

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням систем автоматизації

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Кузьменко В.В.

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

Кривий Ріг
2025 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Кузьменко В.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну магістерську роботу**

Магістранта гр. ПМ-24м Кузьменко Валерія Віталійовича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням систем автоматизації.

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

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

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ 2025р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Корпус. 3. Ескізи операцій. 4. Верстатно-інструментальне налагодження. 5. Верстатне пристосування. 7. План лінії технологічної. 9. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

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

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи

/ Нечаєв В.П./

Завдання отримав

магістрант

/Кузьменко В.В./

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням систем автоматизації»

Пояснювальна записка до КМР: 95 стор., 31 рисунок, 32 таблиці, комплект карт на 15 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 8 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення корпусних деталей мотор-редукторів великовантажних самоскидів.

Предмет дослідження – технологічне забезпечення та методи автоматизації процесів виготовлення корпусу мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514.

Розвиток гірничо-металургійної та будівельної галузей зумовлює підвищені вимоги до самоскидів великої вантажопідйомності, серед яких БелАЗ-7514 займає одне з провідних місць. Важливим елементом конструкції цього автомобіля є мотор-редуктор, що забезпечує передавання крутного моменту від двигуна до ходової частини. Корпус мотор-редуктора працює в умовах значних навантажень і вібрацій, тому до нього висуваються високі вимоги щодо міцності, жорсткості та точності виготовлення.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка ефективного технологічного процесу виготовлення корпусу з використанням сучасних систем автоматизації (CAD/CAM/CAE), які дозволяють оптимізувати конструктивні параметри, скоротити тривалість підготовчих робіт, підвищити рівень точності та знизити собівартість виробництва.

У магістерській роботі розглянуто питання підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва корпусних деталей мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514. Проведено аналіз конструктивних і експлуатаційних особливостей корпусу, обґрунтовано вибір матеріалу та методу виготовлення заготовки. Розроблено технологічний процес механічної обробки із застосуванням систем автоматизації (CAD/CAM), що дозволяє підвищити точність виготовлення, зменшити трудомісткість та собівартість виробництва. Виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованого процесу, результати якого підтверджують доцільність його впровадження у виробничі умови.

КОРПУС МОТОР-РЕДУКТОРА, САМОСКІД БЕЛАЗ-7514,
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА, CAD/CAM/CAE-СИСТЕМИ,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ЗАГОТОВКА,
ОПТИМІЗАЦІЯ.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.Р			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кизьменко			Реферат			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк.шіт	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

ABSTRACT

Subject: «Development of technological support for the manufacture of the part “Housing” for the BelAZ-7514 truck gearmotor applying automation systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 95 pages, 31 figures, 32 tables, a set of maps on 15 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 8 sheets of the graphic part.

The object of the research is the manufacturing process of housing components for the motor–reducers of heavy-duty dump trucks.

The subject of the research is the technological support and methods for automating the manufacturing processes of the motor–reducer housing for the BelAZ-7514 dump truck.

The development of the mining-metallurgical and construction industries imposes increased requirements on high-capacity dump trucks, among which the BelAZ-7514 occupies one of the leading positions. An important structural element of this vehicle is the motor–reducer, which ensures the transmission of torque from the engine to the running gear. The motor–reducer housing operates under significant loads and vibrations; therefore, high requirements are imposed on its strength, rigidity, and manufacturing accuracy.

In this regard, the development of an efficient technological process for manufacturing the housing using modern automation systems (CAD/CAM/CAE) becomes particularly relevant. Such systems make it possible to optimise design parameters, reduce the duration of preparatory operations, increase accuracy, and decrease production costs.

The master’s thesis examines ways to improve the efficiency of technological preparation for manufacturing the motor–reducer housing components of the BelAZ-7514 dump truck. The design and operational characteristics of the housing are analysed, the choice of material and blank-manufacturing method is justified. A technological process for mechanical machining is developed with the application of automation systems (CAD/CAM), which improves manufacturing accuracy, reduces labour intensity, and lowers production cost. A techno-economic assessment of the proposed process is carried out, and its results confirm the feasibility of implementing the process in production conditions.

MOTOR–REDUCER HOUSING, BELAZ-7514 DUMP TRUCK, PRODUCTION AUTOMATION, CAD/CAM/CAE SYSTEMS, TECHNOLOGICAL PROCESS, MECHANICAL MACHINING, BLANK, OPTIMISATION.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	15
2 Проектування технологічного процесу складання	16
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	16
2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів	20
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	22
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	22
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	29
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	59
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	59
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	62
5 Конструкторська підготовка виробництва	65
5.1 Проектування верстатного пристосування	65
5.2 Проектування контрольного пристрою	68
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	71
6.1 Проектування технологічної лінії	71
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	78
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	80
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	85
7.1 Причини простоїв кар'єрних автосамоскидів БелАЗ	85
7.2 Методи запобігання виходу з ладу РМК	87
7.3 Діагностика РМК на основі контролю за зношуванням підшипника	89
Висновки	93
Список використаних джерел	94
Додатки	96

					КНУ.КМР.131.25.1-06.3				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кузьменко			Зміст		Літ.	Арк.	Арх-ів
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев							

ВСТУП

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

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

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

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

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

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-06.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кузьменко</i>			<i>Вступ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Тема магістерської роботи – «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням систем автоматизації». Вона передбачає комплексний аналіз особливостей виготовлення масивної та відповідальної деталі корпусного типу з урахуванням сучасних методів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, а також впровадження засобів автоматизації для підвищення продуктивності та якості виготовлення. Вихідними даними проектування є: складальне креслення мотор-редуктора (рис. 1.1) самоскида БелАЗ-7514, креслення деталі «Корпус», річний обсяг випуску деталі «Корпус» – 2000 шт.

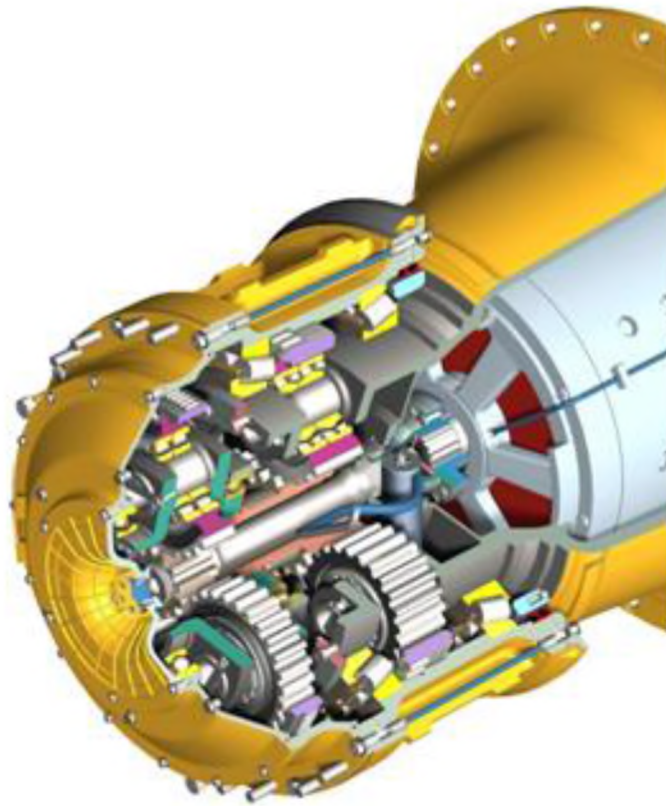


Рисунок 1.1 – Мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514

Мета роботи – розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 із застосуванням сучасних систем автоматизації виробничих процесів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати конструктивні особливості деталі та умови її експлуатації;

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-06.01.РУТЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Розробка та узгодження технічного завдання		
Розроб.		Кизьменко					
Перевір.		Нечаєв					
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев			Літ. Арк. Архивіш Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

- здійснити огляд сучасних методів та засобів автоматизації технологічної підготовки виробництва;
- обґрунтувати вибір матеріалу та способу виготовлення заготовки;
- розробити технологічний процес механічної обробки корпусу з урахуванням застосування систем CAD/CAM;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованого процесу та визначити його ефективність.

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Кар'єрні самоскиди БелАЗ-7514 вантажопідємністю 140 т (рис. 1.2) призначені для перевезення гірської маси й сипучих вантажів на відкритих розробках корисних копалин по технологічних дорогах у різних кліматичних умовах.

За замовленням споживача машини можуть бути укомплектовані централізованою системою змащення, кондиціонером, та системою автоматичного пожежогасіння.

Найбільша ефективність досягається при роботі в комплексі з екскаваторами й навантажувачами з місткістю ковша 12,5-20 м³.



Рисунок 1.2 – Самоскид БелАЗ-7514

Технічні характеристики самоскида БелАЗ-7514 представлені в табл. 1.1, а його габаритні розміри вказано на рис. 1.3.

У процесі роботи автомобіля постійно слід контролювати технічний стан його агрегатів, вузлів і систем, підтримувати регулюємі параметри у заданих межах. Для збільшення міжремонтних пробігів автомобілів і підвищення строку служби шин треба уникати екстреного гальмування колісними гальмами. Цього можна досягнути за рахунок своєчасного зниження швидкості шляхом використання на автомобілях гідродинамічного гальмо-уповільнювача при руху на схилах.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики самоскида БелАЗ-7514

Характеристика параметра	Значення
Двигун	КТА-38С
Потужність кВт (к. с.)	882 (1200)
Трансмісія	електромеханічна перемінно-постійного струму
Тяговий генератор	SGD 2-89/38
Потужність кВт	800
Тяговий електродвигун	ДК-722
Потужність кВт	360
Шини	33. 00-51
Максимальна швидкість, км/год	45
Радіус повороту, м	13
Габарити, мм	
- довжина	11380
- ширина	6140
- висота	5580
Обсяг платформи, стандартна комплектація, м ³	47
Обсяг платформи, вуглевозна комплектація, м ³	61
Вага, т	95

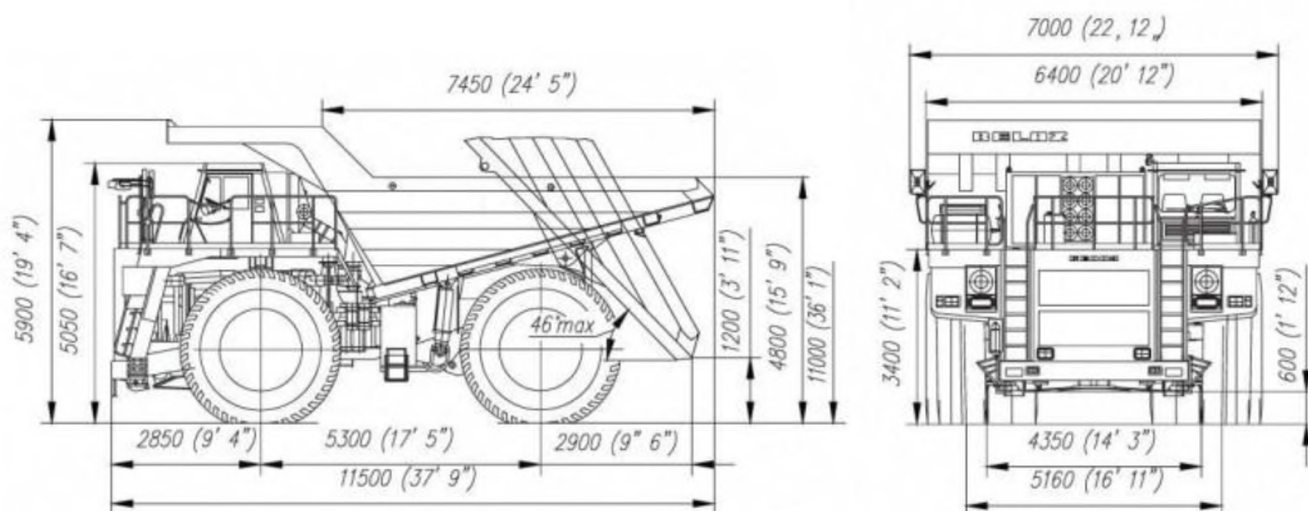


Рисунок 1.3 – Габаритні розміри БелАЗ-7514

Застосування гальмо-уповільнювача дозволяє знижувати і підтримувати постійну швидкість руху автомобіля на затяжних спусках. За рахунок застосування гідро-гальмо-уповільнювача досягається зменшення зносу деталей колісних гальм та мотор-редукторів, що збільшує міжремонтні пробіги автомобілів. Мотор-редуктори призначені для тривалого режиму роботи. Мотор-редуктори застосовуються в наступних умовах:

- навантаження постійна й змінна (у межах припустимого крутного моменту), одного напрямку й реверсивна;

					КНУ.КМР.131.25.1-06.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Планетарно-шатунний редуктор являє собою двоступінчасту зубчасту передачу. Перший швидкохідний щабель редуктора містить циліндричну двох потокову передачу зовнішнього зачеплення із загальною провідною шестірнею, установлені на валу електродвигуна, і веденими хвостовиками і, зв'язаними через паралельні кривошипи із шатуном-сателітом 5 планетарної передачі другого щабля, виконаної на основі зубчастої пари внутрішнього зачеплення з малою різницею чисел зубів коліс.

Змащення зубчастих коліс і підшипників виробляється із загальної масляної ванни зануренням розбризкуванням.

Несучі деталі та шестерні редуктора мотор-колеса (рис. 1.5) виготовлені з кращих легированих сталей за найсучаснішими технологіями. Застосована кінематична схема дозволяє передавати крутний момент до маточини колеса одночасно першим і другим рядом редуктора і максимально використовувати простір всередині обода колеса, дозволяє знизити навантаження, що діють в редукторі, і сприяє підвищенню його ресурсу.



Рисунок 1.5 – Мотор-редуктор самоскида БелАЗ-7514

У редукторі застосовані конструктивні рішення, що дозволяють виключити вплив деформацій на роботу шестерень і підшипників редуктора, що виникають в процесі експлуатації, що робить його надійним і довговічним.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Враховуючи, що магістерська робота орієнтована на застосування автоматизованих засобів проектування, зокрема CAD-систем, на основі наданого двовимірного креслення було створено просторову 3D-модель деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 (рис. 1.6). Побудована модель надалі слугуватиме основою для моделювання технологічного процесу обробки в середовищі САМ-системи.

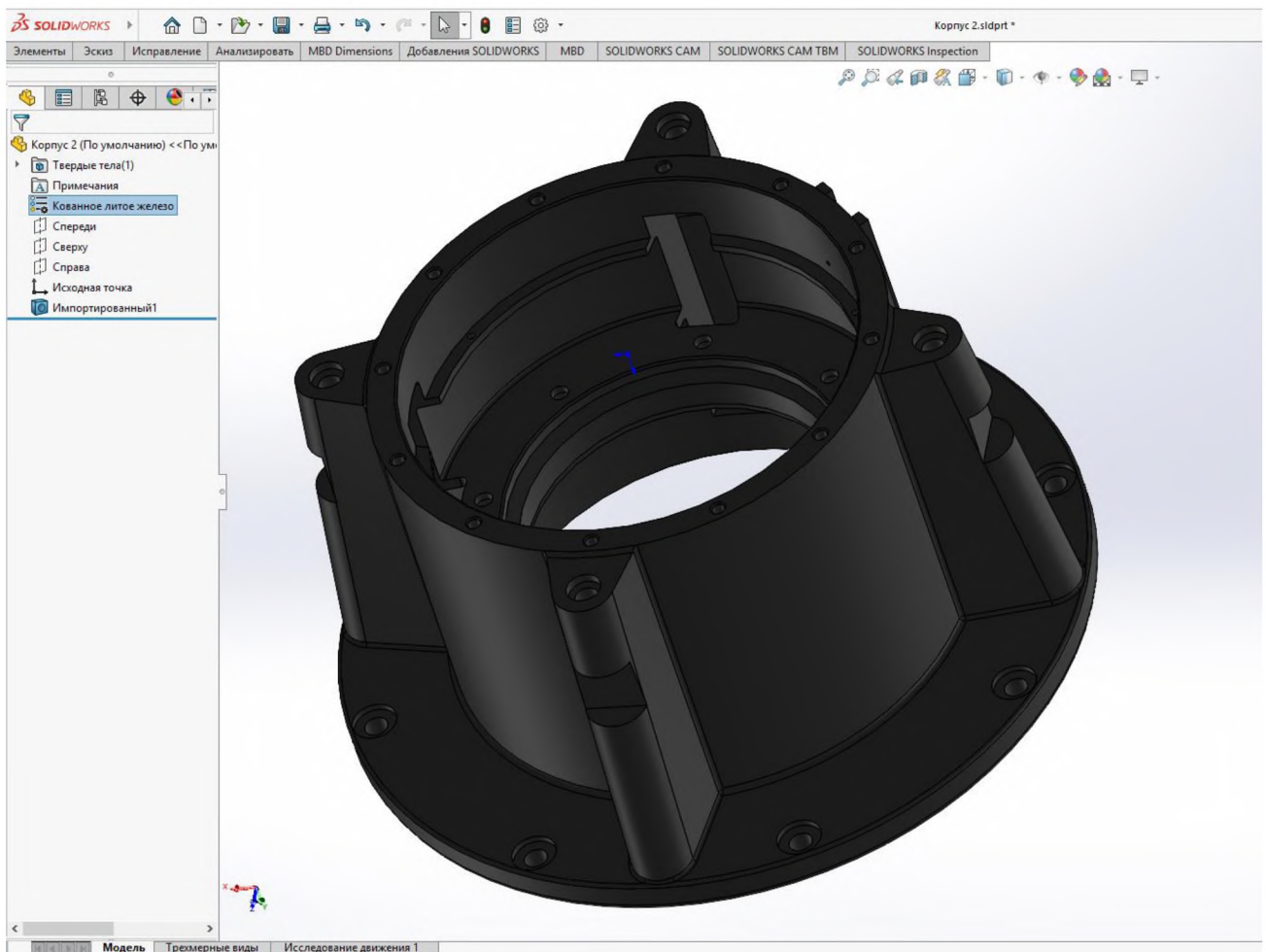


Рисунок 1.6 – 3D модель корпусу підшипника

					КНУ.КМР.131.25.1-06.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Складальний вузол мотор-редуктор складається з двох основних частин: мотора та редуктора, які сполученні між собою. Мотор-редуктор працює при нормальних температурах та сильних вібраціях. Мотор-редуктор це силовий а також швидкісний механізм. Мотор в даному випадку з'єднаний з редуктором, це дуже практично з конструктивної точки зору, так як не потрібні додаткові витрати енергії на передачу обертового моменту від мотора до редуктора. Недоліками цього механізму є велика вага та габарити.

2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Виявляємо розмірні ланцюги у складальному вузлі та будуємо схеми лінійних та кутових розмірних ланцюгів котрі зображені в таблицях 2.1 та 2.2, а також будуємо схему відносного перекосу в зубчастому зачепленні редуктора (рис. 2.1)

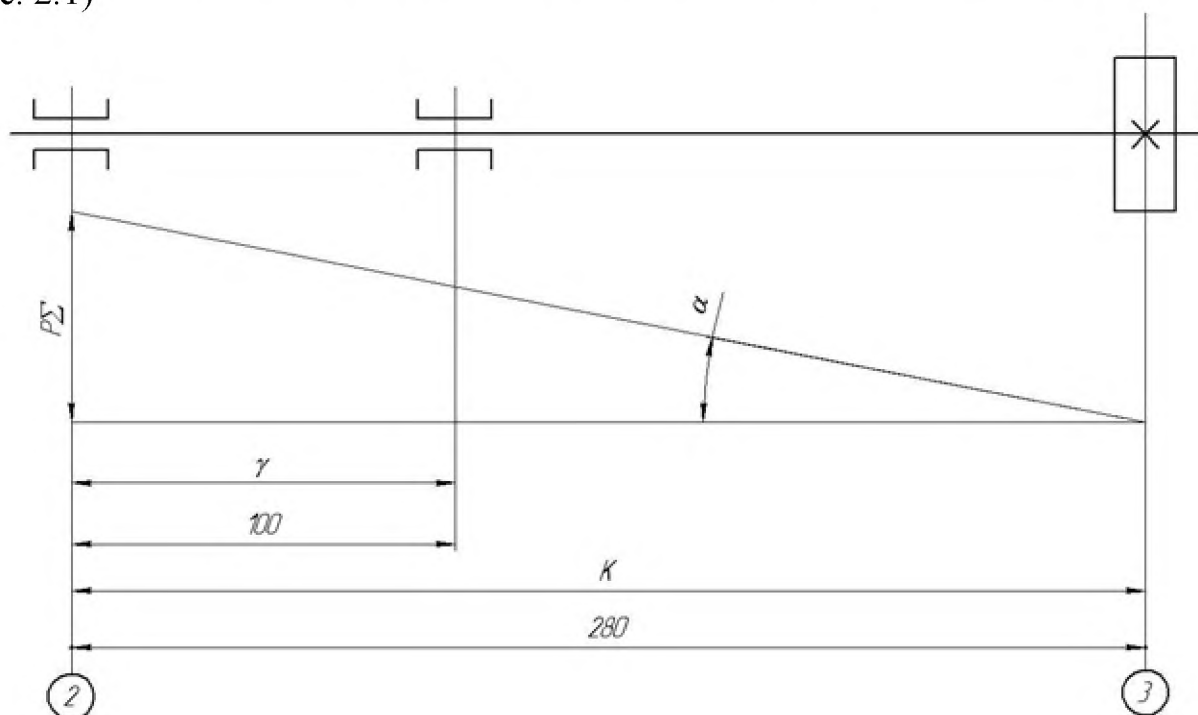


Рисунок 2.1 – Схема відносного перекосу в зубчастому зачепленні

Визначаємо величину вихідних ланок в лінійному розмірному ланцюзі:

$$A_{\Sigma} = 0^{+2,24}_{+0,5} \text{ мм}; T_{\Sigma} = 1,74 \text{ мм}; \Delta C_{\Sigma} = +1,37 \text{ мм};$$

Для нормальної роботи вузла необхідно забезпечити:

$$A_{\Sigma \min} = 0,5 \text{ мм}; A_{\Sigma \max} = 2,24 \text{ мм}.$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.02.ПТПС		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Кізьменко				Проекткування технологічного процесу складання	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Арк.зміш
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.	Рязанцев						

В лінійному розмірному ланцюзі ланка A_1 є збільшуючою, а всі інші – зменшуючими. Вирішуємо пряму задачу методом однакової точності. Розрахунок кількості одиниць допуску проводимо за формулою (2.1):

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

де ΣT_{cm} – сума допусків стандартних деталей.

Для визначення кількості одиниць допуску заповнюємо таблицю 2.1. В пункт вихідні данні заносимо визначення ланцюгів з вказівкою збільшуючих та зменшуючих ланцюгів у вигляді стрілок. У другий стовпчик заносимо номінальні значення ланцюгів, котрі обираємо з креслення, в третій – заносимо значення одиниць допуску [3], та визначаємо кількість одиниць допуску:

$$a = \frac{0,7 \cdot (1740 - 2 \cdot 150)}{8,63} = 116,8 \text{ мкм};$$

Допуск на ширину підшипника та його торцеве биття обираємо зі стандартних значень [3].

Значення кількості одиниць відповідає $IT11$, $IT12$ (входить в інтервал $a = 100$ - 160 мкм [2]).

Перевіряю вірність призначених допусків за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \cdot (T_{A_i} + \beta_i); \quad (2.2)$$

$$T_{\Sigma} = (0,25 + 0,075 + 0,075 + 0,15 + 0,15 + 0,21 + 0,21 + 0,11 + 0,09 + 0,09 + 0,03 + 0,03 + 0,08 + 0,08 + 0,1 + 0,1) = 1,74$$

Похибка розрахунку становить:

$$\varepsilon = \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{T_{\Sigma}} = \frac{1700 - 1740}{1740} \cdot 100\% = 0\% \quad (2.3)$$

Призначаємо граничні відхилення на всі ланцюги крім одного, вихідного ланцюга. Значення середин ланцюгів визначаємо за формулою (2.4).

$$\Delta_i = \frac{es_i + ei_i}{2}; \quad (2.4)$$

де es і ei – відповідно верхнє та нижнє граничні відхилення ланцюга.

Величина вихідного ланцюга l_{Σ} визначається із зачеплення блоку шестерень по ступені точності на всі норми 8 та виду бічного зазору :

$$S = \pm 40 \text{ мкм};$$

$$l_{\Sigma} = \pm 0,02 \text{ мм};$$

$$T_{l_{\Sigma}} = 0,04 \text{ мм}.$$

Визначаємо допуски за визначенням:

$$T_S = S_{max} - S_{min}; \quad (2.5)$$

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

$$S_{max} = ES - ei; \quad (2.6)$$

де ES – верхнє відхилення отвору;

ei – нижнє відхилення валу.

Мінімальний зазор визначаємо за формулою:

$$S_{min} = EI - es; \quad (2.7)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

де EI – нижнє відхилення отвору;

es – верхнє відхилення валу.

$$S_1, S_{4max} = 0 - (0.002) = -0.002 \text{ мм};$$

$$S_1, S_{4min} = -0.03 - (0.021) = -0.051 \text{ мм};$$

Спряження S_1, S_4 – з натягом але в розрахунок допускається тільки зазор

$$S_2, S_{3max} = 0.04 - 0.011 = 0.029 \text{ мм};$$

$$S_2, S_{3min} = 0 - (0.03) = -0.03 \text{ мм};$$

Визначаємо координату середини поля допуску зазору:

$$em_{si} = \frac{em_D + em_d}{2}; \quad (2.8)$$

де em_D – координата середини поля допуску отвору:

$$em_D = \frac{ES + EI}{2} = \frac{0 + 0.04}{2} = 0.02 \text{ мм};$$

em_d – координата середини поля допуску вала:

$$em_d = \frac{es + ei}{2} = \frac{0.03 + 0.011}{2} = 0.0205 \text{ мм};$$

$$em_{s_{2,3}} = \frac{0.02 + 0.0205}{2} = 0.02025 \text{ мм};$$

Допуск на вихідний ланцюг визначаємо по ймовірному методу:

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0.36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{si}^2 + 0.56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2}; \quad (2.9)$$

Координати середини поля допуску торцевого биття визначаємо за формулою:

$$\Delta\beta_i = \frac{\beta_i}{2}; \quad (2.10)$$

В якості залежного ланцюга обираємо A_7 . Визначаємо граничні відхилення залежного ланцюга :

$$\Delta\vec{C}_x = \sum_{i=1}^n (\Delta\vec{C}_i + \Delta\vec{\beta}_i) - \sum_{j=1}^m (\Delta\vec{C}_j + \Delta\vec{\beta}_j) - \Delta C_{\Sigma}; \quad (2.11)$$

Координата середини поля допуску залежного зменшуючого ланцюга A_7 :

$$\Delta C_{A_7} = (0 + 0.05) - (-0.0375 - 0.0375 - 0.075 - 0.075 - 0.105 - 0.105 - 0.085 + 0.015 + 0.015 + 0.04 + 0.04 + 0.05) - 1.37 = -0.36;$$

Визначаємо граничні відхилення залежного ланцюга:

$$es_{A_7} = -0.96 + \frac{0.11}{2} = -0.905;$$

$$ei_{A_7} = -0.96 - \frac{0.11}{2} = -1.015.$$

Перевірка правильності призначених граничних відхилень:

$$\Delta C_{\Sigma} = (0 + 0.05) - (-0.105 - 0.0375 - 0.0375 - 0.075 - 0.075 - 0.105 - 0.96 - 0.085 + 0.015 + 0.015 + 0.04 + 0.04 + 0.05) = 1.37;$$

$$es_{\Sigma} = 1.37 + \frac{1.74}{2} = 2.24;$$

$$ei_{\Sigma} = 1.37 - \frac{1.74}{2} = 0.5;$$

$$A_{\Sigma} = 0_{+0.5}^{+2.24} \text{ мм}.$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Розрахунок виконано вірно.

2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Розраховую кутові розмірні ланцюги – таблиця 2.2.

В нашому випадку в кутовому розмірному ланцюзі – ланцюг γ – визначає відносне зміщення та перекіс осей вала в підшипникових парах; ланцюг κ – визначає перекіс зубчастого колеса відносно опори z .

Ланцюг γ складається з наступних величин:

$S_1=S_4$ – посадка внутрішнього кільця підшипника;

$S_2=S_3$ – посадка зовнішнього кільця підшипника;

$l_{19}=l_{24}$ – половина радіального биття підшипника кочення;

$l_{17}=l_{26}$ – ексцентриситет посадкових шийок вала;

l_{21} – зміщення осей отворів у корпусі.

Обираємо стандартні значення величин.

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,3 \cdot (2 \cdot 0,023^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,014^2 + 2 \cdot 0,005^2 + 0,03^2)} = 0,0359 \text{ мм}$$

Визначаю координату середини допуску за виразом:

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [\vec{em} + 0,5 \vec{T}_{ei} + 0,005 \cdot (\vec{T}_{si} + \vec{T}_{ei})] - \sum_{i=1}^m [\vec{em}_{si} + 0,5 \vec{T}_{ei} + 0,05 \cdot (\vec{T}_{si} + \vec{T}_{ei})] \quad (1.12) \quad em_{e\Sigma} = 0,015$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючого ланцюга величини зміщення осей вала в опорах:

$$es_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} + \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,015 + \frac{0,0359}{2} = 0,03295;$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} - \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,015 - \frac{0,0359}{2} = -0,00295;$$

$$e_{\Sigma} = 0_{-0,00295}^{+0,03295};$$

Спрощений розрахунок відносного перекосу розраховуємо з виразу:

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3\Sigma}}{l_1} \Rightarrow P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l_1}{L};$$

$$P_{3\Sigma} = \frac{0,0359 \cdot 280}{100} = 0,1 \text{ мм.}$$

Отриманий перекіс не повинен перевищувати мінімальний гарантований зазор:

$$f_n > P: \quad f_n = 130 \text{ мкм};$$

$$P < f_n;$$

$$0,1 < 0,13.$$

Перекіс осей вала під зубчасте колесо значно менше допустимих значень.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

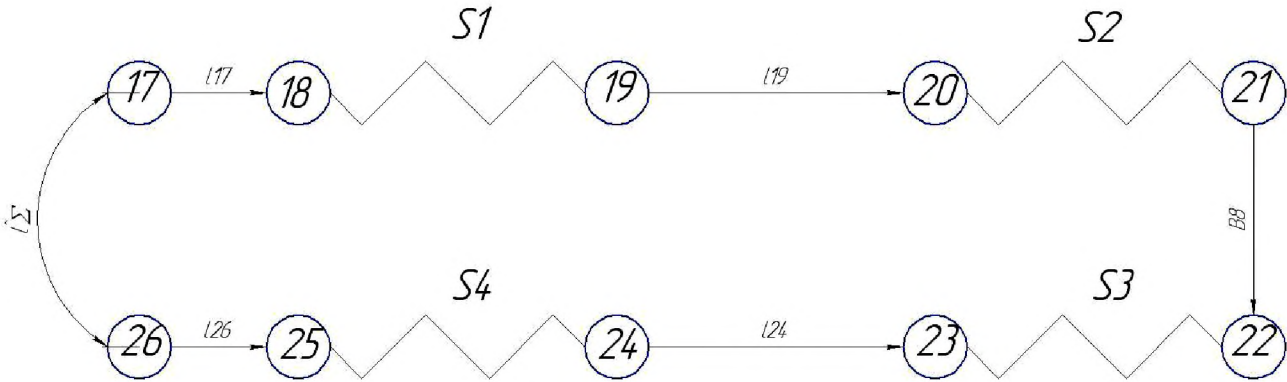
Таблиця 2.1 – Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом max-min

Призначення розмірного ланцюга				Значення вихідної ланки			
				$A\Sigma = 0^{+2,24}_{+0,5} \text{ мм}; T\Sigma = 1,74 \text{ мм}; \Delta C\Sigma = 1,37 \text{ мм}.$			
Схема розмірного ланцюга				Вихідні данні			Розрахункові величини
				Визначення ланки	Номінальний розмір	i	Квалітет Допуск Розміри з відхиленнями ΔC_i
				$\vec{A}_1$	145	2,52	11 0,25 145±0,25 0
				$\overleftarrow{A}_2 = \overleftarrow{A}_3$	5	0,73	11 0,075 5-0,075 -0,0375
				$\overleftarrow{A}_3 = \overleftarrow{A}_8$	36	Ст.	Ст. 0,15 36-0,15 -0,075
				$\overleftarrow{A}_5 = \overleftarrow{A}_6$	20	1,31	12 0,21 20-0,21 -0,105
				$\overleftarrow{A}_7$	15	1,08	11 0,11 15 ^{-0,05} _{-0,16} -0,96
				$\overleftarrow{A}_4$	8	0,96	11 0,09 8 ^{-0,04} _{-0,13} -0,085
						$\Sigma=8,63$	
				$\overleftarrow{B}_2 = \overleftarrow{B}_{10}$	80		Ст. 0,03 0,015
				$\overleftarrow{B}_4 = \overleftarrow{B}_8$	88		10 0,08 0,04
				$\overleftarrow{B}_{12}$	140		10 0,1 0,05
				$\overleftarrow{B}_{14}$	145		10 0,1 0,05
						$\Sigma=1,74$	
				$\alpha = \frac{0,7 \cdot (T\Sigma - \Sigma T_{cm})}{\sum_{i=1}^n i} = \frac{0,7 \cdot (1740 - 2 \cdot 150)}{8,63} = 116,8 \text{ мкм IT11, IT12}$			
Найменування ланок розмірного ланцюга							
$\vec{A}_1$ – відстань між торцями корпусу							
$\overleftarrow{A}_2, \overleftarrow{A}_3$ – висота ніжки							
$\overleftarrow{A}_3, \overleftarrow{A}_8$ – ширина підшипника							
$\overleftarrow{A}_4, \overleftarrow{A}_5, \overleftarrow{A}_6, \overleftarrow{A}_7$ – відстань між торцями вала							
$\overleftarrow{B}_2, \overleftarrow{B}_{10}$ – биття підшипників							
$\overleftarrow{B}_4, \overleftarrow{B}_8$ – торцеве биття вала							
$\overleftarrow{B}_{14}$ – торцеве биття бічних сторін корпусу							
$\overleftarrow{B}_{12}$ – торцеве биття кришки							

КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТПС

Архив

Таблиця 2.2 – Розрахунок кутового розмірного ланцюга γ

Позначення та призначення розмірного ланцюга		Визначення величини відносного зміщення та відносного перекосу вісі валу в підшипникових опорах	Призначення вихідної ланки розмірного ланцюга	$a_w=250$ $j_n=0,13$ $f_a=\pm 0,04$			
Зображення розмірного ланцюга			Величина	Значення величини			
			$[l_\Sigma]$ lme_Σ Te_Σ P_Σ	$0 \pm 0,02$ мм $0,015$ $0,0359$ мм $0,1$ мм			
Ланка	Найменування розміру або посадки	Величина	emi	$emsi$	Tsi	ai	Ki
S_1, S_4	Посадка внутрішнього кільця підшипника на вал	$80 \frac{M6}{K6} \left(\frac{-0,03}{\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix}} \right)$	$\frac{-0,015}{+0,015}$	-0,00175	0	0,1	1,22
S_2, S_3	Посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус	$170 \frac{H7}{m6} \left(\frac{+0,04}{\begin{smallmatrix} +0,03 \\ +0,01 \end{smallmatrix}} \right)$	$\frac{+0,02}{+0,0205}$	+0,02025	0,029	0,1	1,22
E_{19}, E_{24}	Половина радіального биття підшипника	$\frac{0,01 + 0,018}{2} = 0,014$	0,007			0,1	0,75
l_{17}, l_{26}	Ексцентриситет посадкових шийок вала	$80 = \frac{0,01}{2} = 0,005$	0,0025			0,1	0,75
l_{21}	Не співвісність осей отворів у корпусі	$170 = 0,015$	0,015			0,1	0,75

КНУ.КМР.131.24.1-19.02.ПТРС

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь – корпус є одним із основних конструктивних елементів мотор-редуктора. Виходячи з того, що автомобіль рухається з різною швидкістю – деталі піддаються дії змінних навантажень. А також у процесі роботи деталі випробовують дію напруг вигину й крутіння, до даних деталей пред'являються високі вимоги по міцності й твердості.

