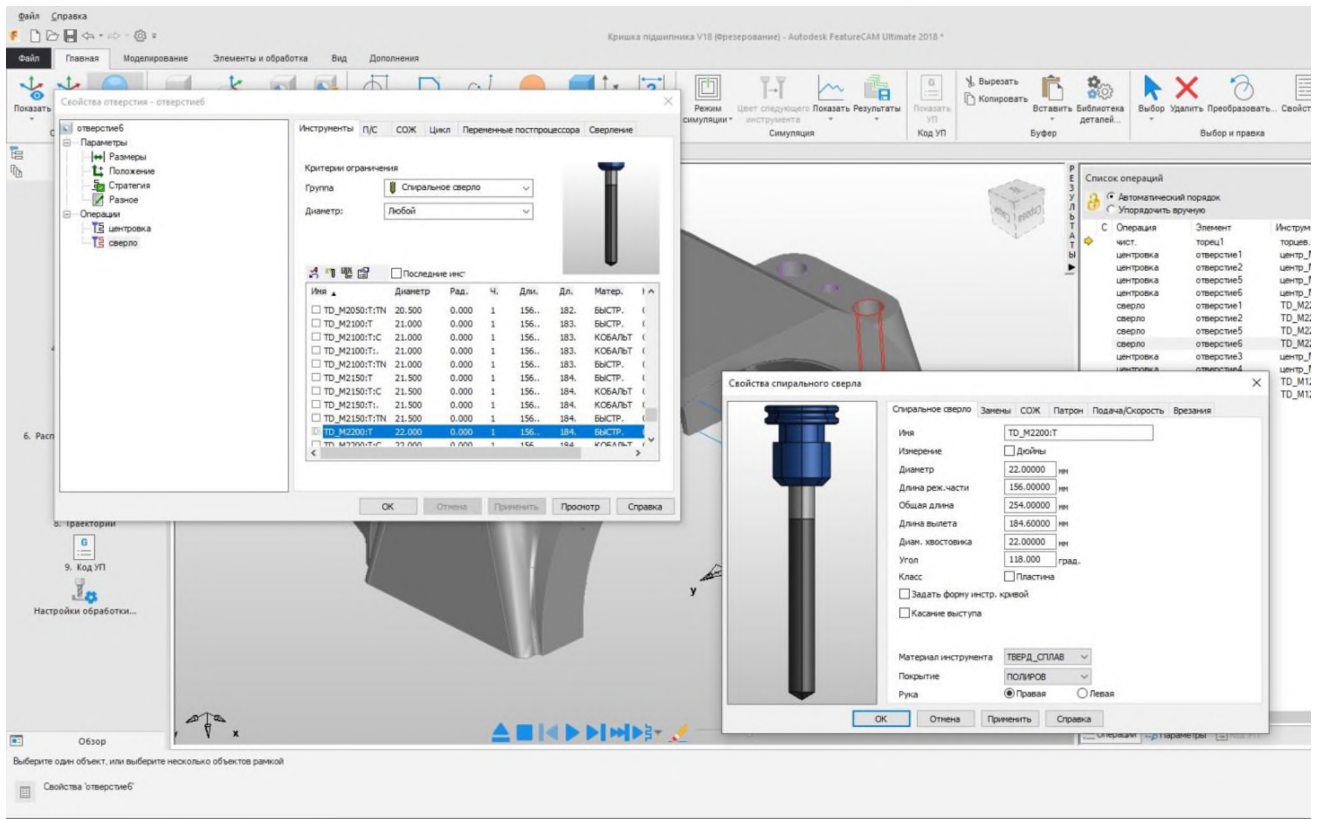


Рисунок 4.8 – Підбір інструменту для обробки

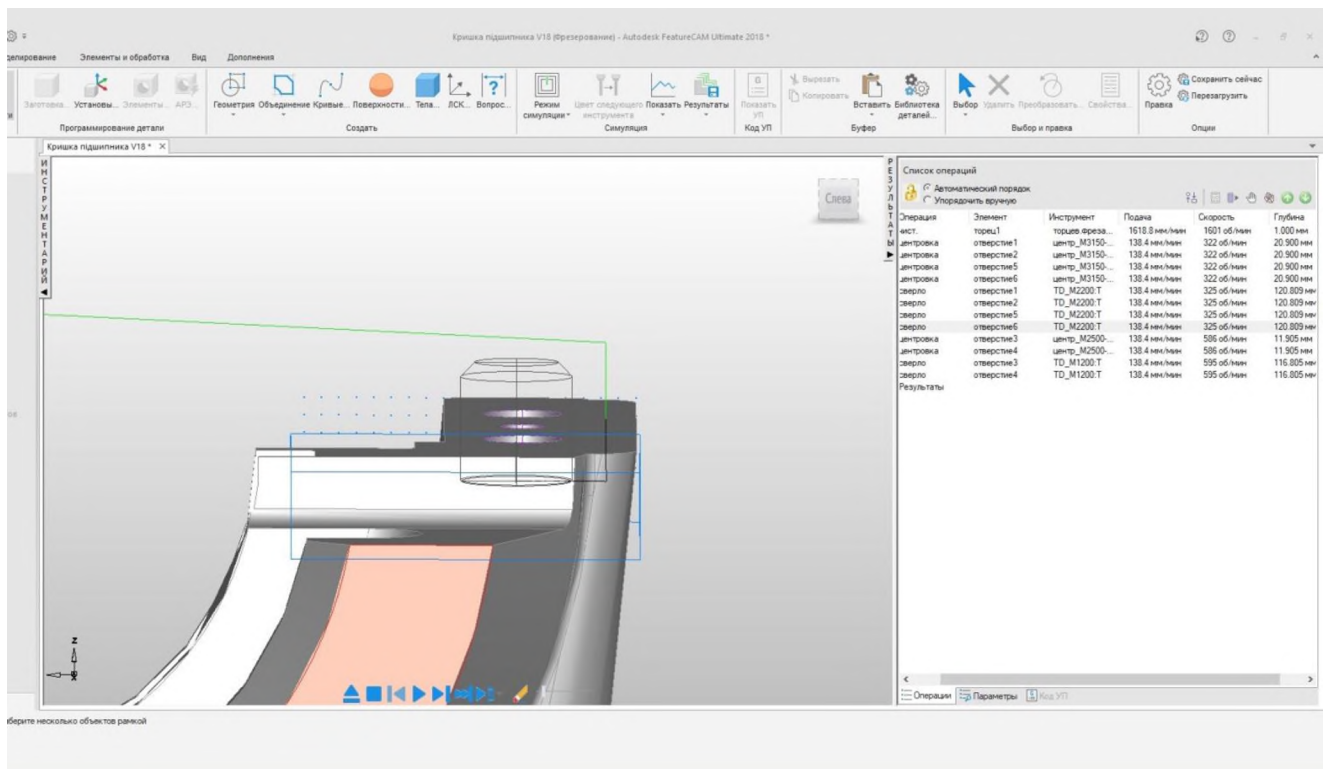


Рисунок 4.9 – Симуляція обробки деталі – зенкерування

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПОМО					

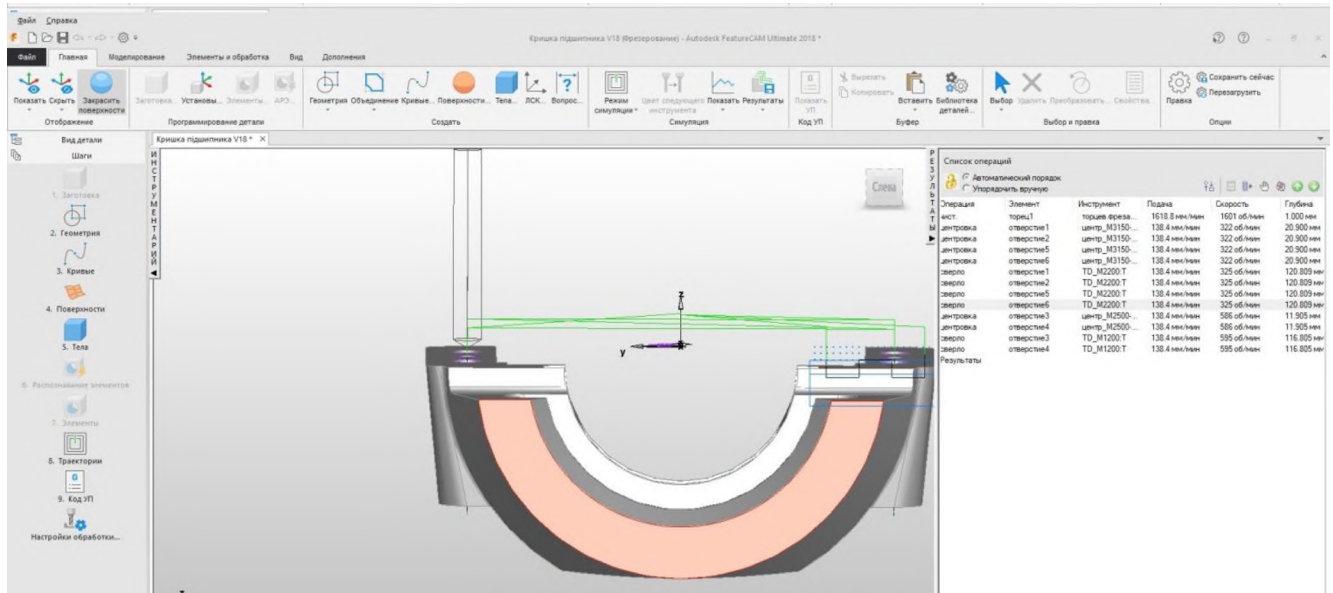


Рисунок 4.10 – Симуляция обработки детали – свердління

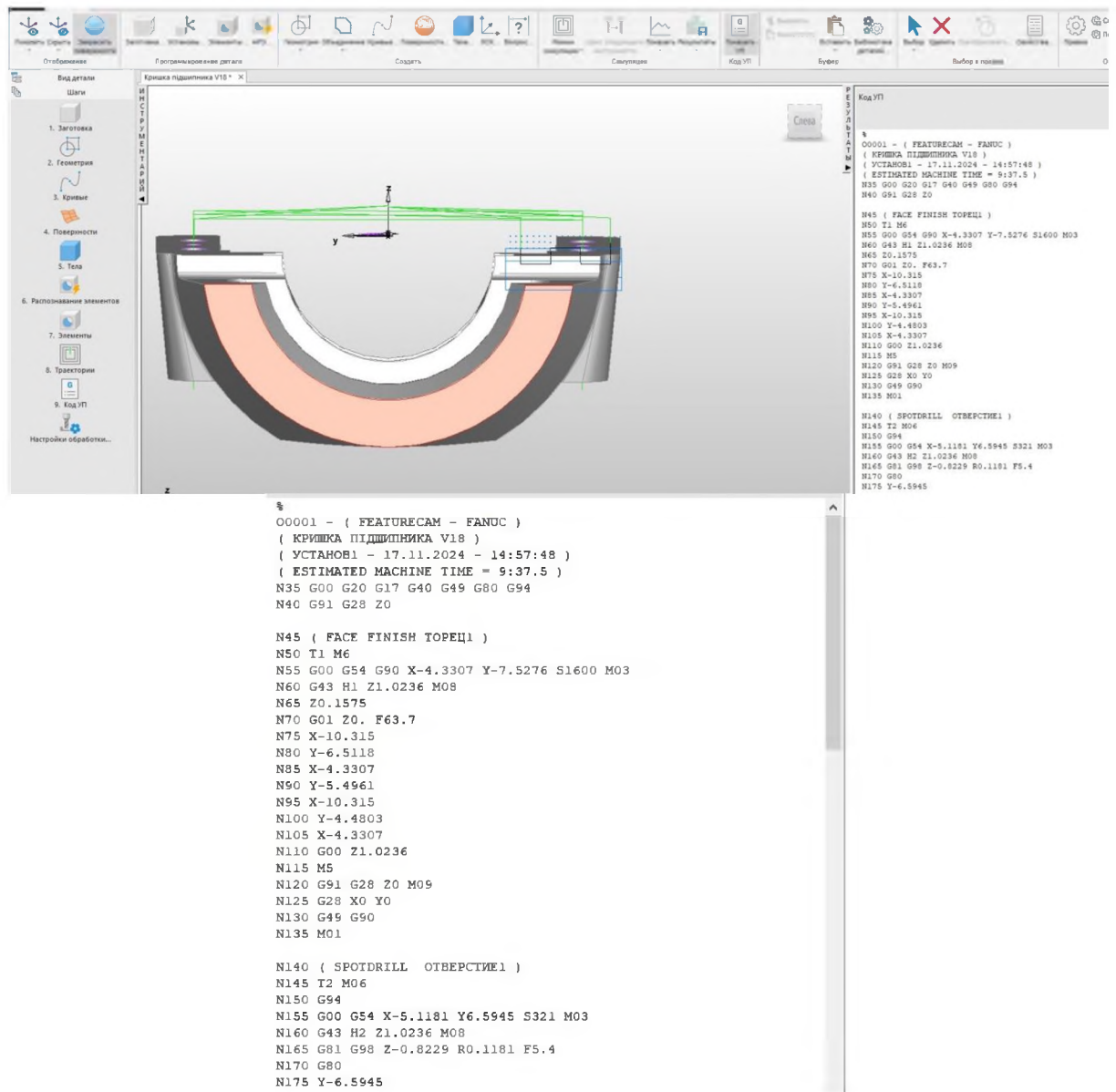


Рисунок 4.11 – Траєкторія обробки валу та фрагмент КП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.04.МПМО	Арк.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

Верстатне пристосування проектується для фрезерування площини основи кришки підшипника.

5.1.1 Технічне завдання

Ескіз механічної обробки приведений на рисунку 5.1. деталь встановлюється на дві пластини, які в свою чергу закріплюються на плиті. Плита встановлена на стіл верстату за допомогою Т-образних пазів. Обробка виконується по 12-у квалітету точності з параметром шорсткості $Ra=0,8$ мкм.

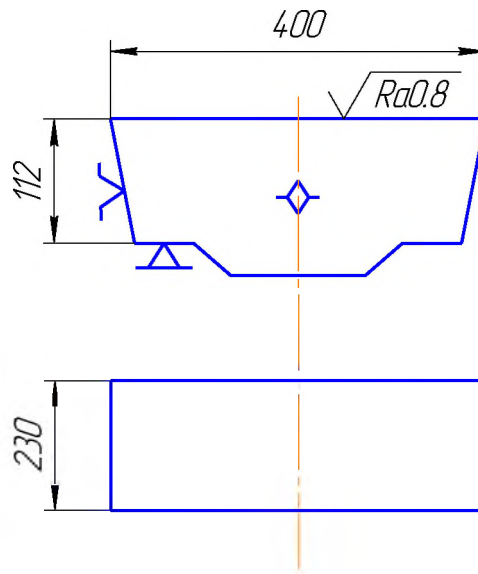


Рисунок 5.1 – Схема обробки корпусу підшипника

Обираємо режими різання:

Подача $S=0,7$ мм/об;

Подача на 1 зуб фрези $S_z=0,03$ мм/зуб;

Швидкість різання $v=110$ м/хв.;

Частота обертів шпинделя $n=160$ об/хв.

Обробка проводиться на розточному верстаті Juaristi MX5.

Осьова сила $P_z=92,026$ Н;

Потужність різання $Ne=0,2$ кВт;

Крутний момент $M_{кр}=115,03$ Н·м.

Технічна характеристика верстату наведена в 4 розділі роботи.

Посадкові розміри столу верстату показані на рисунку 5.2

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.05.КПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Конструкторська підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Архивів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

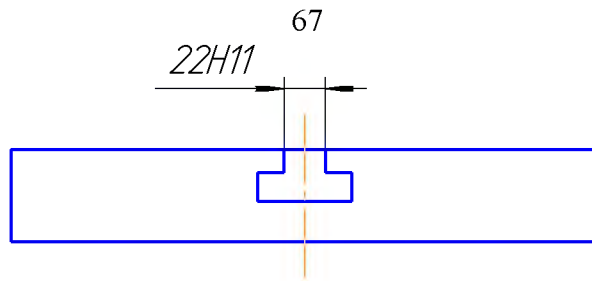


Рисунок 5.2 – Посадкові розміри столу

5.1.2 Аналіз схеми базування деталі

В якості установочної бази приймаємо два виступи, які позбавляють деталь трьох ступенів свободи. Направляючою базою є торець кришки, який лишає деталь двох ступенів свободи. Упорною базою є бокова площина, яка позбавляє деталь 1 ступені свободи. Всього - 6 ступенів свободи.

На рисунку 5.3 представлена схема базування деталі.

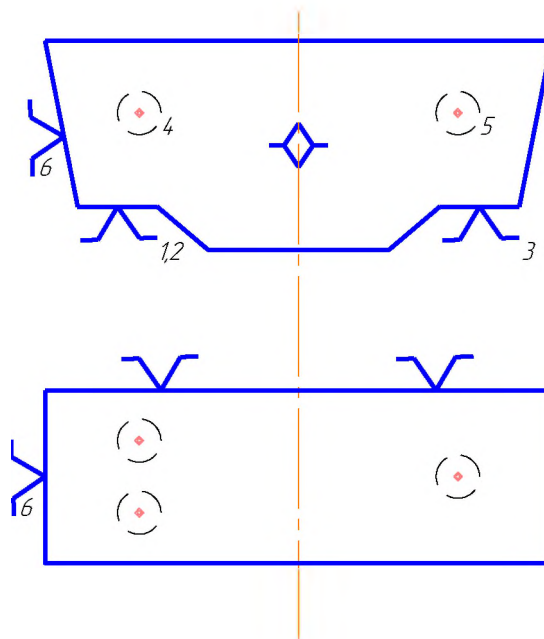


Рисунок 5.3 – Схема базування деталі

В якості установочних елементів приймаємо стандартні деталі: дві пластини (опорні) по ДСТУ ГОСТ 4743:2018 з розмірами $B=14...40$ мм, $L=40...220$ мм, матеріал – сталь 20Х, твердість 55..60; три штирі з розмірами $B=6...40$, $D=9...72$ мм, матеріал – сталь У7А, твердість HRC 55...60.

5.1.3 Розраховуємо похибку базування

Похибку базування називають відхилення фактичного положення заготовки від потрібного. Воно виникає при зміщенні вимірювальної і технологічної баз заготовки. Похибка базування представляє собою відстань між граничними положеннями проекції вимірювальної бази на напрямках виконуючого розміру.

В нашому випадку технологічна і вимірювальна база співпадають, тому похибка базування дорівнює 0.

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.05.КПВ				

5.1.4 Вибір і розрахунок схеми закріплення

Надійне закріплення деталі – це гарантоване отримання якості обробки і безпеку праці. В процесі обробки на заготовку діє осьова сила P_z , яка притискує її до опор пристосування і крутний момент, який намагається повернути заготовку навколо вісі обробки.

При виборі схеми установки і закріплення деталі повинно забезпечуватись три умови:

- заготовка повинна займати стійке положення до прикладення сил закріплення;
- в процесі закріплення деталі не повинно бути порушено задане їй при установці положення;
- сили, які виникають при обробці, не повинні змінювати заготовку.

Схема закріплення представлена на рисунку 5.4

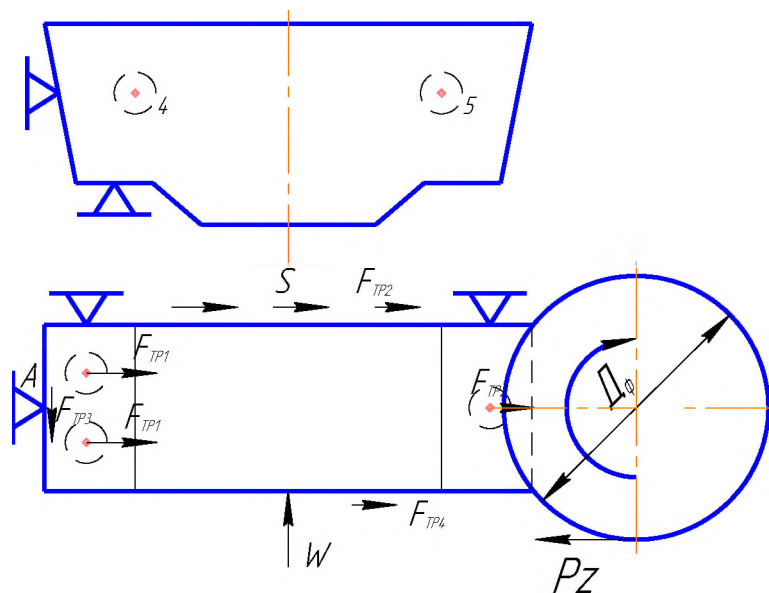


Рисунок 5.4 – Схема закріплення заготовки

$$\Sigma M_A = 0$$

Зусилля рівноваги:

$$W = P_z \cdot K \cdot f$$

де P_z - зусилля різання;

K – коефіцієнт запасу; ($K = 2,5$);

f – коефіцієнт тертя ($f = 0,11 \dots 0,12$).

$$F_{TP1} \cdot 335 + F_{TP2} \cdot 335 + F_{TP4} \cdot 200 = K \cdot P_z \cdot f \cdot \frac{D_\phi}{2};$$

$$F_{TP} = W \cdot f$$

$$W \cdot f \cdot 335 + W \cdot f \cdot 335 + W \cdot f \cdot 200 = 2,5 \cdot 92,026 \cdot 0,11 \cdot \frac{250}{2}$$

$$W = \frac{3163,4}{0,1 \cdot 335 + 0,1 \cdot 0,1 \cdot 335 + 0,1 \cdot 200} = \frac{3163,4}{80} = 39,54 \text{ H}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-19.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.5 Вибір силових приводів

Закріплення заготовки в пристосуванні при механічній обробці проводиться за допомогою притискних пристроїв різної конструкції. Вибір притискних пристроїв приводять, виходячи із конкретних умов виконання операції, типу виробництва; величини затискного зусилля, діючого на заготовку при виконанні операції; конструктивних особливостей заготовки; типу верстату; ступені механізації.

По визначеній силі затиску W і допустимим напругам визначаємо номінальний діаметр штока гідроциліндра із виразу.

$$W = 0,64 \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \cdot \sigma = 0,5d^2\sigma, \text{ Н.} \quad (5.1)$$

де σ – допустима напруга розтягу матеріалу штока ($\sigma=800\text{кГ/см}^2$), звідси:

$$d = \sqrt{W / 0,5 \cdot \sigma}; \quad (5.2)$$

$$d = \sqrt{39,54 / 0,5 \cdot 800} = 1,2 \text{ см} = 12 \text{ мм.}$$

Зусилля затиску:

$$Q = W \cdot (l_1 + l_2) / l_1 \eta, \text{ Н}$$

де η – ККД, який враховує тертя між притискним важелем і його опорою, ($\eta=0,95$)

при $l_1 = l_2$ і $\eta = 1$:

$$W = 0,5 \cdot Q$$

$$Q = W / 0,5$$

$$Q = 39,5 / 0,5 = 79 \text{ Н} = 79 \text{ кг} \cdot \text{с}$$

Обираю стандартний гідроциліндр з зовнішнім діаметром 72 мм, довжиною 150 мм, діаметром штока 20 мм, кріпильна різьба М24х2; тягнуче зусилля 750 кгс, приміняється двосторонній рух поршня.