Корпус редуктора відноситься до класу корпусних деталей, має циліндричну форму. Корпус складається із циліндричних поверхонь, ребер жорсткості. Він має різьбові отвори, конічні, циліндричні отвори, пази, та інші елементи. По торцевим поверхням корпус з'єднується з кришками і фіксується відносно них внутрішніми циліндричними отворами та болтами. Таке з'єднання запобігає взаємному зміщенню деталей та забезпечує точність розташування деталей при повторному складанні.

Залежно від конструкції, до корпуса пред'являються технічні вимоги до точності діаметральних розмірів та граничному відхиленню деяких поверхонь, корпус повинен мати необхідну жорсткість та вібраційну стійкість. Загальне службове призначення корпуса – редуктора – забезпечення правильного відносного розміщення з'єднаних деталей і якості роботи механізму.

Виходячи із службового призначення та вимог роботи мотор-редуктора обираємо матеріал для виготовлення корпусних деталей. Він має якісні ливарні властивості, що дозволяє отримати відливки складної конструкції. Сірий чавун добре оброблюється, має достатньо високі фізико – механічні властивості. Для забезпечення зносостійкості внутрішніх поверхонь головних отворів корпуса обираємо марку сірого чавуна СЧ18 ДСТУ 8833:2019. До початку обробки відливка підлягає піскоструменевому очищенню в спеціальній камері.

Хімічний склад та механічні властивості сірого чавуна СЧ18 ДСТУ 8833:2019 надаємо в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сірого чавуна СЧ18 ДСТУ 8833:2019

C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Cr,%	Ni,%
			не більше			
3,1	1,7	0,8	0,3	0,15	0,30	0,5

Таблиця 3.2 – Механічні властивості чавуна СЧ18 ДСТУ 8833:2019

σ_B , МПа	σ_K , МПа	σ_{CM} , МПа	Твердість HB
180	360	700	170...229

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Технологічна підготовка виробництва		
Розроб.	Кізьменко						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Для заміни матеріалу можна використати сірий чавун СЧ20 ДСТУ 8833:2019, його хімічний склад та механічні властивості надано в табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад сірого чавуна СЧ20 ДСТУ 8833:2019

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %
			не більше			
3,0	1,3	0,8	0,3	0,15	0,30	0,5

Таблиця 3.4 – Механічні властивості чавуна СЧ20 ДСТУ 8833:2019

σ_B , МПа	σ_K , МПа	σ_{CM} , МПа	Твердість HB
200	400	750	170...230

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

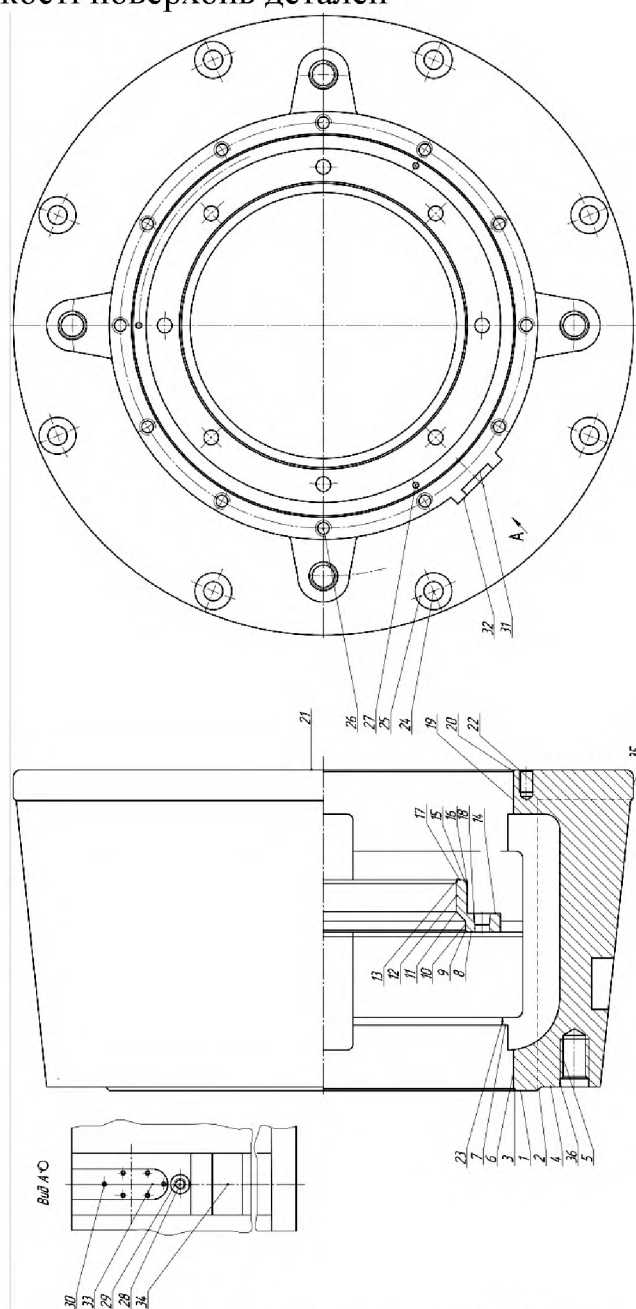


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі «Корпус»

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Нумеруємо всі поверхні деталі (рис. 3.1) виявляємо основні, допоміжні та вільні поверхні. Особливих вимог до фізико – механічних характеристик поверхневого шару деталі не пред'являються. На всі оброблювані поверхні заповнюємо таблицю 3.5.

Спряжені поверхні визначають взаємне розташування деталей у вузлі. До спряжених поверхонь корпусу відносять: торцеві поверхні 1, 7, 8, 14, 21; отвори 6, 10, 12, 19, 23.

Основні поверхні визначають положення деталі у вузлі. До них належать циліндричні отвори 6, 19.

Допоміжні деталі визначають положення деталей що приєднуються. До них належать: торцеві поверхні 1;7;8;14;21, циліндричні поверхні 6;10;12;19, циліндричні отвори під болти, різьбові і конічні отвори.

Отвори 12;19 виконані за 7 квалітетом точності, з шорсткістю Ra 0,8, поверхні 6;10 виконані за 8 квалітетом точності, з шорсткістю Ra 1,6. Поверхня 15 виконана за 6 квалітетом точності, з шорсткістю Ra 0,8, інші поверхні виконані за 9-14 квалітетами точності та шорсткістю квалітетом точності, з шорсткістю Ra 12,5...3,2. Поверхні що не беруть участі у спряженні є вільними.

Таблиця 3.5 – Аналіз якості поверхонь деталі «Корпус»

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру, мкм	Шорсткість Ra , мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1, 21	435	9	155	1,6	0,06 Б
4	5	14	300	3,2	
5	4 отв.М30	7Н		3,2	
6	Ø515	8	110	0,8	Б ↗
7	89	9	87	1,6	
8	220	9	115	1,6	↗
10	Ø385	8	89	0,8	
12	Ø360	7	57	0,8	
14	195	9	115	1,6	
15	Ø390	6	36	0,8	
17	149	14	1000	3,2	
19	Ø515	7	70	0,8	В
22	12 отв. М16	7Н		3,2	
23	Ø485	14	1550	6,3	
24	8 отв. Ø26	14	520	6,3	
25	8 отв. Ø50×1,5	14	620	6,3	
26	12 отв.М16	7Н		6,3	
27	Ø8	Н14	500	6,3	
28	М20×1,5	7Н		6,3	
29	Ø32×1,5	14	620	20	

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
30	6 отв. М5	7Н		3,2	
31	10	12	150	1,6	
32	300	14	1300	6,3	
33	2 отв. Ø6	14	300	3,2	
34	10	12	150	6,3	

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Технічний контроль креслення спрямуємо на:

- дотримання в розроблювальних виробх установлених технологічних норм і вимог з урахуванням сучасного рівня розвитку даної галузі техніки й способів виготовлення, експлуатації й ремонту виробу;
- досягнення в розроблених виробх заданих показників технологічності, виявлення найбільш раціональних способів виготовлення виробів з урахуванням заданого об'єму випуску, вимоги якого повинні бути відбиті в конструкторській документації.

Аналізована деталь й її креслення повністю задовольняють цим вимогам.

Креслення деталі виконано на форматі А1. Графи основного надпису заповнені правильно. Деталь корпус представлена на кресленні головним видом у перерізі видом згори, видами А та І, а також перерізами Д–Д, Г–Г, Е–Е, Ж–Ж та М–М, цього достатньо щоб мати повну уяву про конструкцію деталі, її конфігурацію та можливих методах отримання заготовки. На кресленні вказано не всі розміри: розмір фаски на Ø580 приймаємо конструктивно $5 \times 45^\circ$, глибину паза 34 також приймаємо конструктивно – 10мм. Граничні відхилення розмірів проставлені на всіх розмірах, а на котрих не вказані, граничні відхилення вказані у відповідній графі креслення, але вони вказані за стандартами котрі вже не використовуються. Деякі граничні відхилення занижено $195H12$, $220h12$, $435h12$, тому що в цих поверхнях допуск радіального биття відносно поверхонь Б та В від 0,04 до 0,06 мм, а також висока шорсткість, приймаємо граничні відхилення по 9 – квалітету.

Креслення має всі необхідні данні про матеріал деталі, термічну обробку, захисні покриття, які використовуються, у відповідній графі проставлено вагу деталі.

Висновок: креслення деталі виконано правильно згідно діючому стандарту ЄСКД.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «Корпус» – представляє собою виливок циліндричної форми, зроблену із сірого чавуна СЧ18. Відливка потребує стержневу формовку для утворення внутрішніх порожнин. Деталь має розвинуті базові поверхні для установки та закріплення деталі, це торцеві поверхні та циліндричні отвори 6 та 19.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

З точки зору механічної обробки деталь має наступні недоліки у відношенні технологічності: труднощі при обробці визивають: циліндрична поверхня Ø330, а також поверхні 8 та 14, так як вони знаходяться в середині деталі і як наслідок цього до них нема вільного доступу і відводу ріжучого та вимірювального інструменту.

При обробці деталі є можливість одночасної обробки декількома ріжучими інструментами.

Деталь жорстка:

$$\frac{l}{D} = \frac{435}{840} = 0.52$$

Необхідна точність і шорсткість досяжна при використанні верстатів і оснащення нормальної точності. В цілому деталь технологічна.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Визначення коефіцієнту використання матеріалу:

$$K_m = \frac{G_d}{G_z} \quad (3.1)$$

де G_d – вага деталі кг;

G_z – вага заготовки кг.

$$K_m = \frac{32}{37} = 0,865$$

Розраховуємо середню точність за формулою:

$$K_{c.m.} = \frac{n_1 \cdot 6 + n_2 \cdot 7 + \dots + n_n \cdot 15}{\sum_{i=1}^i n_i} \quad (3.2)$$

де n_i – загальна кількість поверхонь;

$$K_{c.m.} = \frac{1 \cdot 6 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 8 + 6 \cdot 12 + 28 \cdot 14 + 3 \cdot 15}{42} = 13,04;$$

Приймаємо середню точність деталі $K_{c.m.}=13$ квалітет.

Визначаємо середню шорсткість за формулою:

$$K_{c.ш.} = \frac{n_1 \cdot 2 + n_2 \cdot 3,2 + n_3 \cdot 6,3 \dots}{\sum_{i=1}^i n_i} \quad (3.3)$$

де n_i – загальна кількість поверхонь;

$$K_{c.ш.} = \frac{13 \cdot 2 + 14 \cdot 3,2 + 45 \cdot 6,3 + 1 \cdot 10 + 41 \cdot 12,5 + 1 \cdot 20}{115} = 7,79 \text{ мкм};$$

Приймаємо середню шорсткість $Ra=7.8$ мкм.

Коефіцієнт уніфікації конструкторських елементів визначаємо за формулою:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e}; \quad (3.4)$$

де $Q_{y.e.}$ – кількість уніфікованих типорозмірів конструкторських елементів;

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Q_e – кількість конструкторських елементів.
Дані заносимо до таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Конструкторські та уніфіковані елементи

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь
Циліндричні поверхні	41	41
Конічні поверхні	8	8
Плоскі поверхні	8	8
Різьба	35	35
Пази	2	2
Σ	94	94

$$K_{y.e.} = \frac{94}{94} = 1 > 0,6$$

Відповідно до визначених коефіцієнтів робимо висновок, що деталь технологічна.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

Деталь «Корпус» виготовляється в умовах серійного виробництва та технологічній лінії. Програма випуску деталей $N=5000$ шт.

В умовах базового підприємства технологічний процес виготовлення деталі «Корпус» існує тільки в маршрутному вигляді, без операційних карт та карт ескізів. Томі в таблиці 3.7 наводимо маршрут обробки деталі без ескізів.

Таблиця 3.7 – Маршрут технологічного процесу обробки деталі корпус

№ опер.	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обробка та чистка відливки		
015	Обробити торці – чорнова обробка. Чорнове розточування Ø515, Ø385, Ø360 мм. Чорнова обробка поверхні Ø390 мм. Розточувати отвір Ø485 мм в розмір. Точити поверхню Ø840 мм в розмір.	Карусельний 1512	Планшайба
020	Фрезерувати уступ 300×85 мм, пази 10×50 мм. Свердлити та нарізати різьбу 6 отворів М5, свердлити 2 отвори Ø6 мм, свердлити цекувати та нарізати різьбу 12 отворів М20×1,5.	Розточний-фрезерно – свердлувальний 2А622Ф2	Патрон пневматичний

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4
030	Свердлийти та нарізати різьбу 12 отворів М16, свердлийти, розсвердлювати та нарізати різьбу 4 та нарізати різьбу 12 отворів М16	Радіально-свердильний 2М55	УСП
035	Підрізання торців в розмір, розточування в розмір Ø515 мм, Ø385 мм, Ø360 мм. Точіння тонке Ø390 мм	Карусельний 1512	Планшайба
040	Технічний контроль		

Базовий технологічний процес, виготовлення деталі корпус, аналогічний типовим технологічним процесам. Базовий технологічний процес відповідає серійному типу виробництва. З операційного технологічного процесу видно, що заготовка – виливок. Програма випуску деталей становить - 2000 шт./рік і тому послідовність виконання операцій цілком закономірна й відповідає програмі випуску деталей. Матеріал використовується ефективно.

Для досягнення точності виготовлення деталі корпус застосовується принцип сталості і єдності баз, обробка ведеться за один установ. Висока шорсткість і точність взаємного розташування відповідальних поверхонь, досягається на чистових доводочних операціях, за рахунок точного настроювання верстата, а також за рахунок періодичного контролю виконавцем з наступним коректуванням настроювань верстата.

Проаналізувавши діючий технологічний процес виготовлення деталі корпус визначаємо недоліки, які необхідно усунути в проектованому технологічному процесі:

- в основному застосовується універсальне обладнання, що спричиняється збільшення кількості переходів, установів і як наслідок операцій, що у свою чергу збільшує трудомісткість виготовлення деталі;
- в основному використовується універсальний вимірювальний інструмент, що також збільшує допоміжний час.

Висновки:

У проектованому технологічному процесі впроваджені наступні рішення по вдосконаленню:

- токарні операції, які виконуються на токарно-карусельному верстаті замінимо на токарні з ЧПК, що дозволить зменшити час обробки й відповідно здешевить тех. процес, а також збільшить продуктивність і точність виготовлення деталей;
- підвищення рівня комплектності механізації процесів за рахунок застосування сучасних верстатів із ЧПК з метою зниження трудомісткості виготовлення деталей і виробу в цілому;
- дві свердильні операції об'єднаємо в одну, на якій застосуємо багатоцільовий верстат, це призведе до суттєвого зниження часу на обробку деталі та зменшить її собівартість з дотриманням вимог до точності розташування отворів;
- необхідно ввести декілька контрольних операцій.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок
Для вибору варіанту виготовлення заготовки використовуємо матрицю впливу факторів (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Матриця впливу факторів

Фактори Метод виготовлення	Форма і розміри заготовки	Потрібна точність і якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	Сума
Лиття в піщано-глинисті форм.	+	+	+	+	+	5
Лиття в кокіль	+	+	+	+	–	4
Лиття по виплавлюваним моделям	+	+	+	–	–	3

Оброблюючи матрицю впливу факторів визначаємо, що найбільш придатними варіантами для виготовлення корпусу є лиття до піщано-глинистих форм та лиття в кокіль.

Вирішальним етапом у виборі виду заготовки і методу її виготовлення є техніко економічне обґрунтування.

Так як відливки і в піщано-глинисті форми, і лиття в кокіль незначно відрізняються розмірами, то технологічний процес виготовлення корпусу однаковий при обох видах заготовки, змінюється тільки час обробки на чорнових операціях.

Визначаємо приведені затрати по деталі, грн.

$$З = A + З_o + E_n \cdot З_k + O_3; \quad (3.5)$$

$$O_3 = \frac{T_{шк} \cdot C_1}{70}; \quad (3.6)$$

де C_1 – годинні поточні витрати на обслуговування верстата;

$$O_{31} = \frac{35,53 \cdot 134,9}{70} = 68,47 \text{ грн};$$

$$O_{32} = \frac{28,3 \cdot 134,9}{70} = 54,54 \text{ грн};$$

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності ($E_n = 0,15$);

$З_k$ – питомі капітальні затрати на операцію, грн.

$$З_k = \frac{(B + K_y) \cdot T_{шк}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta} \quad (3.7)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

де B – балансова вартість верстата, грн.;
 K_{η} – вартість площі цеху, грн.;
 Φ – річний фонд часу роботи верстата, годин;
 η – коефіцієнт використання верстата;

$$\eta = \frac{T_{\text{шк}} \cdot B}{70 \cdot \Phi \cdot m} \quad (3.8)$$

де B – річна програма випуску деталей, шт.;
 m – кількість верстатів зайнятих на одній операції;

$$\eta_1 = \frac{35,42 \cdot 5000}{70 \cdot 4015 \cdot 1} = 0,63;$$

$$\eta_2 = \frac{28 \cdot 5000}{70 \cdot 4015 \cdot 1} = 0,5.$$

Визначаємо вартість площі цеха за формулою:

$$K_{\eta} = \Pi \cdot \varphi \cdot \gamma \quad (3.9)$$

де Π – вартість 1м² площі механічного цеху, грн.;
 $\Pi = 115,95$ грн.;

φ – габаритні розміри верстата, м²;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу;

$$\gamma = 4.$$

$$K_{\eta} = 115,95 \cdot 9,84 \cdot 4 = 4563,8 \text{ грн.}$$

$$Z_{\kappa 1} = \frac{(342020 + 4563,8) \cdot 35,53}{60 \cdot 4015 \cdot 0,63} = 81,14 \text{ грн.};$$

$$Z_{\kappa} = \frac{(342020 + 4563,8) \cdot 28,3}{60 \cdot 4015 \cdot 0,5} = 81,43 \text{ грн.};$$

За формулою (3.1) визначаємо приведені витрати по деталі:

$$Z_1 = 1283,92 + 13,24 + 0,15 \cdot 81,14 + 68,47 = 1377,8 \text{ грн.};$$

$$Z_2 = 1386,48 + 12,58 + 0,15 \cdot 81,43 + 54,54 = 1465,8 \text{ грн.}$$

$Z_1 < Z_2$ – тому обираємо заготовку лиття в піщано-глинисті форми.

3.2.2 Проектування заготовок

Метод виготовлення виливки литвом до піщано-глинистих форм з використанням машинної формовки є універсальним [5]. Машинна формовка в опоках дозволяє отримати якісні виливки із сталими параметрами точності, забезпечує високу продуктивність. Роз'єм горизонтальний. Для отримання внутрішніх порожнин використовуємо стержневу формовку.

Визначаємо мінімальну товщину стінки [5]:

$$\delta = 10 \dots 20$$

Призначаємо товщину стінки $\delta = 15$ мм.

Радіус заокруглення: внутрішні призначаємо $R5, 10, 15, 20, 70$ мм, в залежності від конструкції, зовнішні $5 \dots 10$ мм.

Мінімальна висота приливів для поверхні 10×85 мм, $h = 5$ мм.

Призначаємо ухили у виливку $1,5^\circ \dots 2^\circ$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Для призначення припусків і допусків на розміри деталі для виготовлення заготовки використовуємо ДСТУ 8981:2020 [5], призначаючи припуски і допуски необхідно дотримуватись наступних вимог:

Для необроблюваних поверхонь номінальний розмір виливки повинен дорівнювати номінальному розміру деталі, а для оброблюваних поверхонь сумі середнього розміру деталі і загального припуску на обробку.

Точність виливки в цілому визначається класом розмірної точності виливки, ступенем короблення виливки, ступенем точності поверхонь, класом точності ваги [5].

Для деталі корпус установлюємо норми точності виливки:

Клас розмірної точності виливки

– 10;

Ступінь короблення

– 5;

Ступінь точності поверхонь

– $Ra50$;

Клас точності ваги

– 8;

Ряд припусків на обробку

– 9;

Точність обробки

– висока.

Для проектування виливки призначаємо припуски і допуски на оброблювані поверхні деталі. Розрахунок загальних припусків зводимо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Припуски і допуски на оброблювані поверхні корпусу

Номінальний розмір	Характеристика поверхонь		Допуски на заготовку	Граничні відхилення на заготовку	Припуск, мм	Розмір виливки з граничними відхиленнями, мм
	IT	Ra				
435	9	1,6	6	± 3	$2 \times 6 = 12$	447 ± 3
$\varnothing 515$	7	0,8	8	± 4	$2 \times 7 = 14$	$\varnothing 501 \pm 4$
$\varnothing 385$	8	0,8	6	± 3	$2 \times 6 = 12$	$\varnothing 373 \pm 3$
$\varnothing 360$	7	0,8	6	± 3	$2 \times 6 = 12$	$\varnothing 348 \pm 3$
$\varnothing 390$	6	0,8	6	± 3	$2 \times 6 = 12$	$\varnothing 402 \pm 3$
$\varnothing 840$	14	6,3	10	± 5	$2 \times 7,5 = 15$	$\varnothing 855 \pm 5$
$\varnothing 485$	14	6,3	6	± 3	$2 \times 6 = 12$	$\varnothing 473 \pm 3$
25	3	1,6	2,4	$\pm 1,2$	$2 \times 5,5 = 11$	$36 \pm 1,2$
300	14	6,3	3	$\pm 1,5$	6	$306 \pm 1,5$

Креслення деталі корпус виконаємо сумісним і наведемо в пояснювальній записці.

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Деталь «Корпус» відноситься до класу корпусних деталей циліндричної форми.

За призначенням бази розподіляються на конструкторські, технологічні вимірювальні. Групу конструкторських баз складають основні та допоміжні бази. До основних конструкторських баз належать торцеві поверхні деталі та

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

циліндричні отвори $\varnothing 515$. допоміжними конструкторськими базами є торцеві поверхні, отвори $\varnothing 360$, $\varnothing 385$, також циліндрична поверхня $\varnothing 390$, різьбові і циліндричні трипільні отвори; конічні отвори. Вимірювальні бази – торцеві поверхні та циліндричні отвори, вони водночас є і конструкторськими базами, що вказує на єднання конструкторських і вимірювальних баз.

Групу технологічних баз складають чорнові та чистові бази. За чорнові технологічні бази приймаємо необроблені торцеві поверхні та отвори $\varnothing 515$. За чистові технологічні бази приймаємо ці ж поверхні, але вже оброблені. Це вказує на здійснення принципу сталості чорнової та чистової баз.

Торцеві поверхні та отвори $\varnothing 515$ є одночасно конструкторськими, вимірювальними та технологічними базами, тому здійснюється принцип єдності конструкторських, вимірювальних та технологічних баз.

Виконуємо основну теоретичну схему базування, що виконується для обробки корпусу.

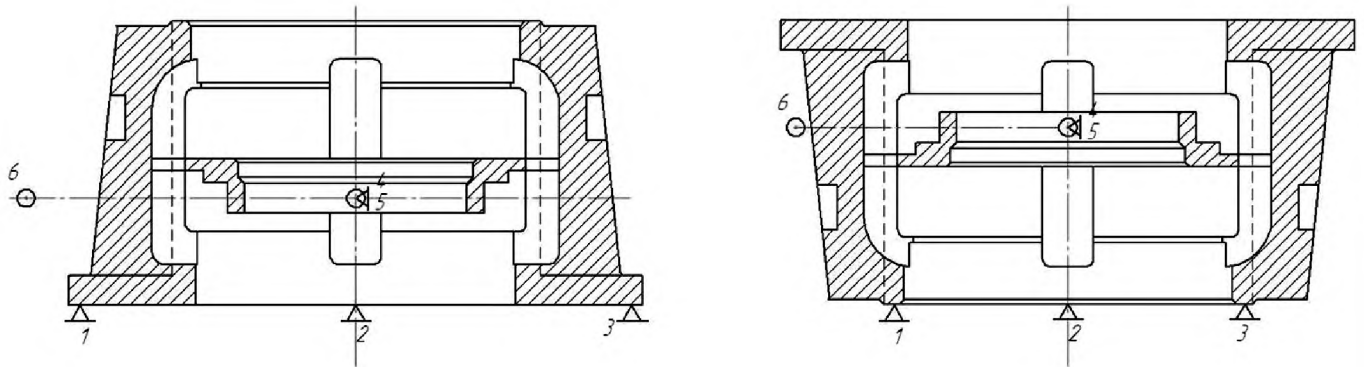


Рисунок 3.2 – Теоретичні схеми базування деталі «Корпус»

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На всі оброблювані поверхні деталі визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до точності і шорсткості, що вимагаються. Дані заносимо до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні	Номінальний розмір Найменування переходів	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T , мкм
1	2	3	4	5
1 21	435 Заготовка	50		6000
	Чорнове точіння	12,5	14	1550
	Напівчистове точіння	6,3	12	630
	Чистове точіння	1,6	9	155
4	5 Заготовка	50		
	Однократна токарна обробка	3,2	14	300

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
5	М30 Заготовка Свердління Нарізання різьби	50 32 32		560
34	Ø39 Заготовка Розсвердлювання	32 6,3	14	560 620
6	Ø515 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2	16 14 12 9 8	8000 1750 700 175 110
7	89 Заготовка Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння	50 12,5 6,3 1,6	14 12 9	6000 870 350 87
23	Ø485 Заготовка Однократна токарна обробка	50 63	14	6000 1550
8	220 Заготовка Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння	50 12,5 6,3 1,6	14 12 9	2400 1150 490 115
17	149 Заготовка Однократна токарна обробка	50 3,2	14	2400 1000
10	Ø385 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2	14 12 9 8	6000 1400 570 140 89
12	Ø360 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2	14 12 9 7	6000 1400 570 140 57

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
14	195			
	Заготовка	50		2400
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
	Напівчистове точіння	6,3	12	460
	Чистове точіння	1,6	9	115
15	Ø390			
	Заготовка	50		6000
	Чорнове точіння	12,5	14	1400
	Напівчистове точіння	6,3	12	570
	Чистове точіння	3,2	9	140
	Тонке точіння	2	6	36
19	Ø515			
	Заготовка	50		8000
	Чорнове розточування	12,5	14	1750
	Напівчистове розточування	6,3	12	700
	Чистове розточування	3,2	9	175
	Тонке розточування	2	7	70
22	M16			
26	Заготовка			
	Свердління	3,2		265
	Нарізання різьби	3,2		
24	Ø26			
	Заготовка			
	Свердління	6,3	14	520
25	Ø50			
	Заготовка	6,3	14	520
	Цекування	6,3	14	620
27	Ø8			
	Заготовка			
	Свердління	6,3		500
28	M20×1,5			
	Заготовка			
	Свердління	10		236
	Нарізання різьби	10		
27	Ø8			
	Заготовка			
	Свердління	6,3		500
29	Ø32			
	Заготовка	10		236
	Цекування	20	14	250

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5
30	Ø5 Заготовка Свердління	3,2		160
31 34	10×50 Заготовка Фрезерування	6,3 3,2	14 12	1300 150
32	85×300 Заготовка Фрезерування	50 6,3	14	3000 1300
35	Ø840 Заготовка Однократна токарна	50 6,3	14	10000 2300

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

Розробляємо маршрут обробки деталі корпус редуктора на основі базового технологічного процесу і задач проектування. Для зручності представляємо у вигляді таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Маршрут обробки деталі корпус

№ оп.	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Лиття			
010	Обробка та чистка відливки			
015	Токарно-карусельна ПУ чорнова Установ А	12, 14, 15, 16, 17 19, 21, 35	1, 6	Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700
	Установ Б	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 23	19, 21	
020	Токарно-карусельна ПУ напівчистова Установ А	12, 14, 15, 17, 19, 21	1, 6	Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700
	Установ Б	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10	19, 21	
025	Токарно-карусельна ПУ чистова Установ А	12, 13, 15, 16, 19, 20	1, 6	Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700
	Установ Б	6, 3, 9, 10, 11	19, 21	
030	Контрольна			

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5
035	Фрезерно-свердильна ПУ	28, 29, 30, 31, 32, 33, 34	19, 21	Вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130
040	Контрольна			
045	Свердильна ПУ Установка А	5, 24, 25, 26, 27, 36	19, 21	Вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130
050	Токарно-карусельна тонке точіння Установ А Установ Б	12, 14, 15 19, 21 1, 6, 8, 10	1, 6 19, 21	Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700
055	Контрольна			
060	Малярна			

3.2.6 Розробка технологічної операції

Уточнюємо моделі верстатного устаткування. На токарних операціях використовуємо токарно-карусельні верстати з ЧПК You Ji YV700, на фрезерно-свердильних – вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130.

На всіх операціях, окрім свердильних, використовуємо стандартне пристосування для встановлення деталі патрон самоцентруючий. На всіх операціях застосовуємо універсальний різальний інструмент. Зміст операцій представлено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Послідовність виконання технологічних операцій

№ опер.	Назва операції Верстат Зміст переходів технологічних операцій	Верстатне пристосування	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
015	Токарна чорнова Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700 Установ А Точити поверхню 35 Торцювати поверхні 14, 17, 21 Розточити отвори 12, 19 Точити поверхню 15	Патрон You Ji	Різці: SECO C6-DWLNR-45065-08JETI, пластина WNMG080408-MR7, сплав TP1501; розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120412-M6, сплав TP1501

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4
015	Установ Б Точити торці 1, 4, 7, 8 Розточити отвори 6, 10, 23.	Патрон You Ji	Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009
020	Токарна напівчистова Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700 Установ А Торцювати поверхні 14, 17, 21 Розточити отвори 12, 19 Точити поверхню 15 Установ Б Точити торці 1, 4, 7, 8, фаску Розточувати отвори 6, 10	Патрон You Ji	Різці: SECO C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина CCMT120412-M5, сплав TP1501 розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120408-M6, сплав TP1501 Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009
025	Токарна чистова Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700 Установ А Розточити отвори 12, 19 Точити поверхню 15 Знімати фаски 13, 16, 20 Установ Б Точити торець 7 Розточувати отвори 6, 10 Точити фаски 3, 9, 11.	Патрон You Ji	Різці: SECO C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина CCMT120408-M5, сплав TP25; розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120408-M6, сплав TP25 Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009
035	Фрезерно-свердлильна Вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130 Фрезерувати поверхню 32 Фрезерувати пази 34, 35 Свердлити отвір 28 Цекувати отвір 29 Зенкувати отвір 28 Нарізати різьбу 28 Свердлити 6 отворів 30 Зенкувати 6 отворів 30 Нарізати різьбу 6 отворів 30 Свердлити 2 отвори 33	Патрон Victor	Фреза Ø630 ГОСТ 9473-80 Фреза Ø50 ГОСТ 8237-80 Свердла SECO Ø18,5; 6; 4,2 PMX6-18.5P7-EB845-RX2000; SD1105A-0600-071-18R1; SD1105A-0420-071-18R1. Зенкер Ø6, Ø22 ДСТУ ГОСТ 12489:2017 Зенківка Ø32 ДСТУ ГОСТ 14576:2015 Мітчик RUKO DIN 371 HSS M6, M20x1,5 Калібр-пробки 6, 4,2, 18,5 ДСТУ ГОСТ 14810:2009 Штангенциркуль ШЦ-III-150-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4
050	Токарна з ЧПК Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700 Установ А Тонко точити торці 14, 21 Тонко розточити отвори 12, 19 Тонко точити поверхню 15 Установ Б Тонко точити торці 1, 8 Тонко розточити отвори 6, 10	Патрон You Ji	Різці: SECO C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина CCMT120404-M5, сплав TP200; розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120404-M6, сплав TP200 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009

3.2.7 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Виконуємо розрахунок на внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 515$ H7. Для отримання необхідної точності H7 та шорсткості поверхні Ra 2,0 потрібно виконати наступні операції:

Розточування чорнове по H14, Ra 12,5

Розточування полу чистове по H12, Ra 6,3

Розточування чистове по H9, Ra 3,2

Розточування тонке по H7, Ra 0,8.

Мінімальний операційний припуск визначається за формулою:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{zaz} + h_{zaz} + \sqrt{\Delta_{zaz}^2 + \epsilon_1^2}) \quad (3.10)$$

де Rz_{i-1} – величина мікро нерівностей профілю на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередній операції;

Σ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень попередній операції;

E_i – похибка установки на виконуваний операції;

Максимальний операційний припуск:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_{zaz} - TD_1 \quad (3.11)$$

$2Z_{\min}$ – мінімальний припуск;

$2Z_{\max}$ – максимальний припуск;

Td_{i-1} – допуск на попередній операції;

Td_i – допуск на виконуваний операції.

Для заготовки із сірого чавуна СЧ 18 $R_{Zzar} + h_{Zzar} = 900$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень дорівнює:

$$\Delta \Sigma_{zar} = \sqrt{\Delta \Sigma_{kop}^2 + \Delta \Sigma_{zm}^2} \quad (3.12)$$

де $\Delta \Sigma_{kop}$ – жолоблення виливка;

$\Delta \Sigma_{zm}$ – зміщення стержнів утворюючих отвори або внутрішні порожнини, приймаємо рівній допуску на найбільший розмір від осі отвору або внутрішньої порожнини до вимірювальної бази.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\Delta \Sigma_{\text{кор}} &= \Delta \Sigma_{\text{к}} \times D_1 \\ \Delta \Sigma_{\text{к}} &= 0,7 \div 1\end{aligned}\quad (3.13)$$

D – найбільший розмір заготовки;

$$\begin{aligned}\Delta \Sigma_{\text{кор}} &= 0,7 \times 840 = 588 \text{ мкм} \\ \Delta \Sigma_{\text{зм}} &= 2000 \text{ мкм} \\ \Delta \Sigma_{\text{заг}} &= \sqrt{588^2 + 2000^2} = 2085 \text{ мкм} \\ E_{\text{чорн}} &= \sqrt{E_p^2 + E_o^2}\end{aligned}\quad (3.14)$$

де E_p – похибка установки, отримана при радіальному зміщенні заготовки;
 E_o – похибка установки, отримана при осьовому зміщенні заготовки.

$$E_{\text{чорн}} = \sqrt{250^2 + 150^2} = 277 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\text{min чорн}} = 2(900 + \sqrt{2085^2 + 277^2}) = 6006 \text{ мкм}$$

Визначаємо найбільший припуск на чорнове розточування.

$$2Z_{\text{max чорн}} = 6006 + 8000 - 1750 = 12256 \text{ мкм}$$

Визначаємо найменший припуск на напівчистове розточування, де $R_{\text{зчорн}} = 240 \text{ мкм.}$

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\Delta \Sigma_{\text{чорн}} = \Delta \Sigma_{\text{заг}} \cdot K_{y1}$$

де K_{y1} – коефіцієнт уточнення ($K_{y1} = 0,06$).

$$\Delta \Sigma_{\text{чорн}} = 2085 \cdot 0,06 = 125,1 \text{ мкм}$$

$$E_{\text{п.ч.}} = \sqrt{E_p^2 + E_o^2} = \sqrt{120^2 + 100^2} = 160 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на напівчистове розточування дорівнює:

$$2Z_{\text{min п.ч.}} = 2(240 + \sqrt{125,1^2 + 160^2}) = 886,2 \text{ мкм}$$

Визначаємо найбільший припуск на напівчистове розточування:

$$2Z_{\text{max п.ч.}} = 886,2 + 1750 - 700 = 1936,2 \text{ (мкм).}$$

Розраховуємо найменший припуск на чистове розточування: $R_{\text{зчист}} = 100 \text{ мкм.}$

Сумарне значення просторових відхилень: $K_{y2} = 0,05$.

$$\Delta \Sigma_{\text{п.ч.}} = 2085 \cdot 0,05 = 104,25 \text{ мкм}$$

Розраховуємо похибку при встановленні на чистовому розточенні :

$$E_{\text{чист}} = \sqrt{E_p^2 + E_o^2} = \sqrt{120^2 + 100^2} = 160 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{min чист}} = 2(100 + \sqrt{104,25^2 + 100^2}) = 581 \text{ мкм}$$

Найбільший припуск на чистове розточування дорівнює:

$$2Z_{\text{max чист.}} = 582 + 700 - 175 = 1106,9 \text{ (мкм).}$$

Визначаємо найменший припуск на останню операцію (тонке розточування).

Сумарне значення просторових відхилень:

$$R_{\text{зчист}} = 20 \text{ мкм}; K_{y3} = 0,04$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докц.	Підпис	Дата		

$$\Delta \Sigma_{\text{чист.}} = 2085 \cdot 0,04 = 83,4 \text{ мкм}$$

$$E_{\text{тонк}} = \sqrt{E_p^2 + E_o^2} = \sqrt{50^2 + 30^2} = 58 \text{ мкм}$$

Найменший припуск на тонке розточування дорівнює:

$$2Z_{\text{min т.р}} = 2(20 + \sqrt{83,4^2 + 58^2}) = 244 \text{ мкм}$$

Визначаємо найбільший припуск на тонке розточування:

$$2Z_{\text{max тон.}} = 244 + 175 - 70 = 349 \text{ мкм}$$

При обробці внутрішньої поверхні розрахункові розміри визначаємо відрахуванням від найбільшого граничного розміру мінімального розрахункового припуску. Для розміру деталі $\varnothing 515^{+0,07}$:

$$D_{\text{т.р. max}} = 515,07 \text{ мм}$$

$$D_{\text{чист. max}} = D_{\text{т.р. max}} - 2Z_{\text{т.р min}} = 515,07 - 0,244 = 514,826 \text{ мм}$$

$$D_{\text{чист. max}} = D_{\text{чист. max}} - 2Z_{\text{чист. min}} = 514,826 - 0,585 = 514,241 \text{ мм}$$

$$D_{\text{чорн. max}} = D_{\text{п.чист. max}} - 2Z_{\text{п.чист. min}} = 514,241 - 0,886 = 513,355 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг. max}} = D_{\text{чорн. max}} - 2Z_{\text{чорн. min}} = 513,355 - 6,006 = 507,349 \text{ мм}$$

Визначаємо найменші граничні розміри відрахуванням допусків від прийнятих найбільших граничних розмірів:

$$D_{\text{т.р. min}} = D_{\text{т.р. max}} - Td_{\text{т.р.}} = 515,07 - 0,07 = 515 \text{ мм}$$

$$D_{\text{чист. min}} = D_{\text{чист. max}} - Td_{\text{чист.}} = 514,826 - 0,175 = 514,651 \text{ мм}$$

$$D_{\text{п.чист. min}} = D_{\text{п.чист. max}} - Td_{\text{п.чист.}} = 514,241 - 0,70 = 513,541 \text{ мм}$$

$$D_{\text{чорн. min}} = D_{\text{чорн. max}} - Td_{\text{чорн.}} = 513,355 - 1,750 = 511,605 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг. min}} = D_{\text{заг. max}} - Td_{\text{заг.}} = 507,349 - 8 = 499,349 \text{ мм}$$

Визначаємо максимальний припуск як, різницю найбільших граничних розмірів виконуваної та попередньої операцій:

$$2Z_{\text{чорн. max}} = D_{\text{чорн. min}} - D_{\text{заг. min}} = 511,605 - 499,349 = 12,256 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{п.чист. max}} = D_{\text{п.чист. min}} - D_{\text{чорн. min}} = 513,541 - 511,605 = 1,936 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист. max}} = D_{\text{чист. min}} - D_{\text{п.чист. min}} = 514,651 - 513,541 = 1,11 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{т.р. max}} = D_{\text{т.р. min}} - D_{\text{чист. min}} = 515 - 514,651 = 0,349 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний припуск як, різницю найбільших граничних розмірів виконуваної та попередньої операцій.

$$2Z_{\text{чорн. min}} = D_{\text{чорн. max}} - D_{\text{заг. max}} = 513,355 - 507,349 = 6,006 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{п.чист. min}} = D_{\text{п.чист. max}} - D_{\text{чорн. max}} = 514,241 - 513,355 = 0,886 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{чист. min}} = D_{\text{чист. max}} - D_{\text{п.чист. max}} = 514,826 - 514,241 = 0,585 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку вірності розрахунків загальних припусків

$$\Sigma 2Z_{\text{max}} - \Sigma 2Z_{\text{min}} = Td_{\text{заг.}} - Td_{\text{уст.}}$$

$$15,651 - 7721 = 8000 - 70$$

$$7930 = 7930$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Умову виконано. Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.13 та будуємо схему розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 515H_7^{(+0,07)}$, рисунок 3.3.

Таблиця 3.13 – Зведена таблиця аналітичного розрахунку припусків

Найменування поверхні та переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск T, мкм	Параметри припуску, мкм				Розрахункові припуски, мм		Прийнятний припуск	Прийнятний розмір
				Rz	h	$\Delta\Sigma$	E	2Z _{min}	2Z _{max}		
Заготовка	50		8000	900	900	2085	270	7,718	15,648	15,9	Ø499,1±4,0
Чорнове розточування	12,5	14	1750	240	-	2085	270	6,006	12,256	12,3	Ø511 ^{+1,75}
Напівчистове розточування	6,3	12	700	100	-	125,1	160	0,886	1,936	2	Ø513,4 ^{+0,70}
Чистове розточування	3,2	9	175	20	-	104,2	160	0,582	1,107	1,2	Ø514,6 ^{+0,175}
Тонке розточування	1,6	7	70	-	-	-	-	0,244	0,345	0,4	Ø515 ^{+0,07}

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

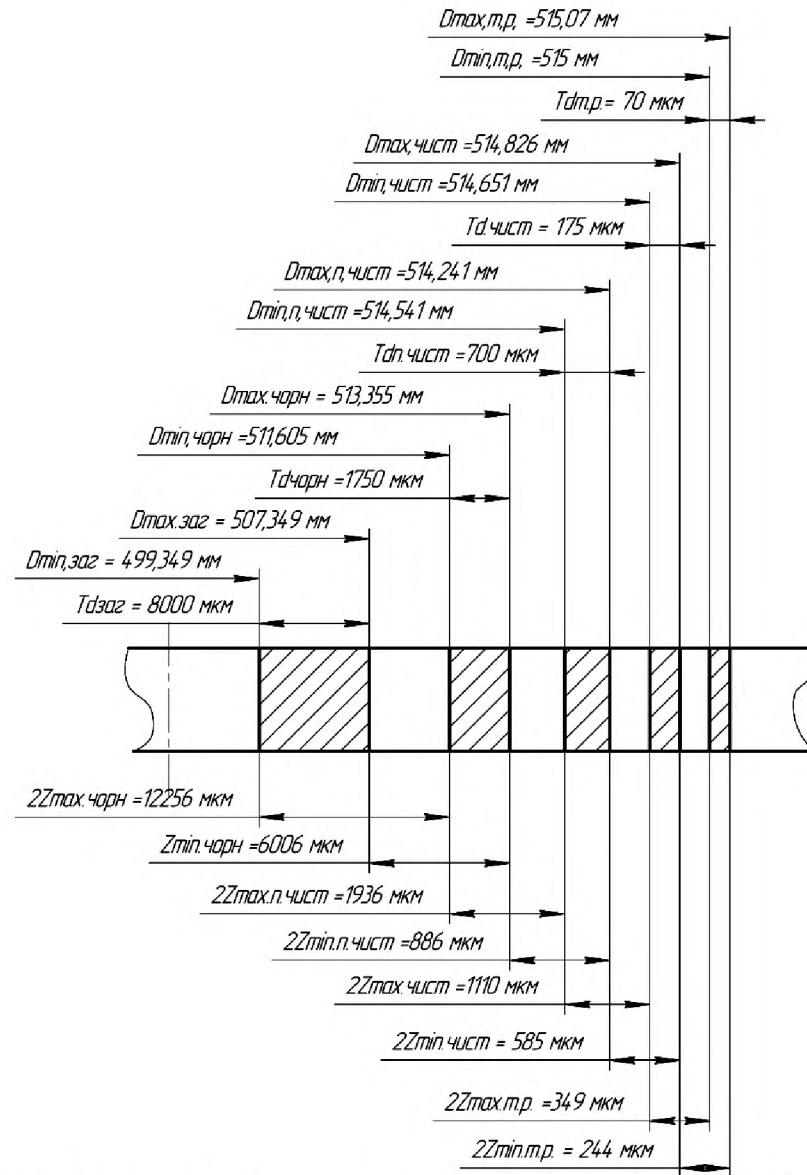


Рисунок 3.3 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 515H7^{(+0,07)}$

На всі інші поверхні призначення міжопераційних припусків виконуємо згідно довідкової літератури. Призначені припуски представимо у табличній формі (табл. 3.14).

Таблиця 3.14 – Міжопераційні розміри з допусками

№ пов.	Найменування переходу	Шорсткість Ra, мкм	Точність IT	Допуск T, мкм	Припуск t, мм	Між-операційні розміри з допусками
1	2	3	4	5	6	7
1, 21	435					
	Заготовка	50		6000	15	450±3
	Чорнове точіння	12,5	14	1550	11	427 ₋₁₅₅
	Напівчистове точіння	6,3	12	630	1	436 _{-0,630}
	Чистове точіння	1,6	9	155	0,4	435 _{-0,155}

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

6	Ø515 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2		8000 1750 700 175 110	14 11 1,6 1 0,4	Ø501±4 Ø512 ^{+1,75} Ø513,6 ^{+0,7} Ø514,6 ^{+0,175} Ø515 ^{+0,11}
7	89 Заготовка Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння	50 12,5 6,3 1,6		6000 870 350 87	6 4 1,5 0,5	83 ± 3 87 ^{+0,87} 88,5 ^{+0,35} 89 ^{+0,087}
23	Ø485 Заготовка Однократна обробка	50 6,3		6000 1550	12 12	473 ± 3 Ø485 ^{+1,55}
17	149 Заготовка Однократна	50 3,2		3000 1000	5 5	114±1,5 149 ^{+1,0}
8	220 Заготовка Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Однократна обробка	50 12,5 6,3 1,6 3,2		1000 1150 490 115 1000	5 3 1,6 0,4 5	225 ± 1,5 222 _{-1,150} 220,04 _{-0,490} 220 _{-0,115} 149 ^{+1,0}

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7
10	Ø385 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2		6000 1400 570 140 89	12 9 1,6 1 0,4	Ø373±3 Ø382 ^{+1,4} Ø383,6 ^{+0,57} Ø384,6 ^{+0,14} Ø385 ^{+0,089}
12	Ø860 Заготовка Чорнове розточування Напівчистове розточування Чистове розточування Тонке розточування	50 12,5 6,3 3,2 2		6000 1400 570 140 89	12 9 1,6 1 0,4	Ø348±6 Ø357 ^{+1,4} Ø358,6 ^{+0,57} Ø359,6 ^{+0,14} Ø360 ^{+0,057}

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			

14	195					
	Заготовка	50		3000	5	$190 \pm 1,5$
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	3	$193 \pm 1,15$
	Напівчистове точіння	6,3	12	570	1,6	$194,6^{+0,57}$
	Чистове точіння	1,6	9	115	0,4	$195^{+0,115}$
19	Ø515					
	Заготовка	50		8000	15,9	$\varnothing 499,1 \pm 4$
	Чорнове розточування	12,5	14	1750	12,3	$\varnothing 511,4^{+1,75}$
	Напівчистове розточування	6,3	12	700	2	$\varnothing 513,4^{+0,7}$
	Чистове розточування	3,2	9	175	1,2	$\varnothing 514,6^{+0,175}$
	Тонке розточування	2	7	70	0,4	$\varnothing 515^{+0,07}$
32	85×300					
	Заготовка	50		3000	6	306 ± 3
	Фрезерування	6,3	14	1300	6	$300 \pm 0,05$
35	Ø840					
	Заготовка	50		10000	15	$\varnothing 855 \pm 5$
	Однократна обробка	6,3	14	2300	15	$\varnothing 840 \pm 2,3$
15	Ø390					
	Заготовка	50		6000	12	$\varnothing 402 \pm 3$
	Чорнове точіння	12,5	14	1400	9	$\varnothing 393_{-1,4}$
	Напівчистове точіння	6,3	12	570	1,6	$\varnothing 391,4_{-0,57}$
	Чистове точіння	3,2	9	140	1	$\varnothing 390,4_{-0,14}$
	Тонке точіння	2	6	36	0,4	$\varnothing 390_{-0,036}$

В розроблений маршрут обробки деталі корпус додаємо ескізи операцій, представимо у вигляді таблиці 3.15.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.15 – Розробка операцій виготовлення деталі

№ опер	Назва операції Модель верстату Зміст переходів технологічної операції	Ескіз операції	Інструмент (ріжучий, мірильний, допоміжний)
1	2	3	4
005	Лиття		Патрон You Ji Різці: SECO C6-DWLNR-45065-08JETI, пластина WNMG080408-MR7, сплав TP1501; розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120412-M6, сплав TP1501
010	Обрубка та зачистка заготовки		
015	Токарна чорнова Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700		
	1. Точити поверхню 35		
	2. Точити торці 21,14,17		
	3. Розточити отвори 19,12		
	4. Точити поверхню 15		Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Мікрометр ДСТУ ГОСТ 6507:2009
	Установ Б		
	1. Точити торці 1,7,8		
	2. Розточити отвори 6,23,10		

КНЧ.КМР.131.25.1-06.03.ПТВВ

Докл.ш.

Змін	
№ Документа	
КНЧ.КМР.131.25.1-06.03.ТТВВ	
Доклад	

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4
020	Токарна полу чистова Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700 Установ А Торцювати поверхні 14, 17, 21 Розточити отвори 12, 19 Точити поверхню 15		Патрон You Ji Різці: SECO C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина CCMT120412-M5, сплав TP1501 розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120408-M6, сплав TP1501 Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009
	Установ Б Точити торці 1, 4, 7, 8 Робити фаску Розточувати отвори 6, 10		

Змін		Продовження таблиці 3.15			
№ Документа					
КНЧ.КМР.131.25.1-06.03.ТТВВ					

Зміст	
№ Документа	
КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ПТВВ	
Доклад	

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4
030	Контрольна		
035	Фрезерно-свердлильна Вертикально- фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130 Фрезерувати поверхню 31 Фрезерувати пази 34, 35 Свердлити отвір 28 Цекувати отвір 29 Зенкувати отвір 28 Нарізати різьбу 28 Свердлити 6 отворів 30 Зенкувати 6 отворів 30 Нарізати різьбу 6 отворів 30 Свердлити 2 отвори 33		Патрон Victor Фреза Ø630 ГОСТ 9473-80 Фреза Ø50 ГОСТ 8237-80 Свердла SECO Ø18,5; 6; 4,2 PMX6-18.5P7-EB845- RX2000; SD1105A-0600-071-18R1; SD1105A-0420-071-18R1. Зенкер Ø6, Ø22 ДСТУ ГОСТ 12489:2017 Цековка Ø32 ДСТУ ГОСТ 14576:2015 Мітчик RUKO DIN 371 HSS M6, M20x1,5 Калібр-пробки Ø 6, Ø4,2, Ø18,5 ДСТУ ГОСТ 14810:2009 Штангенциркуль ШЦ-III- 150-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4
040	Контрольна		
045	Свердлильна Вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130 Установ А 1. Свердлити 8 отворів 24 2. Цекувати 8 отворів 25 3. Свердлити 4 отвори 5 4. Розсвердлювати 34 5. Нарізати різьбу 4 отвори 5 6. Свердлити 12 отворів 26 7. Зенкувати 12 отворів 26 8. Нарізати різьбу 12 отворів 26 9. Свердлити 3 отвори 27 Установ Б 1. Свердлити 12 отворів 22 2. Зенкувати 12 отворів 22 3. Нарізати різьбу 12отворів 22	The technical drawing consists of two main views: a top view and a side view. The top view shows a circular part with a central hole of diameter 50. There are concentric circles representing different diameters: 50, 60, 68, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240, 245, 250, 255, 260, 265, 270, 275, 280, 285, 290, 295, 300, 305, 310, 315, 320, 325, 330, 335, 340, 345, 350, 355, 360, 365, 370, 375, 380, 385, 390, 395, 400, 405, 410, 415, 420, 425, 430, 435, 440, 445, 450, 455, 460, 465, 470, 475, 480, 485, 490, 495, 500. There are also several holes of different diameters and depths. The side view shows the profile of the part with various steps and chamfers. Dimensions include radii R1.2, R1.6, R2.5, R3.2, R4.0, R5.0, R6.3, R7.5, R8.0, R9.0, R10.0, R11.0, R12.0, R13.0, R14.0, R15.0, R16.0, R17.0, R18.0, R19.0, R20.0, R21.0, R22.0, R23.0, R24.0, R25.0, R26.0, R27.0, R28.0, R29.0, R30.0, R31.0, R32.0, R33.0, R34.0, R35.0, R36.0, R37.0, R38.0, R39.0, R40.0, R41.0, R42.0, R43.0, R44.0, R45.0, R46.0, R47.0, R48.0, R49.0, R50.0, R51.0, R52.0, R53.0, R54.0, R55.0, R56.0, R57.0, R58.0, R59.0, R60.0, R61.0, R62.0, R63.0, R64.0, R65.0, R66.0, R67.0, R68.0, R69.0, R70.0, R71.0, R72.0, R73.0, R74.0, R75.0, R76.0, R77.0, R78.0, R79.0, R80.0, R81.0, R82.0, R83.0, R84.0, R85.0, R86.0, R87.0, R88.0, R89.0, R90.0, R91.0, R92.0, R93.0, R94.0, R95.0, R96.0, R97.0, R98.0, R99.0, R100.0. Angles include 22°30' and 2x45°. Surface finish symbols like Ra 1.2, Ra 1.6, Ra 2.5, Ra 3.2, Ra 4.0, Ra 5.0, Ra 6.3, Ra 7.5, Ra 8.0, Ra 9.0, Ra 10.0, Ra 11.0, Ra 12.0, Ra 13.0, Ra 14.0, Ra 15.0, Ra 16.0, Ra 17.0, Ra 18.0, Ra 19.0, Ra 20.0, Ra 21.0, Ra 22.0, Ra 23.0, Ra 24.0, Ra 25.0, Ra 26.0, Ra 27.0, Ra 28.0, Ra 29.0, Ra 30.0, Ra 31.0, Ra 32.0, Ra 33.0, Ra 34.0, Ra 35.0, Ra 36.0, Ra 37.0, Ra 38.0, Ra 39.0, Ra 40.0, Ra 41.0, Ra 42.0, Ra 43.0, Ra 44.0, Ra 45.0, Ra 46.0, Ra 47.0, Ra 48.0, Ra 49.0, Ra 50.0, Ra 51.0, Ra 52.0, Ra 53.0, Ra 54.0, Ra 55.0, Ra 56.0, Ra 57.0, Ra 58.0, Ra 59.0, Ra 60.0, Ra 61.0, Ra 62.0, Ra 63.0, Ra 64.0, Ra 65.0, Ra 66.0, Ra 67.0, Ra 68.0, Ra 69.0, Ra 70.0, Ra 71.0, Ra 72.0, Ra 73.0, Ra 74.0, Ra 75.0, Ra 76.0, Ra 77.0, Ra 78.0, Ra 79.0, Ra 80.0, Ra 81.0, Ra 82.0, Ra 83.0, Ra 84.0, Ra 85.0, Ra 86.0, Ra 87.0, Ra 88.0, Ra 89.0, Ra 90.0, Ra 91.0, Ra 92.0, Ra 93.0, Ra 94.0, Ra 95.0, Ra 96.0, Ra 97.0, Ra 98.0, Ra 99.0, Ra 100.0. Thread specifications include M20-7H, M16-7H, and M10-7H.	Патрон Victor Свердла SECO Ø39 PMX6-39P7-EB845- RX2000 Ø26 PMX6-26P7- EB845-RX2000; Ø26,4 PMX6-26,4P7- EB845-RX2000, Ø14 PMX6-14P7- EB845-RX2000, Ø75 PMX6-75P7- EB845-RX2000 Зенківка Ø16; 2301- 1719 ДСТУ ГОСТ 12486:2015 Цековка Ø50 ДСТУ ГОСТ 3254:2015 Калібр – пробки Ø8, Ø26 ДСТУ ГОСТ 14810:2009 Штангенциркуль ШЦ- III-150-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009

Зміст	
№ Документа	
КНЧ.КМР.131.25.1-06.03.ПТВВ	
Доклад	

Продовження таблиці 3.15

1	2	3	4
050	Токарне тонке розточування Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700Установ А 1.Точити поверхні 14,21 2.Розточити отвори 19,12 3.Точити поверхню 15		Патрон You Ji Різці: SECO C4-DCLCR-27050-12JETI, пластина CCMT120404-M5, сплав TP200; розточний SECO C6-PCLNL-17100-12, пластина CNMG120404-M6, сплав TP200 Нутромір ДСТУ ГОСТ 189:2009 Штангенциркуль ШЦ-III-1000-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Мікрометр ДСТУ ГОСТ 6507:2009
	Установ Б 1.Точити поверхні 4,8 2.Розточити отвори 6,10		

3.2.8 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.2.8.1 Аналітичний розрахунок режимів різання

Розраховуємо режими різання розрахунково-аналітичним методом на операцію 050 Токарно-карусельна з ЧПК, тонке розточування.

Обробка ведеться за два установи. На установі А ведеться обробка отворів Ø360 та Ø515 мм, та обробка торцевих поверхонь, також обробка циліндричної поверхні Ø390. на установі Б ведеться розточування отворів Ø515 та Ø385, а також точіння торцевих поверхонь. Обробка проводиться на токарно-карусельному верстаті з ЧПК You Ji YV700.

Визначаємо глибину різання на всі поверхні. Для отворів та зовнішньої циліндричної поверхні глибина різання дорівнює: $t = 0,2$ мм;

де t – глибина різання.

Для торцевих поверхонь $t = 0,4$ мм.

Обираємо ріжучий інструмент.

При розточуванні отворів використовуємо різці розточені оснащені СТМ – ельбор. Обираємо основні геометричні параметри різців $\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$,

$\varepsilon = 80$, $r_b = 0,4$ мм. Для обробки торцевих поверхонь використовуємо різці з пластинами з твердого сплаву ВК6 м. геометричні параметри різців; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$; $\varepsilon = 105$; $\gamma = -6^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $r_b = 0,5$. [18; карта 3. стр. 38].

Призначаємо подачі, при обробці всіх поверхонь, за формулою:

$$S_o = S_{от} \times K \quad (3.15)$$

де $S_{от}$ – табличне значення подачі;

K – виправний коефіцієнт.

$$K = K_{sm} \cdot K_{sr} \cdot K_{sk} \cdot K_{sq} \quad (3.16)$$

де K_{sm} – коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей оброблюємого матеріалу;

K_{sr} - коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця;

K_{sk} – коефіцієнт – квалітету оброблюваної поверхні;

K_{sq} - коефіцієнт кінематичного кута в плані.

Обираємо табличні значення подач:

$$S_{T1} = S_{T3} = S_{T7} = 0,12 \text{ мм/об};$$

$$S_{T2} = S_{T4} = S_{T8} = 0,25 \text{ мм/об};$$

$$S_{T6} = 0,15 \text{ мм/об};$$

$$S_{T9} = 0,22 \text{ мм/об}.$$

Обираємо виправні коефіцієнти:

$$K_{sm} = 0,85;$$

$$K_{sr1} = K_{sr3} = K_{sr7} = K_{sr9} = 0,85 \quad [18; \text{карта } 8]$$

$$K_{sr6} = 0,52 \quad [18; \text{карта } 8]$$

$$K_{sr2} = K_{sr4} = K_{sr5} = K_{sr8} = 0,8;$$

$$K_{sk1} = K_{sk3} = K_{sk7} = K_{sk9} = 1;$$

$$K_{sk6} = 0,8;$$

$$K_{sk2} = K_{sk4} = K_{sk5} = K_{sk6} = 0,52.$$

Розраховуємо загальний виправний коефіцієнт:

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$K_1 = K_3 = K_7 = K_9 = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,54;$$

$$K_6 = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,52 \cdot 1 = 0,3757;$$

$$K_2 = K_4 = K_5 = K_8 = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,52 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,27.$$

Розраховуємо величини подач:

$$S_{01} = S_{03} = 0,12 \cdot 0,54 = 0,065 \text{ мм/об};$$

$$S_{02} = S_{04} = S_{05} = S_{08} = 0,25 \cdot 0,27 = 0,07 \text{ мм/об};$$

$$S_{06} = 0,15 \cdot 0,3757 = 0,056 \text{ мм/об};$$

$$S_{09} = 0,22 \cdot 0,54 = 0,12 \text{ мм/об}.$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$V_P = \frac{C_V}{t^{x_V} \cdot S^{y_V}} K_V \quad (3.17)$$

де V_P – розрахункова швидкість різання, м/хв.;

C_V – постійна, $C_V = 11$ г

t – глибина різання;

S – подача;

K – виправний коефіцієнт;

x_v, y_v – показники ступенів.

$x_v = 0,15$; $y_v = 0,4$

Визначаємо виправний коефіцієнт:

$$K_V = K_{VT} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vm} \cdot K_{V\phi} \quad (3.18)$$

де K_{VT} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу інструменту.

$$K_{VT} = C_V \cdot T^m \quad (3.19)$$

де T – стійкість інструменту, хв.;

C_V – постійна; $C_{V1} = C_{V2} = C_{V7} = C_{V9} = 3,645$ [18 додаток 27]

$C_{V2} = C_{V4} = C_{V5} = C_{V6} = C_{V8} = 4,926$ [18 додаток 27 лист 9]

m_V – показник ступені;

$m_{V1} = m_{V7} = m_{V3} = m_{V9} = -0,398$ [18 додаток 27. лист 9]

$m_{V2} = m_{V4} = m_{V5} = m_{V6} = m_{V8} = -0,402$ [18 додаток 27. лист 9]

$K_{VT1} = K_{VT3} = K_{VT7} = K_{VT9} = 3,645 \times 30^{-0,398} = 0,94$

$K_{VT2} = K_{VT4} = K_{VT5} = K_{VT6} = K_{VT8} = 4,926 \times 30^{-0,402} = 1,26$

K_{Vj} - коефіцієнт, що залежить від габариту верстата.

$$K_{Vj} = C_V \cdot D_c^{m_V} \quad (3.20)$$

$C_V = 0,28$ [18 додаток 27. лист 9].

D_c – найбільший діаметр встановлюваної на верстаті деталі, $D_c = 1250$ мм.