Гідроциліндр кріпиться до плити, за допомогою різьби М42х2. В результаті руху штока в одну сторону за допомогою прихвату затискається деталь.

5.2 Проектування контрольного пристрою

В технічній документації (кресленні деталі) вказані допуски взаємного рас положення поверхонь. Необхідно виконати контроль поверхні основи кришки підшипника на площинність.

Для вибору схеми контролю ми використовуємо плиту, чотири опори, які запресовані в плиту на визначену глибину. Деталь встановлюється на дві пластини, які кріпляться за допомогою гвинтів направляючих штифтів. Індикатори закріплюються на рухомій траверсі, яка здійснює зворотно-поступовий рух. Траверса закріплюється до опор за допомогою відкидних планок, які закріплюються гвинтами.

Схема контролю представлена на рисунку 5.5.

					КНУ.КМР.131.24.1-19.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

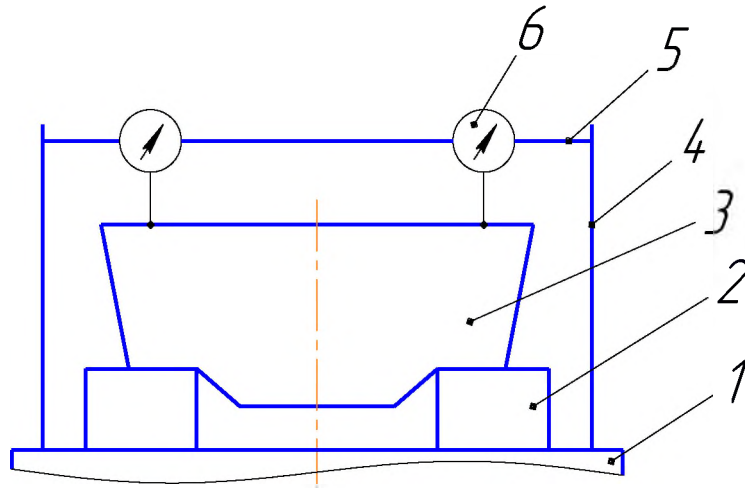


Рисунок 5.5 – Контроль площинності:

1 – плита; 2 – пластина; 3 – деталь; 4 – опора; 5 – траверса; 6 – індикатор

На плиту 1 встановлюють 2 пластини, на пластини деталь. На опорі знаходиться відкидна планка, яка тримає траверсу з індикатором. Контроль здійснюється за допомогою ковзання траверси по планкам, при цьому індикатори здвигують в сторони за кожними наступними показниками. Різниця між max і min відхиленнями індикатора визначає похибку деталі.

Розраховуємо точність контрольного пристосування.

а) Визначення допустимої похибки виміру.

Так як деталь є частиною корпусу підшипника то обираємо 20% допуску на контролює мий параметр.

Допустима похибка виміру буде:

$$[\Delta] = 0,2 \cdot 0,03 = 0,006 \text{ мм.}$$

В якості вимірювального пристрою обираємо головку 05205, у якої ціна поділки $s=0,002$ мм, похибка виміру 0,005 мм.

б) Визначення точності пристосування:

Помилка базування відсутня, так як деталь встановлена на конструкторську базу. Помилка деформації також відсутня, так як деталь жорстка і закріплення не проводиться $\Delta z = 0$.

Маємо вираз:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y,e} + \sqrt{\Delta_{cn}^2 + \Delta_{in}^2}, \text{ мм} \quad (5.3)$$

Випадкові похибки:

$$\Delta_{cn} = 0,04 \cdot T = 0,04 \cdot 0,03 = 0,0012 \text{ мм.}$$

Маємо:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y,e} + \sqrt{0,0012^2 + 0,0005^2} = \Delta_{y,e} + 0,0013 \text{ мм}$$

Рівняємо $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$ отримаємо

$$0,006 = \Delta_{y,e} + 0,0013$$

$$\Delta_{y,e} = 0,0047 \text{ мм}$$

Тобто ми визначили вимоги до точності пристосування.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.05.КПВ				

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування механоскладальної дільниці

Проектування механоскладальних цехів має здійснюватися з максимальним урахуванням новітніх досягнень науки і техніки в цій галузі виробництва. В проектному процесі доцільно використовувати найсучасніші технологічні процеси, високопродуктивне обладнання, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів, а також передові форми організації виробництва та управління з використанням автоматизованих систем.

Проектування цеху включає визначення складу та кількості основного і допоміжного обладнання, кількості персоналу, компонування і планування виробничих площ, проектування допоміжних служб цеху (наприклад, складів, відділу змащувально-охолоджуючих рідин, відділу технічного контролю тощо), а також розробку транспортної системи [12-14].

Проектні роботи базуються на аналізі конструкції деталі, що виробляється, та розрахунках технологічного процесу з урахуванням річного плану випуску продукції.

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталей:

Трудомісткість виготовлення деталей T_p визначимо по формулі:

$$T_p = T_{\text{шт.к}} \cdot N, \quad (6.1)$$

де $T_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.;

N – річна програма випуску.

$$T_{005} = 4,56 \cdot 1000 = 4560 \text{ хв.};$$

$$T_{010} = 12,5 \cdot 1000 = 12500 \text{ хв.};$$

$$T_{015} = 39,8 \cdot 1000 = 39800 \text{ хв.}$$

Склад і кількість основного устаткування для механічної обробки S_p , визначаємо по формулі:

$$S_p = \frac{T_p}{60 \cdot F_{\text{д.с.}} \cdot m \cdot \eta_s}, \quad (6.2)$$

де $F_{\text{д.с.}}$ – дійсний фонд роботи верстата, 4015 год.;

m – кількість змін, 1 зміна;

$\eta_s = 0,8$ – нормований коефіцієнт завантаження;

T_p – трудомісткість операції.

$$S_{p005} = \frac{4560}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 0,02, \text{ приймаємо } S_{np005} = 1 \text{ шт.}$$

$$S_{p010} = \frac{12500}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 0,06, \text{ приймаємо } S_{np010} = 1 \text{ шт.}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			<i>Організаційно- економічна підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

$$S_{p_{015}} = \frac{39800}{60 \cdot 4015 \cdot 0,8} = 0,2, \text{ приймаємо } S_{np_{015}} = 1 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну кількість обладнання:

$$n = \sum S_p ; \quad n = 3 \text{ шт}$$

Коефіцієнт завантаження розраховується по формулі:

$$\eta_s = \frac{P_p}{P_{np}} \cdot 100\% , \quad (6.3)$$

де P_p – розрахункова кількість верстатів;

P_{np} – прийнята кількість верстатів.

$$\eta_{s_{005}} = \frac{0,02}{1} \cdot 100\% = 2\%$$

$$\eta_{s_{010}} = \frac{0,06}{1} \cdot 100\% = 6\%$$

$$\eta_{s_{015}} = \frac{0,2}{1} \cdot 100\% = 20\%$$

Середній коефіцієнт завантаження визначається по формулі:

$$\eta_s^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{s_i}}{n} , \quad (6.4)$$

де η_{s_i} – коефіцієнт завантаження даного верстата;

n – кількість верстатів.

$$\eta_s^{cp} = \frac{0,02 + 0,06 + 0,2}{3} = 0,093$$

Виконуємо розрахунок кількості основних робітників по формулі:

$$R = \frac{T_p}{F_p \cdot K_m} , \quad (6.5)$$

де T_p – трудомісткість виготовлення деталі;

F_p – дійсний річний фонд часу робітника;

K_m – коефіцієнт багатостатності.

$$R_{005} = \frac{4560}{60 \cdot 1860 \cdot 2} = 0,02$$

Приймаємо $R_{005}^{np} = 1$ людина

$$R_{010} = \frac{9460}{223200} = 0,04$$

Приймаємо $R_{010}^{np} = 1$ людина

$$R_{015} = \frac{12460}{223200} = 0,05$$

Приймаємо $R_{015}^{np} = 1$ людина

$$R_{020} = \frac{5340}{223200} = 0,02$$

Приймаємо $R_{020}^{np} = 1$ людина

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{025} = \frac{30710}{223200} = 0,14$$

Приймаємо $R_{025}^{np} = 1$ людина

$$R_{030} = \frac{3800}{223200} = 0,02$$

Приймаємо $R_{030}^{np} = 1$ людина

Результати розрахунків представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Кількість обладнання та працівників

Верстат	T _p , год.	K _м	Кількість робітників			
			Розрах.	Прийнята	Професія	Розряд
6605	76	1	0,02	1	Оператор	4
6605	157,6	1	0,04	1	Оператор	4
2M55	207,6	1	0,05	1	Оператор	4
Juaristi MX5	89	1	0,02	1	Оператор	5
Juaristi MX5	511,8	1	0,14	1	Оператор	5
Juaristi MX5	63,3	1	0,02	1	Оператор	5
Всього				6		

Визначаємо кількість складальників по формулі:

$$R_{ск} = \frac{T_{ск}}{F_p} \quad (6.6)$$

$$R_{ск} = \frac{1105,5}{1820} = 0,61, \text{ приймаємо } 1 \text{ людину}$$

Кількість основних робітників 6 чоловік.

Кількість допоміжних робітників складає 50% від кількості виробничих робітників.

$$R_{дон} = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ людини, приймаємо } R_{дон} = 3 \text{ людини}$$

Кількість допоміжних робітників, що обслуговують обладнання:

$$R_{дон.обсл} = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ людини, приймаємо } R_{дон.обсл} = 2 \text{ людини}$$

- налагоджувальник – 1 людина;
- крановщик – 1 людина.

Кількість допоміжних робітників, що не обслуговують обладнання:

$$R_{дон.необсл} = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ людини}$$

Приймаємо $R_{дон.необсл} = 1$ людина:

- Контролер ВТК – 1 людина.

Чисельність ІТП приймаємо 12% від загального числа робітників.

$$R_{ИТП} = 0,12 \cdot (6 + 3) = 1 \text{ людина}$$

Кількість обслуговуючого персоналу приймаємо 3% від загального числа робітників.

$$R_{МОП} = 0,03 \cdot (6 + 3) = 0,27 \text{ людини, приймаємо } 1 \text{ чол.}$$

Загальна кількість працюючих у цеху представлена в таблиці 6.2.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Відомість загальної кількості працюючих у цеху

Категорія службовців		Всього	ф % відношення від кількості основних працюючих	По змінам
Виробничі працівники		6		6
Складальники		1		1
Допоміжні	Налагоджувальник	1	50%	1
	Крановщик	1		1
	Контролер ВТК	1		1
МОП		1	3%	1
ІТП		1	12%	1
Всього		12		12

Верстатну площу S м², визначимо виходячи з кількості основного устаткування і його габаритів у плані.

$$S_{заг} = \sum n \cdot S_{\sigma}, \quad (6.7)$$

де n – число верстатів, шт.;

S_{σ} – площа займана верстатом, м².

Верстат 6605 з габаритними розмірами 5400x3550 займає площу 30 м².

Верстат 2M55 з габаритними розмірами 2665x1020 займає площу 15 м².

Верстат Juaristi MX5 з габаритними розмірами 5520x4885 займає площу 45 м².

Тоді загальна верстатна площа: $S_{заг} = 30 \cdot 2 + 15 \cdot 1 + 45 \cdot 3 = 210$ м².

Визначення допоміжних площ:

Площа для складання: $S_{ск} = 0,5 \cdot 210 = 105$ м².

Площа для стружки: $S_{стр} = 9$ м².

Площа для майстра: $S_{м} = 16$ м².

Площа контрольного пункту: $S_{кп} = 4$ м².

Розраховуємо площу ділянки: $S_{дйл} = S_{осн} + S_{дон} = 210 + 134 = 344$ м².

Ділянка розташована в механічному цеху з сіткою колон 18x6 м. і висотою 8,4 м.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

6.2.1 Екологія виробництва при литті

Екологія виробництва при литті – це процеси, які спрямовані на мінімізацію впливу литтєвого виробництва на навколишнє середовище. Цей вплив виникає через використання сировини, утворення відходів, споживання енергії та викиди шкідливих речовин. Розглянемо детальніше, які фактори впливають на екологію литтєвого виробництва та які заходи можуть допомогти зменшити його вплив на довкілля.

					КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.1.1 Сировина та матеріали

Метали та сплави: основною сировиною в литтєвому виробництві є метали, зокрема залізо, алюміній, сталь, бронза та інші сплави. Видобуток і транспортування руд супроводжується високим рівнем викидів в атмосферу, що забруднює повітря, воду та ґрунт.

Формувальні матеріали: для формування литих виробів використовуються пісок, смоли та інші допоміжні матеріали. Після використання, форми часто стають відходами, які потребують подальшої утилізації.

Споживання допоміжних речовин: використовуються зв'язувальні речовини, покриття, змазки, які також можуть бути джерелом забруднення.

6.2.1.2 Енергоспоживання

Литтєві процеси потребують значної кількості енергії для плавлення металу, обробки форм, сушіння та інших операцій. Більшість заводів використовує електроенергію або паливо, що призводить до викидів вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин. Енергоефективність може бути підвищена шляхом переходу на відновлювані джерела енергії або модернізації устаткування.

6.2.1.3 Викиди в атмосферу

Викиди пилу і диму: процеси плавлення металу, сушіння форм, обробки виробів часто супроводжуються утворенням пилу і диму, які можуть містити важкі метали та інші токсичні речовини.

Шкідливі гази: плавлення металу та інші високотемпературні процеси виділяють діоксид вуглецю, діоксиди сірки, оксиди азоту та інші гази, що сприяють забрудненню повітря і формуванню парникового ефекту.

6.2.1.4 Відходи та утилізація

Литтєве виробництво генерує значну кількість відходів, включаючи відпрацьовані форми, шлаки, відходи металу. Ці відходи можуть забруднювати навколишнє середовище, якщо їх не утилізувати належним чином. Важливою є вторинна переробка відходів, наприклад, переробка шлаку та переплавлення залишків металу.

6.2.1.5 Водні ресурси

Вода використовується для охолодження, промивки та інших процесів. При цьому можливе забруднення води токсичними речовинами або важкими металами. Це вимагає очищення стічних вод перед їх викидом у водні об'єкти, що є важливим елементом екологічного контролю.

6.2.1.6 Методи зниження екологічного впливу в литтєвому виробництві

1. Енергоефективні технології: використання сучасних індукційних або електричних печей знижує споживання енергії та рівень викидів.

2. Вторинне використання матеріалів: переробка піску для форм, переплавлення металевих відходів зменшує обсяги нової сировини.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Системи фільтрації і очищення газів: використання фільтрів і очищувачів для газів зменшує кількість викидів у атмосферу.

4. Очищення стічних вод: встановлення систем очищення та повторного використання води.

5. Використання безпечних зв'язувальних речовин: перехід на органічні зв'язувальні матеріали або водорозчинні смоли може зменшити кількість шкідливих речовин у відходах.

Литтєве виробництво є ресурсомістким і має значний вплив на навколишнє середовище. Використання новітніх технологій, оптимізація виробничих процесів, зменшення енергоспоживання і викидів, вторинна переробка матеріалів можуть значно знизити його екологічний слід.

6.2.2 Техніка безпеки під час лиття

Техніка безпеки під час лиття є критично важливою, адже цей процес включає високі температури, розплавлені матеріали та важке обладнання. Порушення правил техніки безпеки може призвести до опіків, поранень, отруєнь і навіть смертельних випадків. Ось детальний опис основних правил техніки безпеки на литтєвих виробництвах.

6.2.2.1 Підготовка та оснащення робочого місця

Організація робочого простору: простір повинен бути добре освітлений, безпечний і чистий. Необхідно передбачити зони для евакуації та забезпечити доступ до засобів пожежогасіння.

Огорожа небезпечних зон: місця, де проводиться лиття, повинні бути огорожені, щоб уникнути випадкового попадання людей до небезпечної зони.

Знаки безпеки: встановлення знаків, що попереджають про високі температури, небезпеку ураження струмом і пожежну небезпеку.

6.2.2.2 Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

Теплозахисний одяг: литники повинні носити спецодяг, стійкий до високих температур та вогню. Це може включати комбінезони з термостійкої тканини.

Рукавички: використовуються термостійкі рукавички, які захищають руки від розплавленого металу та інших гарячих матеріалів.

Захисні окуляри або щитки**: обов'язкове використання окулярів для захисту очей від гарячих бризок і випромінювання.

Респиратори або маски: забезпечують захист від токсичних випарів і дрібнодисперсних частинок, які можуть виділятися під час лиття.

Спеціальні черевики: литники повинні носити взуття з металевим носком і термостійкою підошвою, що захищає від падіння важких предметів та контакту з розплавленими матеріалами.

6.2.2.3 Правила роботи з обладнанням

Перевірка обладнання перед роботою: обладнання, що використовується для лиття (наприклад, печі, форми, конвеєри), має бути перевірене на наявність дефектів.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль температури: технічний персонал повинен стежити за температурою розплавленого матеріалу, щоб уникнути перегріву та розливу.

Періодичне технічне обслуговування: регулярне обслуговування та профілактичний огляд обладнання допомагає уникнути аварійних ситуацій.

Використання витяжної вентиляції: печі та інше обладнання повинні бути підключені до витяжних систем для видалення токсичних газів та випарів.

6.2.2.4 Правила поведінки з розплавленими матеріалами

Дотримання дистанції: працівники повинні знаходитися на безпечній відстані від місця розливу, щоб уникнути опіків.

Контроль над рухом форми: форми для лиття повинні бути надійно закріплені, щоб уникнути розливу розплавленого металу.

Поступове заливання: при заливанні розплавленого металу у форму необхідно діяти обережно та плавно, щоб уникнути розбризкування.

6.2.2.5 Запобігання пожежам та аваріям

Пожежна безпека: робочі місця мають бути обладнані вогнегасниками, пожежними гідрантами та іншим протипожежним обладнанням. Працівники повинні пройти навчання з використання цих засобів.

Система сигналізації та евакуаційні виходи: наявність аварійної сигналізації та позначених шляхів евакуації є обов'язковою умовою для швидкої евакуації персоналу у разі аварії.

Вибухозахищене обладнання: всі електричні прилади повинні мати захист від можливих вибухів, оскільки у виробничих приміщеннях можуть бути гази чи пил, що здатні зайнятися.

6.2.2.6 Інструктаж і навчання працівників

Попередній інструктаж: нові працівники повинні проходити інструктаж перед допуском до роботи.

Регулярний інструктаж з техніки безпеки: для всього персоналу, що працює у зоні лиття, має проводитися регулярний інструктаж.

Навчання першої допомоги: персонал повинен бути навчений наданню першої допомоги, зокрема при опіках і отруєннях.

Дотримання цих заходів техніки безпеки дозволяє знизити ризик аварій та нещасних випадків на виробництві, забезпечуючи безпеку працівників та збереження обладнання.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Вихідні дані:

Базовий варіант: горизонтальний розточувально-фрезерно-свердлильний верстат 2А622МФ2, радіально-свердлильний 2М55, повздовжньо-фрезерний 6605.

Новий варіант: багатоцільовий верстат з ЧПК Juaristi MX5.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо економічний аналіз двох варіантів обробки деталі за допомогою програмного забезпечення Economical Linksmoon (рисунки 6.1; 6.2; 6.3; 6.4).

Розрахуємо технологічну собівартість для випадку, коли заготовки однакові, але використовуються різні верстати. (три базові верстати з одним верстатом Juaristi MX5).

Входные данные		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Трудоёмкость			
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	500
Штучное время обработки детали, мин		56.96	40.46
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		200	40.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		28	3
Среднее количество граней пластинки, шт		3	3
Средний период стойкости инструмента, мин		90	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		2	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.95
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		1980000	2700000
Масса станка, т			
		28.5	35

Рисунок 6.1 – Перше вікно вводу даних програми Economical Linksmoon

Входные данные		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Стоимость помещения			
Площадь станка по габаритам		48	50
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка		4.5	4
Площадь устройства ЧПУ, м		3	1.2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.		1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.		4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)		1318	1318
Стоимость разработки ПУ			
Стоимость разработки ПУ, грн.		2600	2600
Оборотные средства в незавершённом производстве			
Стоимость заготовки Szag, грн.		1480	1480
Себестоимость обработки			
Среднегодовая зарплата станочника, грн.		16800	19200
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.		24000	24000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.		0	0
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.		15800	15800
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.			
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)		3	3
Затраты на ремонт и ТО оборудования			
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)		39	28
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)		25	22

Рисунок 6.2 – Друге вікно вводу даних програми Economical Linksmoon

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-19.06.0ЕПВ		Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	------

Входные данные		
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	650	650
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	260	340
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1.2	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	5950	5950
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	44000	75000
<input type="button" value="Далее"/> <input type="button" value="Назад"/> <input type="button" value="Выход"/>		

Рисунок 6.3 – Третье вікно вводу даних програми Economical Linksmoon

Входные данные	
Версия программы от 17.10.2005	
Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит	
	2358464 грн
Срок окупаемости, лет	
	1,27 лет
Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".	
<input type="button" value="Далее"/> <input type="button" value="Назад"/> <input type="button" value="Выход"/>	

Рисунок 6.4 – Кінцеве вікно програми Economical Linksmoon – результати

Таким чином, економічний ефект становить 2 358 464 грн, а термін окупності – 1,27 року. Отже, можна зробити висновок, що для обробки цієї деталі (шестерня) більш ефективно використовувати обладнання з ЧПК.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

ВИКОРИСТАННЯ 3D ДРУКУ МЕТОДОМ FDM В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ЛИТТЯ

7.1 Лиття по виплавлених моделях. Суть методу

Лиття по виплавлених моделях – це один із найбільш точних методів виготовлення металевих виробів, який дозволяє отримувати деталі з високою точністю, складними формами та мінімальними відходами матеріалу. Цей метод відомий з давніх часів і був широко застосовуваний у ювелірній справі, а сьогодні є невід'ємною частиною сучасного промислового виробництва. Основна суть процесу полягає у створенні воскової моделі виробу, яка покривається спеціальною оболонкою, після чого віск виплавляється, залишаючи в оболонці порожнину для лиття [25].

Метод лиття по виплавлених моделях особливо цінується за можливість виготовлення високоточних деталей з таких матеріалів, як сталь, алюмінієві сплави, бронза та інші метали, що використовуються у машинобудуванні, авіації, медицині та навіть космічній промисловості.

7.1.1 Етапи процесу лиття по виплавлених моделях

1. Підготовка воскової моделі. Процес починається з виготовлення моделі майбутньої деталі з воску або інших легкоплавких матеріалів. Воскова модель відтворює форму деталі з високою точністю. Вона може бути створена методом лиття в попередньо підготовлену прес-форму або за допомогою 3D-друку.