$m_V = 0,19$ [18 додаток 27. лист 9]

$K_{Vj} = 0,28 \cdot 1250^{0,15} = 1,09$

K_{Vm} – коефіцієнт враховуючий марку матеріалу.

$K_{Vm} = 0,85$.

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує геометричні параметри ріжучої частини інструменту.

$$K_{V\phi} = C_V \cdot \varphi^{x_v} \cdot \varepsilon^{y_v} \quad (3.21)$$

де $C_V = 3,62$; $x_v = 0,004$; $y_v = -0,29$ [18 додаток 27. лист 9]

$K_{V\phi 1,3,4,5,8,9} = 3,62 \cdot 45^{0,004} \cdot 90^{-0,29} = 0,99$;

$K_{V\phi 2,6,7} = 3,62 \cdot 90^{0,004} \cdot 80^{-0,29} = 1,03$.

Розраховуємо величину швидкості різання:

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$V_{P1,3} = \frac{112}{0,4^{0,15} \cdot 0,065^{0,4}} \cdot 0,99 = 374,8 \text{ м/хв.}$$

$$V_{P4,5,8} = \frac{112}{0,2^{0,15} \cdot 0,007^{0,4}} \cdot 0,99 = 401 \text{ м/хв}$$

$$V_{P6} = \frac{112}{0,2^{0,15} \cdot 0,056^{0,4}} \cdot 1,03 = 456 \text{ м/хв.}$$

$$V_{P9} = \frac{112}{0,4^{0,15} \cdot 0,12^{0,4}} \cdot 0,99 = 299,4 \text{ м/хв.}$$

$$V_{P2} = \frac{112}{0,2^{0,15} \cdot 0,07^{0,4}} \cdot 1,03 = 417 \text{ м/хв.}$$

$$V_{P2} = \frac{112}{0,4^{0,15} \cdot 0,065^{0,4}} \cdot 1,03 = 390 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо кількість обертів за хвилину за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_P}{\pi \cdot D} \quad (3.22)$$

де V_P – швидкість різання розрахункова;

D – діаметр оброблюваної поверхні.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 374,8}{3,14 \cdot 580} = 205,8 \text{ об/хв.} \quad n_2 = \frac{1000 \cdot 417}{3,14 \cdot 515} = 258 \text{ об/хв.}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 374,8}{3,14 \cdot 480} = 249 \text{ об/хв.} \quad n_4 = \frac{1000 \cdot 401}{3,14 \cdot 385} = 331,7 \text{ об/хв.}$$

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 401}{3,14 \cdot 360} = 355 \text{ об/хв.} \quad n_6 = \frac{1000 \cdot 456,33}{3,14 \cdot 390} = 372,6 \text{ об/хв.}$$

$$n_7 = \frac{1000 \cdot 390}{3,14 \cdot 480} = 259 \text{ об/хв.} \quad n_8 = \frac{1000 \cdot 401}{3,14 \cdot 515} = 248 \text{ об/хв.}$$

$$n_9 = \frac{1000 \cdot 296,4}{3,14 \cdot 840} = 112 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо розрахункові величини кількості оборотів шпинделя по паспорту верстата:

$n_1 = 200 \text{ об/хв.}; n_2 = 250 \text{ об/хв.}; n_3 = 250 \text{ об/хв.}; n_4 = 335 \text{ об/хв.}; n_5 = 335 \text{ об/хв.}; n_6 = 335 \text{ об/хв.}; n_7 = 250 \text{ об/хв.}; n_8 = 250 \text{ об/хв.}; n_9 = 100 \text{ об/хв.}$

Визначаємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_D = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} \quad (3.23)$$

$$V_{D1} = \frac{3,14 \cdot 580 \cdot 200}{1000} = 364,24 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D2} = \frac{3,14 \cdot 515 \cdot 250}{1000} = 404,28 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D3} = \frac{3,14 \cdot 480 \cdot 250}{1000} = 346,8 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D4} = \frac{3,14 \cdot 385 \cdot 250}{1000} = 405 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D5} = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 335}{1000} = 410 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D6} = \frac{3,14 \cdot 390 \cdot 335}{1000} = 410,5 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D7} = \frac{3,14 \cdot 480 \cdot 250}{1000} = 376,8 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D3} = \frac{3,14 \cdot 515 \cdot 250}{1000} = 404,28 \text{ м/хв.}$$

$$V_{D9} = \frac{3,14 \cdot 840 \cdot 100}{1000} = 263,76 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{XB} = S_0 \times n_B \quad (3.24)$$

де S_0 – подача;

n_B – кількість обертів за хвилину шпинделя.

$$S_{XB,1} = 0,065 \times 200 = 13 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB,2} = 0,07 \times 250 = 17,5 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB,3} = 0,065 \times 250 = 16,25 \text{ мм/хв.};$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$S_{XB.4} = 0,065 \times 335 = 21,775 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB.5} = 0,065 \times 335 = 21,775 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB.6} = 0,056 \times 335 = 18,7 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB.7} = 0,065 \times 250 = 16,25 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB.8} = 0,07 \times 250 = 17,5 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{XB.9} = 0,12 \times 100 = 12 \text{ мм/хв.}$$

Перевіряємо чи достатня потужність верстата для обробки. Робимо розрахунок потужності різання при обробці торця $\varnothing 840$, так як на цьому переході найбільші подача та припуск на обробку, відповідно, на цей перехід потребується найбільша потужність. Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = C_N \times t^{X_N} \times S^{Y_N} \quad (3.25)$$

де C_N – постійна;

$$C_N = 3,758$$

t – глибина різання, мм;

$$t = 0,4 \text{ мм};$$

S – подача, мм/об;

$$S = 0,12 \text{ мм/об};$$

X_N, Y_N – показники ступенів;

$$X_N = 0,534$$

$$Y_N = 0,468$$

Визначаємо потужність потрібну на обробку торця на операції тонке точіння:

Потужність верстата становить:

$$N_B = N_{дв} \times \eta \quad (3.26)$$

де $N_{дв}$ – потужність двигуна верстата, кВт;

η - коефіцієнт корисної дії;

$\eta = 0,85\%$, тоді:

$$N = 3,758 \times 0,4^{0,534} \times 0,1^{0,468} = 0,85 \text{ кВт.}$$

$$N_B = 15$$

$$0,85 < 15.$$

Потужність верстата достатня для обробки деталі. Значення розрахункових режимів різання заносимо до таблиці 3.17.

3.2.8.2 Технічне нормування технологічного процесу виготовлення деталі корпус

Виконуємо нормування операції 050 Токарно-карусельна з ЧПК, тонке розточування, верстат токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700.

Обробка ведеться за два установи. На установі А ведеться обробка отворів $\varnothing 360$ та $\varnothing 515$ мм, та обробка торцевих поверхонь, також обробка циліндричної поверхні $\varnothing 390$. на установі Б ведеться розточування отворів $\varnothing 515$ та $\varnothing 385$, а також точіння торцевих поверхонь. Обробка проводиться на токарно-карусельному верстаті з ЧПК You Ji YV700.

Виконуємо детальне нормування з аналізом допоміжного і $T_{шт.к}$ часу.

Проводимо детальне нормування операції тонке точіння.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Визначаємо основний час по переходам за формулою:

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S_{XB}} \quad (3.27)$$

де T_o – основний час на операцію, хв.;

l_1 – довжина поверхні, яка оброблюється, мм;

l_2 – довжина врізання, мм;

l_3 – довжина перебігу, мм

$$T_{o1} = \frac{3,25 + 2 + 2}{13} = 2,84 \text{ хв.}$$

Аналогічно робимо розрахунки на всі інші переходи операції тонке точіння:

$$T_{o2} = \frac{85 + 2}{17,5} = 5,2 \text{ хв.} \quad T_{o3} = \frac{52}{16,25} = 3,2 \text{ хв.} \quad T_{o4} = \frac{17}{21,775} = 0,78 \text{ хв.}$$

$$T_{o5} = \frac{60}{21,775} = 2,76 \text{ хв.} \quad T_{o6} = \frac{48}{18,7} = 2,57 \text{ хв.} \quad T_{o7} = \frac{47}{16,25} = 2,89 \text{ хв.}$$

$$T_{o8} = \frac{114}{17,5} = 6,51 \text{ хв.} \quad T_{o9} = \frac{167}{12} = 13,9 \text{ хв.}$$

Загальний основний час на операцію дорівнює:

$$\sum T_o = T_{o1} + T_{o2} + \dots + T_{on}$$

$$\sum T_o = 2,84 + 5,2 + 3,2 + 0,78 + 2,76 + 2,57 + 2,89 + 6,51 + 13,9 = 40,62 \text{ хв.}$$

Визначаємо машинно-допоміжний час:

$$T_{м.д.} = 2,1 \text{ хв.}$$

Цикл автоматичної роботи верстата визначаємо за формулою:

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{м.д.} \quad (3.28)$$

$$T_{ц.а.} = 40,62 + 2,1 = 42,72 \text{ хв.}$$

Розрахуємо допоміжний час на операцію:

$$T_{доп.} = T_{yc} + T_{опер.} + T_{вим.} + T_{перем.} \quad (3.29)$$

де $T_{перем.}$ – час на переміщення деталі за допомогою підйомного крану.

$$T_{перем} = 0,39 \text{ хв.};$$

T_{yc} – час на встановлення та знімання деталі;

$T_{опер}$ – допоміжний час пов'язаний з операцією;

$T_{вим}$ – час на вимірювання.

Деталь “Корпус” встановлюється на верстат за допомогою підйомних механізмів, так як її вага перевищує 20 кг (вага деталі 32 кг), пристрій в якому затискається деталь патрон пневматичний, заготовку при встановленні вивіряємо за допомогою індикатора з точністю – 0,05 мм, тому $T_{yc} = 4,5$ хв. Так як обробка заготовки ведеться за два установи, то $T_{yc} = 2 \times 4,5 = 9$ хв.

$$T_{опер} = 0,15 + 0,19 + 0,003 = 0,37 \text{ хв.}$$

Вимірювання обробленої деталі здійснюємо глибиноміром та нутроміром індикаторними, тому час на вимірювання становить:

$$T_{вим} = 0,1 + 0,46 = 0,56 \text{ хв.}$$

Допоміжний час при обробці деталі на операції тонке розточування дорівнює:

$$T_{доп} = 9 + 0,56 + 0,39 + 0,37 = 10,32 \text{ хв.}$$

Розрахуємо операційний час за формулою:

$$T_{оп} = T_{ц.а.} + T_{доп} \quad (3.30)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

де $T_{оп}$ – оперативний час на операцію;

$$T_{оп} = 42,72 + 10,32 = 53,04 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок та інші потреби.

Так як обробка деталі робиться на верстаті з ЧПК токарно-карусельному, тому час на обслуговування робочого місця, відпочинок та інші потреби становить – 9% від оперативного часу на операцію.

$$T_{від.} = 53,04 \cdot 0,09 = 4,77 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює сумі часів на відпочинок та оперативний.

$$T_{шт.} = T_{оп} + T_{від} \quad (3.31)$$

де $T_{шт.}$ – штучний час на операцію.

$$T_{шт.} = 53,04 + 4,77 = 57,81 \text{ хв.}$$

Розраховуємо підготовчо-заклучний час на операцію деталей:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3} \quad (3.32)$$

де $T_{п.з.1}$ – організаційна підготовка, хв.;

$T_{п.з.2}$ – час на наладку верстата, пристроїв, інструмента та програмних пристроїв на партію деталей;

$T_{п.з.3}$ – пробна обробка заготовки.

Дані на підготовчо-заклучний час заносимо до таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 - Підготовчо-заклучний час на операцію 050 Токарно-карусельна з ЧПК

№ з/п	Зміст роботи	Література	Час, хв.
I	Організаційна підготовка		
1	Отримати наряд, креслення, технологічну документацію і т.д.	карта 23. поз. 1	4
2	Ознайомитися з роботою, кресленням, технологічною документацією	карта 23. поз.3	3
3	Інструктаж майстра	поз. 4	2
			$\Sigma T_{п.з.1} = 9$
II	Наладка верстата, пристроїв, інструменту програмних носіїв	карта 23	
4	Встановити та зняти кулачки	поз. 11	$3 \times 2,5$
5	Розточити кулачки	поз. 14	9,7
6	Встановити та зняти інструмент	поз. 19	$4 \times 1,5$
7	Встановити програмоносій	поз. 20	1
8	Перевірити роботу зчитуючого пристрою та перфострічки	поз. 22	3,5
			$\Sigma T_{п.з.2} = 28,7$
III	Пробна обробка Деталь точна (маються поверхні с допусками на діаметр більше 11-го квалітету) Розточування отворів $\phi 360$; $\phi 380$ та $\phi 515$ мм; точіння поверхні $\phi 390$ мм	карта 30 поз. 5 п II	$25,5 \times 0,85 = 21,675$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

					КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Точити поверхню 15	390	25		0,84	122,5	100	1	0,6					
020 Б	Підрізати торець 1	750	85		1,58	94,2	40	1	1,42					
	Підрізати торець 4	580	32,5		1,58	91,1	50	1	0,44					
	Підрізати торець 7	515	15		0,93	114,8	71	1	0,26					
	Підрізати торець 8	480	47,5		0,93	107	71	1	0,76					
	Розточити отвір 6	515	89		0,84	114,8	71	1	1,42					
	Розточити отвір 10	385	15		0,84	109	100	1	0,17					
									Σ 11,64	10,34	21,98	1,98	26,96	24,07
025 А	Токарна із ЧПК чистова You Ji YV700													
	Точити поверхню 15	390	25		0,31	306,1	250	1	0,62					
	Розточити отвір 19	515	110		0,31	404,2	250	1	1,44					
	Розточити отвір 12	360	55		0,31	282,6	250	1	0,75					
	Точити поверхню 20	515	2		0,31	404,2	250	1	0,03					
	Точити поверхню 16	390	10		0,31	306,1	250	1	0,11					
025	Точити поверхню 13	360	5		0,31	282,6	250	1	0,05					
Б	Точити торець 7	515	15		0,44	323	200	1	0,19					
	Розточити отвір 6	515	89		0,31	404,2								
	Розточити отвір 10	385	15		0,31	302	250	1	0,19					
250	Точити фаску 3	515	2		0,31	404,5	250	1	0,03					
	Точити фаски 9,11	385	2		0,31	302	250	1	0,03					
									Σ 4,6	9,94	14,54	1,28	15,82	16,11
030	Контрольна													
035	Фрезерно- свердлильна Victor Vcenter-H500													
	Фрезерувати пов.32	100	85	6	6,24	49,5	157,6	1	9,65					
	Фрезерувати паз 31	50	165	10	0,34	21,98	140	1	4,61					
	Фрезерувати паз 34	50	85	10	0,34	21,98	140	1	4,87					
	Свердлити отв. 28	18,5	30	9,25	0,23	20,62	355	1	0,34					
	Зенкувати отв. 28	21	1,25	1,25	0,09	16,49	250	1	0,3					
	Цекувати отв. 29	50	1,5	15,5	0,12	8,04	80	1	0,15					
	Нарізати різьбу в отв. 28	4,2	12		0,04	16,5	160	1	0,169					
	Свердлити 6 отв. 30	5	1	2,5	0,05	18,9	1000	6	1,14					
	Зенкувати 6 отв. 30	5	0,8	0,8	0,8	3,9	250	6	1,14					
	Нарізати різьбу в 6 отв. 30	6	3		0,1	23,6	160	6	2,1					
	Свердлити 2 отв. 33	6	25	3	0,05	18,9	1000	2	0,6					
									Σ 25,06	3,94	29	1,74	30,74	30,84
040	Контрольна													
045 А	Свердлильна з ЧПК Victor Vcenter-H500													
	Свердлити 8 отворів 24	26	40	13	0,39	20,4	250	8	4,16					
	Цекувати 8 отворів 25	50	3	13	0,13	7,85	50	8	3,68					
	Свердлити 4 отвори 5	26,4	70	13,2	0,4	19,4	250	4	3,48					
	Розсвердлювати 4 отв. 5	39	11	6,3	1,12	12,5	100	4	0,72					
	Нарізати різьбу 4 отворах 5	30	54	1,75	3,5	9,2	100	4	0,8					
	Свердлити 12 отворів 26	14	36	7	0,28	21,9	500	12	4,32					

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-06.03.ТПВВ</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Зенкувати 12 отворів 26	16	2	1	0,06	12,56	250	12	5,28					
	Нарізати різьбу 12 отворів 26	16	30	1		7,65	160	12	1,5					
	Свердлити 3 отв. 27	8	10	4	0,11	25,12	1000	3	0,54					
Б	Свердлити 12 отв. 22	14	36	7	0,28	21,9	500	12	4,32					
	Зенкувати 12 отв. 22	16	2	1	0,06	12,56	250	12	5,28					
	Нарізати різьбу 12 отворів 22	16	30	1		7,65	160	12	0,25 Σ 57,59	7,49	65,08	3,9	68,98	69,09
050 А	Токарно-карусельна з ЧПК You Ji YV700 Тонке розточування													
	Точити поверхню 14	480	45	0,4	0,06	376,8	250	1	2,89					
	Точити поверхню 21	840	162,5	0,4	0,12	236,7	100	1	14,44					
	Розточити отвір 19	515	110	0,2	0,07	404,3	250	1	6,51					
	Розточити отвір 12	360	55	0,2	0,078	378,7	335	1	2,76					
	Точити поверхню 15	390	25	0,2	0,056	410	335	1	2,57					
Б	Точити поверхню 4	580	32,5	0,4	0,06	364,24	200	1	2,84					
	Точити поверхню 8	480	47,5	0,4	0,06	376,8	250	1	3,2					
	Точити поверхню 8	480	47,5	0,4	0,06	376,8	250	1	4,2					
	Розточити отвір 6	515	89	0,2	0,07	404,3	250	1	5,2					
	Розточити отвір 10	385	15	0,2	0,07	405	335	1	1,31 Σ 42,72	10,32	53,04	4,77	57,81	57,59

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Верстатно-інструментальне налагодження виконуємо на багатоцільову операцію, що виконується на вертикально-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПК Victor Vcenter-A130 (рис. 4.1).

Основні технічні характеристики верстата наведено у таблиці 4.1.

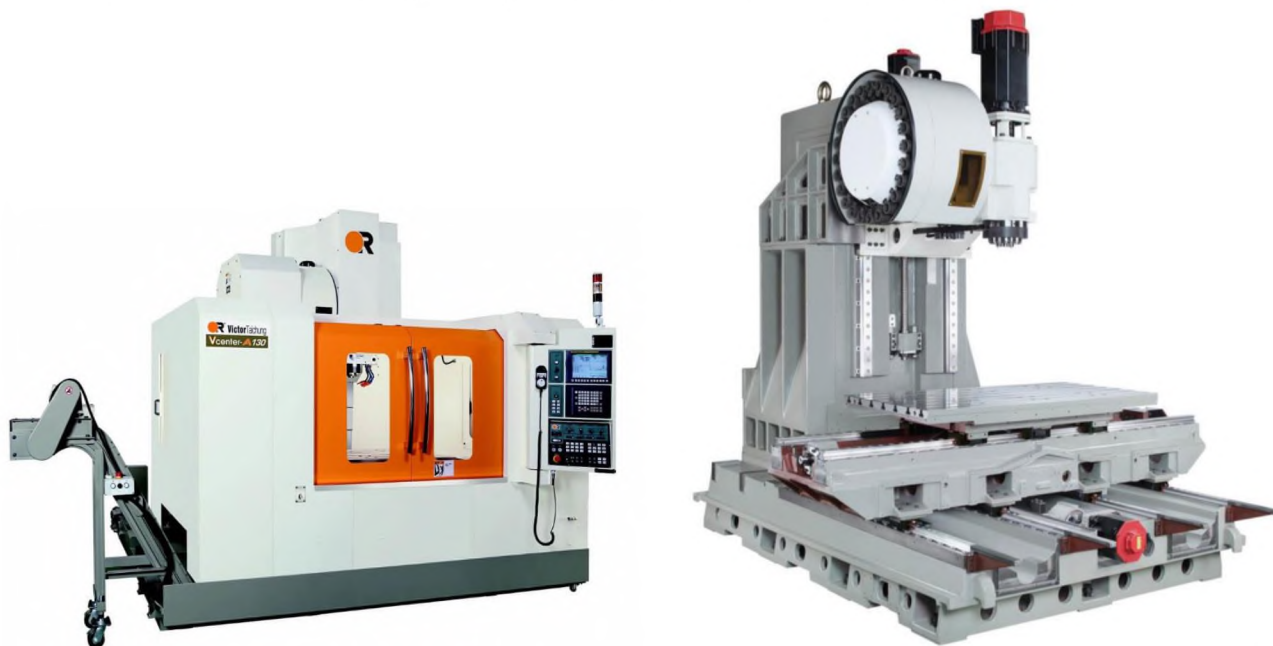


Рисунок 4.1 – Вертикально-фрезерний оброблювальний центр із ЧПК Victor Vcenter-A130

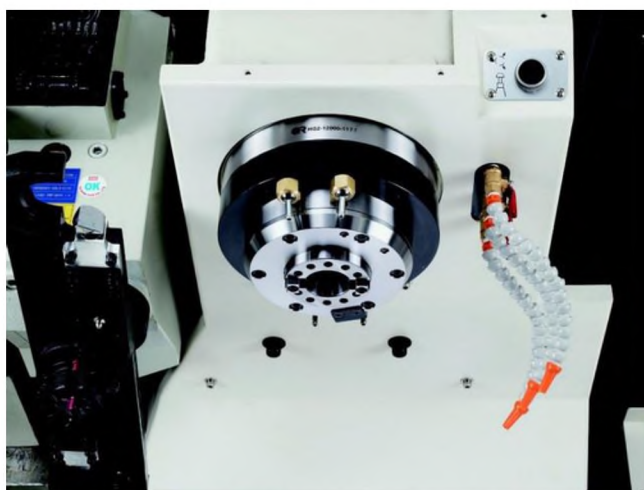


Рисунок 4.2 – Робоча зона верстату

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-06.04.МПОМО</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>		
Розроб.	Кцзьменко						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики горизонтально-фрезерного оброблювального центру з ЧПК Victor Vcenter-A130

№ з/п	Технічні характеристики	Значення
1	Система керування	Fanuc 21i-MB
2	Переміщення по осі X, мм	720
3	Переміщення по осі Y, мм	650
4	Переміщення по осі Z, мм	720
5	Частота обертання шпинделя, об/хв	6000
6	Конус шпинделя	BT-50
7	Інструментальний штрівель, кут	60°
8	Кількість інструментів, шт	40
9	Максимальний діаметр інструменту, мм	120
10	Максимальна довжина інструменту, мм	400
11	Потужність шпиндельного двигун, кВт	11
12	Потужність гідравлічного двигуна, кВт	3,75
13	Потужність двигуна подачі в осях X/Y/Z, кВт	4 / 7 / 4
14	Розміри робочого столу, мм	500×500
15	Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	4393 x 5393 x 2937
16	Вага, кг	12500

На цій операції оброблюються 12 отворів M16-7H. Спочатку виконуємо свердління отворів $\varnothing 14$ мм, на другому переході зенкуємо фаски у отворах, потім нарізаємо різьблення M16-7H.

Також розрахована траєкторія переміщення інструменту.

Складено розрахункову карту переміщення інструменту відносно деталі корпус.

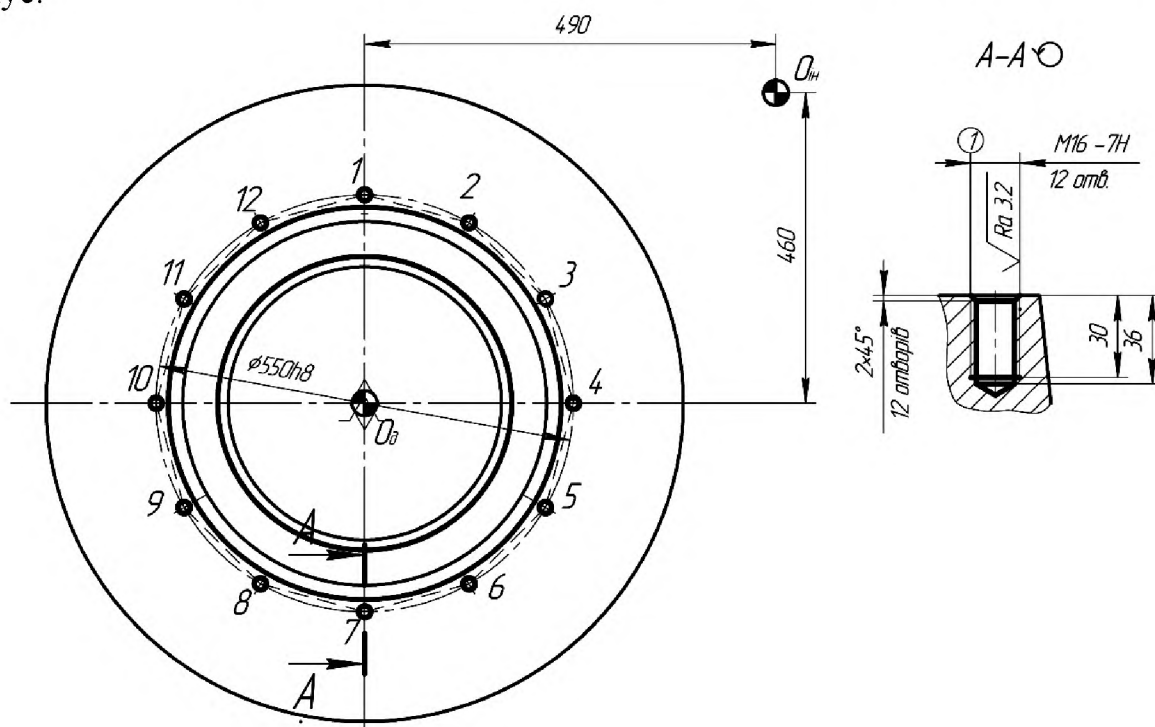


Рисунок 4.3 – Розрахункова карта переміщення інструментів по осям X, Y

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-06.04.МПОМО	Арк.
------	------	----------	--------	------	------------------------------	------

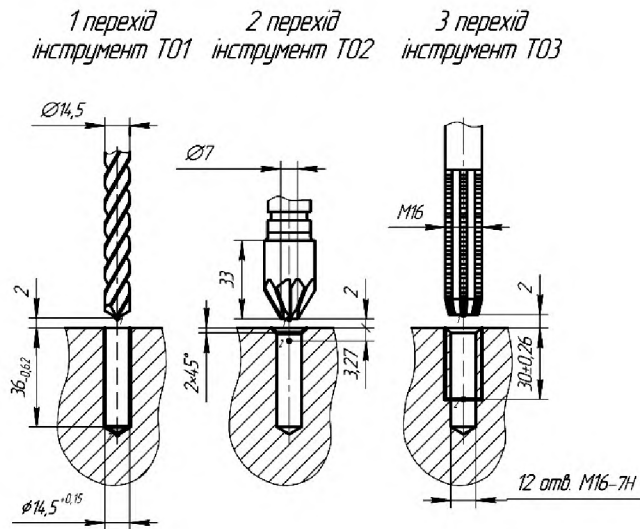


Рисунок 4.4 – Розрахункова карта переміщення інструментів по вісі Z

По розрахунковій карті розраховуємо координати отворів. Що оброблюються. Розраховані координати точок представлено у вигляді табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Координати отворів, які оброблюються на Багатоцільовій операції

№ точки	Координати точок по вісі		
	X	Y	Z
T01 Свердло SECO SD1105A-0600-071-18R1			
1	0	-75	36
2	-37,5	-64,95	36
3	-64,95	-37,5	36
4	-75	0	36
5	-64,95	37,5	36
6	-37,5	64,95	36
7	0	75	36
8	37,5	64,95	36
9	64,95	37,5	36
10	75	0	36
11	64,95	-37,5	36
12	37,5	-64,95	36
T02 Зенківка 2301-1719 ДСТУ ГОСТ 14576:2015			
1	0	-75	2
2	-37,5	-64,95	2
3	-64,95	-37,5	2
4	-75	0	2
5	-64,95	37,5	2
6	-37,5	64,95	2
7	0	75	2
8	37,5	64,95	2

9	64,95	37,5	2
10	75	0	2
11	64,95	-37,5	2
12	37,5	-64,95	2
T03 Мітчик RUKO DIN 371 HSS M618			
1	0	-75	30
2	-37,5	-64,95	30
3	-64,95	-37,5	30
4	-75	0	30
5	-64,95	37,5	30
6	-37,5	64,95	30
7	0	75	30
8	37,5	64,95	30
9	64,95	37,5	30
10	75	0	30
11	64,95	-37,5	30
12	37,5	-64,95	30

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

На горизонтально-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПК Victor Vcenter-A130 встановлена система керування Fanuc 21i-MB. Керуючий код для виконання комплексної операції, що включає фрезерування, розточування та свердління, створюється у програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Під час опрацювання вихідних даних і формування траєкторій руху інструмента було згенеровано та протестовано відповідну керуючу програму. Послідовність етапів її розроблення у FeatureCAM подано на рисунках 4.5-4.10.

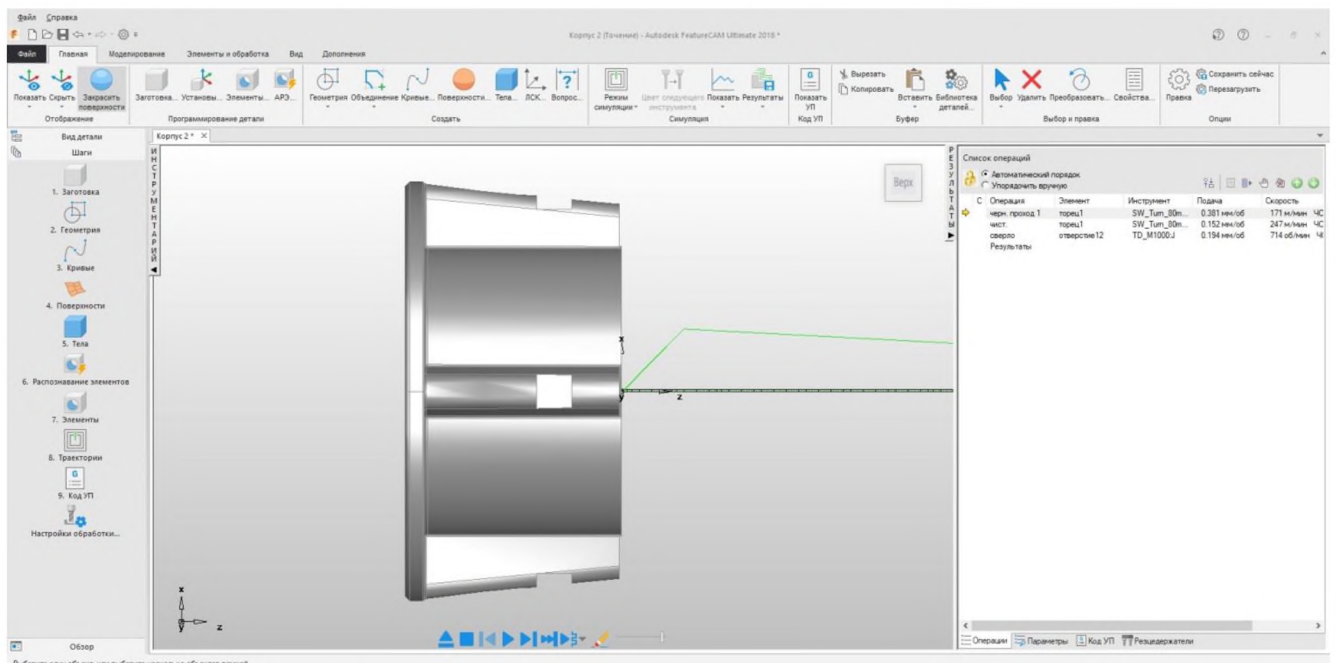


Рисунок 4.5 – 3D модель деталі «Корпус» у вікні FeatureCAM

					КНУ.КМР.131.25.1-06.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КНУ.КМР.131.25.1-06.04.МПОМО	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

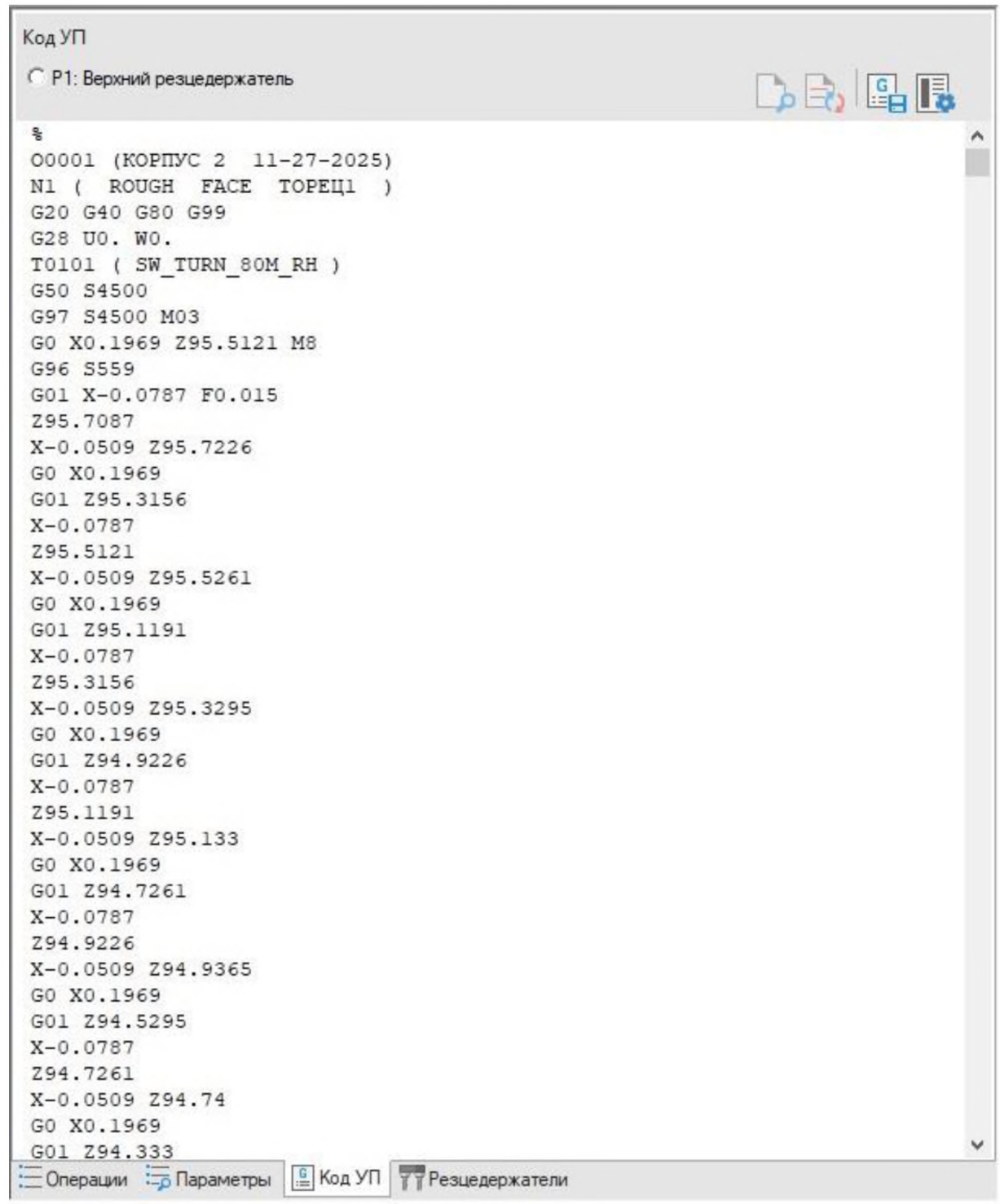


Рисунок 4.10 – Згенерована керуюча програма по обробці деталі «Корпус»

					КНУ.КМР.131.25.1-06.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

5.1.1 Розробка технічного завдання на проектування

Для операції 045 Свердлильна проектуємо спеціальне верстатне пристосування, так як при обробці отворів вони повинні знаходитися симетрично фрезерованих площин та пазів котрі оброблювалися на попередній операції.