2. Формування кластерів. Воскові моделі зазвичай об'єднуються в групи (кластери), які з'єднуються на основі загальної ливникової системи. Це дозволяє одночасно виготовляти кілька виробів і підвищити ефективність процесу.

3. Створення оболонки. Кластер покривається спеціальною керамічною суспензією (шлікерами) та обсипається дрібнозернистим піском. Після висихання наноситься кілька додаткових шарів суспензії та піску для створення міцної оболонки. Після кожного нанесення оболонка сушиться, що дозволяє досягти потрібної товщини і міцності.

4. Виплавка воску. Після завершення формування керамічної оболонки воскову модель виплавляють шляхом нагрівання, залишаючи порожнину, що відповідає формі майбутньої деталі. Віск плавиться і видаляється, а оболонка залишається порожньою для подальшого заливання розплавленого металу.

5. Випал оболонки. Керамічна оболонка піддається випалу при високій температурі, що підвищує її міцність і забезпечує видалення залишків воску. Після цього вона стає готовою для лиття.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Шелест</i>			Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Затверд.		<i>Рязанцев</i>						

6. Заливка металу. Розплавлений метал заливається в порожнину оболонки. Завдяки відсутності моделі та точній формі оболонки, метал заповнює всі деталі порожнини, що дозволяє досягти високої точності.

7. Охолодження і видалення оболонки. Після охолодження металу керамічна оболонка розбивається, а отримані вироби звільняються від оболонки. Далі деталі очищуються від залишків оболонки і шліфуються для отримання кінцевої форми і чистоти поверхні.

8. Завершальні обробки. За необхідності проводиться додаткова механічна або хімічна обробка: шліфування, полірування, термічна обробка, покриття поверхонь тощо. Це дозволяє забезпечити необхідні фізичні, механічні та естетичні характеристики готової продукції.

7.1.2 Переваги та недоліка методу ЛВМ

Переваги методу лиття по виплавлюваним моделям.

1. Висока точність і якість поверхні. ЛВМ дозволяє досягати високої точності до 0,1–0,2 мм, а також отримувати гладку поверхню без додаткової обробки, що зменшує витрати на фінішну обробку виробів.

2. Можливість виготовлення складних форм. Цей метод дає змогу відтворювати найскладніші форми та контури, що є особливо важливим для авіакосмічної та ювелірної галузей.

3. Економія матеріалів. Завдяки точності процесу та мінімальній потребі в обробці готових виробів зменшується кількість відходів, що знижує витрати на матеріали.

4. Гнучкість у виборі матеріалів. ЛВМ дозволяє працювати з широким спектром металів і сплавів, що розширює можливості у виготовленні виробів із заданими властивостями.

Недоліки методу.

1. Висока вартість. обладнання та матеріалів для виготовлення воскових моделей і керамічної оболонки.

2. Тривалий виробничий цикл через численні етапи сушіння і випалу.

3. Потреба у високій кваліфікації персоналу для управління складним технологічним процесом.

Лиття по виплавлюваним моделях – це складний, але високоефективний метод, що дає можливість створювати високоточні вироби зі складною геометрією. Його використання виправдане у випадках, коли необхідна максимальна точність, висока якість поверхні та мінімальні витрати на обробку готових деталей.

7.2 Використання 3D друку методом FDM в технологічному процесі лиття по виплавлюваним моделям

Лиття по виплавлюваним моделям (ЛВМ) – це процес отримання виливків шляхом вільної заливки (можливо під низьким тиском, відцентровим способом) розплавленого металу у форму, виготовлену за моделями, що виплавляються. Технологія лиття за моделями, що виплавляються, забезпечує отримання

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складних за формою виливків масою від декількох грам до десятків кілограм, з товщиною стінок від 0,5 мм, з поверхнею, що відповідає 4-6-му класам чистоти, і з високою точністю розмірів, в порівнянні з іншими способами лиття [25].



Рисунок 7.1 – Алгоритм процесу лиття по виплавленим моделям

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типовий процес ЛВМ вимагає великих часових та трудовитрат. Він складається з кількох етапів, представлених на рис. 1.

Найвитратнішим етапом є перший. Виготовлення гіпсової моделі відбувається вручну, що не дозволить зробити декілька абсолютно однакових копій. Для виробництва однієї деталі, де потрібна висока точність, використовується одна гіпсова модель, що збільшує тимчасові витрати.

Підприємства, що займаються дослідницькою діяльністю або випускають одиничну продукцію, які використовують цю технологію все частіше традиційному виготовленню воскових виливків віддають перевагу 3D-друку восковим пластиком. Це скорочує як матеріальні ресурси, і тимчасові витрати. Відразу два етапи роботи (створення гіпсової моделі та силіконової форми) забираються з процесу, і робота починається з етапу створення моделі виробу з легкоплавкого матеріалу. Також використання 3D-моделей та 3D-друку дозволяє швидко внести корективи в прототип та доопрацювати модель.

Компанії економлять час та кошти на виробництві досвідчених зразків завдяки високій ефективності воскових 3D-принтерів. Отримані моделі мають високу точність, практично ідеально гладкі поверхні, а також високу деталізацію. Це дає перевагу перед традиційними технологіями, тому що з'являється можливість отримання виробів складних і дуже складних форм.

Переваги воскових 3D-принтерів:

- висока швидкість друку;
- можливість виготовлення геометрично складних виробів через високий рівень деталізації;
- одночасне виробництво кількох геометрично різних деталей;
- висока точність моделей;
- гарна ергономіка;
- можливість тривалого використання машини.

Основна частина 3D-принтерів з можливістю воскового друку працює на методі друку MJM (Multi Jet Modeling) – рідка фотополімерна смола або нагрітий до напіврідкого стану віск подається краплями через багатоструминну друкувальну головку безпосередньо в місце побудови виробу, де будівельний матеріал твердне під дією ультрафіолетового випромінювання або внаслідок охолодження [26,28].

Воскова печатка нині здебільшого використовується у таких областях: стоматологія, ювелірне виробництво, приладобудування, промисловий дизайн тощо, тобто там, де потрібна висока точність при виробництві, є складні форми з численними дрібними деталями. Цей метод друку забезпечує виконання цих умов роботи, однак це має наслідки у вигляді високої вартості обладнання та друку.

Тому для галузей промисловості, де потрібні менш точні або більш масштабні форми на зміну методу MJM приходять метод FDM.

7.2.1 Суть методу FDM

FDM (Fused Deposition Modeling) – волокно з термопластичного полімеру, нагріте до напіврідкого стану, подається пошарово безпосередньо в місце

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

побудови виробу, де нанесені шари з'єднуються між собою і тверднуть в результаті охолодження (рис. 7.2) [26,27].

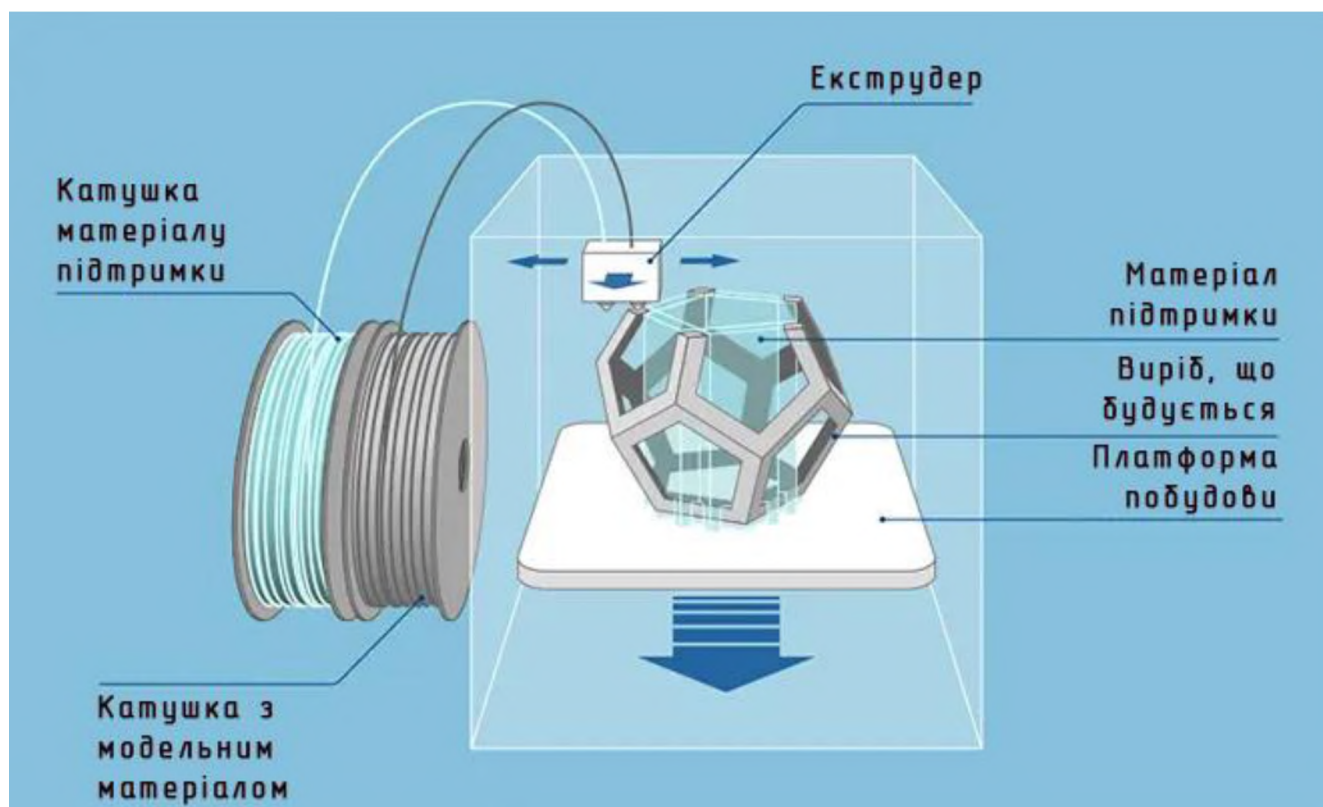


Рисунок 7.2 – Схема 3D друку методом FDM

7.2.2 Етапи FDM 3D друку

Розберемо процес виготовлення об'єктів FDM 3D друком на послідовні етапи.

1. Розробка 3D моделі у спеціальних програмах (Autodesk 3DsMAX, SolidWorks тощо).

2. Перевірка готової моделі на придатність до 3D друку, наприклад, у програмі NetFabb (3D модель не повинна містити дір, розірваних граней, інвертованих полігонів тощо).

3. Завантаження 3D моделі у програму-слайсер. На цьому етапі вибираються необхідні налаштування 3D друку (швидкість, температура і т.д.), а також генеруються структури, що підтримують, за наявності нависаючих елементів в моделі. По завершенню підготовчої частини програмою генерується код керування (G-code) для 3D принтера на основі цифрових даних (моделі) і вибраних налаштувань.

4. Передача коду керування на 3D принтер. USB-флеш-накопичувач або SD-карта із записаним G-code (у просунутих моделях 3D принтерів також можлива передача файлу бездротовою мережею Wi-Fi) підключається до пристрою, в меню якого вибирається необхідний файл і запускається друк.

5. Після завершення 3D друку готовий виріб від'єднується від стола 3D принтера, очищається від підтримки та зайвого пластику.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

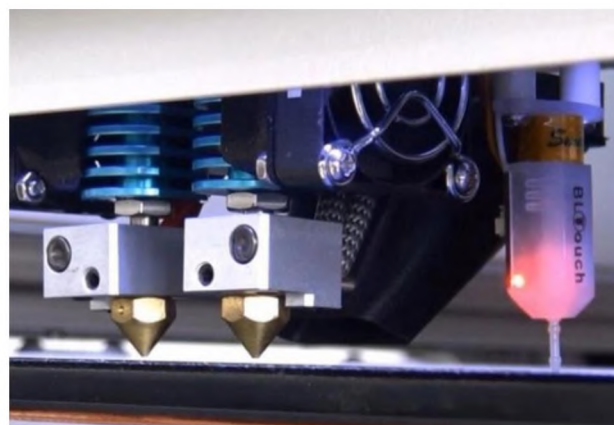


Рисунок 7.3 – Обладнання для FDM 3D друку

7.2.3 Матеріали для FDM 3D друку

Однією із сильних сторін FDM друку є широкий асортимент доступних матеріалів. Вони можуть змінюватись від звичайних пластиків (таких як PLA та ABS) до інженерних (таких як, TPU та PETG) та високоміцних матеріалів (таких як PEEK).

Використовуваний матеріал впливає на механічні властивості і точність друку, а також на її ціну. Найбільш поширені матеріали FDM-друку наведені нижче. Так само розглянемо плюси та мінуси тих чи інших пластиків. Огляд основних відмінностей PLA та ABS, та детальне порівняння всіх поширених видів філаменту – тема дуже велика і з нею можна ознайомитись у спеціальних статтях в інтернеті та на тематичних форумах.

ABS-пластик виготовляють із нафти. Це недорогий розхідник, що постачається у різних кольорах. Його широко використовують для домашнього 3д-моделювання.

Переваги: ударостійкість; стійкість до нагрівання до 115 ° C; поверхня легко піддається обробці - шліфування, фарбування тощо.

Недоліки: велика усадка; шари можуть скручуватися у процесі; виділення під час друку шкідливих випарів.

Нейлон.

Переваги: вироби міцні; полімер зносостійкий, не сприйнятливий до хімічних речовин.

Недоліки: висока гігроскопічність.

PLA. Полілактид виготовляють з кукурудзи та цукрової тростини.

Переваги: високий ступінь спікання шарів; мінімальний відсоток усадки готового виробу (порівняно з іншими полімерами); екологічна безпека – можна

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати для виробів, що контактують з їжею чи водою; полімер біорозкладний.

Недоліки: вироби крихкі; при температурі понад 50 ° С фігурки деформуються; полімер гігроскопічний.

TPU.

Переваги: дуже гнучкий.

Недоліки: досягти точності друку дуже важко.

PEEK.

Переваги: дуже міцний та легкий; відмінна вогнестійкість та хімічна резистентність.

Недоліки: висока ціна; потрібен спеціалізований 3D принтер, чий екструдер здатний досягти температур вище 300°C.

7.2.4 Висновки

Друк даним методом дозволяє використовувати витратні матеріали невисокої вартості, які представлені на ринку у великому асортименті, дає великий вибір засобів та методів виконання постобробки. Обладнання для даного виду друку широко поширене та зручне у використанні. Однак, цей тип друку має недоліки, такі як чутливість до перепадів температур і розтікання пластику. Однак саме завдяки своїй доступності даний вид 3D-друку активно впроваджується в технологію ЛВМ (рис. 7.4). В даний час для ЛВМ розробляються методики використання 3D-друку із застосуванням легкоплавких воскоподібних матеріалів з температурою плавлення менше 100°C. Для цього потрібне програмне переналаштування принтера, оскільки більшість моделей побутових принтерів та принтерів широкого вжитку мають обмежений температурний діапазон. Тому більшість споживачів використовують пластик PLA, який, крім невисокої температури плавлення, має перевагу у своїй екологічності – цей пластик швидко розкладається у природному середовищі.



Рисунок 7.4 – Приклад деталі виготовленої литтям по виплавленим моделям, що отримані 3D друком методом FDM

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний метод тільки набуває поширення і більшість підприємств, що займаються литтям габаритних виробів, все ще використовують традиційну технологію. Використання 3D-друку вимагатиме витрат на обладнання та навчання персоналу, проте технології не стоять на місці, і перехід до більш швидкого методу виготовлення не забариться.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР технологій» було проведено комплексний аналіз, проектування та розробку рішень для оптимізації технологічного процесу виготовлення деталей заданого вузла. В ході досліджень та розробок досягнуто таких результатів:

1. Здійснено детальний розрахунок розмірних ланцюгів при складанні вузла ролика рольганга, що дозволило забезпечити відповідність деталей і вузла проектним вимогам.

2. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі корпусу підшипника із застосуванням сучасного обладнання. Це сприяло підвищенню точності обробки та зменшенню затрат часу.

3. Проведено проектування багатофункціональної операції, пов'язаної з отриманням отворів, обрано сучасний металорізальний інструмент, а також розроблено керуючу програму для обробки деталі у програмному середовищі FeatureCAM.

4. Спроектовано: верстатне пристосування для фрезерування площини основи кришки підшипника; контрольне пристосування для перевірки площинності основи кришки підшипника.

5. Запропоновано ефективну організацію механоскладальної дільниці, що сприяє підвищенню продуктивності праці. Розроблено заходи з охорони праці та екології при литті, що забезпечують безпечність і зменшують негативний вплив на довкілля.

6. Техніко-економічні показники. Виконано економічне обґрунтування заміни традиційного обладнання (верстати 2A622МФ2, 2М55, 6605) на багатоцільовий верстат з ЧПК Juaristi MX5. Економічний ефект склав 2 358 464 грн, а термін окупності – 1,27 року, що підтверджує доцільність впровадження цього рішення.

7. У науково-дослідній частині досліджено можливості використання 3D-друку методом FDM у технологічному процесі лиття. Цей підхід забезпечує зниження витрат на виготовлення моделей і підвищення точності литих деталей.

Розроблене технологічне забезпечення виготовлення деталей ролика рольганга з використанням САПР-технологій дозволило досягти оптимізації виробничих процесів, знизити витрати, підвищити продуктивність і точність обробки, а також скоротити термін окупності інвестицій. Виконані розробки мають високу практичну значущість та можуть бути впроваджені на виробництвах, що займаються виготовленням роликів вузлів.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шелест</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</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 – машиностроєння. 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.,Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.СВД</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Шелест</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>									
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>							<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>									

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.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.СВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Шелест</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей
ролика рольганга з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Шелест Н.Б.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

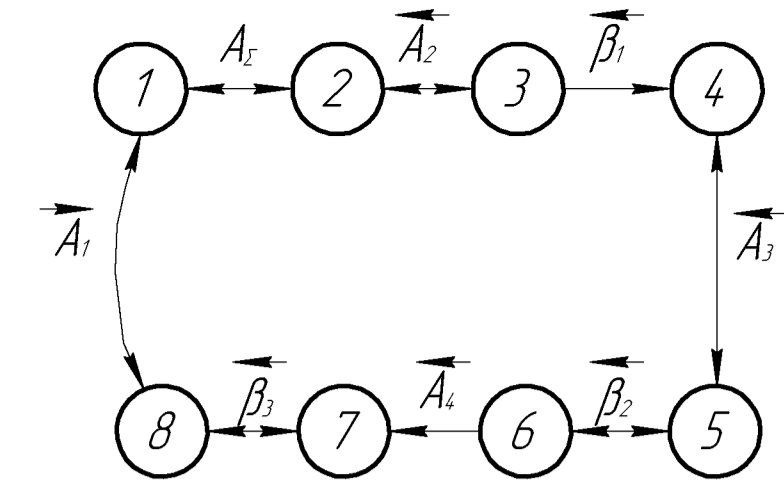
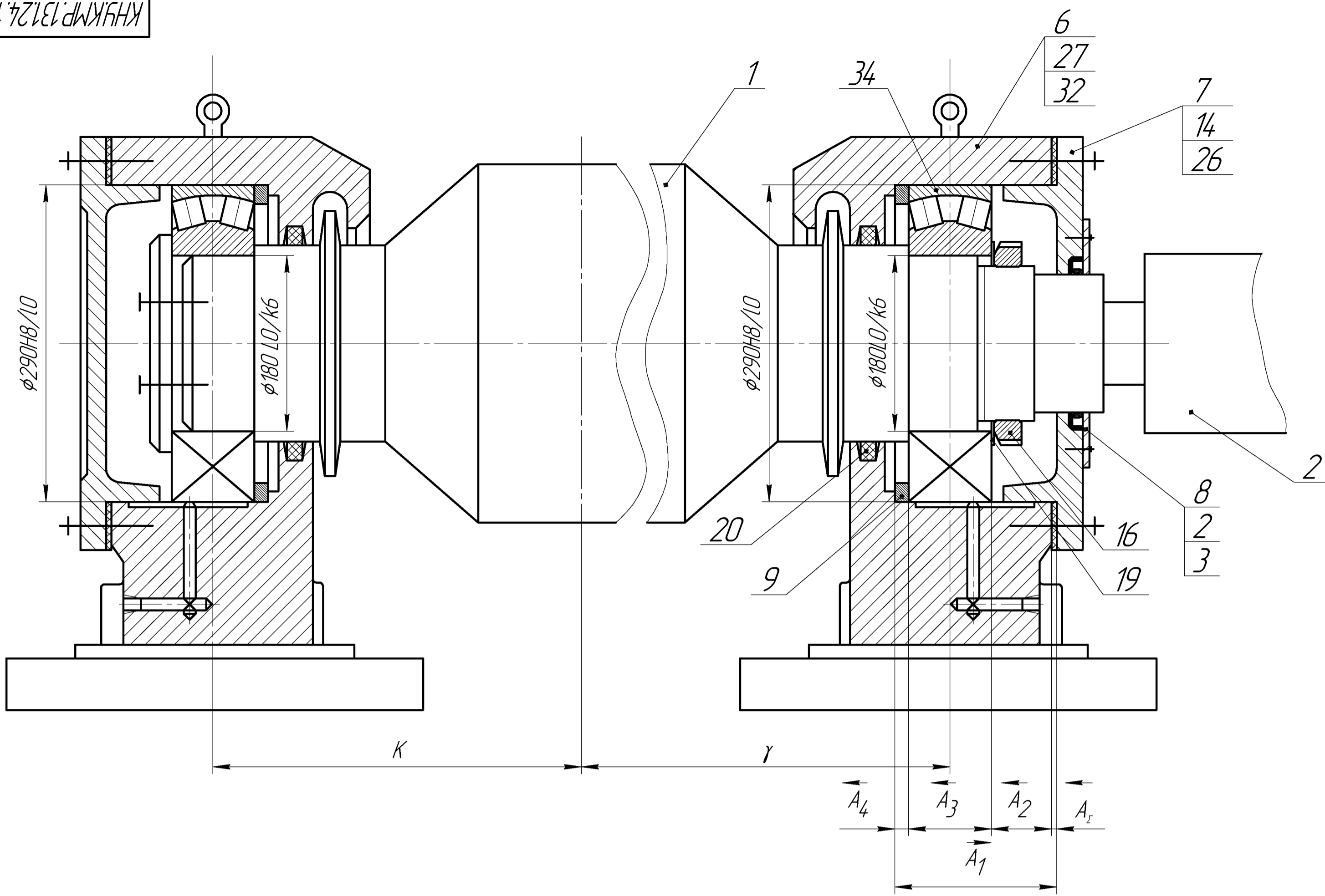
Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

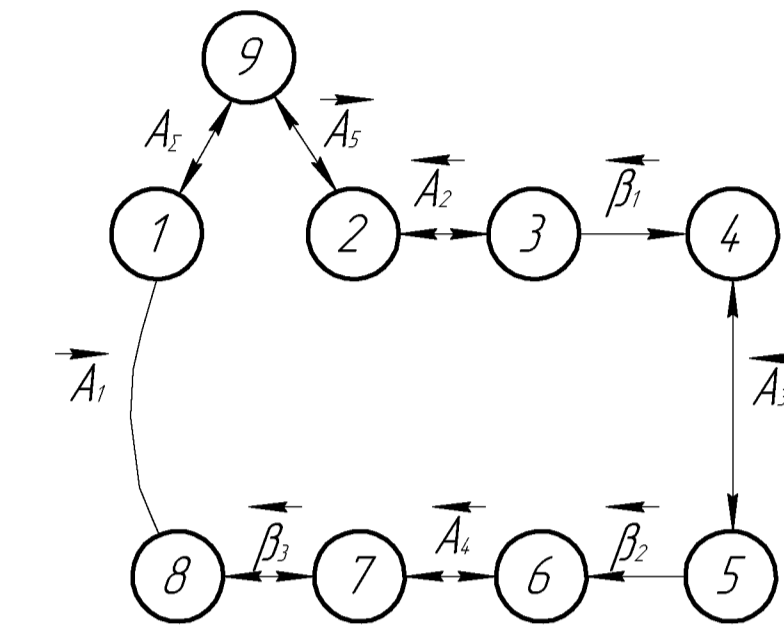
Рязанцев А.О.

Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Справ. №		Перв. примен.	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
				Креслення									
A1		1	КНУЖМР.131.24.1-19.ВРСК	Вузол ролика	1								
				(складальне креслення)									
A1		2	КНУЖМР.131.24.1-19.КП	Крушка підшипника	1								
A2		3	КНУЖМР.131.24.1-19.КТВ	Крушка підшипника (відливка)	1								
A1		4	КНУЖМР.131.24.1-19.ЕО	Ескізу операції	1								
A1		5	КНУЖМР.131.24.1-19.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1								
A1		6	КНУЖМР.131.24.1-19.ВІП	Верстатне пристосування	1								
A1		7	КНУЖМР.131.24.1-19.КП	Контрольне пристосування	1								
A2		8	КНУЖМР.131.24.1-19.ПМД	План механоскладальної ділянки	1								
A2		9	КНУЖМР.131.24.1-19.НЧ	Наукова частина	1								
КНУЖМР.131.24.1-19.ВЕД													
Відомість електронних документів КМР													
Кафедра ТМ зр. ТМ-23м													



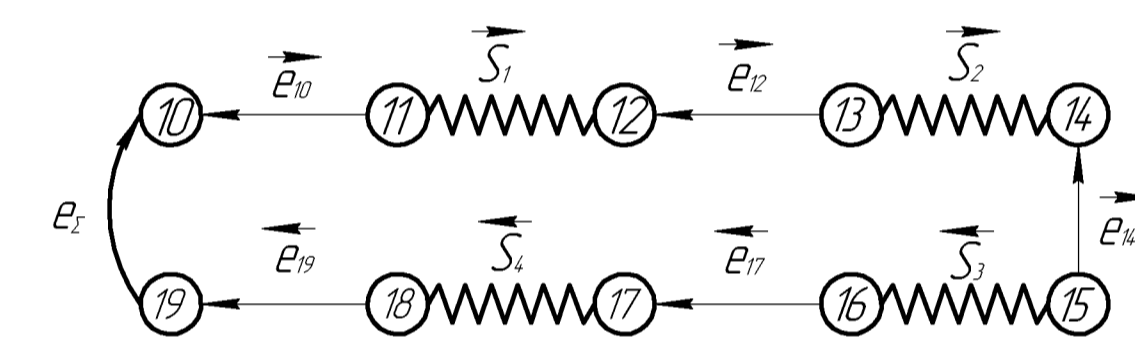
\vec{A}_1 – відстань між торцями кришки;
 \vec{A}_2 – висота ніжка кришки;
 \vec{A}_3 – ширина підшипника;
 \vec{A}_4 – ширина кільця;
 $\vec{\beta}_1$ – торцеве діття кришки;
 $\vec{\beta}_2$ – діття підшипника;
 $\vec{\beta}_3$ – торцеве діття кільця

Схема розмірних ланцюгів методом тах-тіп, вірогідним, компенсаторів



\vec{A}_1 – відстань між торцями кришки;
 \vec{A}_2 – висота ніжка кришки;
 \vec{A}_3 – ширина підшипника;
 \vec{A}_4 – ширина кільця;
 $\vec{\beta}_1$ – торцеве діття кришки;
 $\vec{\beta}_2$ – діття підшипника;
 $\vec{\beta}_3$ – торцеве діття кільця;
 \vec{A}_5 – товщина прокладки

Схема розмірних ланцюгів методом компенсаторів за рахунок прокладки



$S_1=S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал;
 $S_2=S_3$ – зазор у посадці зовнішнього кільця підшипника в корпус;
 $e_{10}=e_{19}$ – ексцентриситет посадкової шийки вала;
 $e_{12}=e_{17}$ – половина радіального діття підшипників качення;
 e_{14} – неспіввісність осей отворів в корпусі.

Схема кутових розмірних ланцюгів

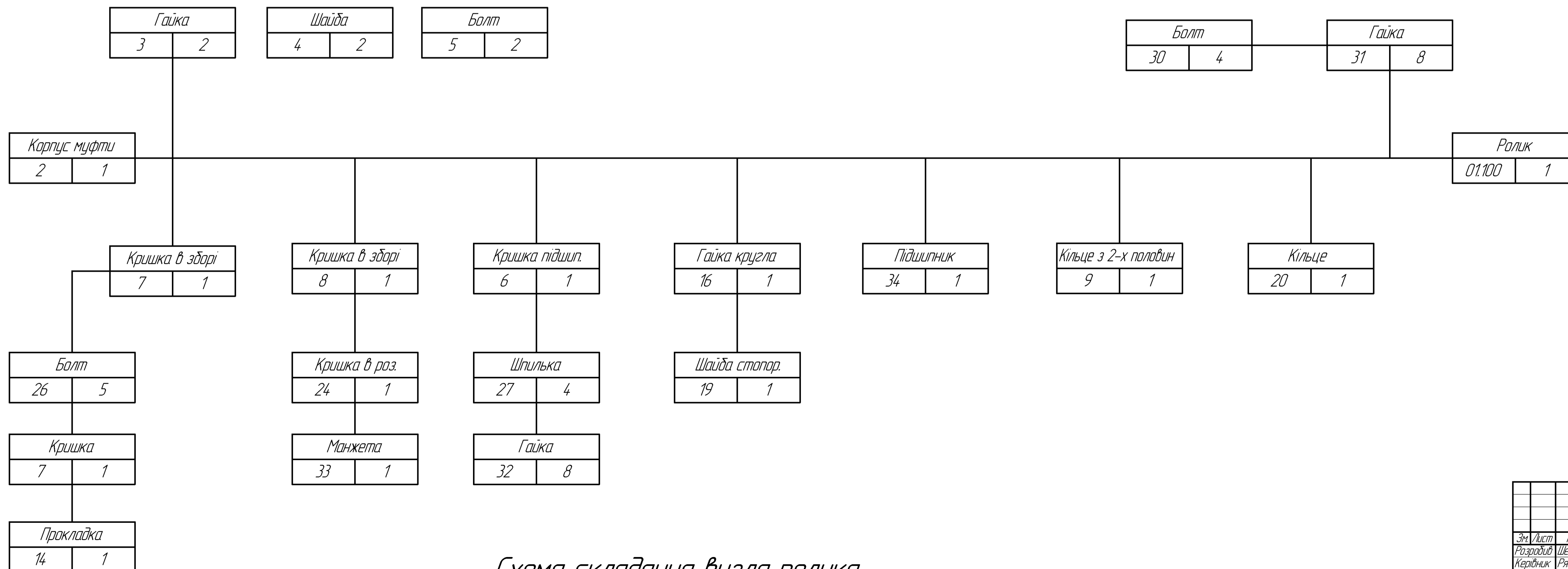


Схема складання вузла ролика

КНУ.КМР.13124.1-19.ВРСК				Вузол ролика (складальне креслення)			Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Н			1:1	
Розробив	Шелест				Лист	Листів	1		
Керівник	Рязанцев				Каф. ТМ гр. ПМ-23М				
Начальн.	Нечасів								
Заліг	Рязанцев								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	Перв. примен.			<u>Документація</u>			
				<i>КНУ.КМР.131.24.1-19.ВРСК</i>	<i>Складальне креслення</i>		
					<u>Складальні одиниці</u>		
					<i>Ролик φ350 (заготовка для КНУ.КМР.131.24.1-19.КП)</i>		
			1		<i>Ролик φ350</i>	1	
			2		<i>Корпус муфти 4</i>	1	
					<u>Деталі</u>		
			3		<i>Кришка</i>	2	
			4		<i>Шайба φ190</i>	2	
			5		<i>Кришка підшипника</i>	1	
			6		<i>Кришка</i>	1	
			7		<i>Кришка роз'ємна №6</i>	1	
			8		<i>Кільце з 2-х половин</i>	1	
			9		<i>Кришка підшипника</i>	1	
			10		<i>Прокладка</i>	2	
	11		<i>Втулка зубчата 4-Н4</i>	1			
	12		<i>Прокладка</i>	1			
	13		<i>Прокладка</i>	1			
	14		<i>Продка 1/4"</i>	2			
	15		<i>Гайка 3М150x2</i>	1			
КНУ.КМР.131.24.1-19.ВРСК							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разрад.		Шелест					
Пров.		Рязанцев					
Н.контр.		Нечаєв					
Утв.		Рязанцев					
Вузол ролика (складальне креслення)				Лит.	Лист	Листов	
					1	1	
Каф. ТМ гр. ПМ-23м				Формат А4			
				Копировав			

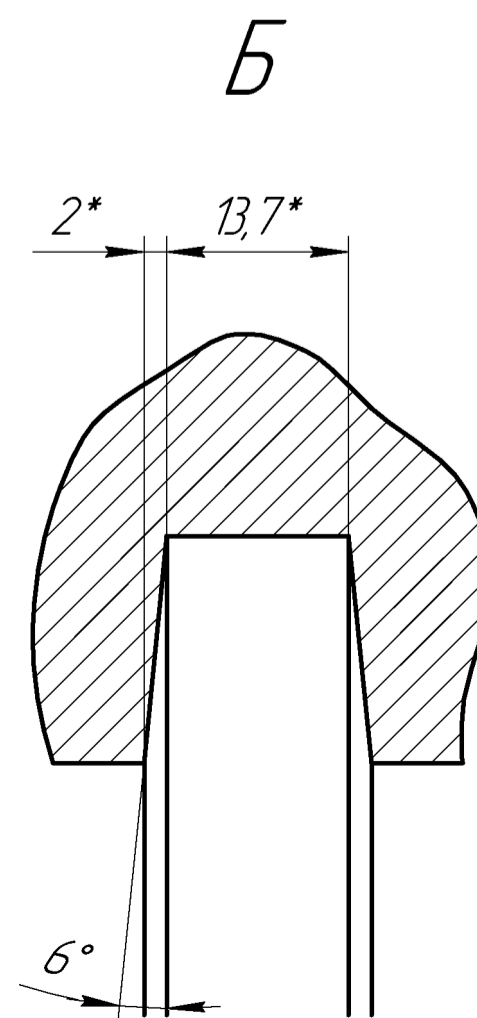
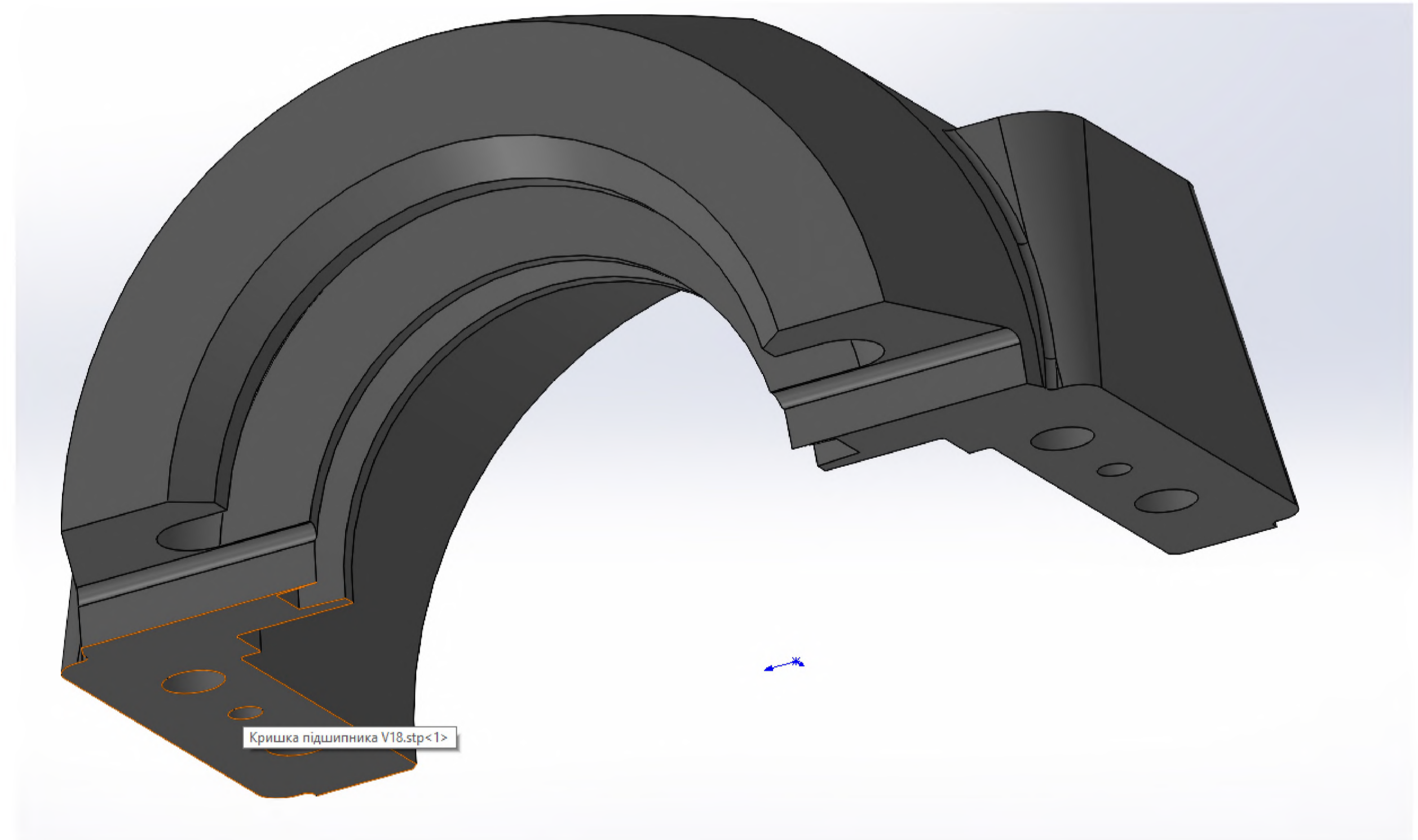
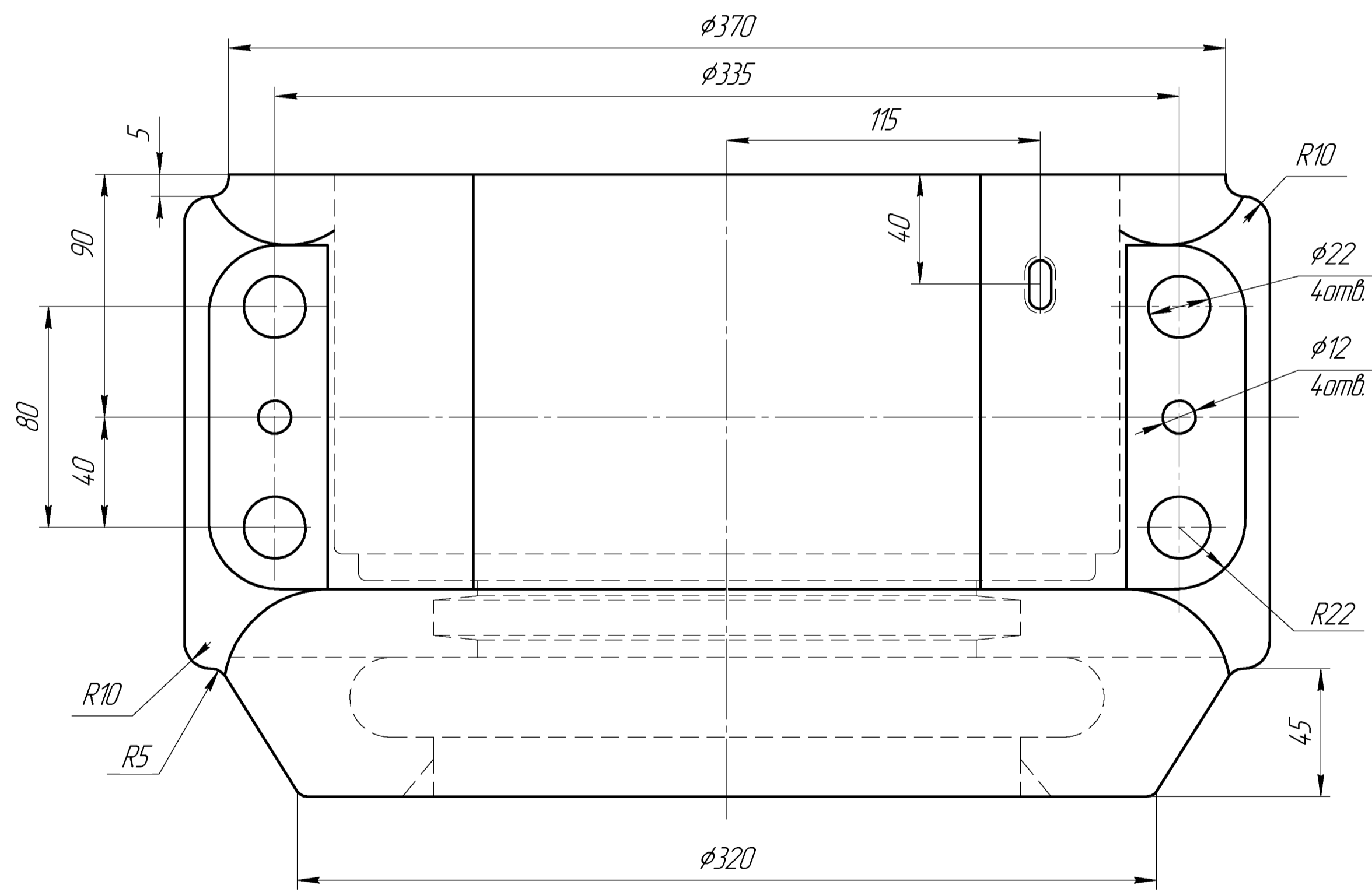
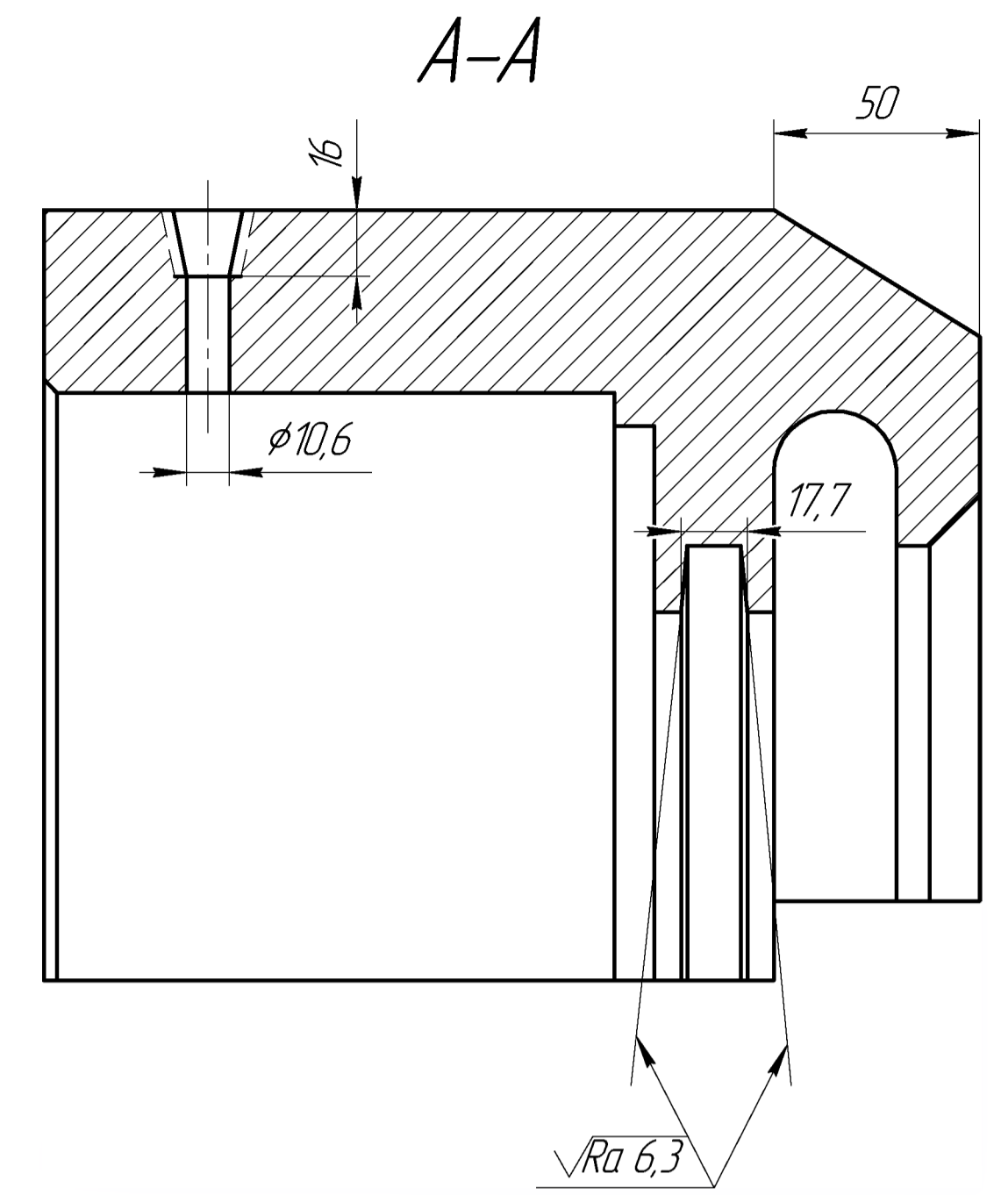
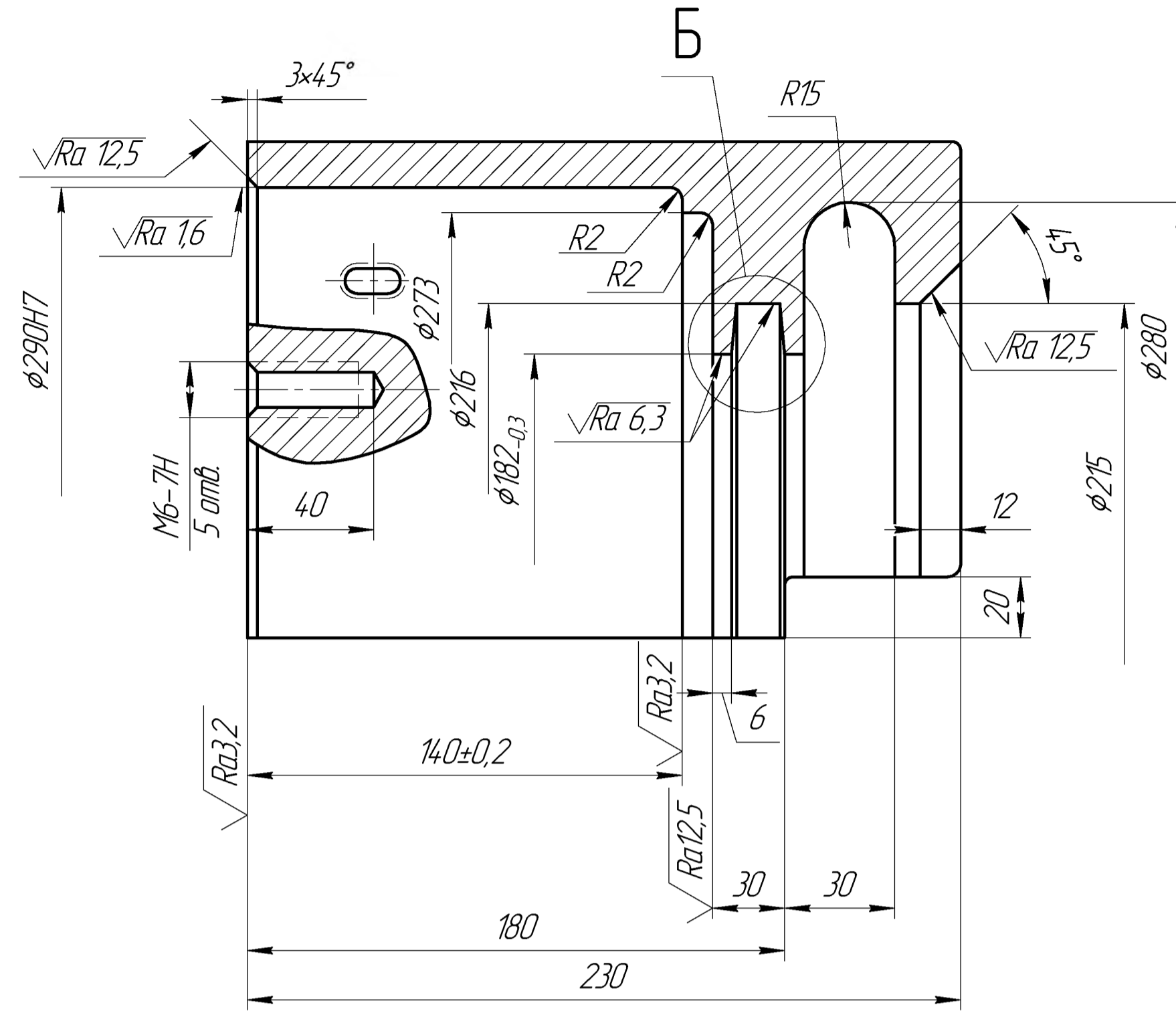
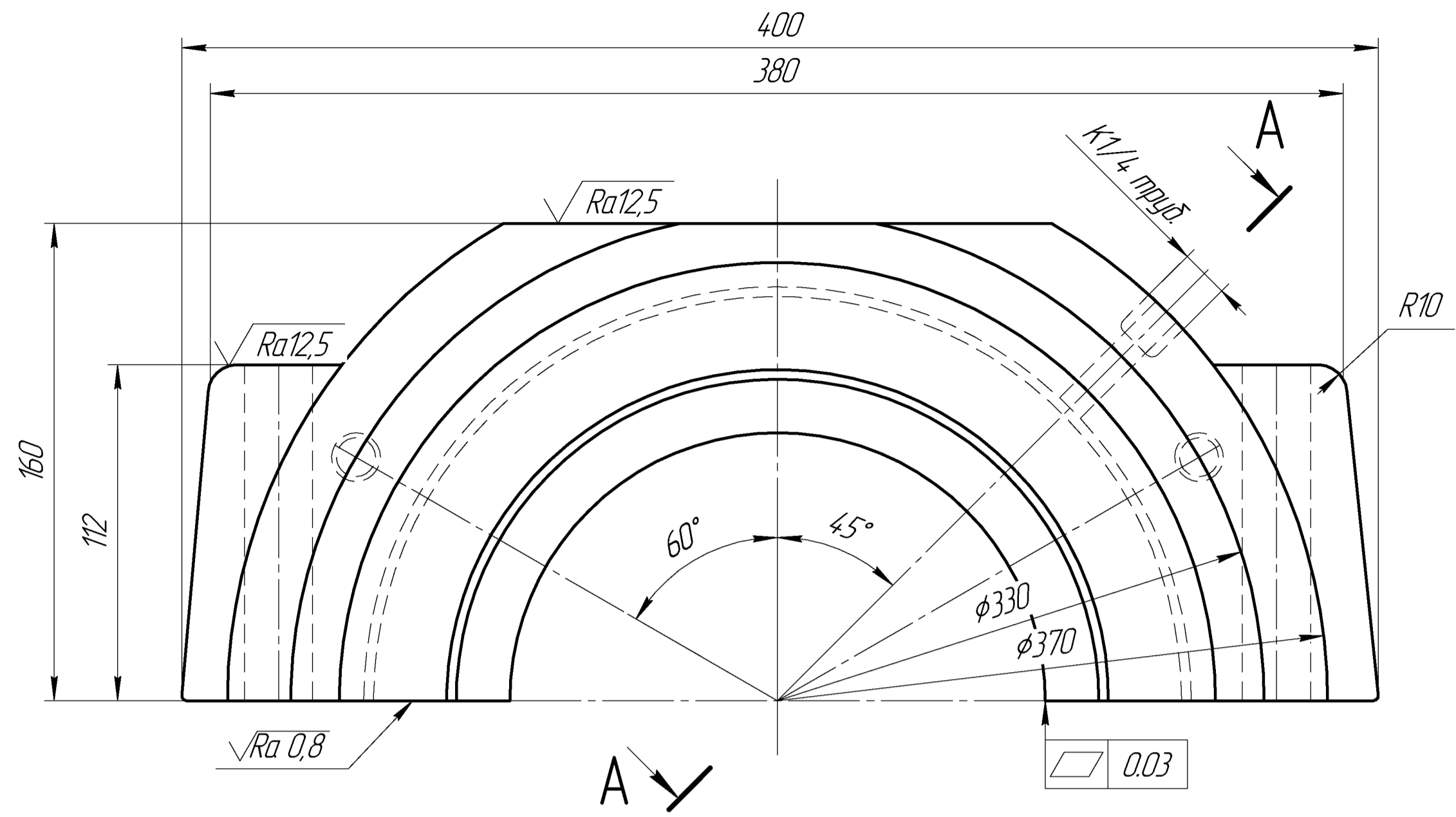
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16		Планка 35x160	1	
		17		Корпус підшипника	2	
		18		Шайба стопорна 150x104	1	
		19		Кільце СП-φ215/φ181-14	2	
				ГОСТ 6308-71	1	
		20		Втулка зрубчата 4-Н4	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт DIN 933		
		21		M8-6gx15.58	10	0,006кz
		22		M16-6gx30.58	2	0,078кz
		23		M16-6gx50.58	11	0,104кz
		24		Шпилька M20-6gx150.58	8	0,379кz
				DIN 976		
		25		Шпилька M20-6gx120.58	4	0,3кz
				DIN 976		
		26		Болт M30-6gx150.58	4	0,94кz
				DIN 933		
		27		Болт M30-6gx150.58	4	1,02кz
				DIN 609		
				Гайка DIN 555		
		28		M30-6H.5	16	0,224кz
		29		M20-6H.5	24	0,062кz
		30		Манжета 1.1-140x170-1	1	0,125кz
				DIN 3760		
		31		Підшипник 3532 DIN 635-2	2	24кz
		32		Шпонка 20x12x90 DIN 6885	1	0,28кz
				<u>Інші вироби</u>		
				Електродвигун AP-74-16	1	395кz

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

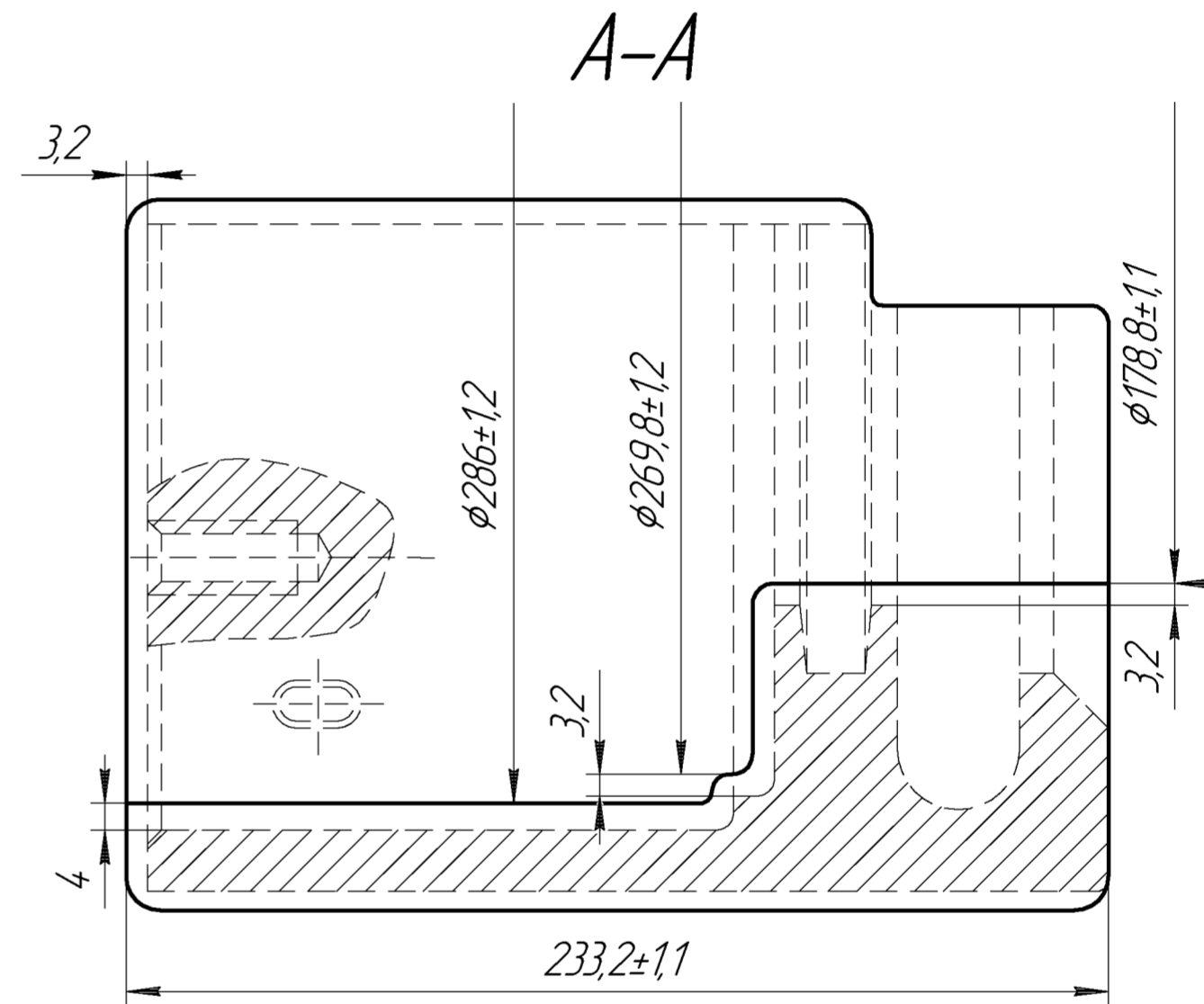
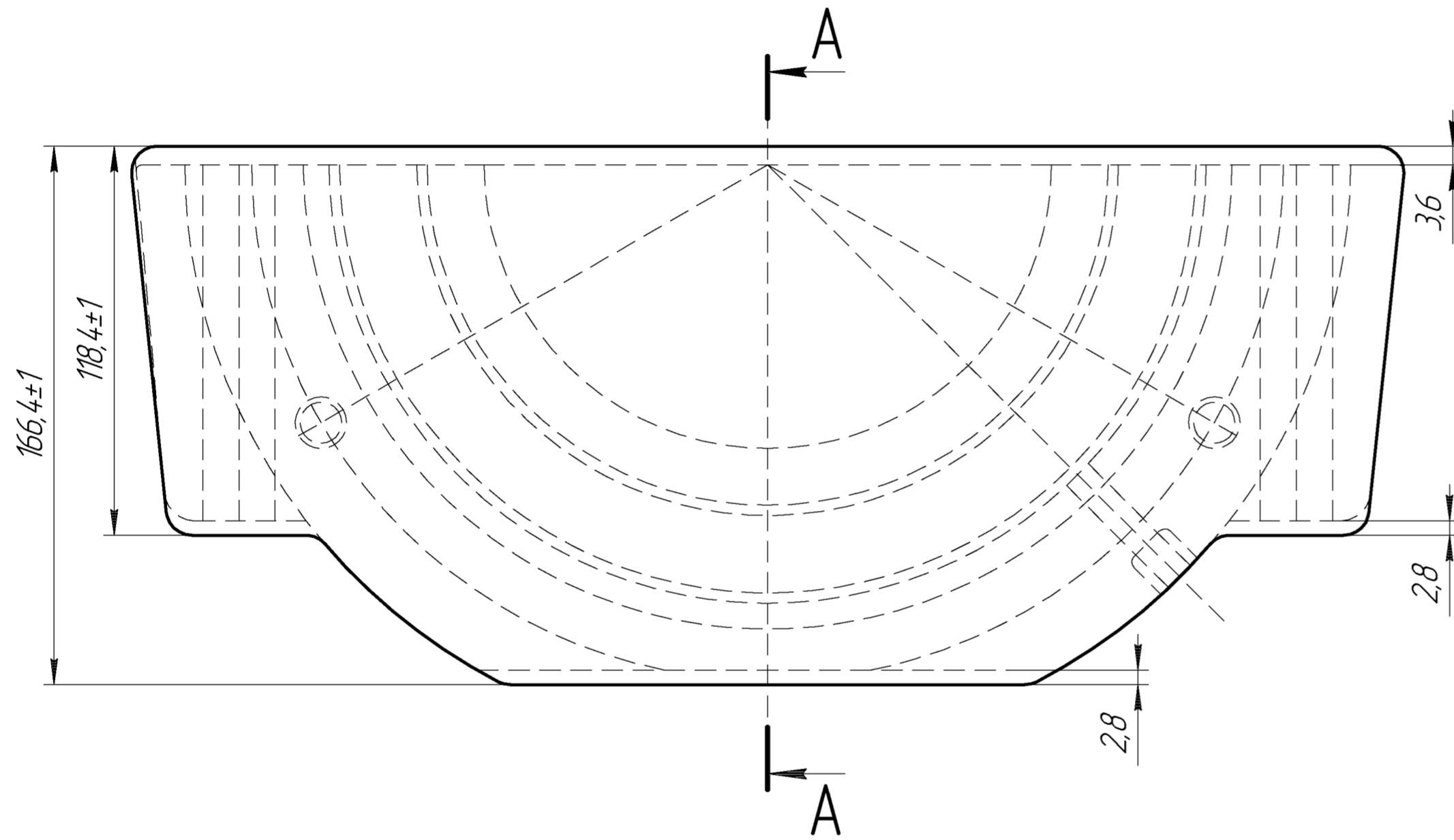
КНУ.КМР.131.24.1-19.ВРСК

Лист
2



1. Кришку гартувати;
2. Невказані радіуси скруглень 5 мм;
3. Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, інших ±IT4/2;
4. Можлива заміна матеріалу на сталь 40Л, 50Л;
5. *розмір для довідок.

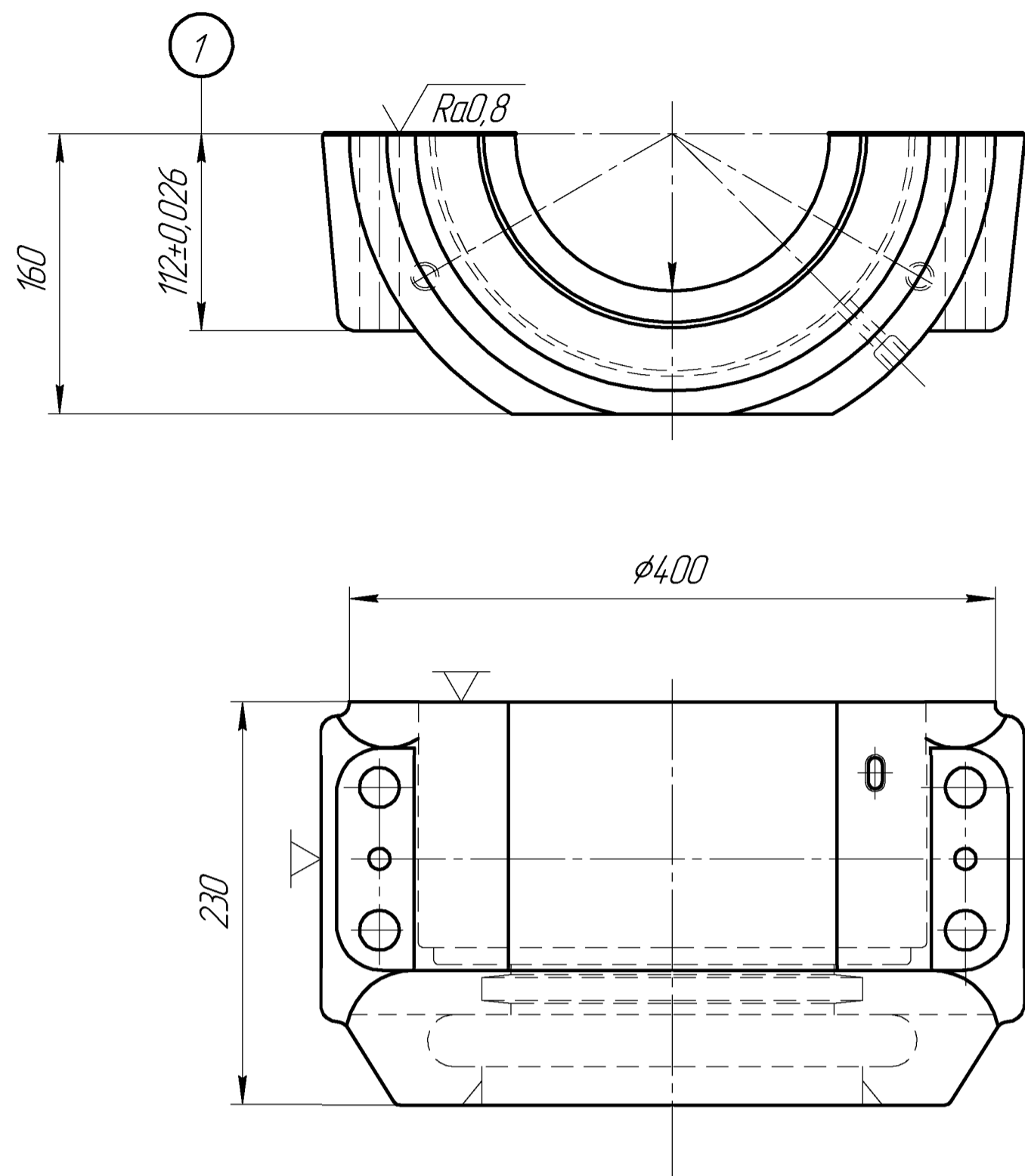
				КНУ.КМР.13124.1-19.КП			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Кришка підшипника	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Шелест				Н		1:1
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Начальник	Нецюєв			Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018	Каф. ТМ гр. ПМ-23М		
Затв.	Рязанцев						



- 1 Можлива заміна матеріалу на сталь 30Л, 40Л, 45Л.
- 2 Поверхню виливки дробеструїти.
- 3 Невказані формовочні ухили 1°31'.
- 4 Невказані ливарні градуси 10 мм.
- 5 Контролювати 20% виливок.