Контрольне пристосування проектуємо для контролю радіального биття торцевих поверхонь та отворів після операції. Токарне тонке точіння.

На свердлильній операції установчими базами деталі є торцева поверхня $\varnothing 360$ мм, розробляємо схему базування заготовки в пристрої, яку представимо на рисунку 5.1.

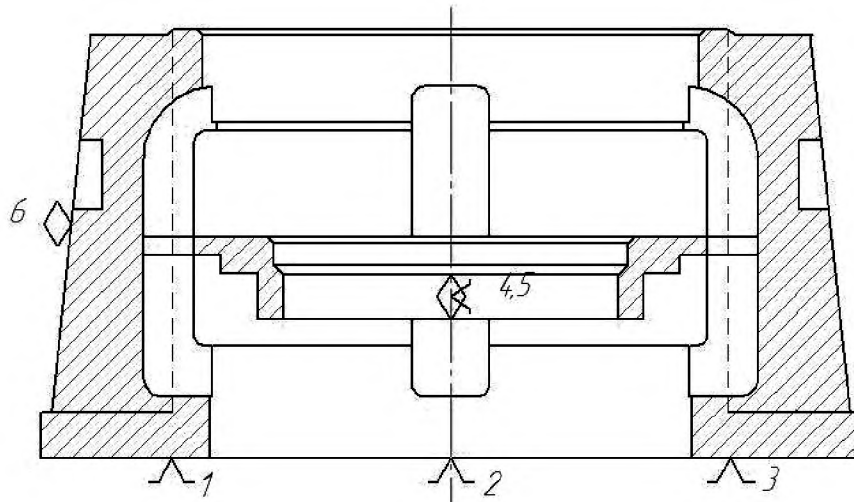


Рисунок 5.1 – Схема базування заготовки в пристосуванні

В пристрої заготовка опирається торцевою базою на чотири установчі сегментні пластини розташовані по колу, подвійною опорною базою (конус $\varnothing 360$ мм) на підпружинений конус.

Розраховуємо похибку базування. Так як базування ведемо в самоцентруючому пристрої, то похибка базування дорівнюватиме $E = 0,03$ мм – зазор між підпружиненим конусом та валом.

5.1.2 Розрахунок пристосування на точність

При обробці деталі сумарна похибка перевищувати значення допуску T .

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T \quad (5.1)$$

Для розрахунку точності пристосування використовуємо формулу [20]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{m1}^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (5.2)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва		
Розроб.	Кизьменко						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

де T – допуск розміру, який оброблюється;

$\xi_6, \xi_3, \xi_y, \xi_{\text{м}}$ – відповідно похибки: базування, закріплення, установки пристрою на верстаті, положення деталі із-за зносу установчих елементів пристосувань;

$k_T=1...1,2$ – коефіцієнт враховуючий відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу;

$k_{TI}=0,8...0,85$ – коефіцієнт враховуючий зменшення граничного похибки базування при роботі на налаштованих верстатах;

$k_{TI}=0,6...0,8$ – коефіцієнт враховуючий долю похибки, обробки в сумарній похибці.

$$\xi_6=0,03, \xi_3=0$$

$$\xi_y=l \cdot S/l_{\text{ушл}}=780 \cdot 0,074/1000=0,058 \text{ мм}$$

S – зазор між установчими шпонками та пазами на столі верстата ($S=0.074$ мм).

$$\varepsilon_{np} = T - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,03)^2 + 0,058^2} = 1,6 - 0,076 = 1,52 \text{ мм}$$

5.1.3 Розрахунок зусиль затиску

Розробляємо схему закріплення заготовки рисунок 5.2.

Розраховуємо зусилля затиску по формулі [20]:

$$Wr_2f_1 + Wr_1f_2 + Pr_1f_2 = kMkr \Rightarrow W = \frac{(kMkr - f_2Pr_1)}{(f_1r_2 + f_2r_1)} \quad (5.3)$$

де k – коефіцієнт запасу $k=2,5$;

M_{kr} – крутний момент; Н·м;

P – сила різання; Н;

f_1, f_2 – коефіцієнти тертя $f_1=0,25$; $f_2=0,15$;

$r_1=r_2=300$ мм.

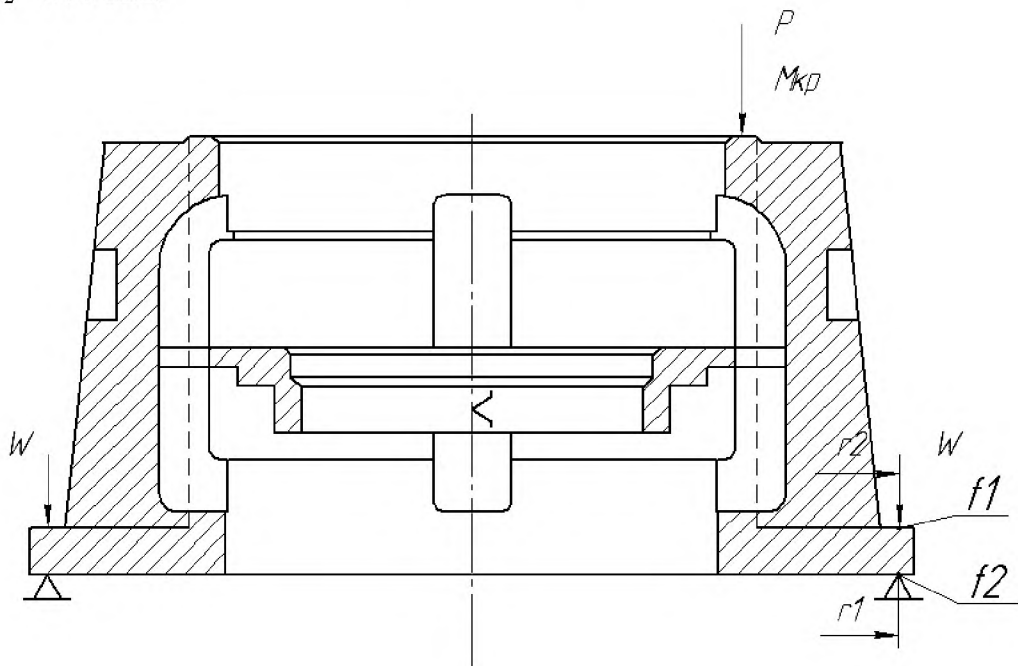


Рисунок 5.2 – Схема закріплення заготовки

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Момент, що крутить розраховуємо за формулою [20]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^{qm} \cdot t^{xm} \cdot S^{ym} \cdot K_p; H \quad (5.4)$$

де D – діаметр оброблює мого отвору: $D=39$ мм;

t – глибина різання

S – подача; $S=1,12$ мм/об

$C_m=0,0085$; $q_m=1$; $x_m=0,75$; $y_m=0,8$; $K_p=1$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0085 \cdot 39^{1,6,3^{0,75}} \cdot 1,12^{0,8} = 144,5 H.$$

Розраховуємо силу різання:

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp}, \quad (5.5)$$

де $C_p=23,5$; $x_p=1,2$; $y_p=0,4$. [12]

$$P = 10 \cdot 23,5 \cdot 6,3^{1,2} \cdot 1,12^{0,4} = 235 \cdot 9,1 \cdot 1,05 = 2245,425 H$$

Тоді зусилля затиску буде дорівнювати:

$$W = \frac{(2,5 \cdot 144,5 - 0,15 \cdot 2245,425 \cdot 0,6)}{(0,25 \cdot 0,3 + 0,15 \cdot 0,3)} = 2168,4 H$$

Розраховуємо зусилля котре необхідно прикласти до прихвату:

$$Q = \frac{2W}{\eta} \quad (5.6)$$

де η – коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,95$.

$$Q = \frac{2 \cdot 2168,4}{0,95} = 4565,1 H$$

Розраховуємо зусилля котре необхідно прикласти до важеля:

$$Q_1 = \frac{Q}{\eta} \quad (5.7)$$

$$Q = \frac{4565,1}{0,95} = 4805,3 H$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою [20]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q_1}{P \eta}}; \quad (7.8)$$

де P – тиск повітря в системі; $P=0,5$ МПа;

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{4805,3}{0,5 \cdot 0,95}} = 114 \text{ мм}$$

Обираємо стандартний пневматичний циліндр:

Діаметр циліндра – $D=125$ мм;

Діаметр штока – $d=30$ мм;

Діаметр різьби на штоці – М20;

Товщина стінок – $t=10$ мм.

Розраховуємо на міцність декотрі деталі приладу.

Виконуємо перевірку штока на розривання в опарному перетині по внутрішньому діаметру різьби на його кінці. Діаметр різьби на штоці М20.

$$\sigma_p = \frac{Q_{max}}{F_{min}} \leq [\sigma_p] \quad (5.9)$$

де Q_{max} – максимальне зусилля, розвинуте пневмоциліндром,

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$F_{\min}$ – площа небезпечного перетину:

$$F = \frac{\pi d^2 b}{4}; \quad (5.10)$$

де $d_b = 17,5$

$$F = \frac{3,14 \cdot 17,5^2}{4} = 240,4 \text{ мм}^2$$

Визначаємо максимально можливе зусилля на штоку превмоциліндра.

$$Q_{\max} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \eta$$

$$Q_{\max} = \frac{3,14}{4} (125^2 - 30^2) \cdot 4 \cdot 0,8 = 39301,03 \text{ Н}$$

$$[\sigma] = 200 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = \frac{3901,03}{240,4} = 163,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p < [\sigma]$$

$$163,5 < 200$$

5.2 Проектування контрольного пристрою

5.2.1 Вибір засобів та методу контролю

В якості засобу вимірювання обираємо універсальний вимірювальний пристрій, що забезпечує вимірювання величини в межах визначеного інтервалу значень.

В якості методу вимірювання приймаємо контактний метод.

Програма випуску деталей – 5000 шт. Хвостовик виготовляється штампуванням. Деталь має точність по внутрішньому обробленому отвору Ø40H7, по зовнішній обробленій поверхні Ø124,8f12 та торці 125h12. Шорсткість після кінцевої обробки Ra 3,2 мкм. При цьому биття поверхонь 1 та 3 відносно поверхні 2 не повинно перевищувати 0,08 мм.

5.2.2 Вибір та проектування контрольного пристрою

В конструкцію контрольного пристрою входять установочні, затискні, передаючі, мірильні та допоміжні елементи. Установка деталі виконується по внутрішній циліндричній поверхні деталі Ø40H7.

При цьому суміщаються установочні та мірильні бази.

Установка по внутрішній циліндричній поверхні проводиться на конічні оправки. Базування виконується за допомогою вибору зазору між отвором деталі, яка контролюється та установочною поверхнею конічної оправки.

5.2.3 Вибір контрольного елемента. Розробка схеми вимірювання

В якості мірильного пристрою обираємо індикатор Магн 810 А, який дозволяє знайти дійсне числове значення величини, яка контролюється. Індикатор має ціну ділення – 0,01 мм. Межу вимірювання – 0...5 мм, допустиму похибку 2 мкм.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

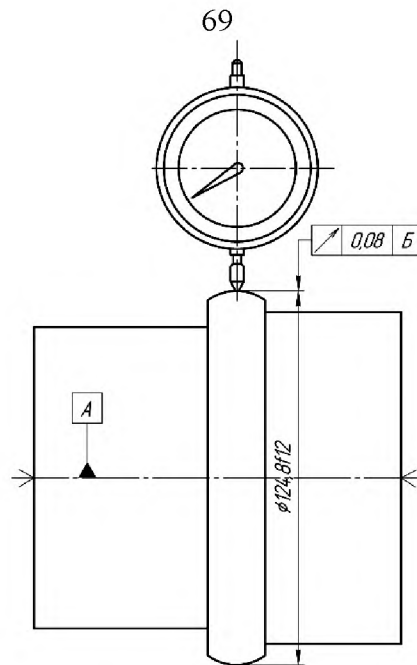


Рисунок 5.3 – Схема вимірювання

5.2.4 Загальна компоновка вимірювального пристрою

Пристрій складається з двох конічних оправок. Одна конічна оправка розміщена в нерухомому центрі. Інша рухома, переміщується за допомогою важіля. За допомогою рухомого центру деталь затискується. На плиті розташована стойк на якій встановлено індикаторна головка. Вона контролюють радіальне биття зовнішньої поверхні $\phi 124,8f12$, відносно внутрішньої циліндричної поверхні $\phi 40H7$. Обертається деталь навколо осі вручну і знімаються показання з індикаторної головки. На рис. 5.4 зображена компоновка контрольного пристосування.

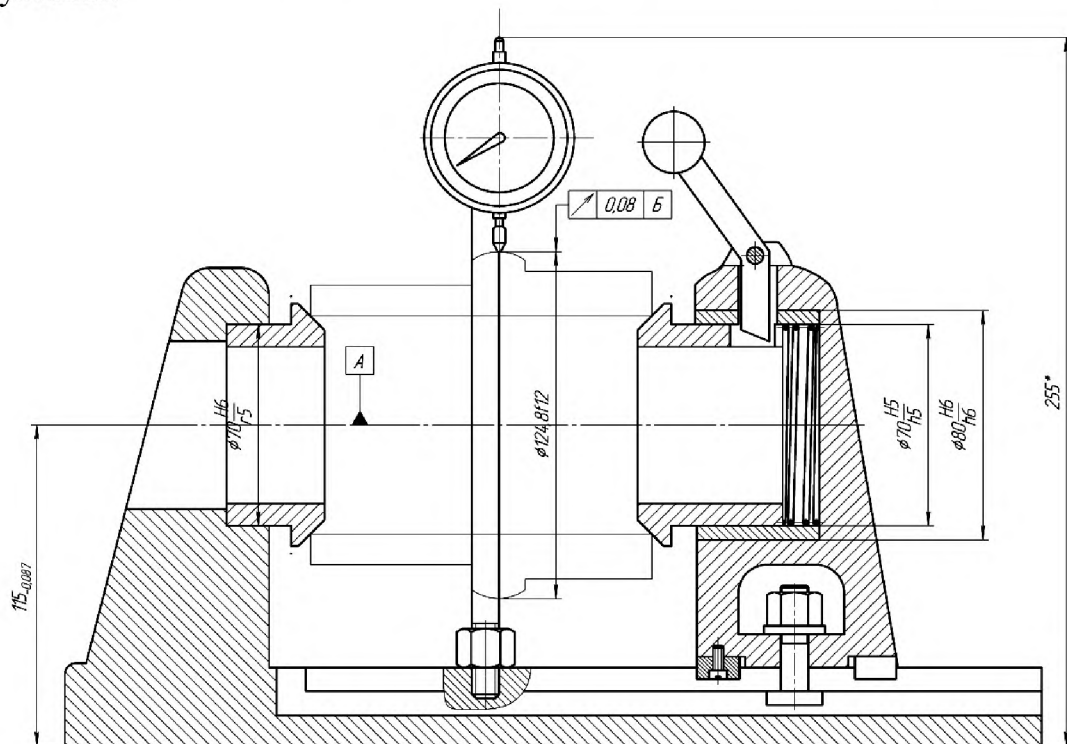


Рисунок 5.4 – Компоновка контрольного пристосування

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

5.2.5 Розрахунок точності контрольного пристрою

Знаходимо допустиму похибку вимірювання.

Допустима сумарна похибка вимірювання може досягати 25...30% допуску на розмір.

$$[\Delta] = (0,25 \dots 0,30) \cdot T$$

де T - допуск на розмір, 0,049 мм;

$$[\Delta] = 0,30 \cdot 0,08 = 0,024 \text{ мм}$$

Приймаємо $[\Delta] = 0,025$ мм.

Ціна ділення індикаторної головки $c = 0,001$ мм, а похибка вимірювання $\Delta_i = 0,002$ мм.

Знаходимо точність пристрою.

Виходячи із конструкції пристрою знаходимо сумарну похибку вимірювання:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{ye} + \sqrt{\Delta_{en}^2 + \Delta_i^2} \quad (5.11)$$

де Δ_{ye} - похибка установочних елементів;

Δ_{en} - випадкові похибки при вимірюванні;

Δ_i - похибка вимірювання.

$$\Delta_{en} = 0,05 \cdot T = 0,05 \cdot 0,08 = 0,004 \text{ мм}$$

$$\Delta_i = 0,002 \text{ мм}$$

Точність пристрою повинна забезпечити допустиму похибку вимірювання, тобто:

$$\Delta_{ye} = 0,025 - \sqrt{0,004^2 + 0,002^2} = 0,0046 \text{ мм}$$

Похибка вимірювання задовольняє вимоги точності вимірювання деталі.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування технологічної лінії

6.1.1 Вихідні данні для проектування

Проектуємо технологічну лінію по виготовленню деталей корпус та хвостовик, а також збирання мотор редуктора. Вихідні дані заносимо до таблиць 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні для проектування

Найменування деталі та матеріал	Річна програма випуску, шт.	$T_{шт.к, хв}$	Вага та габарити деталі	Найменування виробу
Корпус СЧ18 ДСТУ 8833:2019	5000	233,8	32 кг Ø435 × 840мм	Мотор-редуктор
Хвостовик Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	5000	46,86	4 кг 125 × 124,8мм	

Таблиця 6.2 – Відомості про основне технологічне обладнання

Модель верстата	Габаритні розміри верстата $L \times B \times H$ мм	Вага верстата, кг	Енергоємність верстата кВт
You Ji YV700	3800x2450x4050	15000	30
Victor Vcenter-H500	3 виносним обладнанням 8900×5200×3965	20000	41,72
2554Ф2	5800×4800×3800	11000	19
1В340Ф30	2840×1770×1670	3600	6,2
16K20	2505×1190×1500	2835	11
7Б55	6340×2090×1910	5200	18,5
2Н125	915×785×2350	880	2,2
53А20	3150×1815×2300	6800	8,5
3К227В	2815×1900×1750	4300	4
3М151Ф2	4605×2450×2170	5600	10

6.1.2 Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі

$$T_p = (T_{шт.н} N) / 60 \quad (6.1)$$

де T_p - трудомісткість виготовлення деталі, (н/год),

$T_{шт.н}$ - штучно-калькуляцій час операції, (хв.),

N – програма випуску, (шт.)

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ				
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кизьменко			Організаційно- економічна підготовка виробництва		Літ.	Арк.	Аркциб
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

Розрахунки ведуть на основну та допоміжну деталі:

$$T_{p.чорн} = \frac{35,53 \cdot 5000}{60} = 2960,8 \text{ н / год}$$

На інші операції проводимо аналогічні розрахунки дані заносимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталей корпус та хвостовик

Модель верстата	Операція	T _{шт.к., хв}	T _{p, год}
Корпус			
YV700	Токарне чорнове розточування	35,53	2960,8
YV700	Токарна напівчистова	24,07	2005,8
YV700	Токарна чистова	16,3	1358,3
YV700	Токарне тонке точіння	57,95	4829,17
Vcenter-H500	Фрезерно-свердлильна	30,86	2571,7
Vcenter-H500	Свердлильна	69,09	5757
Хвостовик			
1B340Ф30	Токарна чорнова 1, Токарна чистова	7,5	625
16к20	Токарна чорнова 2	2,85	237,5
7Б55	Протяжна	0,48	40
2Н125	Свердлильна	1,3	108,5
53А20	Зубофрезерна	9,09	503,3
3К277В	Внутрішньо шліфувальна	27,9	2325
3М151Ф ₂	Круглошліфувальна	2,02	168,33
5851	Зубошліфувальна	6,07	505,83

6.1.3 Визначення складу і кількості технологічного устаткування

6.1.3.1 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання

Розрахунок кількості основного технологічного обладнання виконується за формулою:

$$S_p = \frac{T_p}{F_g \cdot m \cdot \eta_c} \quad (6.2)$$

F_g – річний дійсний фонд роботи обладнання, год.

$F_g = 2030$ год. – при роботі у одну зміну.

η_z – нормований коефіцієнт навантаження, $\eta_z = 0,8$.

$$S_{p.чорн} = \frac{2960}{2030 \cdot 0,8} = 1,84.$$

Приймаємо більше найближче ціле число верстатів

$$Sn = 2.$$

На інші операції розрахунок ведемо аналогічно, данні заносимо до табл. 6.4.

Визначення коефіцієнту завантаження верстатів

$$\eta_{чорн} = \frac{1,84}{2} \cdot 100\% = 92\%.$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно проводимо розрахунки на всі інші операції дані заносимо до таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Кількість та коефіцієнт завантаження обладнання

Модель верстата	T _p , год	S _p	S _п	η, %	Примітки
YV700	2960,8	1,81	2	90,5	
YV700	2005,8	1,23	2	62,5	
YV700	1358,3	0,83	1	83	
YV700	4829,17	2,96	3	99	
Vcenter-H500	2571,7	1,58	2	79	
Vcenter-H500	5757	3,53	4	88,3	
1B340Φ30	625	0,38	1	38	
16K20	237,5	0,15	1	15	
7B55	40	0,025	1	2,5	
2H125	108,5	0,07	1	7	
53A20	503,3	0,31	1	31	
3K227B	2325	1,42	2	71	
3M151Φ2	168,33	0,103	1	10,3	
5851	505,83	0,31	1	31	
Всього:			Σ =23		

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження за формулою:

$$\eta_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i}{n} \quad (6.3)$$

По виробленню основної деталі коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\eta_{cp} = \frac{90.5 + 61.5 + 83 + 99 + 79 + 88.3}{6} = 83,55\%.$$

Будуємо графік завантаження основного технологічного обладнання.

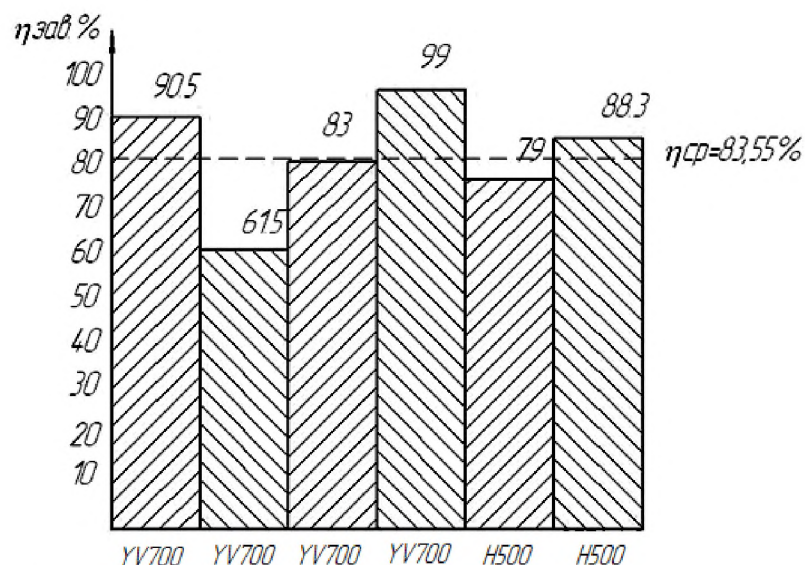


Рисунок 6.1 – Графік завантаження основного технологічного обладнання

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.4 Визначення трудомісткості складання

Так як виробництво серійне, то відношення трудомісткості складання до трудомісткості механічної обробки складає 60%.

$$T_{ск} = \frac{60 \cdot T_{р.мех}}{100}, \quad (9.4)$$

$$T_{ск} = 0,6 \cdot 19482,77 = 11689,662 \text{ год.}$$

із них і слюсарно – причинні роботи складають 20%; вузлове складання 10%; загальне складання 70%.

$$T_{рал.п} = 0,2 \cdot 11689,662 = 2337,93 \text{ год.};$$

$$T_{рв.с.} = 0,1 \cdot 11689,662 = 1168,97 \text{ год.};$$

$$T_{рз.с.} = 0,7 \cdot 11689,662 = 8182,76 \text{ год.}$$

6.1.5 Визначення кількості робочих місць і обладнання по трудомісткості складання

По трудомісткості складання усіх вузлів або виробів, які складають річну програму, знаходимо кількість робочих місць за формулою:

$$M_{ск} = \frac{T_{ск}}{F_g \cdot P_{ср} \cdot K_{з.ср}}, \quad (6.5)$$

де, $T_{ск}$ – трудомісткість складання, год;

F_g – дійсний річний фонд робочого місця, год;

$M_{ск}$ – розрахункова кількість робочих місць;

$P_{ср}$ – середня щільність роботи, під якою розуміють час по робочих, які приходять на одне робоче місце за одну зміну. $P_{ср} = 1$

$K_{з.ср}$ – середній коефіцієнт завантаження одно робочого місця, $K_{з.ср} = 0,9$.

$$M_{ск} = \frac{11689,662}{2040 \cdot 1 \cdot 0,9} = 6,37.$$

Приймаємо $M_{ск} = 7$

6.1.6 Визначення складу і числа працюючих у цеху

6.1.6.1 Розрахунок кількості основних працівників

Розрахунок кількості верстатників даної професії виконується за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_g \cdot K_m}, \quad (6.6)$$

де, T_p – річна трудомісткість робіт для даного типу устаткування;

F_g – дійсний річний фонд часу робітника, год; $F_g = 1820$ год;

K_m – коефіцієнт багатостатності

$$R_o = \frac{4829,17}{1820 \cdot 2,5} = 2,55 \text{ чол.}$$

Приймаємо $R_o = 3$ чол. На всі інші операції веде аналогічний розрахунок, результати заносимо до таблиці 6.5.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.5 – Необхідна кількість верстатників

Верстат	Т _{р.год}	К _м	Кількість працюючих			
			Розрахунків	Прийнята	Професія	Розряд
YV700	2960,8	1	1,62	2	Оператор	3
YV700	2005,8	1	1,1	2	Оператор	3
YV700	1358,3	1	0,74	2	Оператор	3
YV700	4829,17	1	2,65	3	Оператор	3
Vcenter-H500	2571,7	1	1,41	2	Оператор	3
Vcenter-H500	5757	1	3,16	4	Оператор	3
1B340Ф30	625	1	0,34	1	Оператор	3
16K20	237,5	1	0,13	1	Токар	4
7Б55	40	1	0,02	1	Протягувальник	3
2Н125	108,5	1	0,05	1	Свердлувальник	3
53А20	503,5	1	0,28	1	Зубонарізник	4
3К227В	2325	1	1,27	2	Шліфувальник	5
3М151Ф2	168,33	1	0,09	1	Шліфувальник	5
5851	505,83	1	0,28	1	Шліфувальник	4
				Σ = 23		

6.1.6.2 Визначення кількості слюсарів-складальників

До виробничих робочих складальної ділянки відносяться слюсарі-складальники, зварювальники, маляра, мийники, випробувачі і т.і. Кількість робочих складального відділення визначаємо по трудомісткості виконуваних складальних робіт.

$$R_{\text{скл}} = \frac{T_{\text{сн}}}{F_r}, \quad (6.7)$$

де F_r - дійсний річний фонд роботи робочого, год;

$$R_{\text{скл}} = \frac{11689,662}{1820} = 6,42 \text{чол.}$$

Приймаємо $R_{\text{скл}} = 7$ чол.

6.1.6.3 Розрахунок чисельності допоміжних працівників

Чисельність допоміжних працівників складає 40% від кількості верстатників.

$$R_{\text{доп}} = \frac{40 \cdot 23}{100} = 9,2 \text{чол.} \quad (6.8)$$

Приймаємо $R_{\text{доп}} = 10$ чол.

Розрахунки заносимо до таблиці 6.6.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.6 – Зведена відомість загальної кількості працюючих у цеху

Категорія службовців		Всього	У % відношенні від кількості основних працюючих	По змінам
				I
Виробничі працівники				
Верстатники		23		23
Слюсарі складальники		7		7
Допоміжні працівники	Контролер ВТК	1	33,3	4,3
	Наладчик	6		26,1
	Коморщик	1		40,3
	Крановик	1		4,3
	Стропільник	1		4,3
ІТП		5	16,6	21,7
Всього		45		45

6.1.5 Компонування і планування виробничих площ цеху.

6.1.5.1 Визначення основної виробничої площі

Площа, займана верстатами, укрупнено визначається виходячи з кількості устаткування і його габаритів у плані:

$$S_{осн} = n_1 \cdot S_1 + n_2 \cdot S_2 + \dots + n_n \cdot S_n \quad (6.12)$$

$$S_{осн} = 8 \cdot 45 + 2 \cdot 45 + 4 \cdot 45 + 1 \cdot 25 + 1 \cdot 25 + 1 \cdot 25 + 1 \cdot 15 + 1 \cdot 25 + 2 \cdot 25 + 1 \cdot 25 + 1 \cdot 25 = 820$$

6.1.5.2 Визначення допоміжних площин

Розраховуємо допоміжну площину за формулою:

$$S_{доп} = S_{магіс.} + S_{загот} + S_{гот.прод} + S_{ВТК} + S_{інстр.ком} + S_{прист.} + S_{зат.від} + S_{майст.} + S_{мех.} + S_{енерг.} + S_{сож} + S_{мост.} (м^2) \quad (6.13)$$

де $S_{магіс.}$ – площа магістральних проїздів, яка становить 15% від $S_{осн.}$

$$S_{магістр} = \frac{820 \cdot 15}{100} = 123 (м^2).$$

$S_{загот.}$ – площа комори для заготовок, котра становить 15% від $S_{осн.}$

$$S_{заг} = \frac{820 \cdot 15}{100} = 123 (м^2).$$

$S_{гот.прод}$ – склад готової продукції, становить 10% від $S_{осн.}$;

$$S_{заг} = \frac{820 \cdot 10}{100} = 82 (м^2).$$

$S_{ВТК}$ – площа контрольного відділення, вона займає 5% від $S_{осн.}$;

$$S_{ВТК} = \frac{820 \cdot 5}{100} = 41 (м^2).$$

$S_{інстр.ком}$ – площа інструментальної комори, яка становить 0,6 м² на кожного верстатника та складальника

$$S_{інстр.ком} = 0,6 \cdot 23 + 0,6 \cdot 7 = 13,8 + 4,2 = 18 (м^2).$$

$S_{прист.}$ – площа займаємо пристроями.

$$S_{прист.} = 0,6 \cdot 23 = 13,8 (м^2).$$

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$S_{зат.від}$ – площа заточного відділення, яка становить 4% від $S_{осн.}$;

$$S_{зат.від} = \frac{4 \cdot 820}{100} = 32,8 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$S_{маист}$ - площа яку займають інженерно-технічні працівники, вона становить 15 м² на кожного ІТР працівника

$$S_{маист} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$S_{мех.}$ $S_{енерг.}$ площа яку займають механік та енергетик відповідно:

$$S_{мех.} = 22 \text{ м}^2;$$

$$S_{енерг.} = 22 \text{ м}^2;$$

$S_{зоп}$ – площа відділення для приготування і регенерації МОР, вона становить $S_{зоп} = 35 \text{ (м}^2\text{)}.$

$S_{маст}$ – площа, яку займає відділення для мастила, вона становить 0,12 м на один верстат

$$S_{маст} = 0,12 \cdot 23 = 2,76 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розраховуємо допоміжну площу

$$S_{доп} = 123 + 123 + 82 + 41 + 18 + 13,8 + 32,8 + 75 + 22 + 22 + 35 + 2,76 \text{ (м}^2\text{)}.$$

6.1.5.3 Визначаємо площину складальної дільниці

Для серійного виробництво машин середніх розмірів питома площа дорівнює – 25 м² на одного слюсаря – складальника.

$$S_{скл} = 25 \cdot 7 = 175 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розраховуємо площу цеху за формулою:

$$S_{цех} = S_{осн} + S_{доп} + S_{скл} \quad (6.14)$$

$$S_{цех} = 820 + 590,36 + 175 \text{ (м}^2\text{)}.$$

6.1.6 Компування та планування цеху

6.1.6.1 Розробка загального помпування цеху

Обираємо для розташування цеху одноповерхову будівлю, зі світло-аераційними ліхтарями, обладнану мостовими опорними кранами, опаленням і скатною покрівлею.