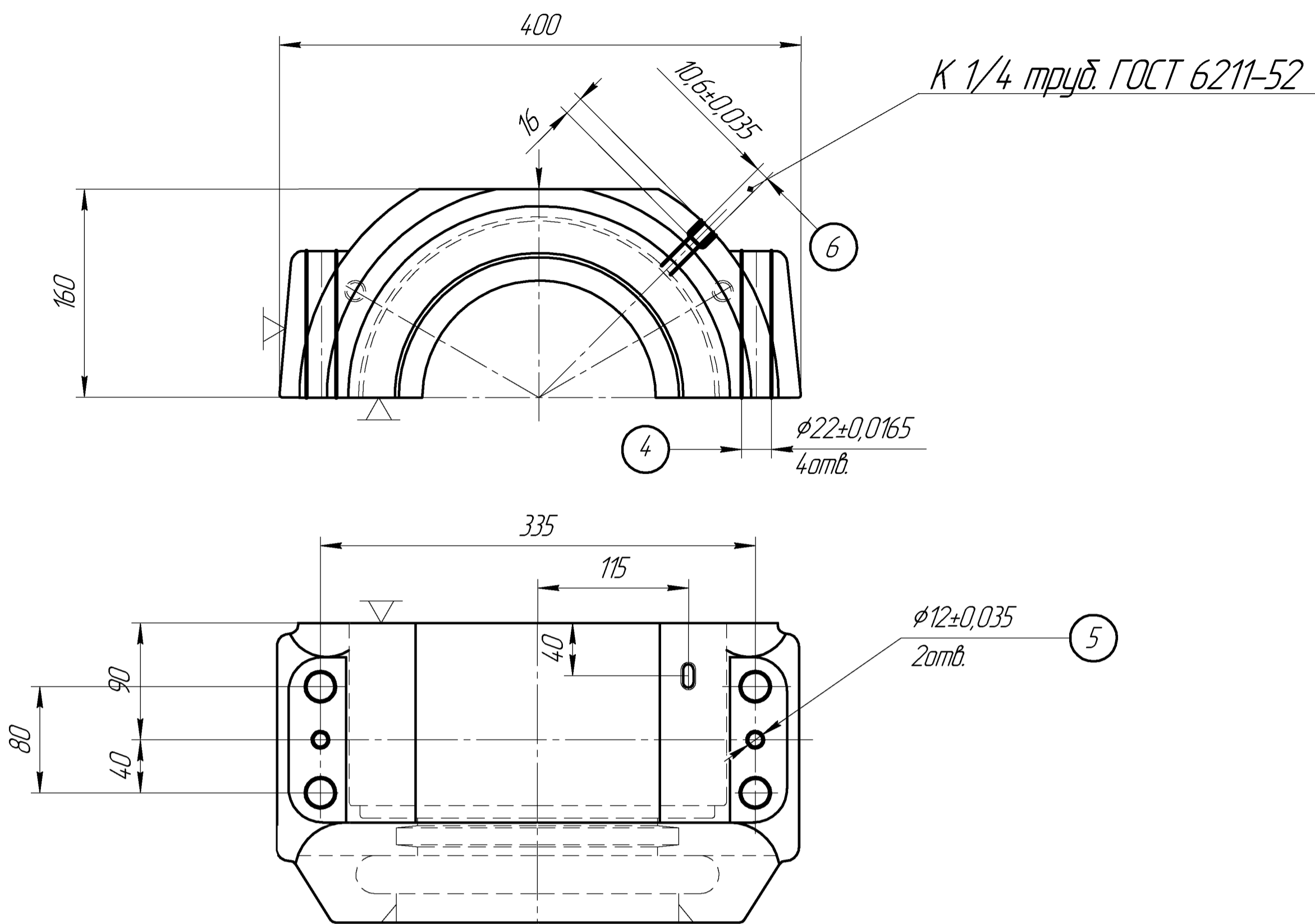
					КНУ.КМР.131.24.1-19.КПВ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Корпус підшипника (виливка)	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Шелест					Н		1:1
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів				Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018	Каф. ТМ гр. ПМ-23М		
Затв.	Рязанцев							

Установ А



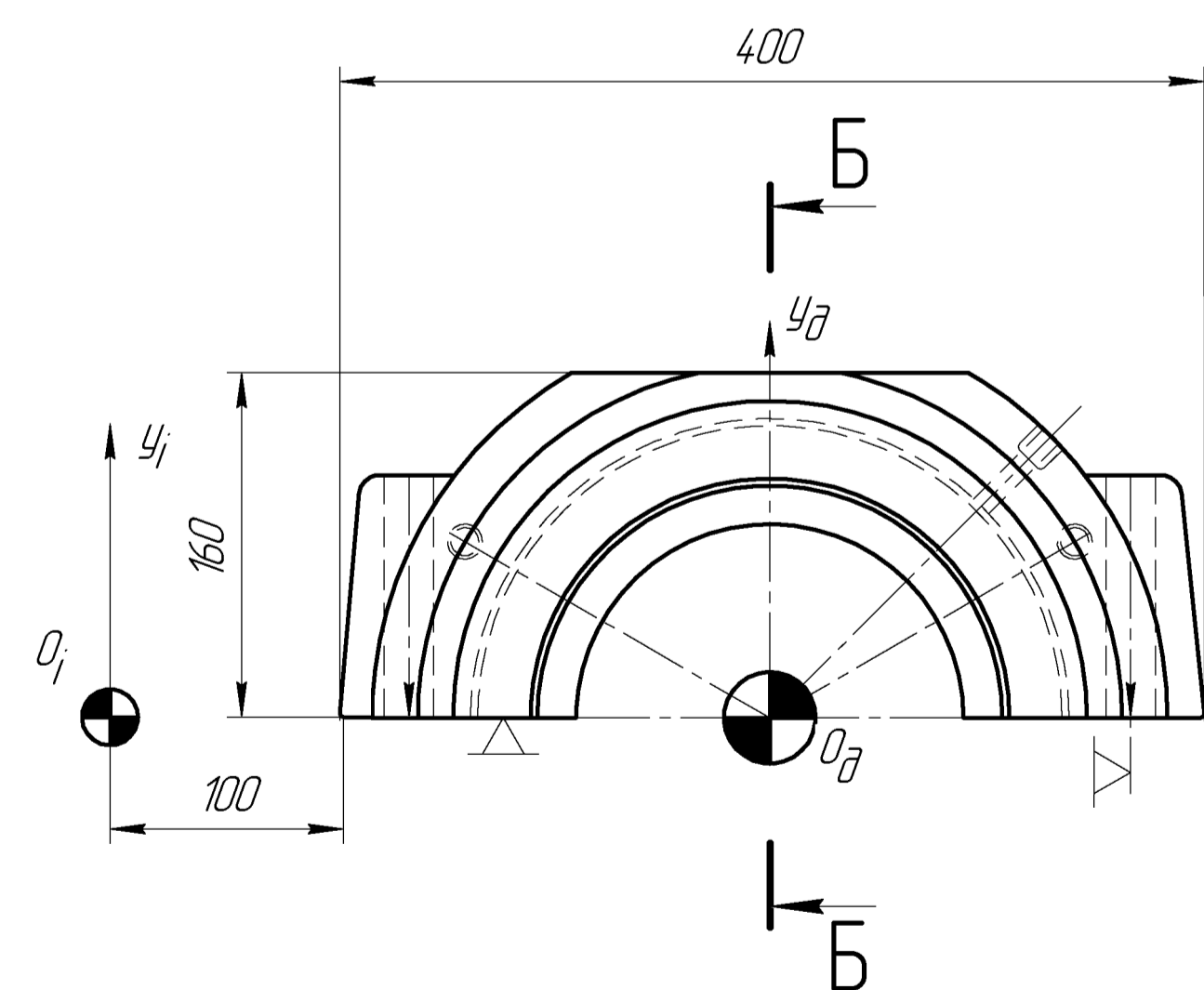
t	S	V	n	i	T ₀
10	0,07	260	180	1	24

Установ В



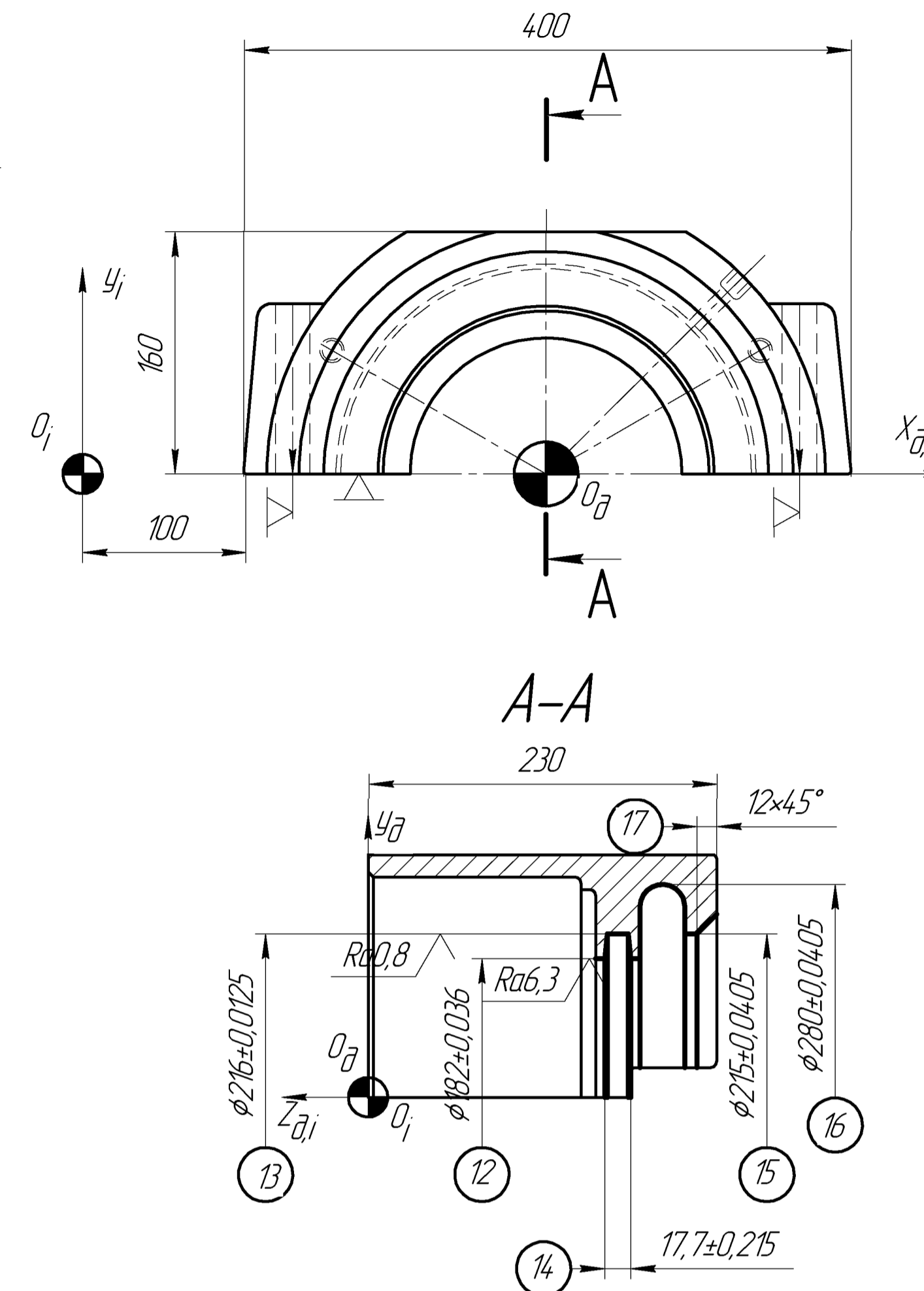
t	S	V	n	i	T ₀
4,9	0,1	110	355	1	0,35
3,5	0,08	120	362	1	0,35
0,05	0,02	220	360	1	0,35
0,06	0,1	250	310	1	0,35
0,06	0,1	100	158	1	0,35

Установ Г



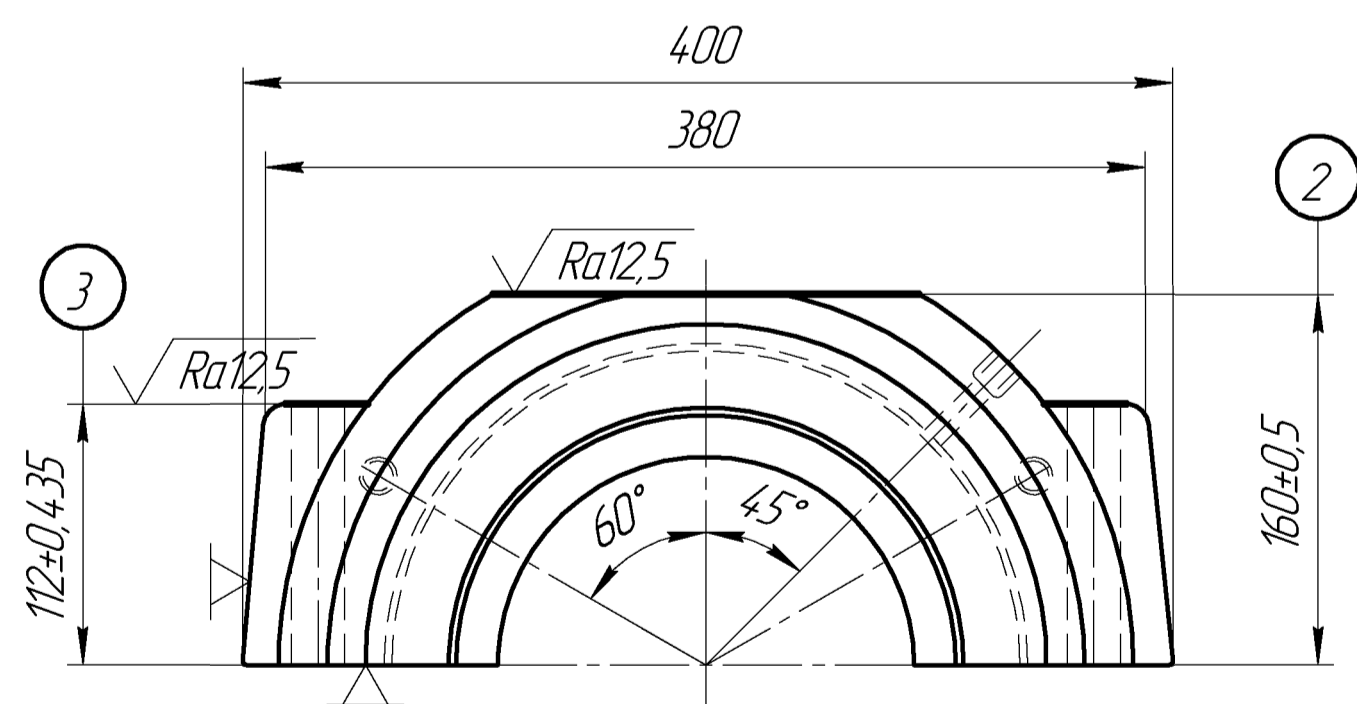
t	S	V	n	i	T ₀
4,9	0,1	100	450	1	0,8
3,5	0,1	200	350	1	0,8
3,5	0,2	105	200	1	0,8
2,6	0,09	400	500	1	0,8
1,8	0,06	300	400	1	0,8

Установ Д



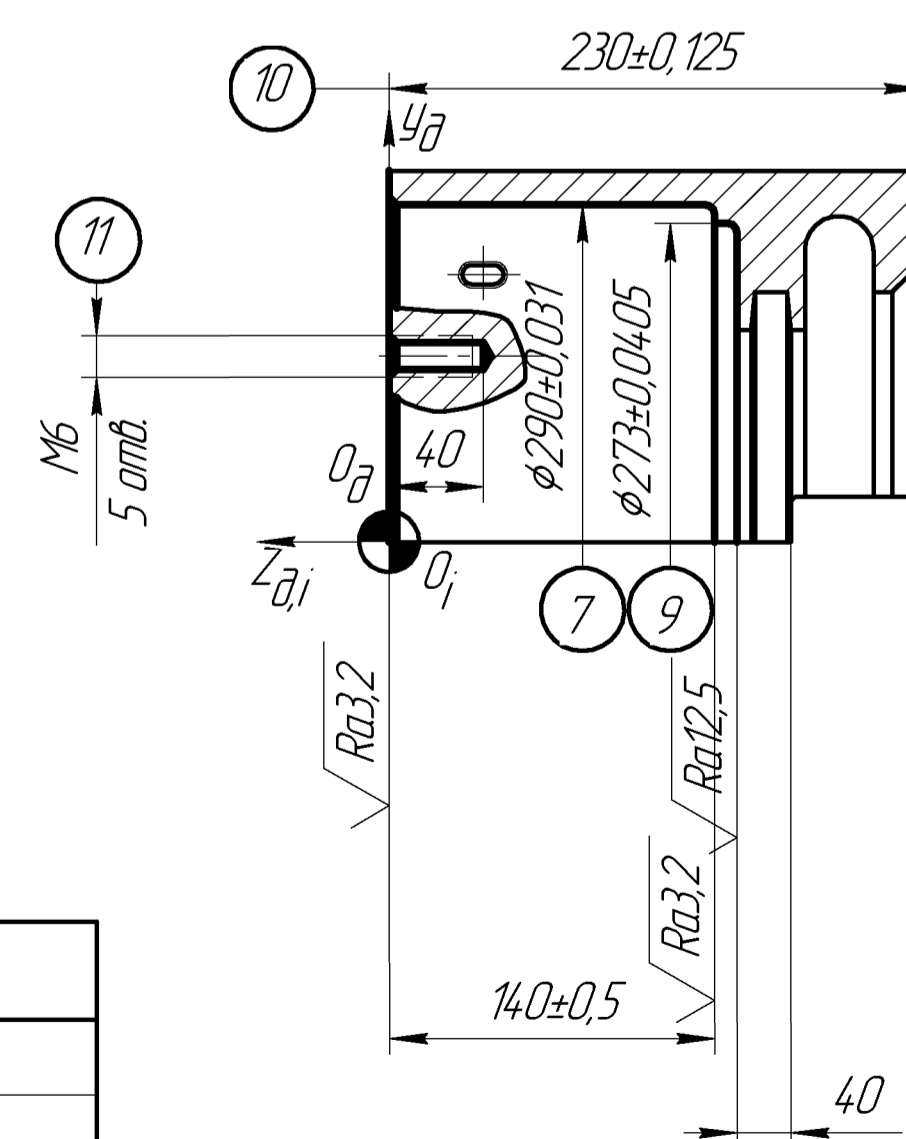
t	S	V	n	i	T ₀
6,3	0,2	160	210	1	0,8
5,2	0,21	180	250	1	0,8
2,3	0,08	315	500	1	0,8
2,4	0,09	400	350	1	0,8
2,4	0,08	300	500	1	0,8

Установ Б



t	S	V	n	i	T ₀
0,9	0,37	260	135	1	24
0,9	0,37	240	150	1	24

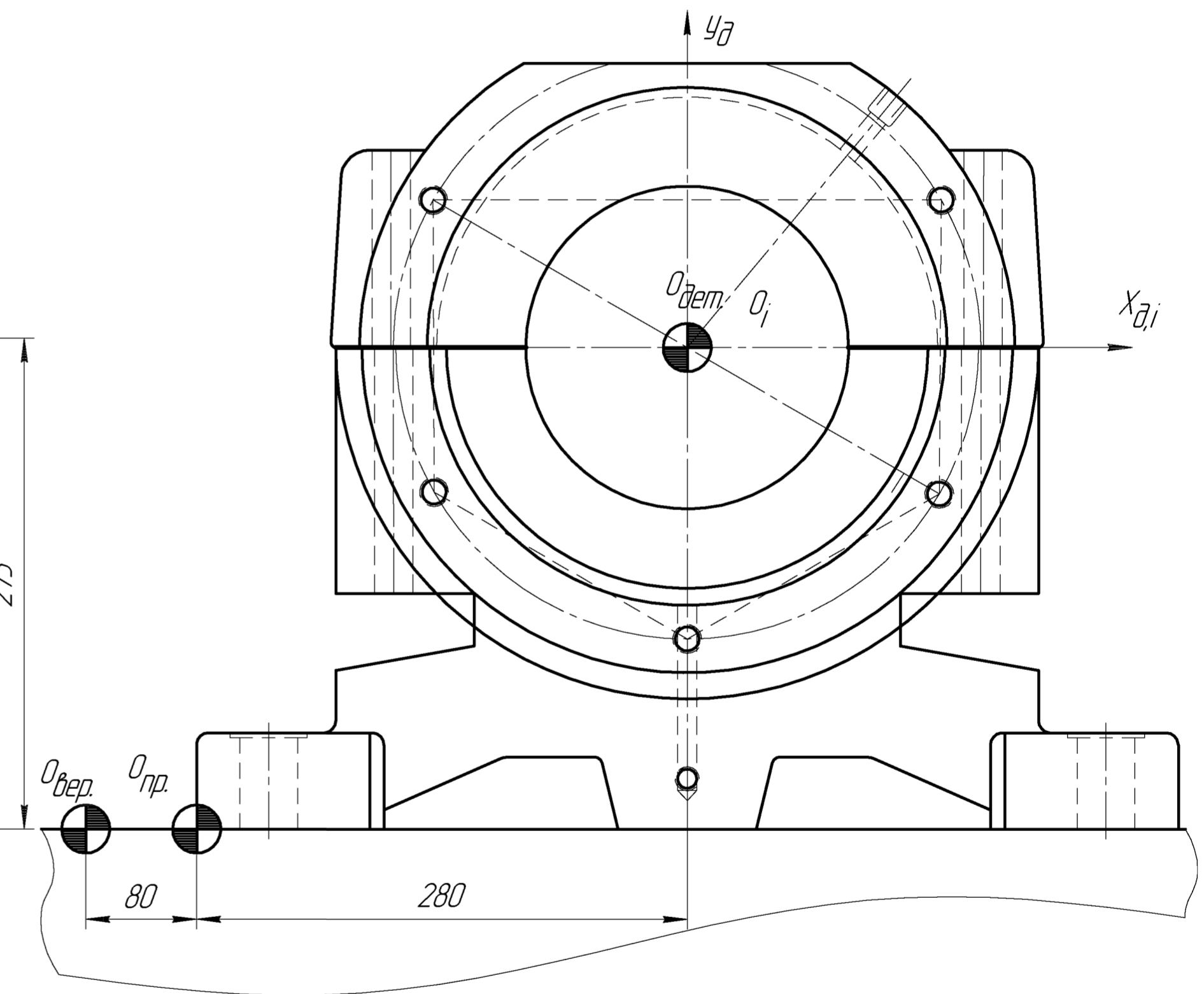
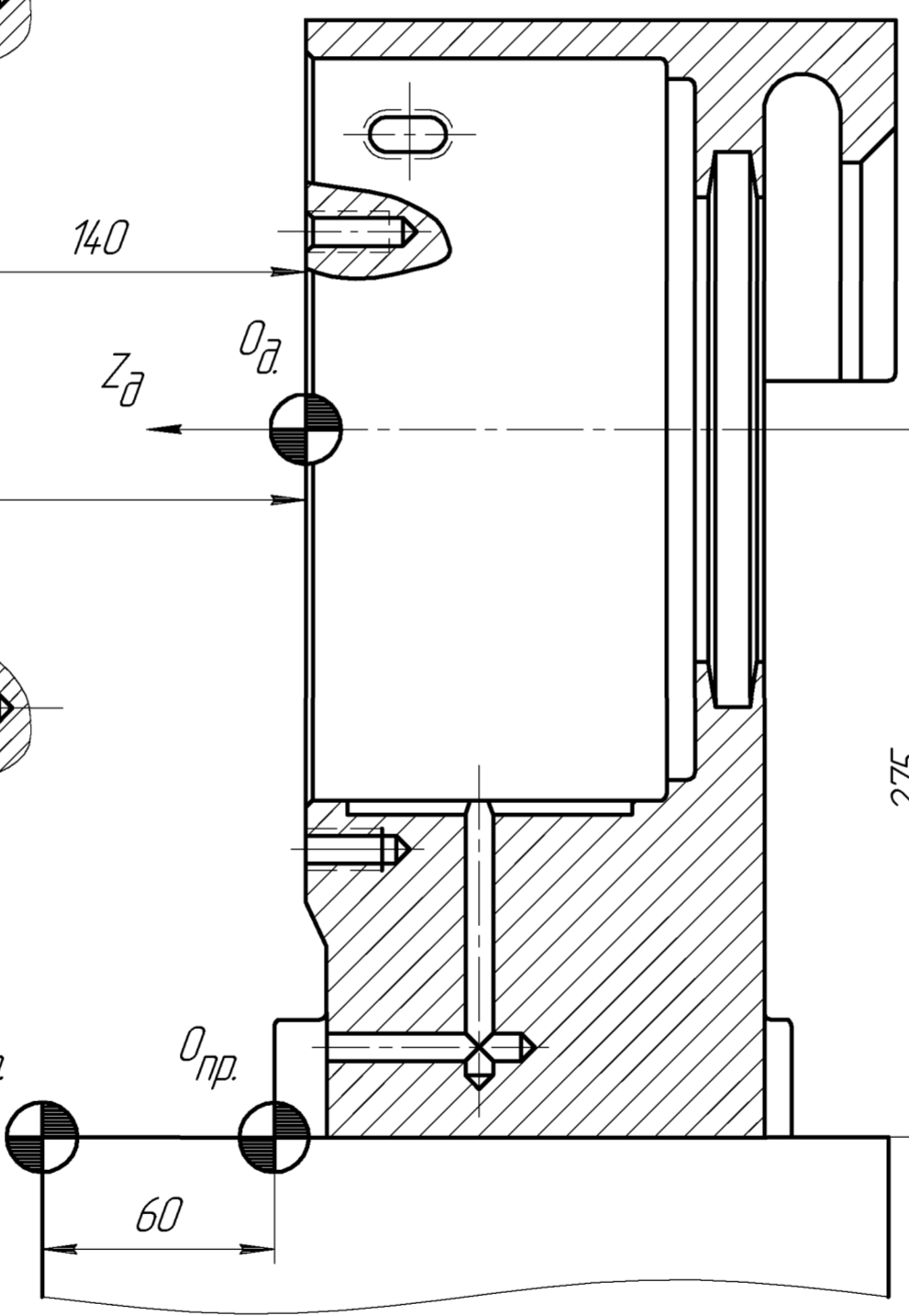
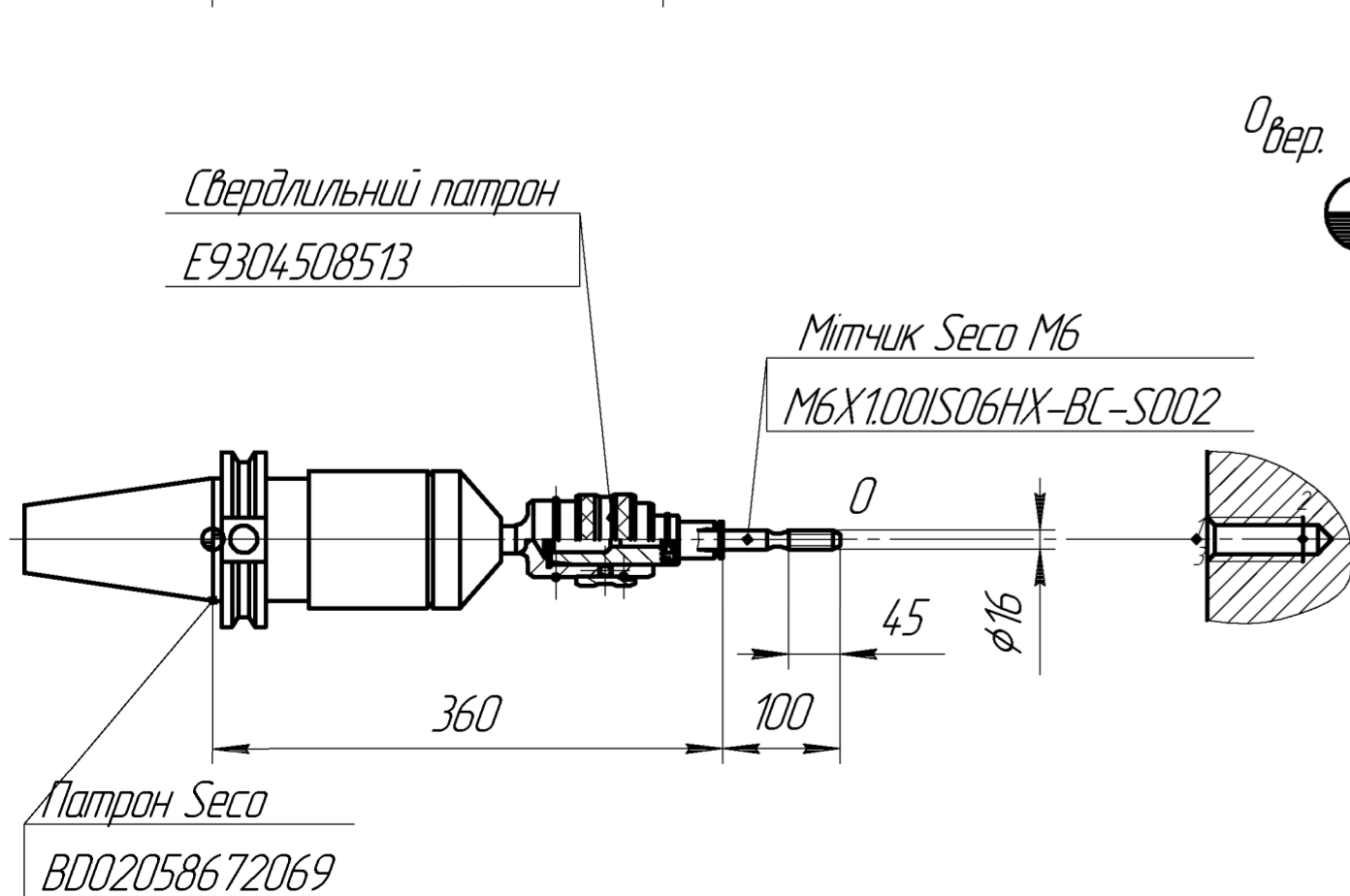
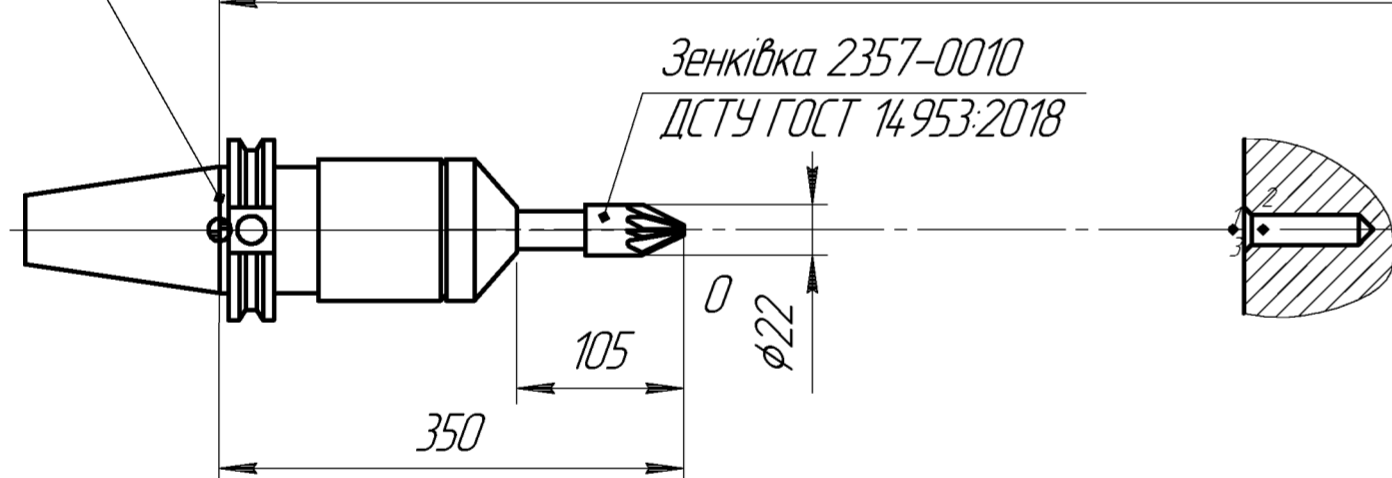
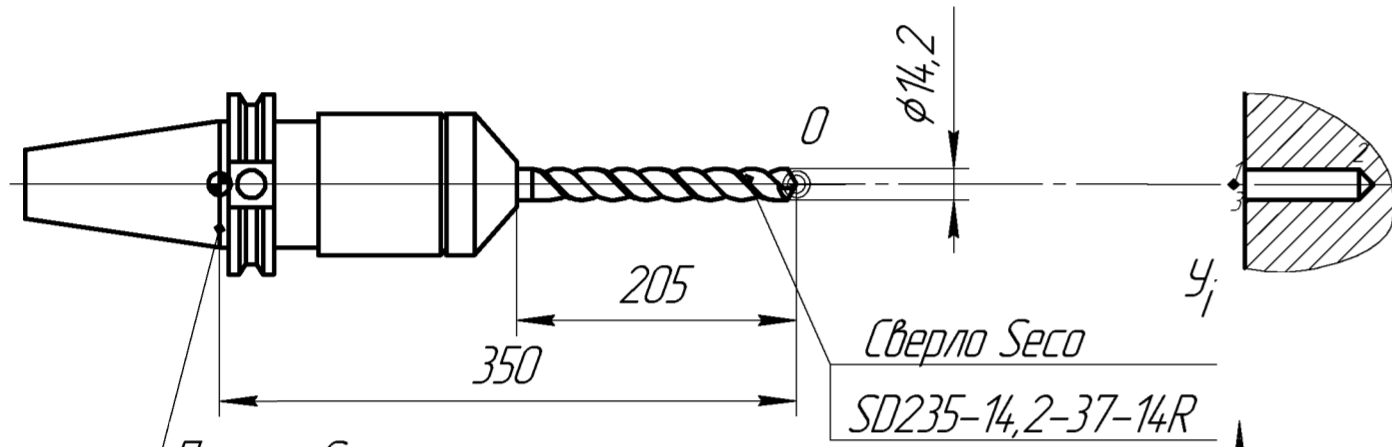
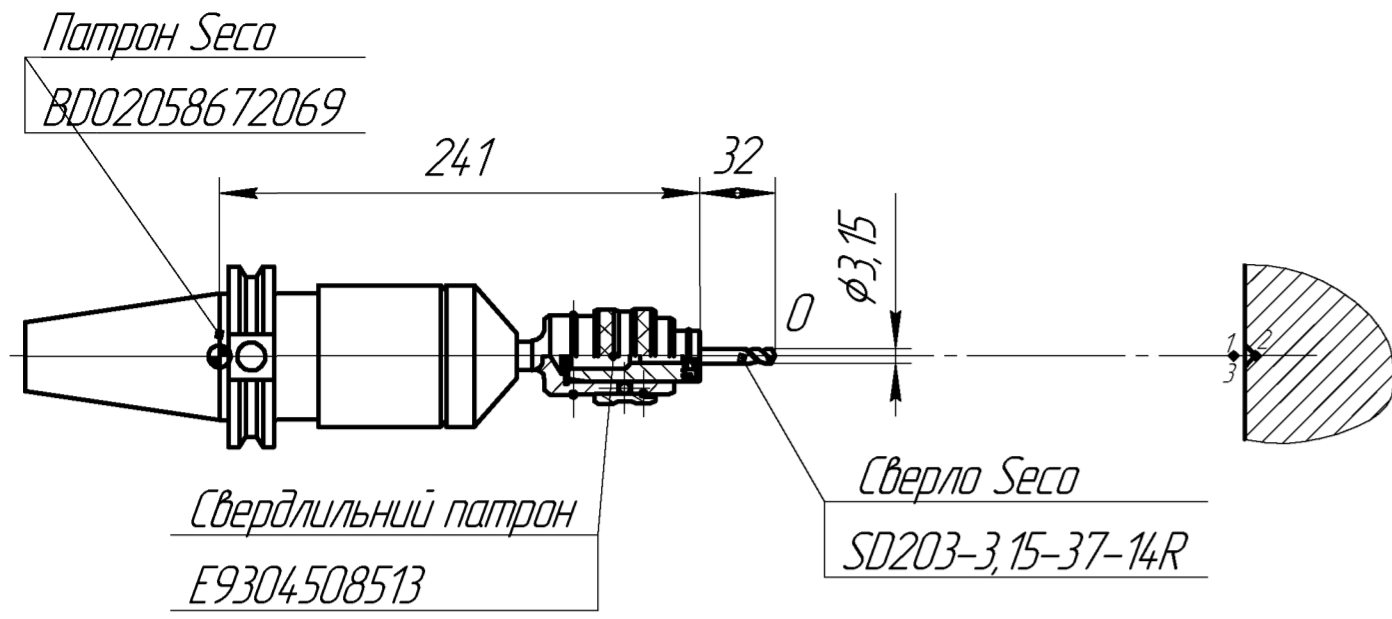
Б-Б



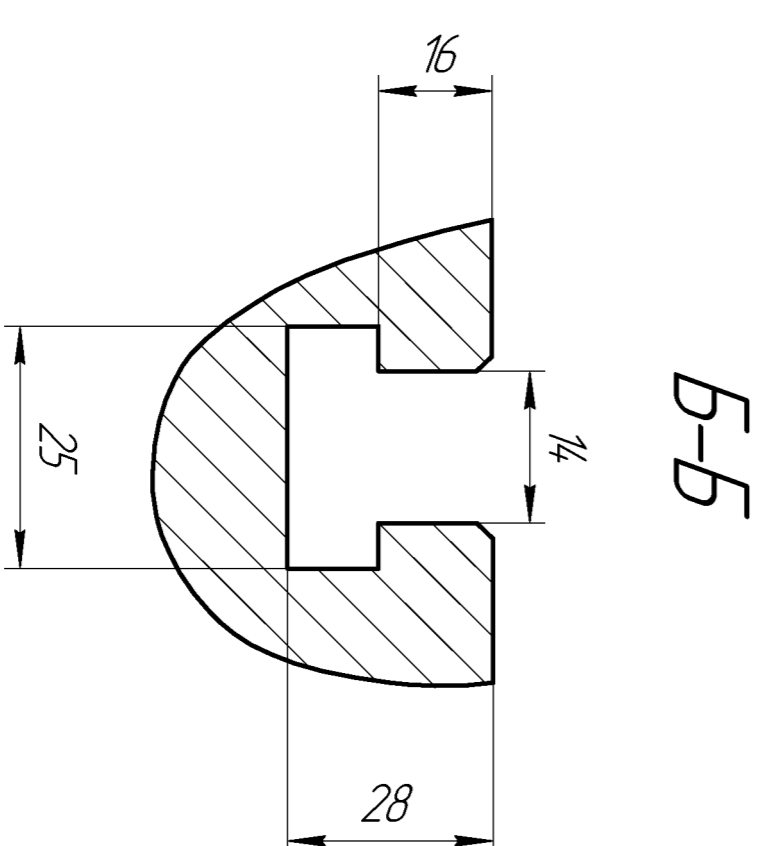
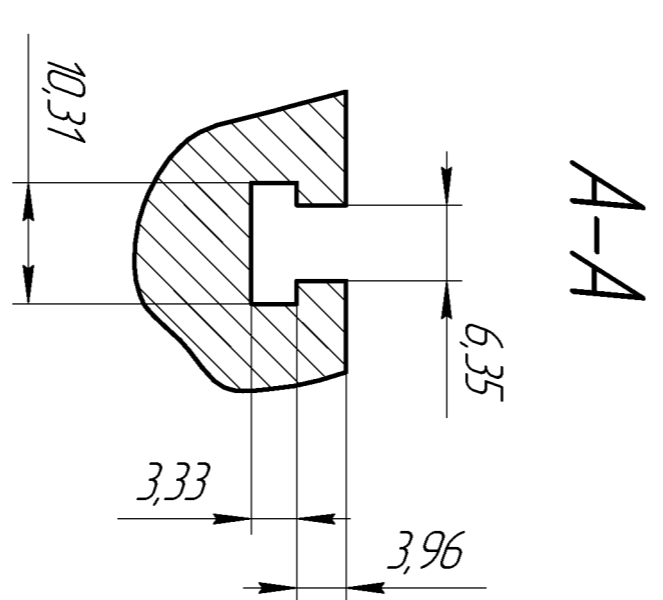
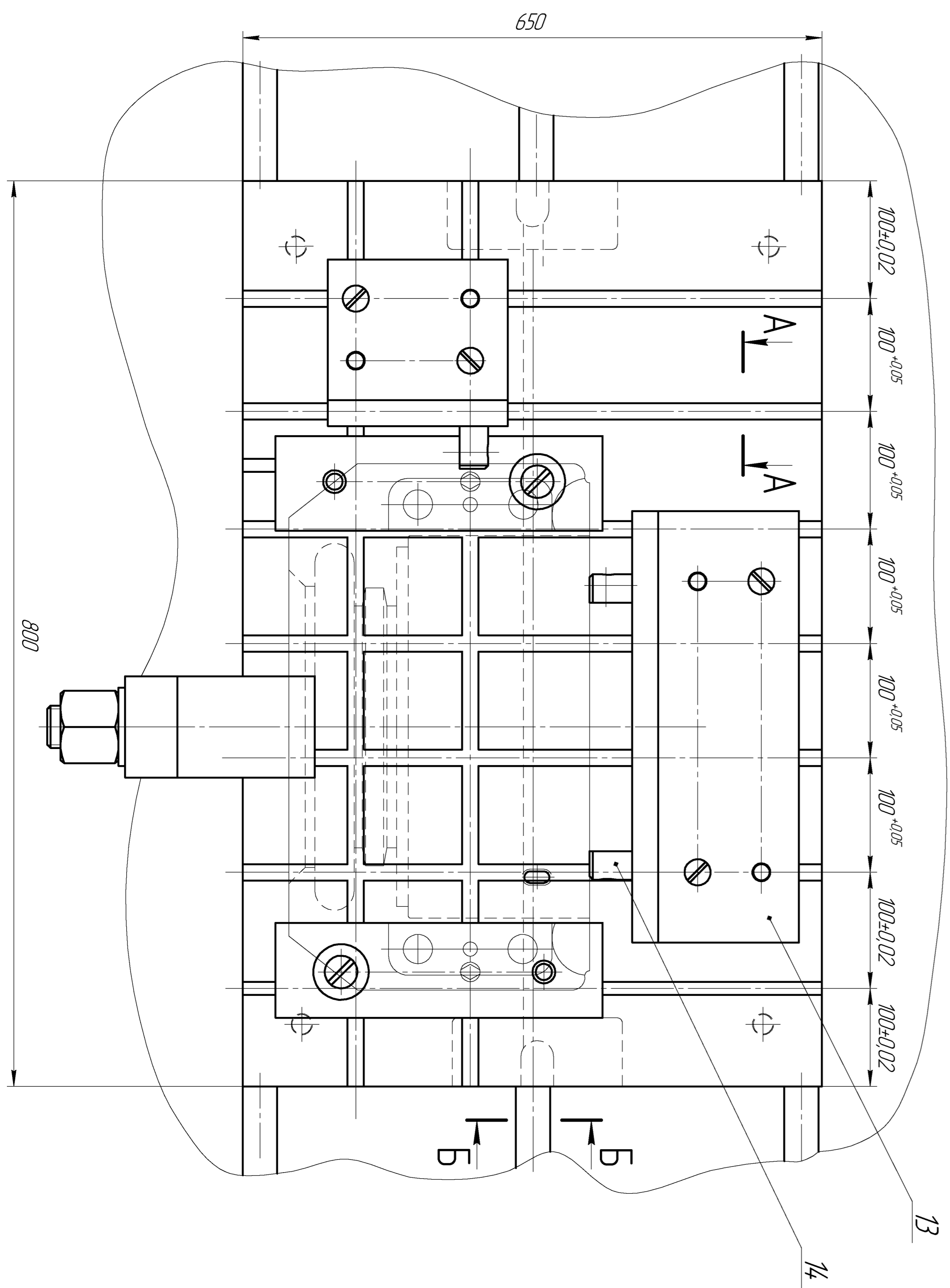
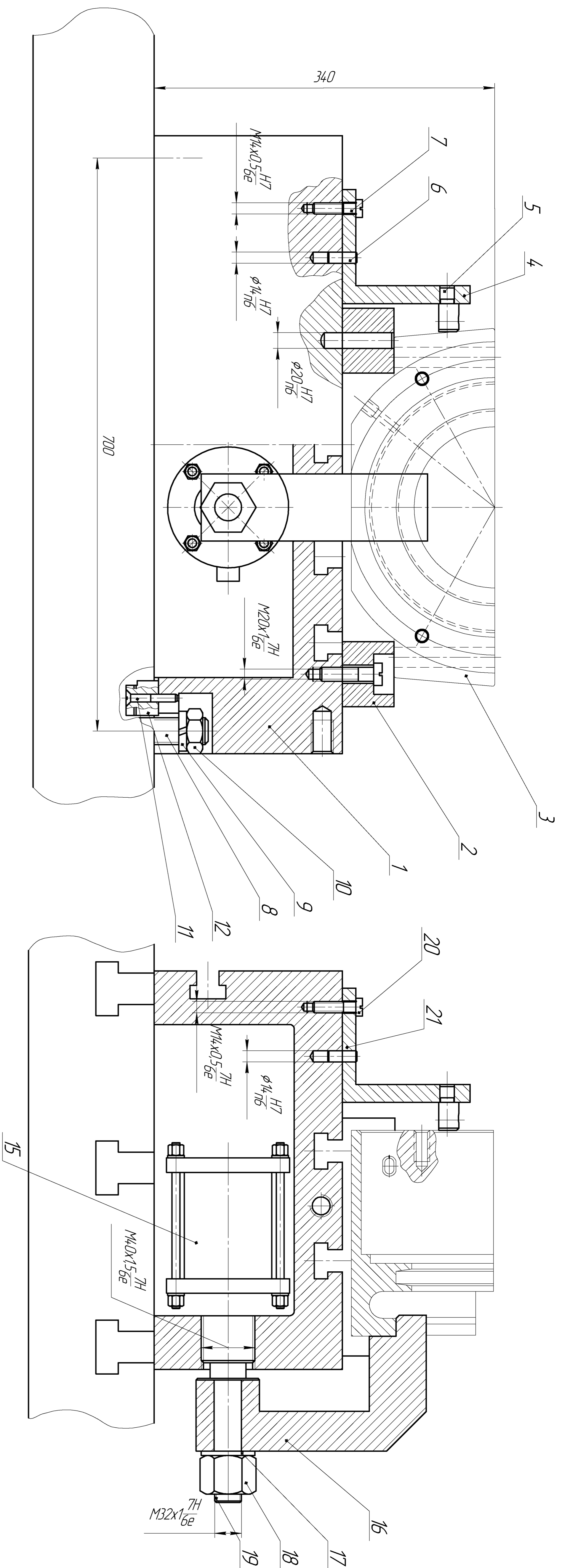
КНУКМР.13124.1-19.ЕО				Ескізу операції		
Зр./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Листів	1
Розробив	Шелест			Каф. ТМ		
Керівник	Рязанцев			гр. ПМ-23м		
Начальн.	Нечесов					
Затв.	Рязанцев					