Приймаємо сітку колон 24 х 6 м;

$$24 \times 6 = 144 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість прольотів:

$$n = 1585 / 144 = 11,01$$

Призначаємо $n = 12$ прольотів, тоді довжина цеху буде дорівнювати:

$$L = 12 \times 6 = 72 \text{ м};$$

Розраховуємо площу цеху, вона становить

$$S_{цех} = 24 \cdot 72 = 1728 \text{ м}^2$$

6.1.6.2 Планування обладнання цеху

Обираємо спосіб розташування обладнання – по ходу технологічного процесу, тобто в порядку виконання операцій. Перевага цього способу в порівнянні зі способом розташування по типах обладнання – скорочення транспортних витрат за рахунок переміщення вантажів, заготовок по найкоротшому шляху.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Ремонт і технічне обслуговування важкої кар'єрної техніки, зокрема мотор-редукторів самоскидів БелАЗ-7514, має специфіку, пов'язану як із підвищеними небезпеками для персоналу, так і з екологічними ризиками. Оскільки ця техніка працює у важких гірничих умовах, всі операції з відновлення її працездатності повинні враховувати вимоги мінімізації впливу на довкілля та забезпечення безпечних умов праці.

6.2.1 Екологічні аспекти процесу ремонту

Основним джерелом потенційного забруднення під час обслуговування мотор-редуктора є оливи, мастила та відпрацьовані технічні рідини. У конструкції мотор-редуктора використовуються великі об'єми трансмісійної оливи підвищеної в'язкості, яка при неправильному зливі або порушенні технології демонтажу може потрапляти у ґрунт чи стічні води. Тому важливо використовувати герметичні піддони, переносні збірники та обладнані майданчики з непроникним покриттям.

Суттєве значення має організація системи сортування та утилізації відходів. Відпрацьовані мастила, забруднені ганчірки, фільтри та дрібні металеві стружки мають передаватися на переробку або у спеціалізовані центри утилізації. На сучасних підприємствах ефективною практикою є впровадження локальних станцій очищення та багаторазового використання технічної води, що дозволяє суттєво скоротити водоспоживання під час ремонтних робіт.

Додаткову увагу слід приділяти енергоефективності ремонтних процесів. Використання інструменту з низьким енергоспоживанням, оптимізація часу роботи підйомного обладнання, а також регулярна діагностика знижують рівень непродуктивних витрат електроенергії та скорочують сумарний вуглецевий слід виробничої ділянки.

6.2.2 Особливості безпеки праці при роботі з мотор-редуктором

Мотор-редуктор БелАЗ-7514 – це масивний вузол, що має значну вагу та складну конструкцію. Основні небезпеки для персоналу пов'язані з ризиком падіння елементів під час демонтажу, можливістю затиснення рук, дією високих температур (після роботи техніки) та контактами з гарячими чи токсичними технічними рідинами.

Одним із ключових заходів безпеки є правильна організація робочого місця. Демонтаж здійснюється тільки на підйомно-транспортному обладнанні, яке має відповідний запас міцності. Робітники повинні перевіряти стійкість навісних пристроїв, використовувати домкрати та фіксатори з сертифікованими параметрами навантаження. Неприпустимим є виконання робіт під підвишеним вузлом, якщо відсутні дублюючі опори.

Під час роботи з оливами та мастилами працівники мають використовувати захисні рукавиці, окуляри та спецодяг, стійкий до нафтових продуктів. Вентиляція приміщення відіграє важливу роль, адже при нагріванні мастил

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюються пари, які можуть подразнювати слизові оболонки та викликати запаморочення.

Додатковим ризиком є шум і вібрація, притаманні інструментам, що використовуються під час ремонту. Тому рекомендується використання антифонуів, перерви в роботі та чергування операцій для зниження загального навантаження на організм.

6.2.3 Взаємозв'язок екологічної та виробничої безпеки

Системи екологічного менеджменту та охорони праці насправді тісно пов'язані. Більшість заходів зі зменшення впливу на довкілля паралельно знижують виробничі ризики. Наприклад, акуратне поводження з технічними рідинами одночасно зменшує ризик опіків і ковзання на забруднених поверхнях. Упорядкування місця ремонту та чітка логістика матеріалів зменшують не тільки можливість випадкового розливу, а й ризик травматизму через переповнені зони або безлад.

Важливу роль відіграє навчання персоналу. Працівники мають знати не лише технологію ремонту, а й принципи екологічно відповідальної поведінки: раціональне використання ресурсів, правильний збір відходів, своєчасне повідомлення про аварійні ситуації. У багатьох підприємствах позитивний ефект дає впровадження інструктажів з екомоніторингу та практичних тренінгів із запобігання розливам.

6.2.4 Загальні тенденції та рекомендації

Сучасні підходи до ремонту важкої техніки передбачають інтеграцію цифрових систем діагностики. Вони зменшують потребу у частковому розбиранні, скорочують кількість відходів і підвищують безпеку праці завдяки швидкому виявленню несправностей. Перехід до мастил з підвищеними екологічними характеристиками, використання абсорбентів та біосорбентів, облаштування герметичних ремонтних зон – це напрямки, що активно впроваджуються у великих кар'єрах.

Узагальнюючи, ремонт мотор-редуктора БелАЗ-7514 – це складний технічний процес, у якому екологічна та виробнича культура є такими ж важливими, як і професіоналізм слюсарів. Дотримання комплексних екологічних і безпекових норм дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля, підвищити надійність техніки та створити безпечні умови для персоналу.

Ремонт мотор-редуктора БелАЗ-7514 – це не просто технічна задача, а складний комплексний процес, який накладає вимоги не лише до механіки, а й до екології та безпеки праці. Ефективне впровадження екологічно відповідальних практик (збирання та утилізація мастил, сортування відходів, очищення води) спільно із жорсткими стандартами охорони праці (підйомне обладнання, ППЕ, тренінги) дозволяє: зменшити ризики забруднення навколишнього середовища; знизити частоту і серйозність травм робітників; підвищити ефективність та надійність ремонтних процесів; інтегрувати превентивні та прогностичні підходи, що в довгостроковій перспективі заощаджують ресурси (матеріали, час, енергію).

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Перехід до більш сучасних технологій – цифрова діагностика, аналіз олив і вібрацій, використання екологічних мастил – підтримує стратегію сталого розвитку виробництва. Навчання персоналу, чітка організація робочих майданчиків і звітність про екологічні й безпекові показники є ключовими елементами цієї стратегії.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічно-аналітичне дослідження та визначено собівартість виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 для двох альтернативних маршрутів технологічної обробки. У ході роботи здійснено оцінку доцільності модернізації виробництва шляхом заміни застарілих станків 2А622Ф2 та 2М55 на сучасний обробний центр з ЧПК Victor Vcenter-H500.

Усі отримані результати, зокрема розрахунки строку повернення інвестицій, зведено в таблиці 6.7-6.10. Таблиця 6.7 містить вихідні дані, що були використані для подальших економічних обчислень.

Таблиця 6.7 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант		Новий варіант	
	2A622Ф2	2M55	Vcenter-H500	
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000		2000	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20	
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3	
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	30,86	69,09	74,5	
Час наладки верстата, хв.	15	8	20	
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту				
	5		5	
	4	3	2	
	3	3	5	
			4	
Кількість кадрів програми, шт.	120		310	
Вартість заготовки S _{заг} , грн.	1155		1155	
грн	33000	31000	70000	
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1	1	
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	120	
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3	
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k _т	0,083	0,083	0,083	
Вартість одного кадру ПК, грн.	8,9		8,9	
Вартість розробки ПК K _{пк} , грн.	1068		2759	

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.7

Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
	верстатника $H_{ст}$	130	120	160
	наладчика $H_{нал}$	130	125	150
	наладчика інструмента $H_{ін}$	120	115	150
контролера H_k	115		145	
Верстати				
Клас точності верстата	П	Н	А	
Маса верстата, т	4,2	4,7	12,5	
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,56 x 2,26	2,665 x 1	5,4 x 4,45	
Габарити пристрою ЧПК, м	0,5 x 0,5		0,5 x 0,5	
Тип пристрою ЧПК			Sinumerik 802D sl	
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	10	
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	35,5	
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
	механічної частини R_m	15	15,6	26,86
	електротехнічної частини R_e	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2	
Оптова ціна верстата Ц, грн.	450000	185000	5125000	
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,78	0,75	0,95	
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	5,8	2,7	23,8	
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0,25		0,25	
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
	механічної частини H_m	401	401	272
	електротехнічної частини H_e	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	1950	0	1950	
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	4,5	4	
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1,5	1	1,8	
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3845	

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.3

Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд.} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м.кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл.} , грн.	180	180	180

Таблиця 6.8 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	2А622Ф2	2М55	Vcenter-H500
Трудомісткість обробки Т _{шт.} , год	1028,66667	2303	1400
Час наладки верстата впродовж року Т _{н.} , год	5	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін.} , год	11,8868148	53,22489	20,00
Час контролю деталей впродовж року Т _{к.} , год	85,3793333	191,149	116,2
Кількість верстатників Р _{ст.} , чол. (розрах.)	0,55	1,24	0,38
(дійсна)	1	2	1
Кількість наладчиків верстатів Р _{н.} , чол. (розрахункова)	0,0027	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.ін.} , чол. (розрахункова)	0,00639076	0,028616	0,01075
(дійсна)	1	1	1
Кількість контролерів Р _{к.} , чол. (розрах.)	0,046	0,10	0,06
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Р _{дод.} , чол (розрахункова)	0,17	0,00	0,19
(дійсна)	1	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	9		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,3334	0,773	0,39

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера											
										С1 на деталь = 415,20 С2 на деталь = 165,18	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 681613 + 1546,27 + 7547,28 + 0,53 + 23893,3 + 0 + 8341,39 + 3121,71 + 63000 + 8879,4 + 650,1 + 31800,76 = 830394,01$											
$C_2 = 186157 + 1572,48 + 234,00 + 919,67 + 26133,3 + 0 + 53781,75 + 3024,00 + 35000 + 5929,4 + 750,94 + 16849,00 = 330351,99$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 322411 + 8671 + 63000 + 452428 + 64000 + 1068 = 911578$											
$K_2 = 1014750 + 8658 + 28000 + 133660 + 70000 + 2759 = 1257826,50$											

Таблиця 6.10 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
967131	830394	0,15	911578
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
519026	330352	0,15	1257827
Річний економічний ефект			
$E = Z_1 - Z_2$			
448105	967131	519026	
Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
0,69	1257827	911578	830394 330352,0

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами аналізу встановлено, що використання одного сучасного верстата з числовим програмним керуванням замість двох технічно та морально застарілих агрегатів суттєво зменшує тривалість обробки деталей. Запропонована модернізація є економічно вигідною: орієнтовний період окупності інвестицій становить 0,69 року, а прогнозований річний економічний ефект – 448 105 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

ДІАГНОСТИКА РЕДУКТОРІВ МОТОР-КОЛЕС КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

Автомобільний транспорт є одним з основних видів транспорту на гірничодобувних підприємствах. Він служить для перевезення великої кількості гірничої маси на певні відстані. Одна з головних цілей усіх гірничодобувних підприємств – отримання найбільшого прибутку. Оскільки автомобільний транспорт є основним, технічний стан та відсутність тривалих аварійних простоїв парку кар'єрних автосамосвалів є одним з головних критеріїв отримання стабільно високого прибутку.

7.1 Причини простоїв кар'єрних автосамоскидів БелАЗ

Аналіз причин позапланових простоїв кар'єрних автосамосвалів показав, що найбільш значимими (за кількістю відмов, трудомісткістю відновлення працездатності, витратами матеріальних і трудових ресурсів) є відмови механічної системи, пов'язані з поломками металоконструкцій. Низькі показники надійності та довговічності гірничо-транспортних машин пов'язуються, перш за все, з низьким рівнем їх ремонтної технологічності. Найбільша частка простоїв обумовлена відмовою редукторів мотор-колес.

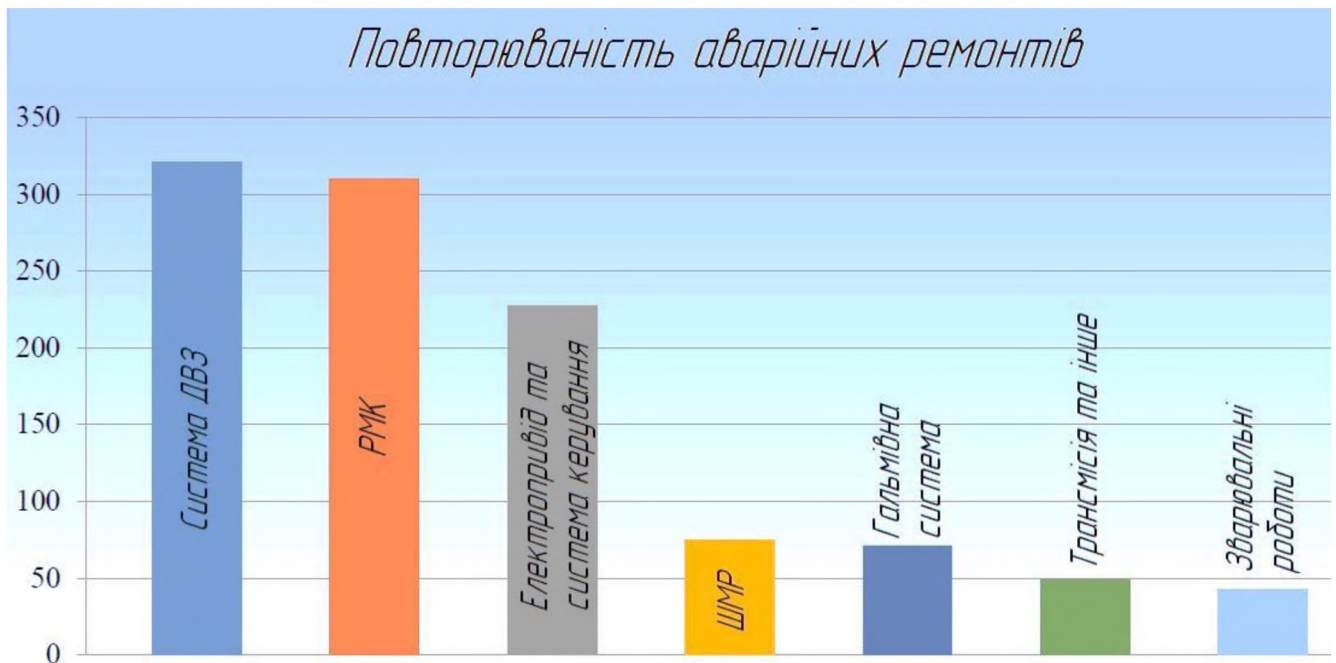


Рисунок 7.1 – Повторюваність аварійних ремонтів БелАЗ-7514

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів			
Розроб.	Кцзьменко							
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

За результатами проведених досліджень, однією з частих причин аварійних та позапланових простоїв є простої через вихід з ладу редукторів мотор-колів (далі – РМК). РМК є одним з основних елементів конструкції кар'єрного автосамоскида БелАЗ і, відповідно, є однією з найдорожчих деталей кар'єрного автосамоскида.

Діаграма показує, що проведення аварійних ремонтів РМК – друга за значимістю причина, порівняно з ремонтами інших систем кар'єрного автосамоскида.

Однією з головних причин виходу з ладу РМК є важкі умови, в яких експлуатуються кар'єрні автосамоси:

- часті перевантаження.
- експлуатація в суворих кліматичних умовах.
- неправильне або несвоєчасне проведення технічного обслуговування (ТО) або сезонного обслуговування (СО).
- низька якість мастильних матеріалів.

Все це в сукупності призводить до того, що РМК схильні до незворотних процесів зношування зубців шестерень та шліців. Це веде до зміни їхніх геометричних розмірів.



Рисунок 7.2 – Відсоткове співвідношення

На діаграмі зображено відсоткове співвідношення часу в годинах аварійних простоїв через вихід з ладу РМК до загальної кількості позапланових простоїв, що становить 18% від загального числа.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Методи запобігання виходу з ладу РМК

Проведення ремонту РМК не є одним з найтриваліших за часом, проте є одним з найпоширеніших і найчастіших.

Мастильні матеріали – один з важливих елементів для безперебійної роботи РМК. Стан гідравлічної оливи показує, наскільки зношений РМК, а її якість та правильна процедура заміни відіграє одну з ключових ролей у безперебійній роботі РМК. Найчастіше гідравлічна олива, що використовується в РМК кар'єрних автосамосвалів, перегрівається, що веде до швидкого зносу деталей, що труться.

Одним з рішень може бути:

1. Оснащення РМК автономною системою «клімат-контроль» з одночасною діагностикою за зміною інтенсивності нагріву оливи.

2. Оснащення редукторів мотор-коліс гідравлічною системою для періодичного очищення оливи з картерів РМК у статичному положенні машини, тобто шляхом відсмоктування її з картера, очищення від продуктів зносу деталей у центрифугі з поверненням очищеної оливи в картер.

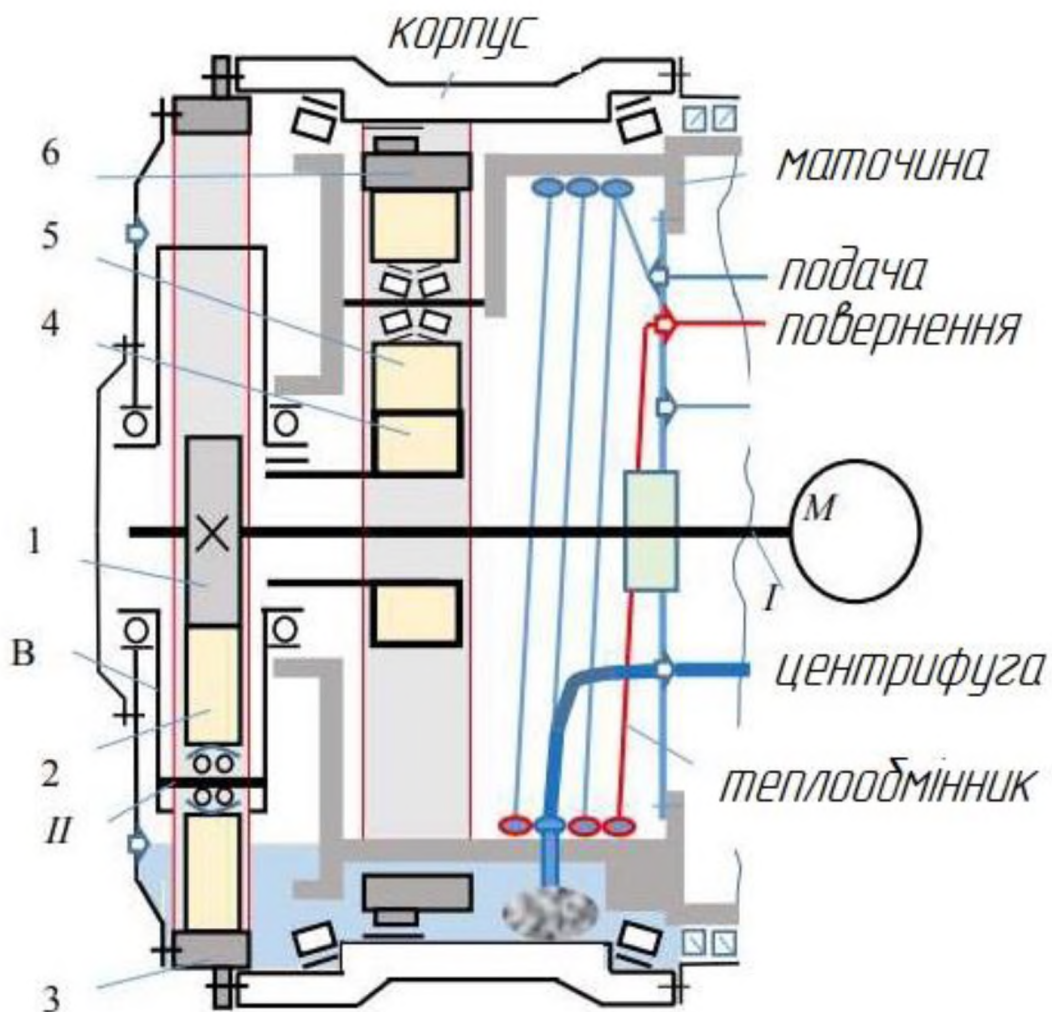


Рисунок 7.3 – Схема РМК з системою «клімат-контроль»

КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Також для запобігання частим аварійним ремонтам РМК на гірничодобувних підприємствах слід запровадити віброакустичний метод діагностики.

Цей метод діагностування базується на аналізі акустичних та вібраційних коливань, які виникають під час роботи складних механізмів. Однією з головних переваг цього методу є можливість діагностування вузла без необхідності його розбирання. Існує багато деталей, що працюють за різними методами руху, тому виявляється кілька причин, що викликають коливання механізмів. Для вузлів та деталей механізмів, що здійснюють обертальний рух, причиною коливань є дисбаланс, який зростає в процесі роботи механізму за рахунок зношування сполучених поверхонь та зміщення центру ваги деталей. Ці коливання супроводжуються найнижчими частотами, порівняно великими амплітудами переміщень та невеликими прискореннями. Залежність частоти вібрації від швидкості механізму є характерною рисою цього виду коливань, що дозволяє їх легко виявити та виділити [15]. Частота вібрацій механізму дорівнює частоті обертання вала, на якому присутня незбалансована маса. Другою причиною коливань є зіткнення деталей. Внаслідок ударів деталей одна об одну виникають коливання з високою частотою, меншими амплітудами та високими прискореннями. При цьому виді діагностування виводиться діаграма, на якій показано залежність періоду коливань від амплітуди. Чим сильніше збільшується амплітуда коливань, тим, відповідно, сильніше коливається механізм.

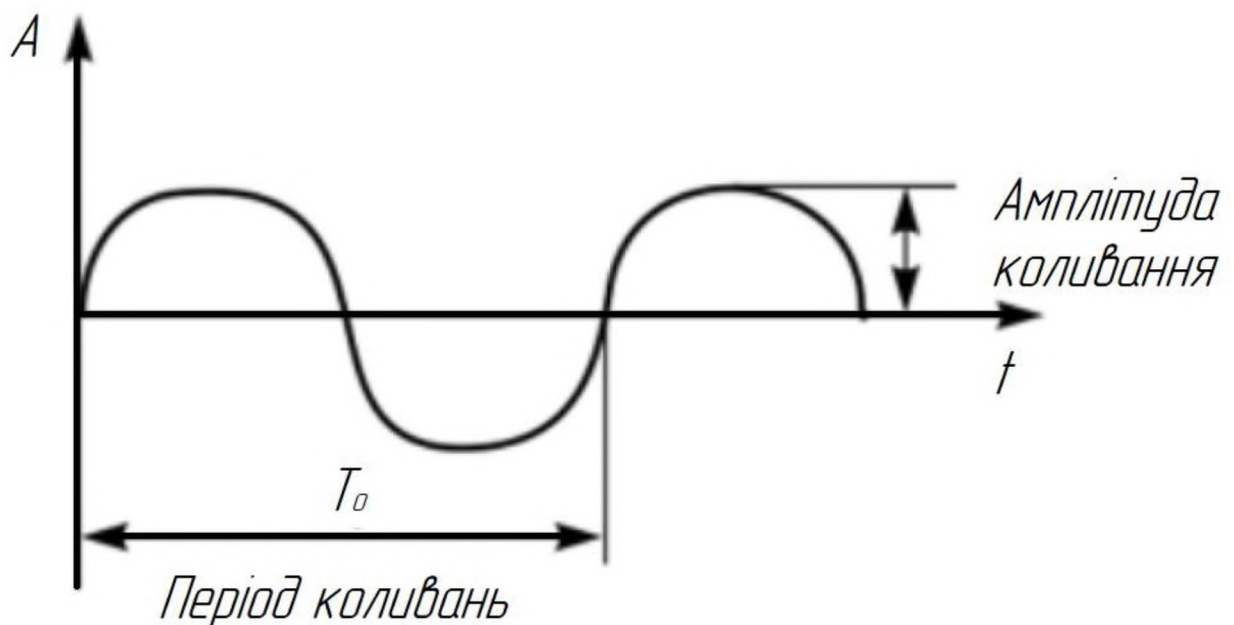


Рисунок 7.4 – Залежність періоду коливань від амплітуди

При проведенні своєчасного діагностування редуктора мотор-колеса можна досить точно визначити стан вузла та спрогнозувати його подальшу експлуатацію. А також завдяки своєчасному та якісному ТО і СО можна значно зменшити кількість аварійних простоїв через вихід з ладу РМК.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Діагностика РМК на основі контролю за зношуванням підшипника

Застосування методу діагностування фактичного технічного стану редуктора мотор-колеса кар'єрних автосамоскидів, заснований на відстеженні зміни зазору між підшипником та упорним кільцем, дозволить запобігти зношуванню зубчастих зачеплень і не допустити з цієї причини граничної концентрації металу в маслі.

В основі дослідження лежить вимірювальна апаратура, що дозволяє визначати величину зазору між підшипником та упорним кільцем для забезпечення точного зачеплення зубчастої пари, що дозволить зменшити зношування зубчатого зачеплення, а також не допустити надмірного навантаження підшипників.

Розроблений метод діагностування фактичного технічного стану редуктора мотор-колеса кар'єрних автосамосвалів за рахунок контролю зазору між підшипником та упорним кільцем дозволяє:

- контролювати зазор між підшипником та упорним кільцем у межах нормативного значення;
- визначити критичний стан зазору між підшипником та упорним кільцем і вчасно виконати регулювання для недопущення відмови редуктора мотор-колеса кар'єрного автосамоскида;
- виключити наростання до граничної концентрації металу в маслі.

Технічне діагностування є складовою частиною технологічних процесів. При планово-запобіжній системі технічного обслуговування та ремонту кар'єрні автосамоскиди через певний час у примусовому порядку піддаються профілактичним впливам у встановленому обсязі. При цьому, незважаючи на коригування режимів технічного обслуговування та ремонту залежно від ряду факторів, індивідуальний підхід до кожної одиниці відсутній. Однак необхідність у такому підході є, оскільки навіть при роботі кар'єрних автосамосвалів в однакових умовах технічний стан кожного з них при одній і тій же напруженості внаслідок цілого ряду причин (індивідуальні особливості автосамоскида, якість керування, технічне обслуговування та інше) може суттєво відрізнятися. Далеко не для кожного автосамоскида необхідні всі операції, передбачені «жорстким» обсягом того чи іншого виду технічного обслуговування.

Виконання цих «непотрібних» операцій веде, з одного боку, до неповної реалізації індивідуальних властивостей автосамоскида, підвищенню витрат на технічне обслуговування, з другої, аж ніяк не сприяє покращенню його технічного стану.

Навпаки, часті втручання в роботу сполучень сприяють підвищеному зношуванню сполучених поверхонь, появі пошкоджень кріпильних з'єднань, порушенню герметичності з'єднань. Значні втрати трудових і матеріальних ресурсів пов'язані також з великим обсягом ремонтних втручань, зумовлених несвоєчасним виявленням відмов. Найбільш повне використання індивідуальних можливостей кар'єрних автосамосвалів і забезпечення на цій основі високої ефективності в процесі експлуатації може бути реалізовано за рахунок широкого

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впровадження в технологічний процес технічного обслуговування та ремонту діагностування технічного стану за фактичним станом об'єкта.

На гірничих підприємствах технічний стан редукторів мотор-колес кар'єрних автосамоскидів у процесі експлуатації визначається: зовнішнім оглядом; на слух (шумність роботи) та вібрацію; за ступенем нагріву корпусу агрегату.

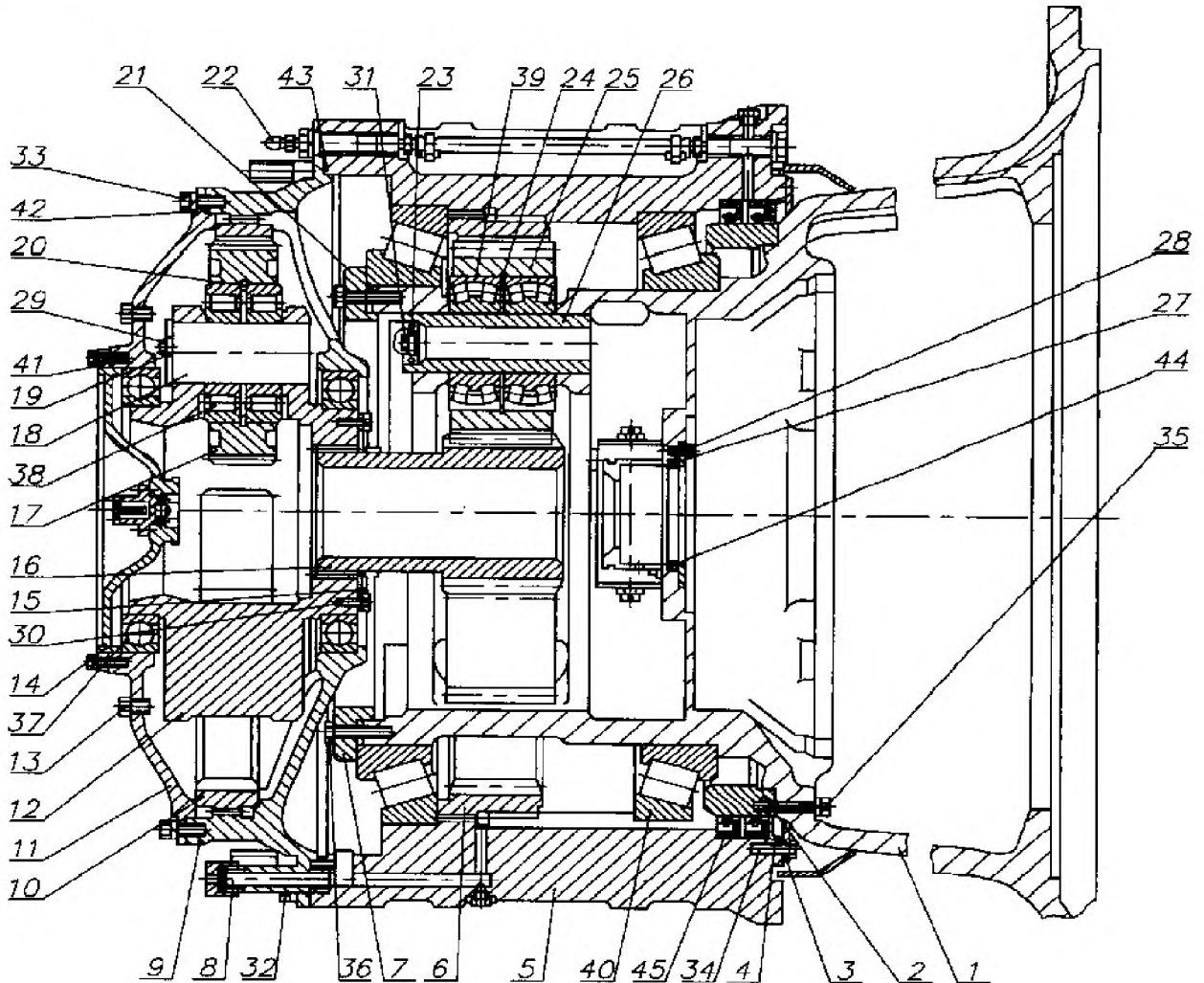


Рисунок 7.5 – Редуктор мотор-колеса автосамоскида БелАЗ 7514:

- 1 – корпус редуктора; 2 – кільце підмашинне; 3 – притиск; 4 – кільце дистанційне; 5 – ступиця; 6 – коронна шестерня другого ряду; 7 – кільце упорне; 8 – пробка зливна; 9 – кришка ведуча; 10 – коронна шестерня першого ряду; 11 – кришка водила першого ряду; 12 – водило першого ряду; 13 – пробка контрольна; 14 – кришка редуктора; 15 – пластина стопорна; 16 – сонячна шестерня другого ряду; 17 – сателіт першого ряду; 18 – вісь сателіта першого ряду; 19 – пластина стопорна; 20 – кільце стопорне; 21 – шайба розпирна; 22 – мазниця; 23 – пластини стопорні; 24 – кільця стопорні; 25 – сателіт другого ряду; 26 – вісь сателіта другого ряду; 27 – кільце; 28 – 36 – болти; 37 – 40 – підшипники; 41 – 43 – кільця ущільнювальні; 44, 45 – манжети

Зовнішнім оглядом, за витіканням масла, можна виявити зношування або пошкодження манжет, а також появу пір та тріщин у корпусі, кришці або ступиці

КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР					Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	

мотор-колеса. При появі вібрації або підвищеного рівня шуму при роботі можуть бути виявлені випадкові поломки або послаблення кріплення деталей. За ступенем нагріву можна визначити порушення регулювання підшипників або зміну рівня масла в редукторі [16].