005 Багатоцільова Juaristi MX5 Установ Г

М 1:2

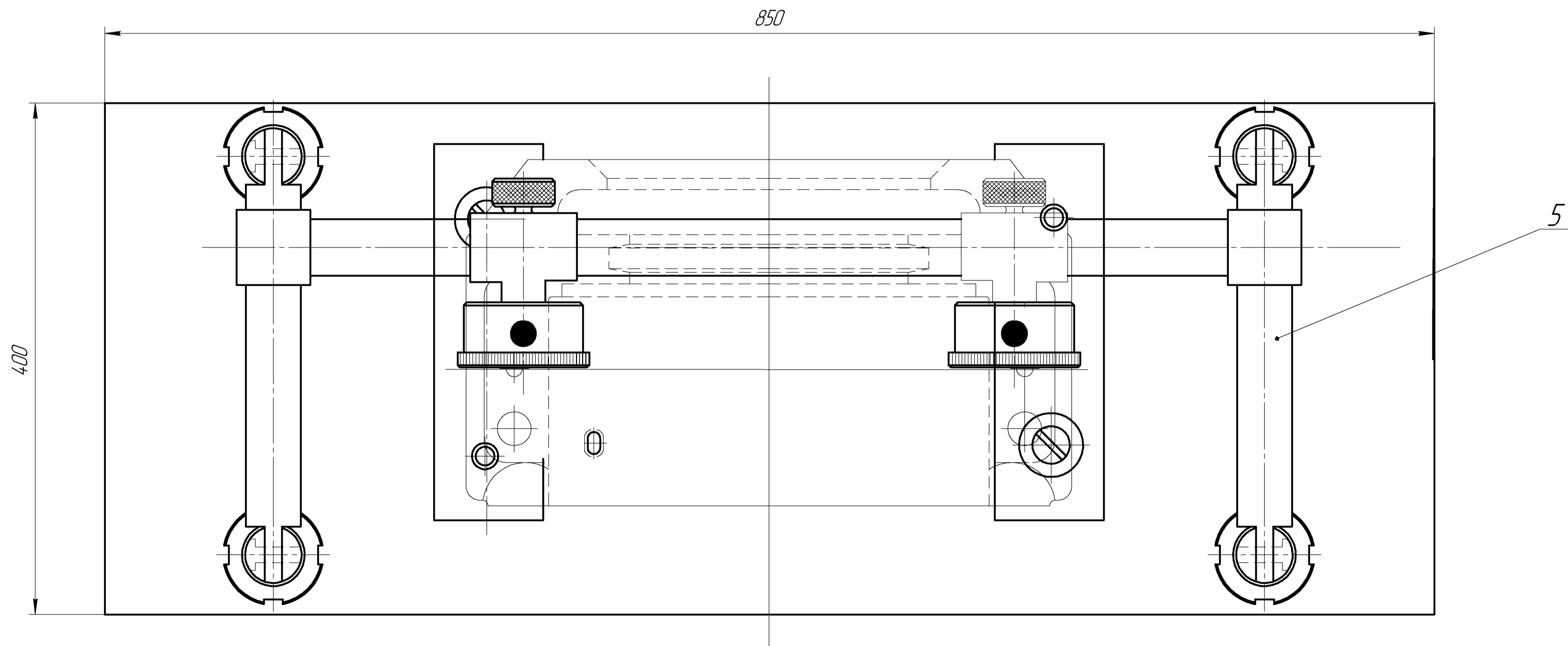
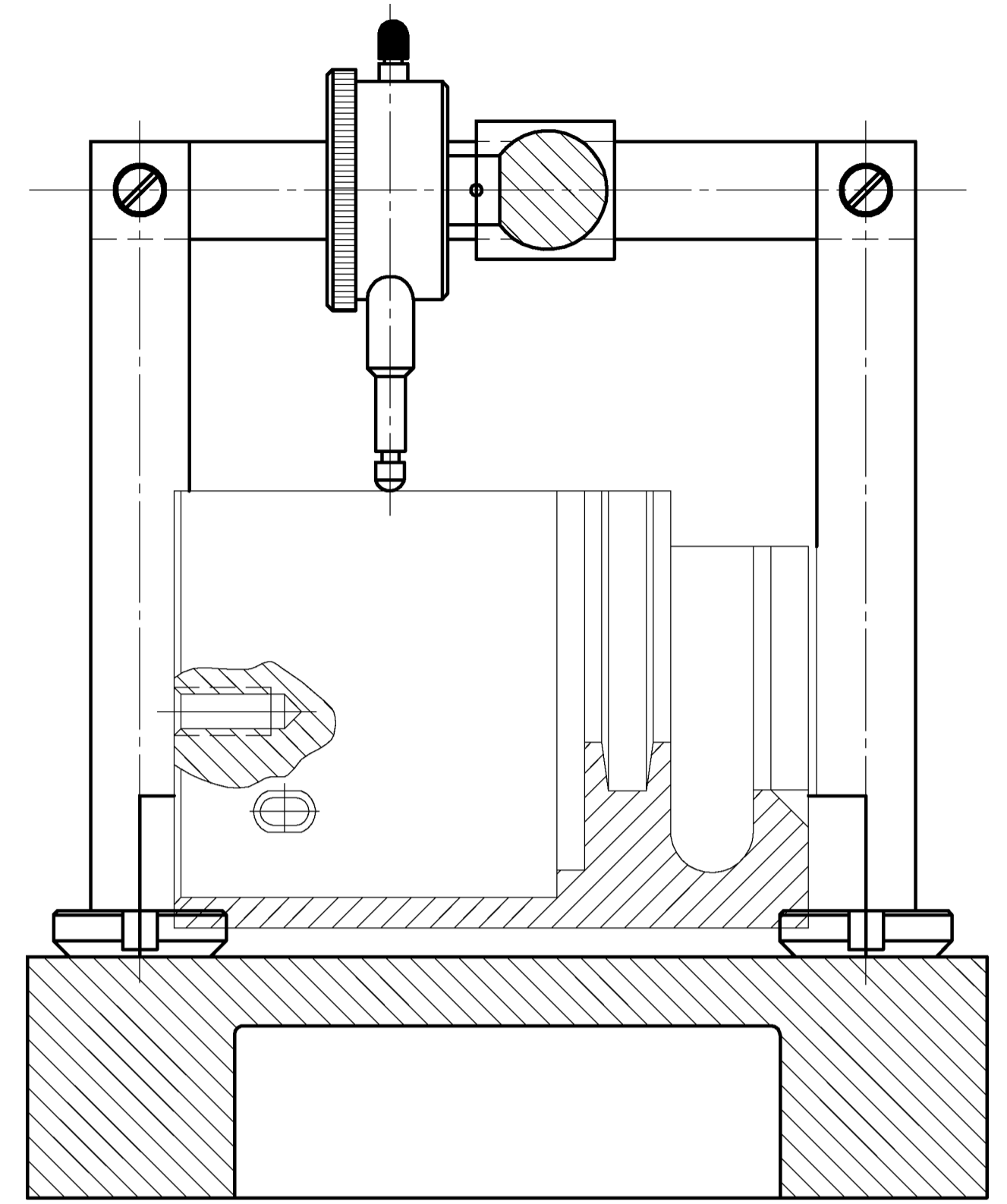
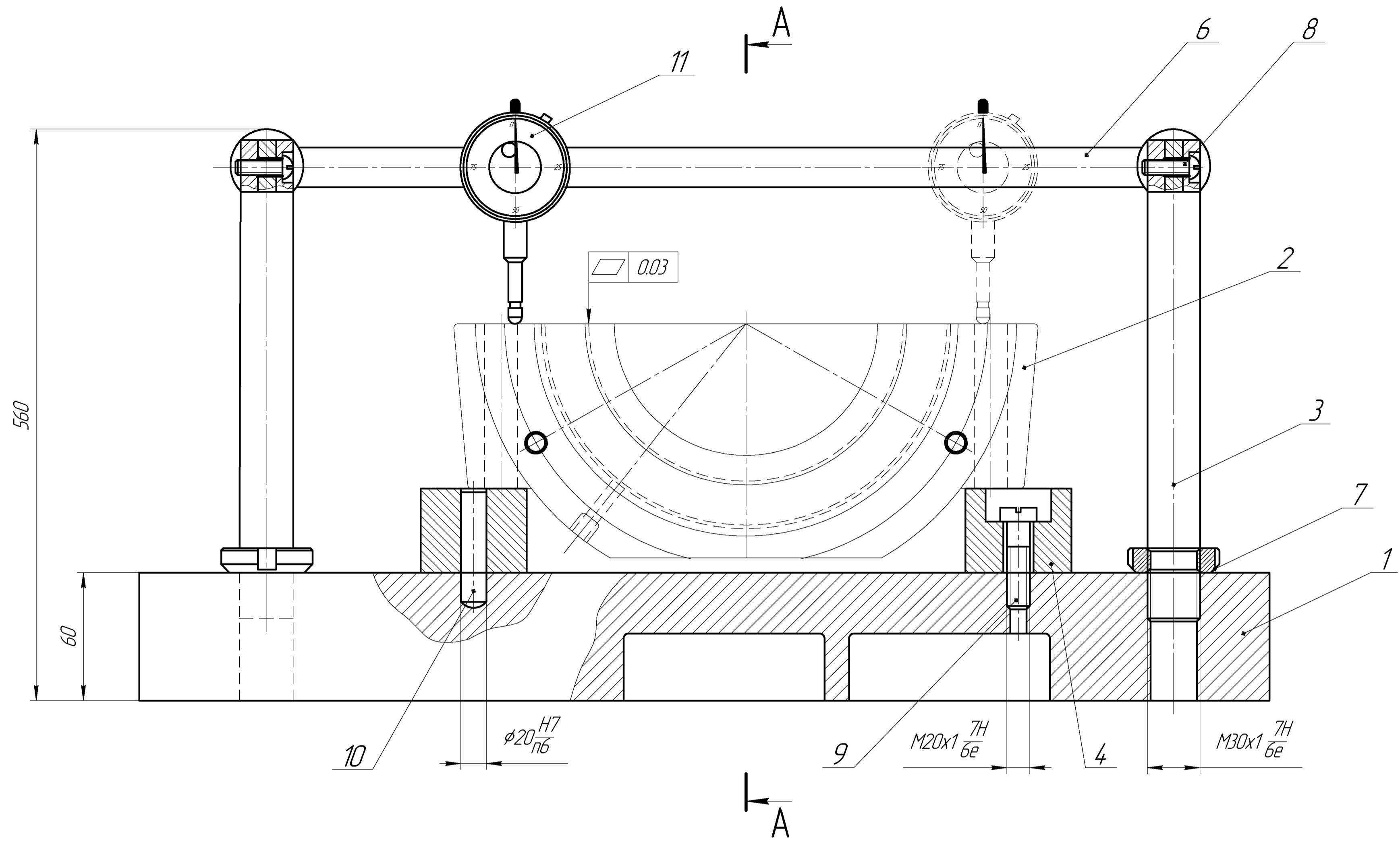


				КНУ.КМР.131.24.1-19.ВІН		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальна налагодження		
Розробив	Шелест					
Керівник	Рязанцев			Лит	Маса	Масштаб
				Н		1:1
				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів			Каф. ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-23М		



КНУКМР.13124.1-1987				Лист	Итого	Исполнено
Верстатные				И		11
пустосубъектная				Лист	Листов	1
Исполн.	Провер.	Составил	Дата	Формат А1		

И-в. № подл.	Лист. и дата	Взам. инв. №	И-в. № дубл.	Лист. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

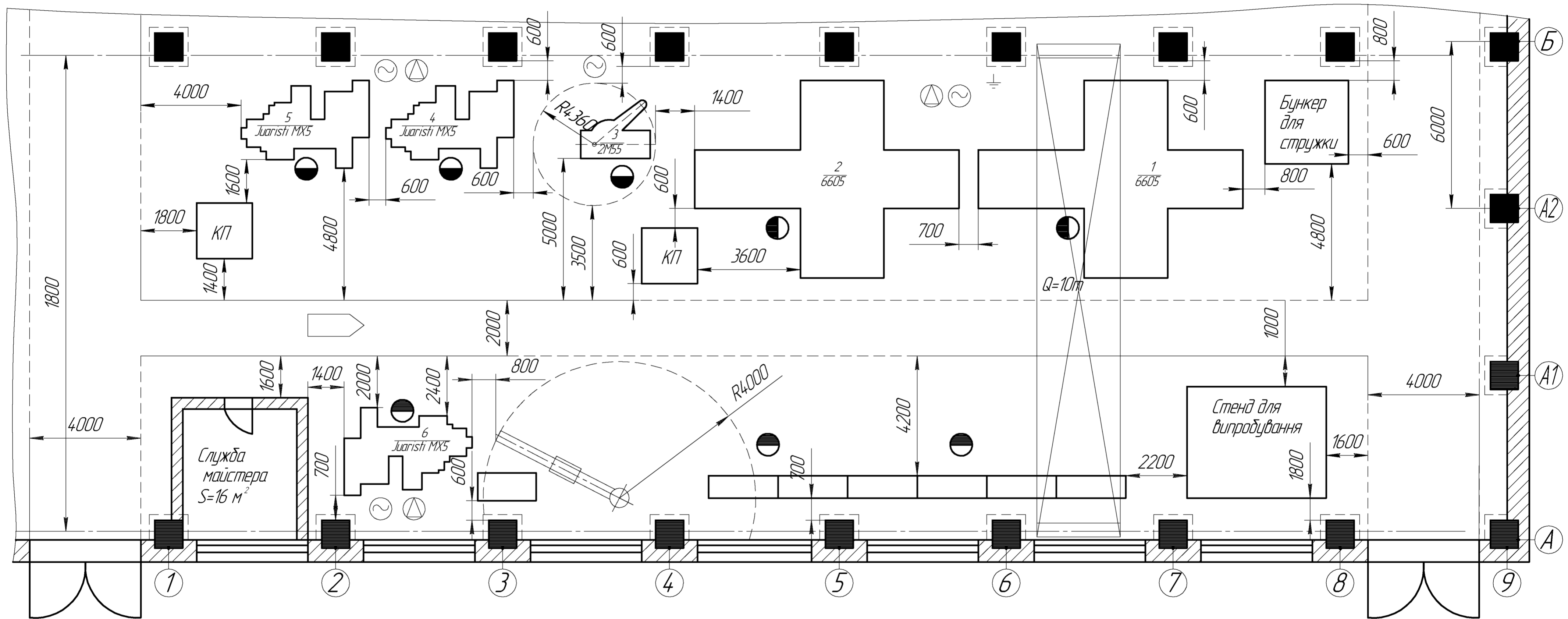


				КНУ.КМР.13124.1-19.К17			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Шелест						1:1
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Начальн.	Нечусь				Каф. ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-23м		

КНУ.КМР.131.24.1-19.КП

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Деталі</u>		
A4		1		Плита	1	
A4		2		Деталь	1	
A4		3		Опора	4	
A4		4		Пластина	2	
A4		5		Кронштейн	2	
A4		6		Траверса	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Винт M8x28 DIN 84	2	
		8		Винт M5x16 DIN 7985	4	
		7		Гайка M18x1,5 DIN 1804	4	
		10		Штіфт 8x40 DIN 6325	2	
		11		Індикатор	21	

КНУ.КМР.131.24.1-19.КП				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Шелест			
Керівник	Рязанцев			
Н.контр.	Нечаєв			
Затв.	Рязанцев			
Контрольне пристосування			Літ.	Маса
			Лист	Листів
				1
			Каф. ТМ гр. ПМ-23м	



				КНУ.КМР.131.24.1-19.ПМД				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	План механоскладальної дільниці	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Шелест					Н		1:100
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів					Каф. ТМ гр. ПМ-23М		
Затв.	Рязанцев							

ВИКОРИСТАННЯ 3D ДРУКУ МЕТОДОМ FDM В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ЛИТТЯ



Алгоритм процесу лиття по виплавлюваним моделям

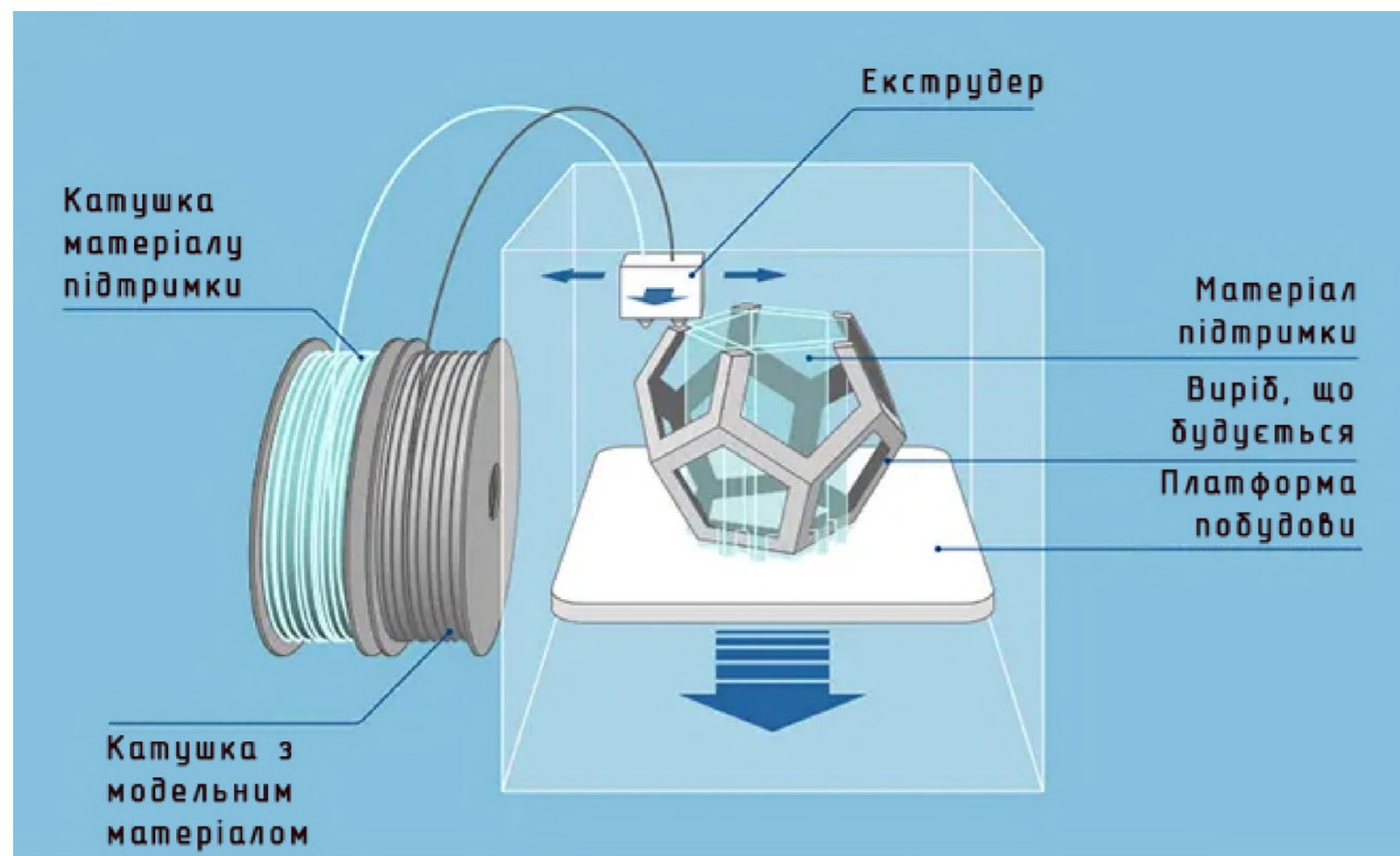
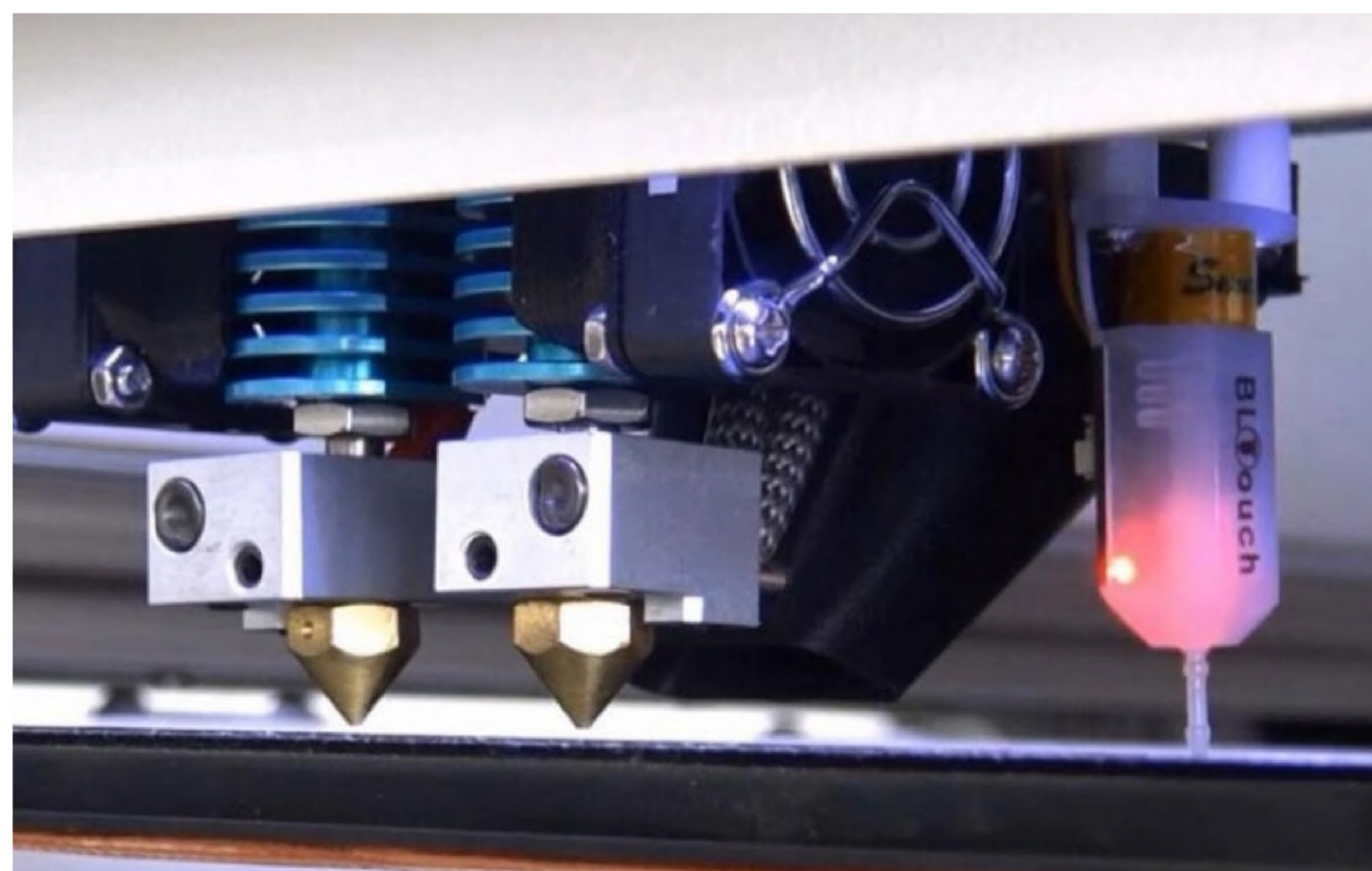


Схема 3D друку методом FDM



Обладнання для FDM 3D друку



Приклад деталі виготовленої литтям по виплавлюваним моделям, що отримані 3D друком методом FDM



				КНУКМР.131.24.1-19.НЧ			
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Шелест				Н		
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів				Каф. ТМ		
Затв.	Рязанцев				зр. ПМ-23М		