РМК автосамоскида БелАЗ 7514 представлений на рис. 7.5.

Одним з найважливіших параметром надійності редуктора мотор-колеса є зазор між підшипником та упорним кільцем.

В даний час нормою для допуску редуктора до експлуатації є зазор 0,03 мм [28]. Наступний демонтаж редуктора проводиться через 3 роки. За цей час зношування становить 0,5-1 мм і при значенні 1,03 мм проводиться ремонт. Тому доцільно проводити діагностування за фактичним станом редуктора мотор-колеса, що дозволяє вести контроль за зношуванням підшипника і контролювати параметри вузлів при досягненні гранично допустимих значень. Діагностика полягає у встановленні спеціального датчика в упорному кільці підшипника редуктора мотор-колеса. Датчик здатний своєчасно подати сигнал безпосередньо в кабінку автосамоскида про досягнення гранично допустимих параметрів. Даний датчик – ВК415 ТУ 37.003.1213-84. Конструктивні особливості: кнопковий, герметичний. Може займати два положення. Підключається датчик до електричного кола з напругою 12 В. Зменшуючи довжину штока, вимірюємо за допомогою штангенциркуля та спеціальних щупів товщиною 0,1-1,0 мм момент замикання контакту датчика. Тарування проводимо 7 разів і отримуємо середнє значення замикання контакту датчика і його спрацьовування – 0,8 мм. Для ізоляції контактів і уникнення небажаного замикання електричного кола контакти покриваються епоксидним клеєм на основі смол, що не проводять електричний струм.

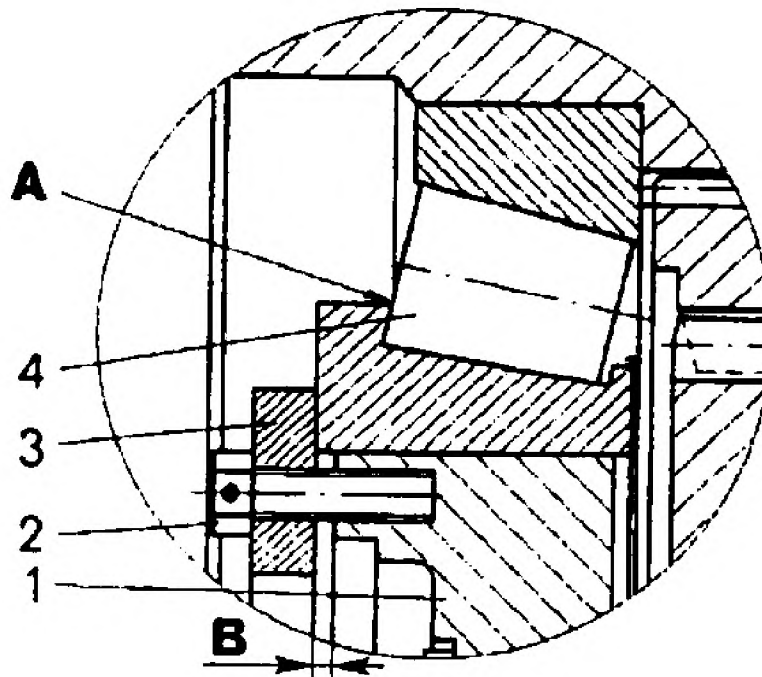


Рисунок 7.6 – Перевірка зазорів:

1 – корпус редуктора, 2 – болт регулювальний, 3 – кільце упорне, 4 – підшипник,
А – місце встановлення щупа; В – зазор

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання датчика здійснюється наступним чином:

- вибирається зазор між рухомим контактом датчика та зовнішньою обоймою підшипника шляхом вибору довжини штока рухомого контакту датчика, зменшуючи довжину штока рухомого контакту шляхом зішліфовування.

- після затягування регулювальних болтів датчик вкручується в гніздо, призначене для нього в упорному кільці, затягуючи до упору, при цьому, не забувши підключити його до мережі з напругою 14 В. При закручуванні датчика контрольна лампа повинна загорітися, момент спрацьовування становитиме – 0,03 мм [17].

- вибирається зазор шляхом підкладання регулювальних шайб між датчиком та упорним кільцем. Товщина шайб становить 0,1 мм, а допустимий зазор – 1 мм. При затягуванні датчика контрольна лампа горить. При спрацьовуванні датчика під час експлуатації автосамоскида контрольна лампа гасне, і тим самим попереджає, що зазор сепараторів підшипника (рис. 7.6) перевищив гранично допустимі параметри.

Завдяки даному методу, редуктор мотор-колеса не експлуатуватиметься із зазорами, що перевищують допустимі, що дозволить запобігти його відмові.

Висновки

Розроблений метод діагностування фактичного технічного стану редуктора мотор-колеса кар'єрних автосамосвалів, що дозволяє стежити за зношуванням підшипника та контролювати параметри вузлів при досягненні гранично допустимих значень, дозволяє:

1) контролювати зазор між підшипником та упорним кільцем у межах нормативного значення;

2) визначити критичний стан зазору між підшипником та упорним кільцем і вчасно виконати регулювання для недопущення відмови редуктора мотор-колеса кар'єрного автосамоскида;

3) виключити наростання до граничної концентрації металу в маслі.

Завдяки даному методу, редуктор мотор-колеса не експлуатуватиметься із зазорами, що перевищують допустимі, що дозволить запобігти його відмові та сприятиме наступним якісним покращенням:

- оперативний контроль стану кар'єрного автосамоскида;
- постійний контроль за станом редуктора під час експлуатації; збільшення інтервалів між плановим обслуговуванням та ремонтом;
- скорочення непередбачених простоїв техніки; зменшення витрат на поточний ремонт;
- захист кар'єрного автосамоскида від аварій (при раптовій відмові редуктора мотор-колеса);
- економія коштів на придбання нових деталей та ремонт в результаті робіт планово-запобіжного характеру.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У КМР виконано комплексне дослідження, спрямоване на розробку технологічного забезпечення виготовлення деталі «Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням сучасних систем автоматизації. Отримані результати підтверджують технічну та економічну доцільність запропонованих рішень і забезпечують можливість впровадження розробленого технологічного процесу у виробничу практику підприємств, що спеціалізуються на ремонті та обслуговуванні важкої кар'єрної техніки. У ході роботи:

Виконано розрахунок розмірних ланцюгів при складанні мотор-редуктора БелАЗ-7514. Проведений аналіз забезпечив визначення необхідної точності взаємного розташування деталей та допустимих відхилень, що є ключовою умовою забезпечення працездатності та надійності вузла.

Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі «Корпус». У процесі роботи оптимізовано маршрут обробки, підбрано режими різання та визначено необхідне обладнання. Удосконалена технологія дозволяє забезпечити необхідні параметри точності, шорсткості та взаємозамінності деталі.

Створено верстатно-інструментальне налагодження для багатоцільової операції, що виконується на горизонтально-фрезерному оброблювальному центрі з ЧПК Victor Vcenter-H500. Обрано сучасний металорізальний інструмент провідних виробників, що підвищує продуктивність та стабільність процесу обробки. У середовищі Autodesk FeatureCAM розроблено керуючу програму, яка забезпечує автоматизоване виготовлення деталі із гарантованим рівнем точності.

Спроектовано технологічне оснащення для свердлильної операції, що забезпечує фіксацію та базування деталі відповідно до вимог точності. Крім того, розроблено контрольний пристрій для контактного методу вимірювань, який дає змогу здійснювати оперативний контроль критичних розмірів корпусу.

Сформовано технологічну лінію для обробки деталі та складання мотор-редуктора. Техніко-економічний аналіз підтвердив доцільність оновлення обладнання. Розраховано економічні показники: період окупності інвестицій становить 0,69 року, а річний економічний ефект – 448 105 грн, що свідчить про високу ефективність запропонованих технічних рішень. Обґрунтовано заходи з охорони праці та екологічної безпеки під час ремонту та технічного обслуговування важкої кар'єрної техніки, зокрема мотор-редукторів. Рекомендації спрямовані на мінімізацію виробничих ризиків та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

У науково-дослідній частині виконано аналіз сучасних підходів до діагностики редукторів мотор-колес кар'єрних автосамоскидів. Розглянуто перспективні методи контролю технічного стану та виявлення дефектів, що створює підґрунтя для подальших наукових досліджень у напрямі підвищення надійності важких трансмісійних систем.

					КНУ.КМР.131.25.1-06.В					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кузьменко			Висновки			Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					КНУ.КМР.131.25.1-06.СВД			
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Список використаних джерел	Літ.	Арк.	Аркциів
Розроб.		Кизьменко						
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					КНУ.КМР.131.25.1-06.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-06.Д			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузьменко			Додатки	Літ.	Арк.	Архцив
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев						

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
		A1			КНУ.КМР.131.24.1-06.ВП	Верстатне пристосування	1		
						Детали			
				1		Корпус	1		
				2		Втулка	1		
				3		Оправка	1		
				4		Втулка	2		
				5		Важіль	2		
				6		Гвинт спеціальний	2		
				7		Кришка	1		
				8		Кришка	1		
				9		Циліндр	1		
				10		Поршень	1		
				11		Шток	1		
				12		Передатна планка	1		
						Стандартные изделия			
				15		Гвинт M12x30 DIN 6912	8		
				15		Палець Ø6	2		
						КНУ.КМР.131.24.1-06.ВП			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.		Кузьменко					
		Пров.		Нечаев					
		Н.контр.		Нечаев					
		Утв.		Рязанцев					
		Верстатне пристосування					Лит.	Лист	Листов
							Н		1
							Кафедра ТМ		
							гр. ПМ-24м		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі
«Корпус» мотор-редуктора самоскида БелАЗ-7514 з використанням
систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Кузьменко В.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

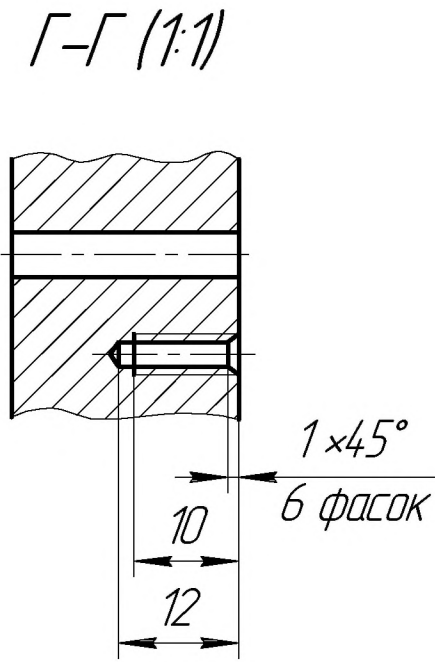
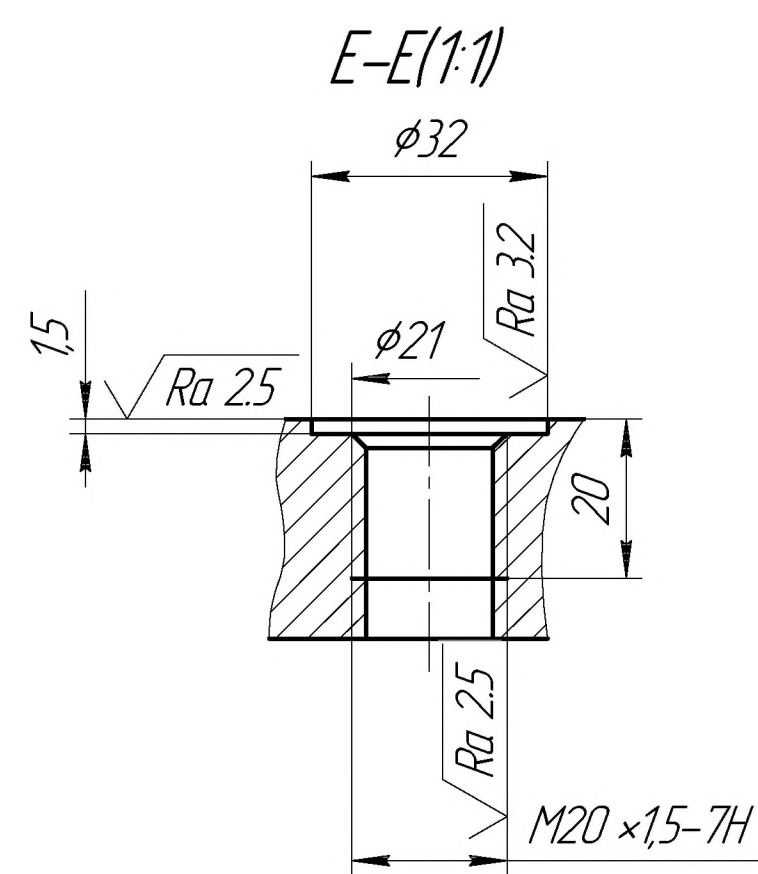
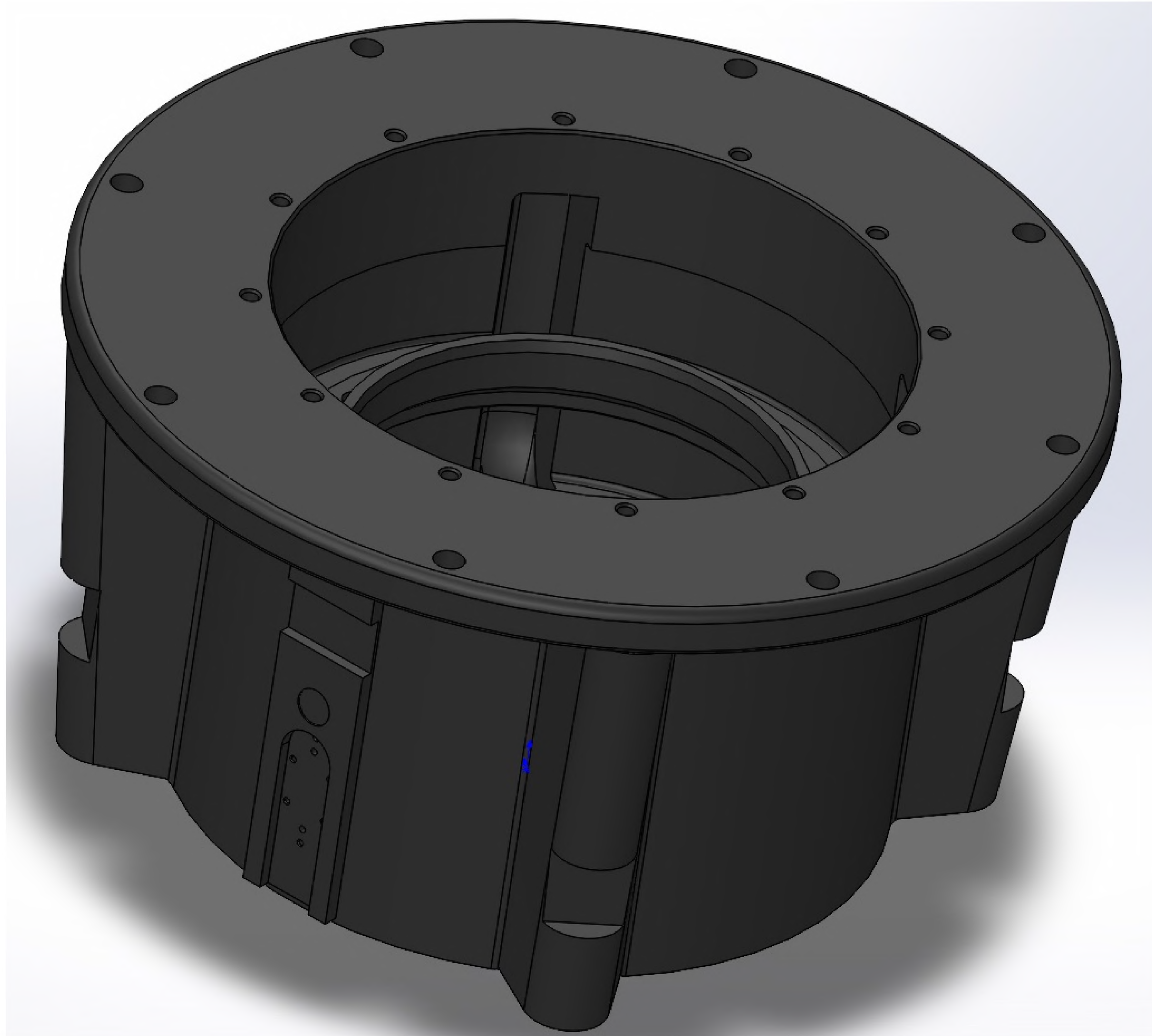
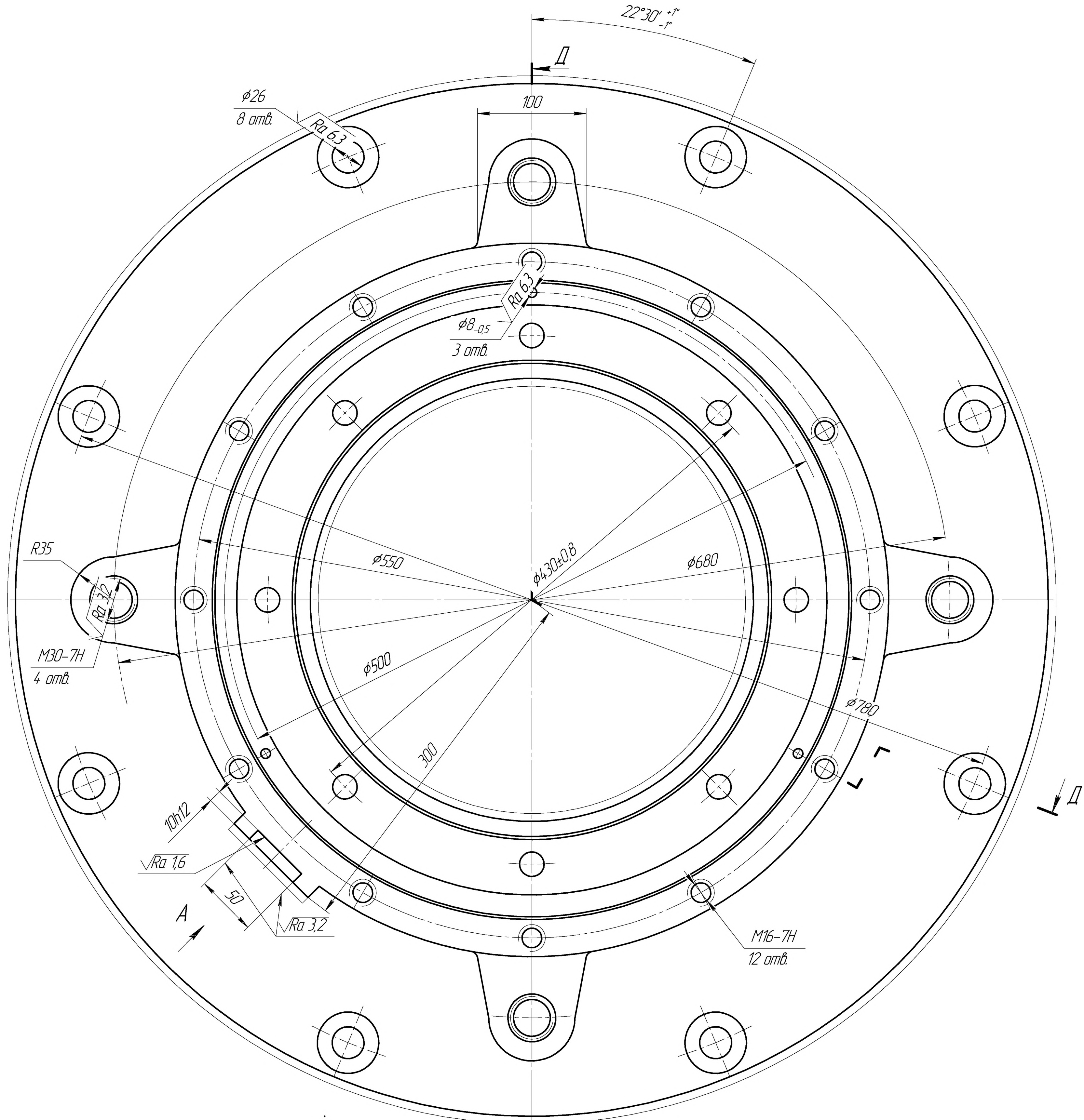
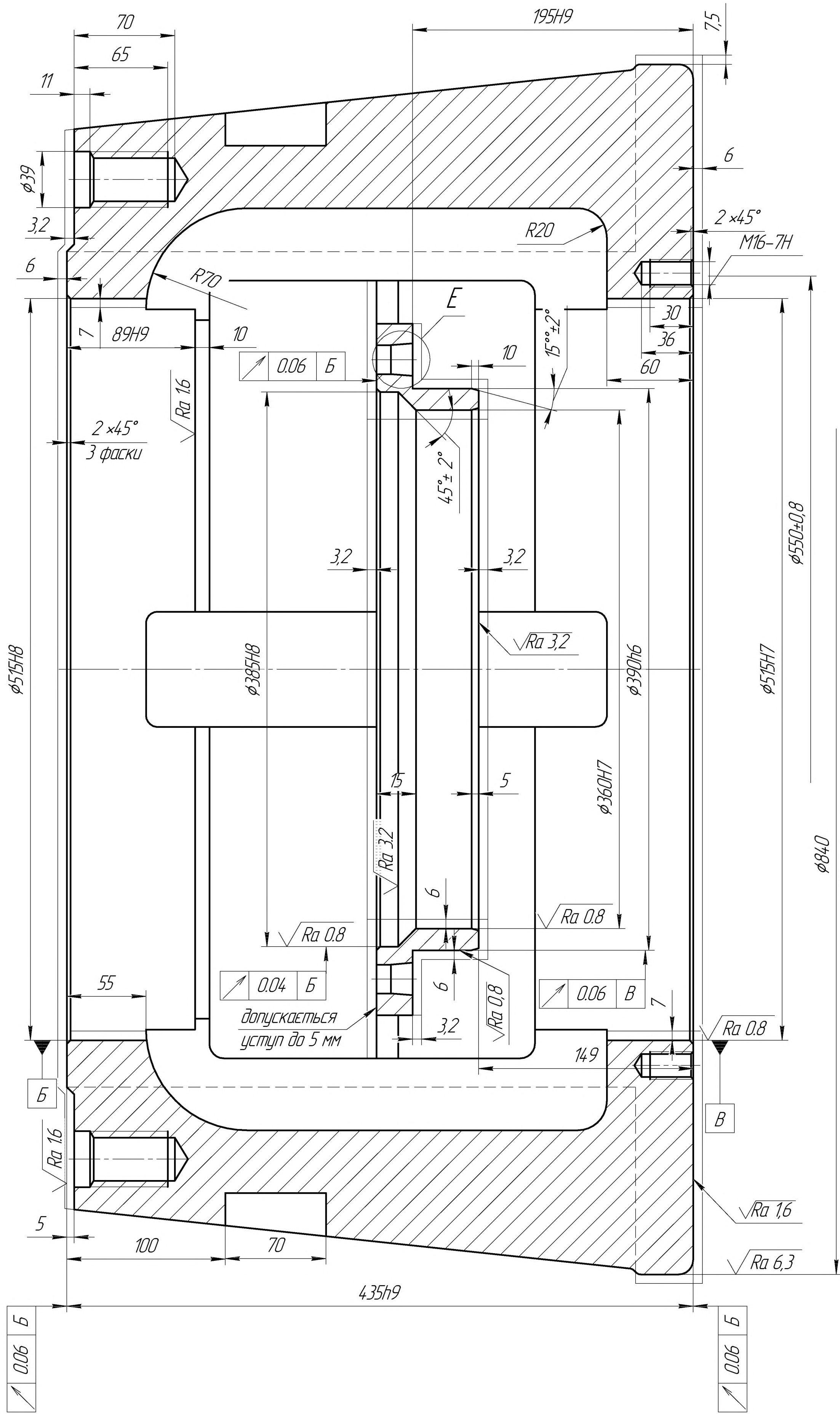
Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

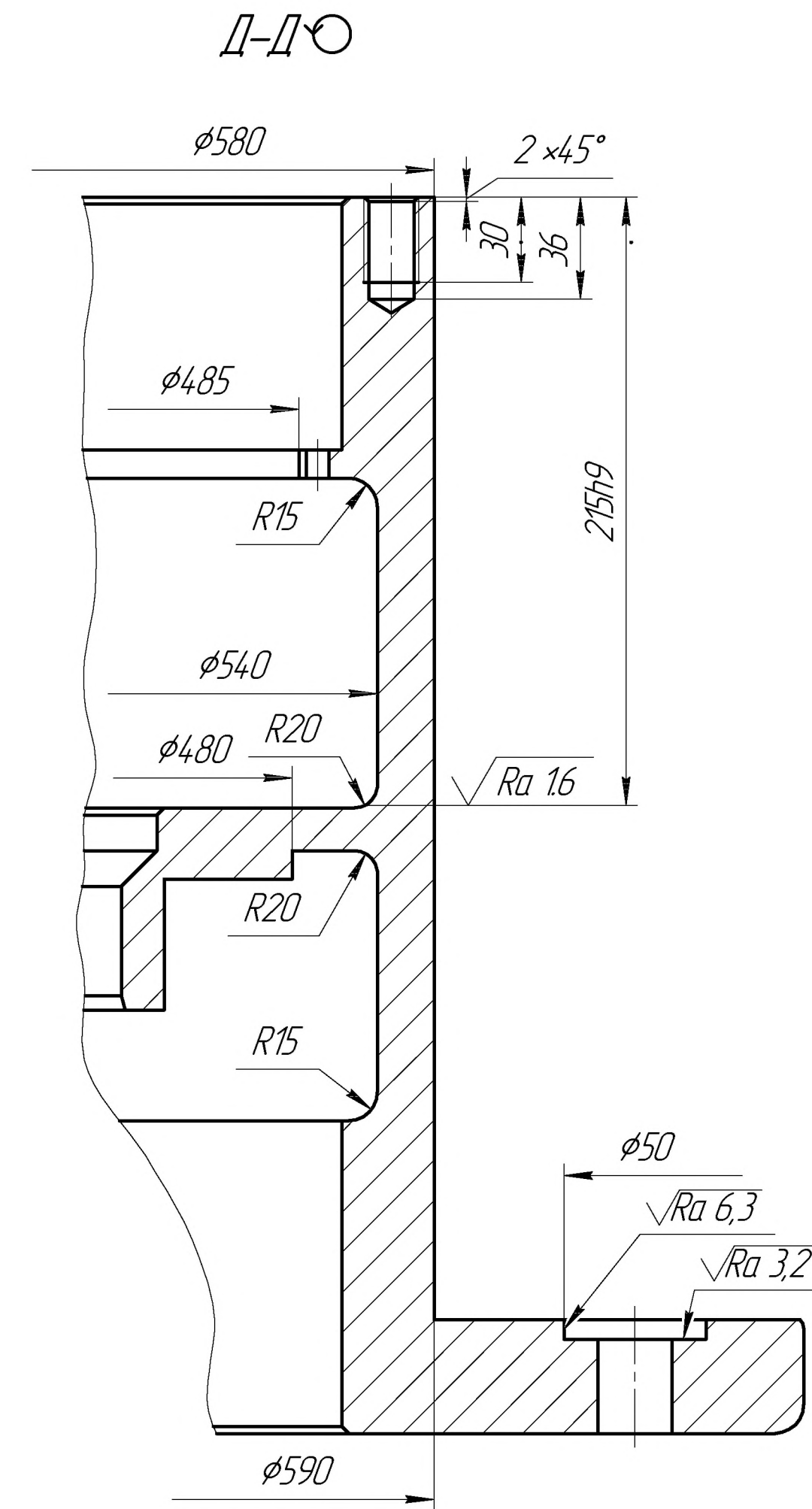
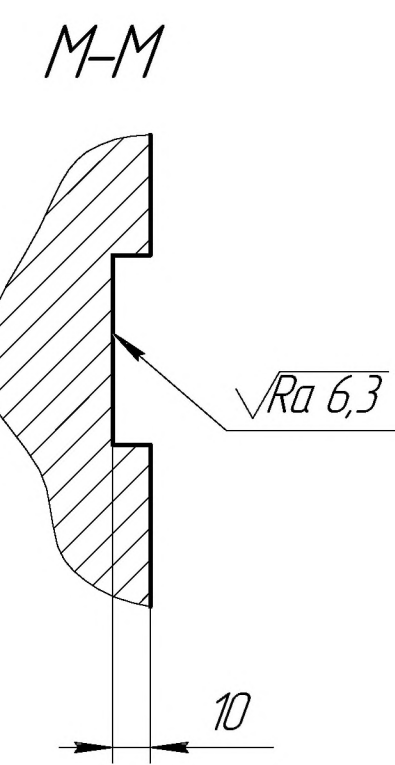
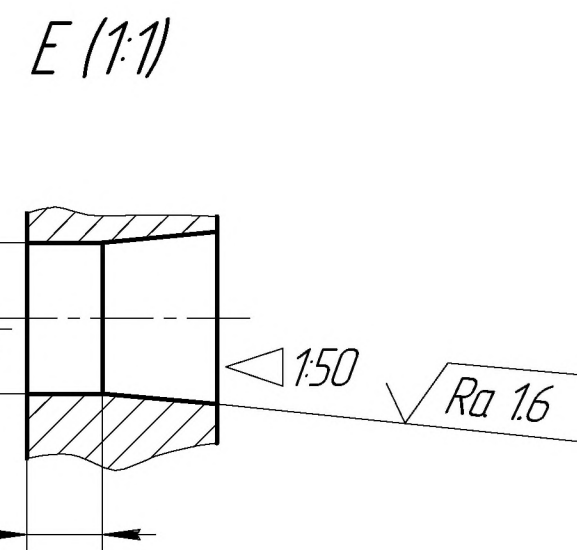
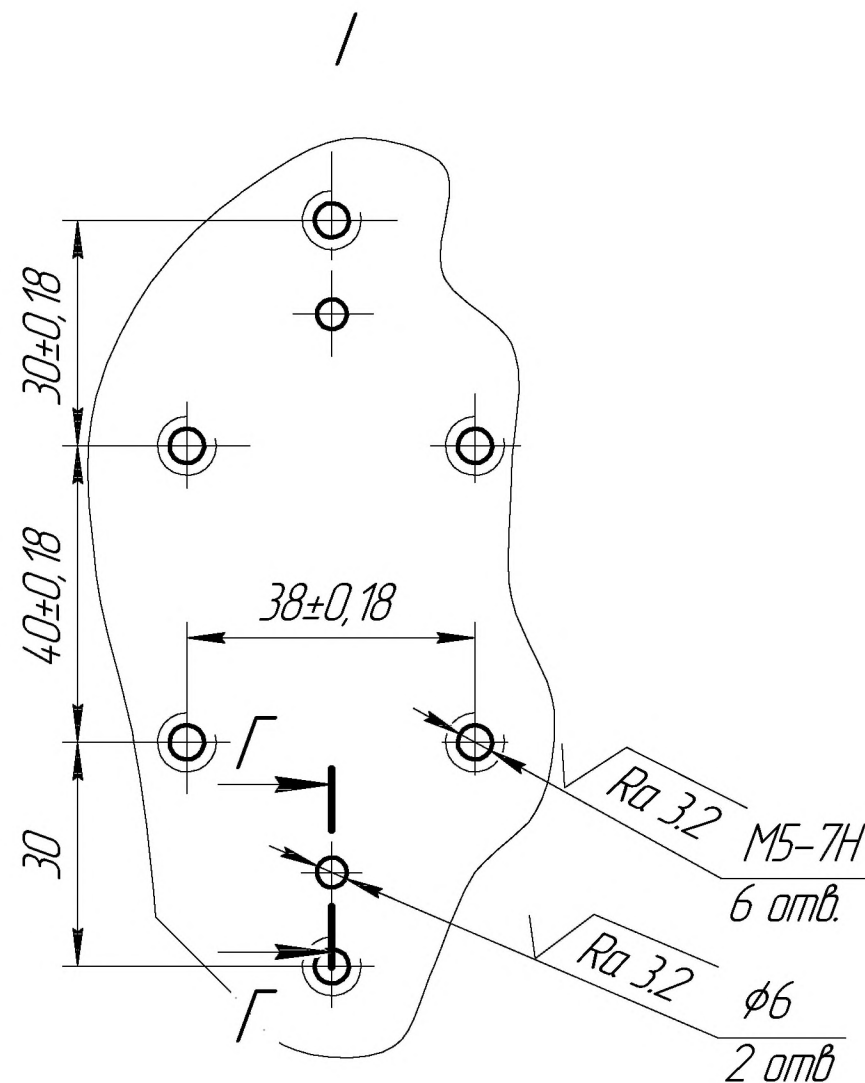
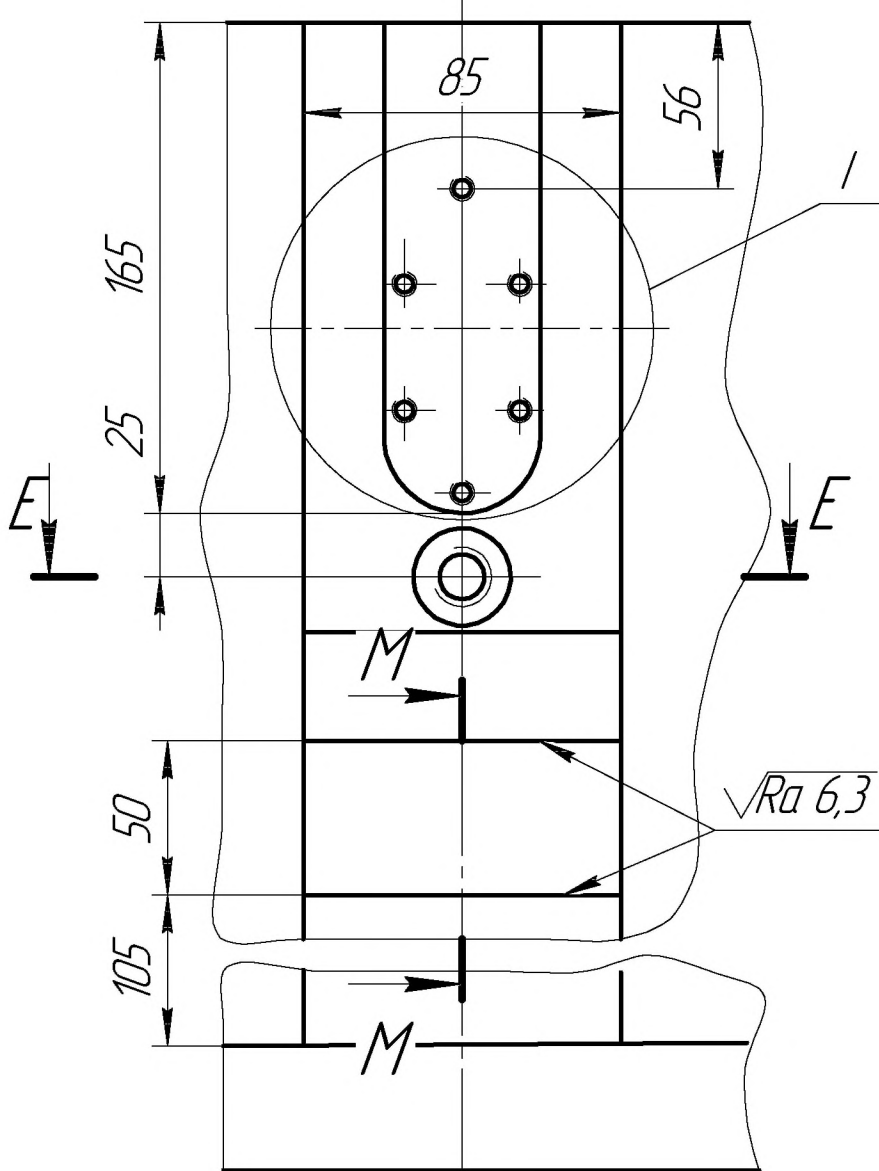
(підпис)

Рязанцев А.О.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №						Креслення				
	A1	1	КНУ.КМР.131.25.1-06.СК	Складальне креслення	1					
	A0	2	КНУ.КМР.131.25.1-06.К	Корпус	1					
	A1	3	КНУ.КМР.131.25.1-06.ЕО	Ескізи операцій	2					
	A1	4	КНУ.КМР.131.25.1-06.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1					
	A1	5	КНУ.КМР.131.25.1-06.ВП	Верстатне пристосування	1					
	A1	6	КНУ.КМР.131.25.1-06.ПІТ	План лінії технологічної	1					
	A1	7	КНУ.КМР.131.25.1-06.НДЧ	Науково-дослідна частина	1					
Подп. и дата										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инд. № подл.										
					КНУ.КМР.131.25.1-06.ВКІЗА					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Кузьменко							Н		1
Пров.	Нечаєв									
Н.контр.	Нечаєв									
Утв.	Рязанцев							Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		



А-А(1:2.5)



1. Виливок підстави старіна.
2. Виливок по III класу точності ДСТУ 8981:2020.
3. Неказані граничні відхилення розмірів h14, H14, ±IT4/2.
4. Овальність і конусність посадочних отворів в границі половини допуска на діаметр.
5. Неказані пилбачні радіуси 5...10 мм.
6. Либарні цукли за ISO 8062.
7. Обробку по розмірам в квадратних дужках виконувати сумісно з деталлями в складеному стані.
8. Відхилення центрального кута між всіями обох лобих отворів групи I не більше ±8°, групи I не більше ±10°, групи P не більше ±11°, групи T не більше ±12°, відхилення розміра по діагоналі між осями обох лобів-яких отворів групи C не більше ±0.5 мм (допуски залежні).
9. Покрыття зовнішньої поверхні грунтовка ГФ-0119 коричнева.
10. Покрыття внутрішньої поверхні емаль НЦ-007.

КНУКМР.13124.1-06.К				Лист		
Корпус				Н	32.0	12
С418 ДСТУ 8833:2019				Лист	2	Лист
				Лист	2	Лист

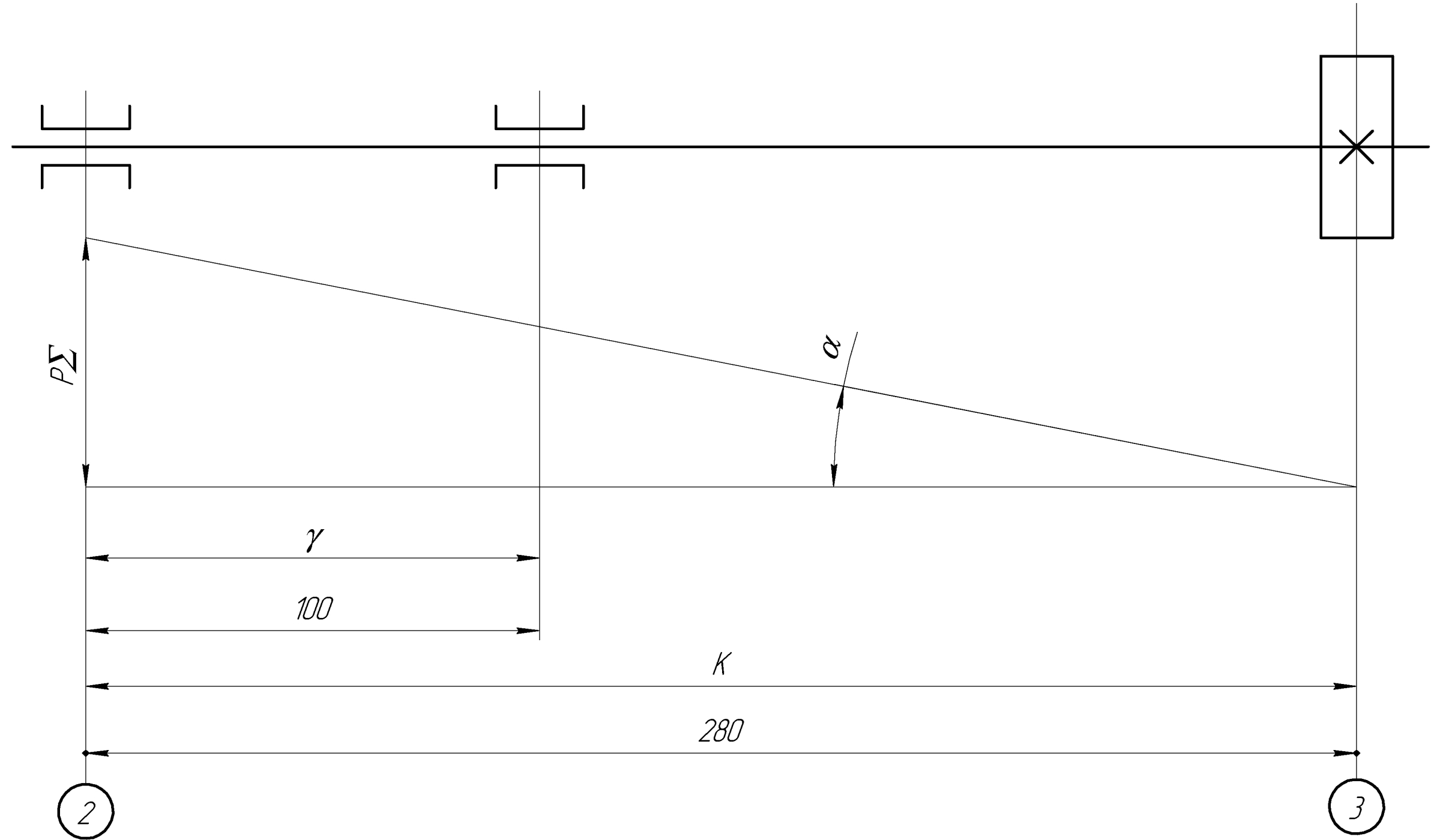
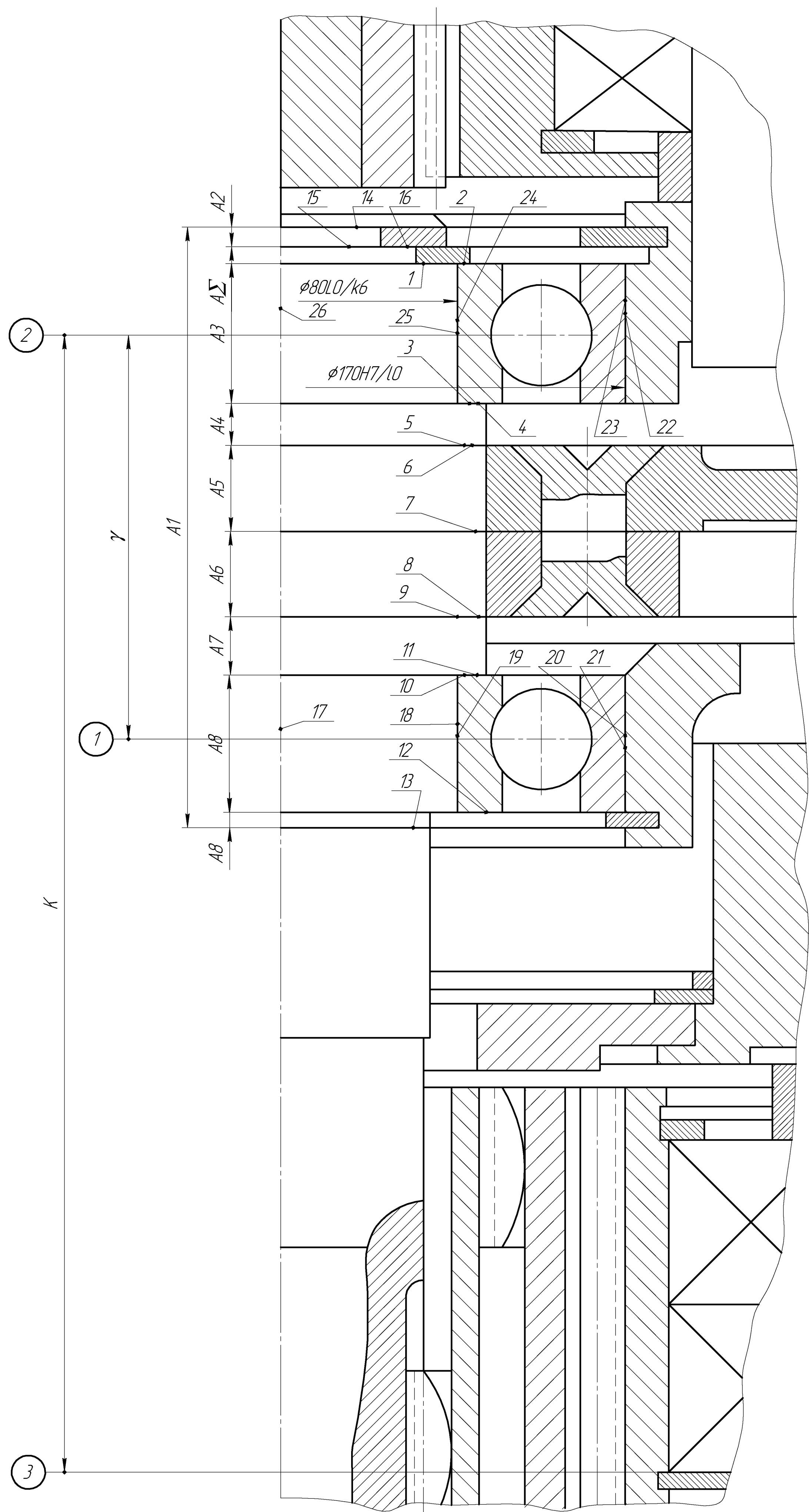


Схема відносного перекосу в зубчастому зачепленні

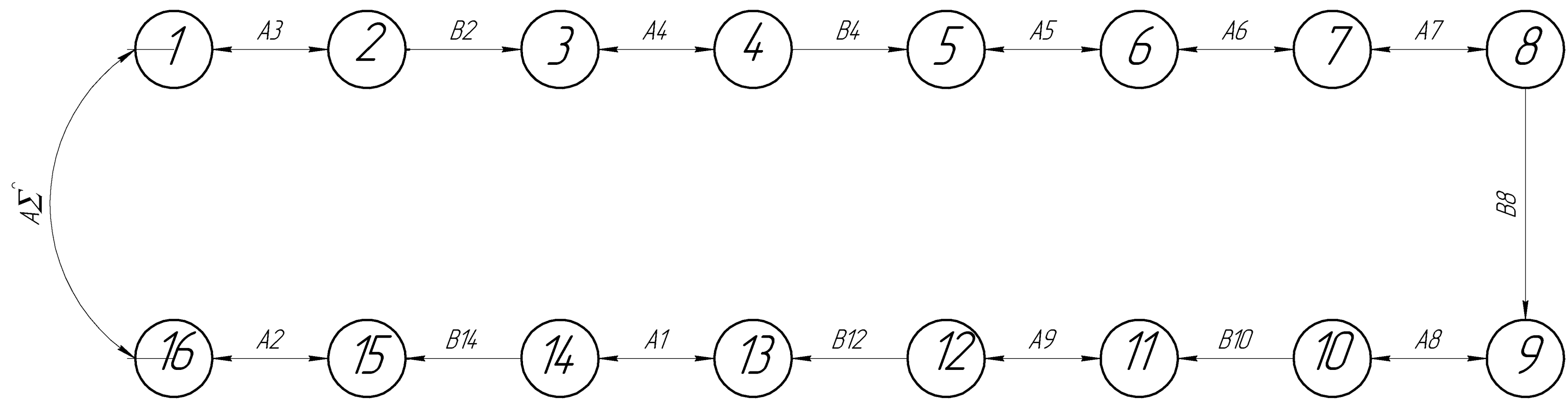


Схема лінійного розмірного ланцюга

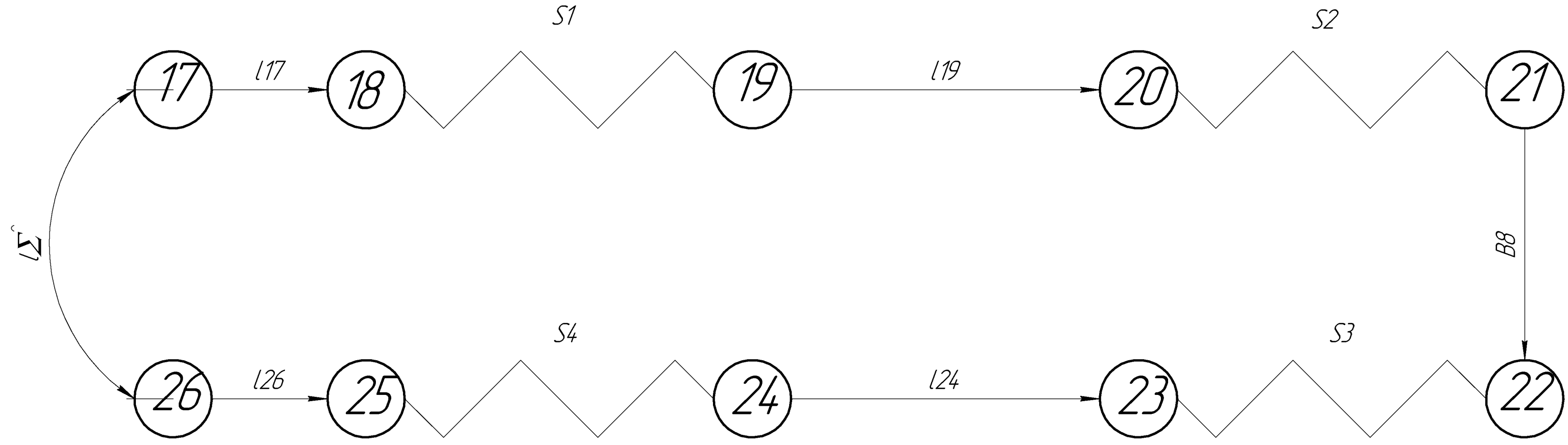


схема кутового розмірного ланцюга

КНУКМР.131.24.1-06.СК			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата
Розробив	Кувшненко		
Керівник	Нечасов		
Начальн.	Нечасов		
Затв.	Рязанцев		
Складальне креслення			
Лист	1	Листів	1
Кафедра ТМ			
гр. ПМ-24м			

1	840	40	75	19	475	18	1	117
2	5114	110	55	103	49	40	1	121
3	390	115		103	49	40	1	049
4	840	1625		202	475	18	1	459
5	360	55		092	535	355	1	352
$\frac{N^P}{D_{MM}}$	$\frac{L}{MM}$	$\frac{t}{MM}$	$\frac{S}{MM/\partial\partial}$	$\frac{V}{M \times \partial}$	$\frac{n}{\partial\partial \times \partial}$	i	$\frac{10}{\partial}$	

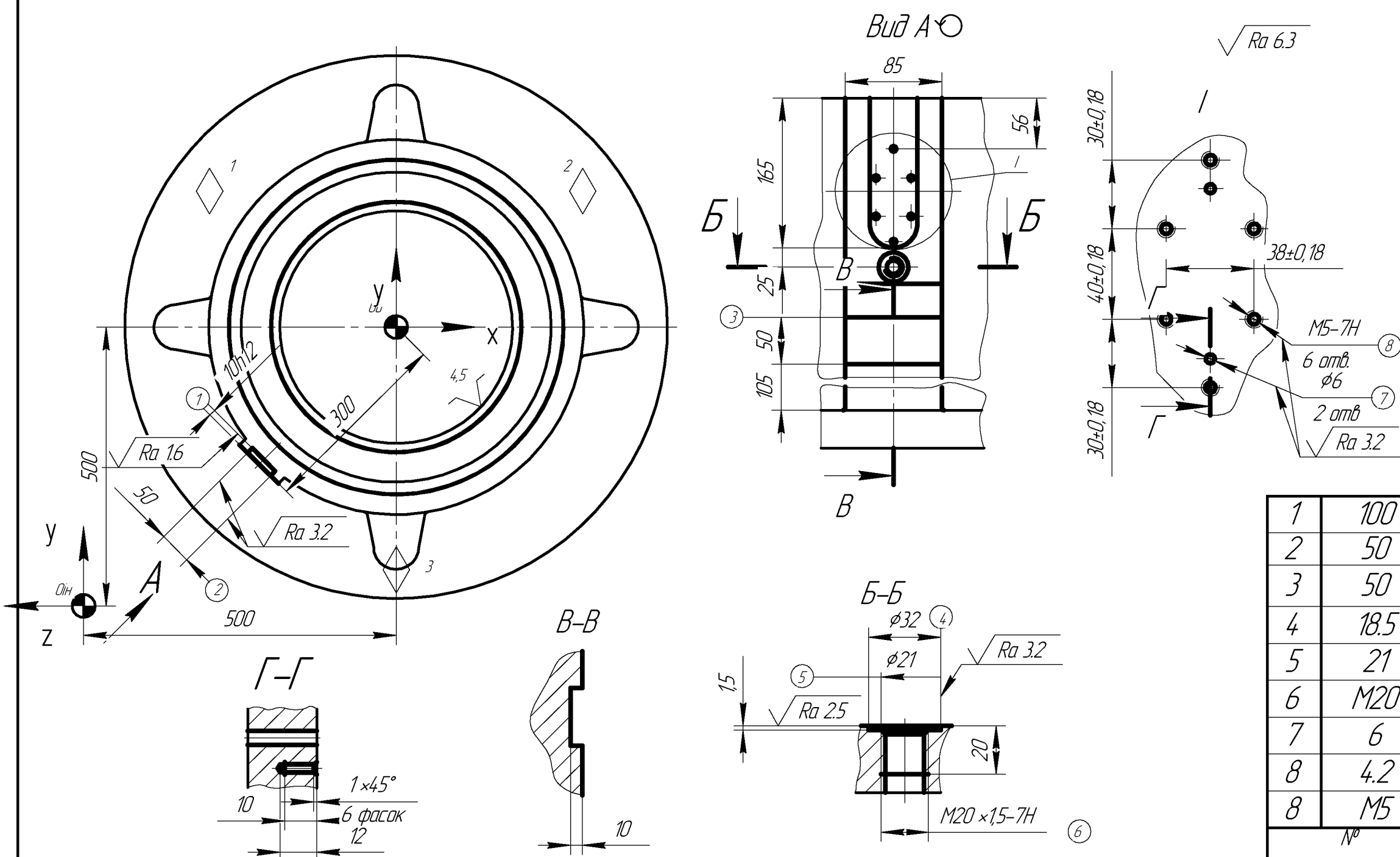
1	750	85		2.02	42.39	18	1	2.89
2	515	15		1.03	57.41	35.5	1	0.46
3	485	10		0.92	54.06	35.5	1	0.37
4	385	15		0.92	48.36	40	1	0.4
5	480	47.5		1.03	53.5	35.5	1	1.37
6	515	89		0.92	57.41	35.5	1	2.76
$\frac{R}{D}$	L	t	S	V	n	i		
$\frac{\text{mm}}{\text{mm}}$	MM	MM	MM/OD	M/XD	OD/XD			

1	515	25		0.31	306.15	250	1	0.62
2	390	10		0.31	306.15	250	1	0.11
3	360	55		0.31	287.6	250	1	0.75
4	515	2	2	0.31	404.2	250	1	0.03
5	390	10	10	0.31	306.15	250	1	0.11
6	360	5	5	0.31	282.6	250	1	0.05
7	840	115	15	0.31	117	150	1	1.4
$\frac{N^{\circ}}{D}$ $\frac{mm}{mm}$		L mm	f mm	S mm/od	V m/xđ	n od/xđ	i	T_0 xđ

1	515	15	1	0.44	323	200	1	0.19
2	580	32.5	1	0.31	307	250	1	0.46
3	385	15		0.31	302	250	1	0.19
4	515	89	1	0.31	404.2	250	1	1.16
5	515	2	2	0.31	404.5	250	1	0.03
$\frac{10}{201}$		$\frac{L}{MM}$	$\frac{f}{MM}$	$\frac{S}{MM/\sigma^2}$	$\frac{V}{M/\sigma^2}$	$\frac{\pi}{\sigma/\sigma^2}$	i	$\frac{1\sigma}{\sigma^2}$

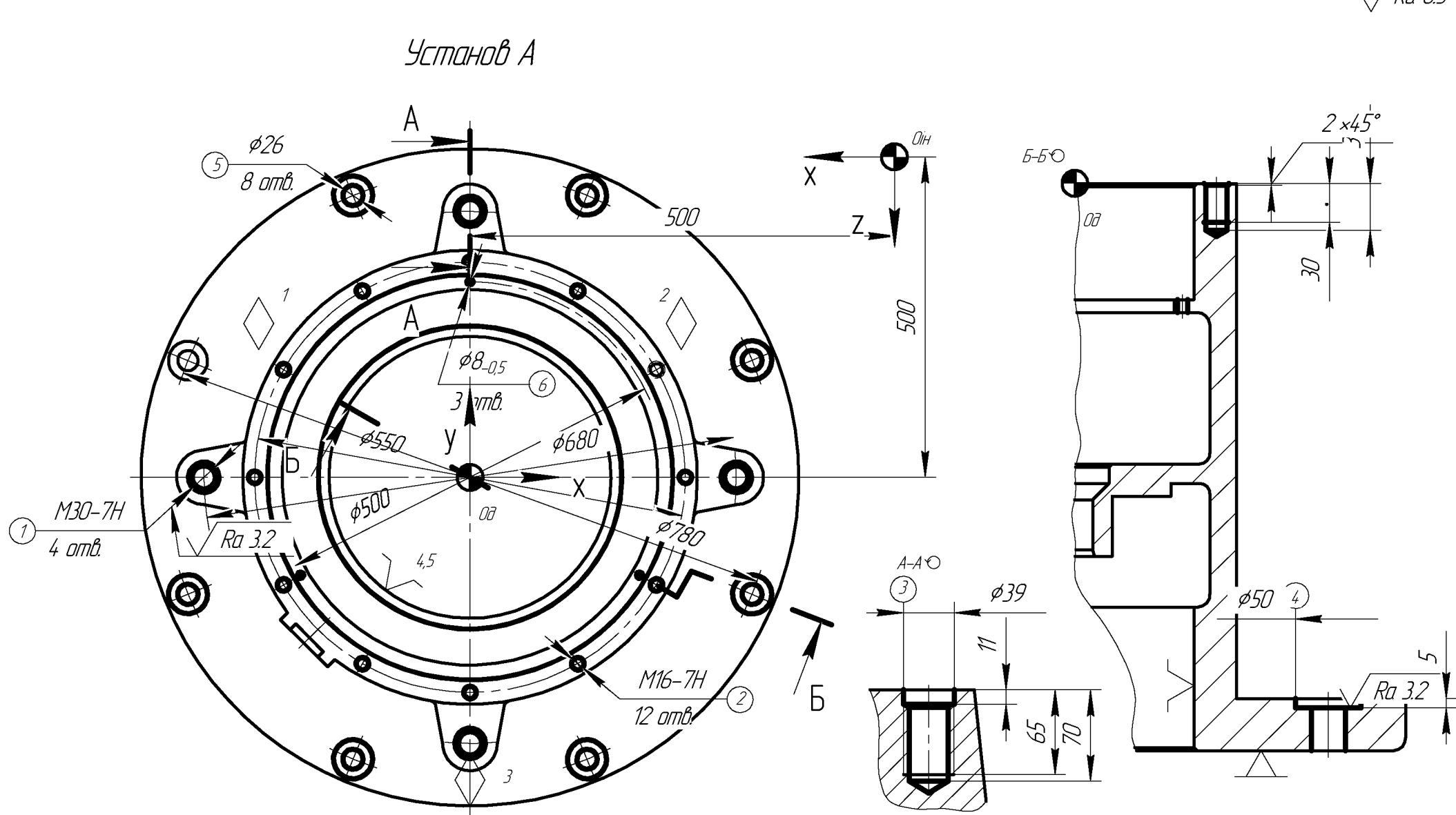
						КНУ.КМР.13124.1-06.ЕО				
						Ескізи операційні		Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив Керівник	Кузьменко Нечасів					Н				
							Лист	1	Листів	1
Нконтр. Затв.	Нечасів Разанцев					Кафедра ТМ гр. ПМ-24м				

035 Фрезерно-свердильна з ЧПК
Вертикально- фрезерний оброблювальний
центр із ЧПК Victor Vcenter-A1300



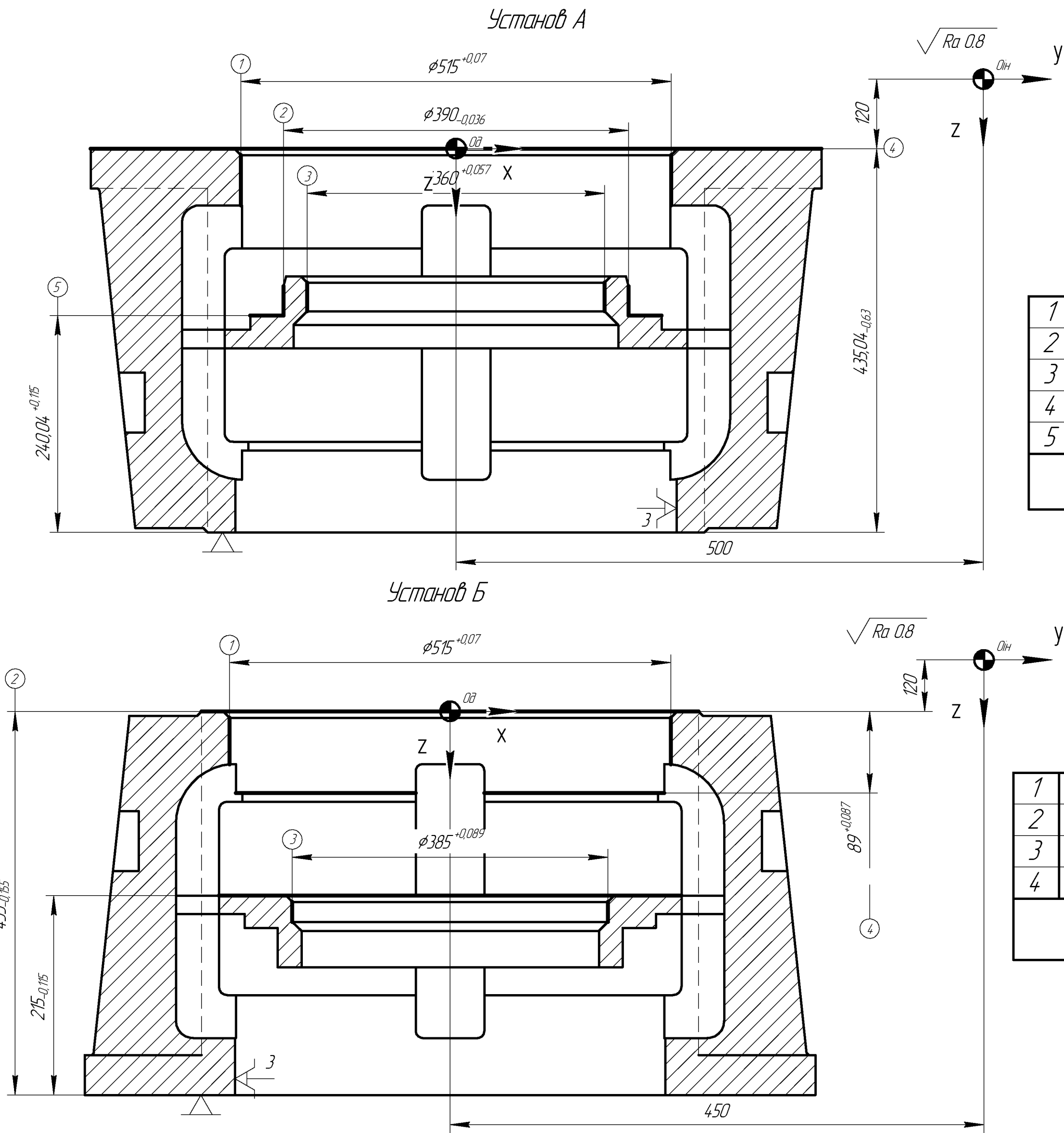
1	100	85	6	6.24	49.5	160	1	8.65
2	50	165	10	0.336	2198	140	1	3.61
3	50	85	10	0.336	2198	140	1	3.93
4	18.5	30	9.5	0.288	20.62	355	1	0.34
5	21	125	125	0.09	16.49	250	1	0.3
6	M20	20			8.04	80	1	0.16
7	6	20	3	0.99	23.6	1250	1	0.35
8	4.2	12	2.1	0.054	18.85	1000	1	0.09
8	M5	10			3.9	250	1	0.09
№ D mm	L mm	f mm	S mm/od	V m/xb	n od/xb	i	To xb	

045 Свердильна з ЧПК
Горизонтально- фрезерний оброблювальний
центр із ЧПК Victor Vcenter-A1300



1	26.4	70	13.2	0.387	19.35	250	1	0.87
1	M30	54		1.75	9.18	100	1	0.2
2	14	36	7	0.279	2198	500	1	0.36
3	16	2	1	0.063	12.56	250	1	0.44
2	M16	30		2	7.65	160	1	0.125
4	50	5	13	0.13	7.85	50	1	0.46
5	26	40	13	0.387	20.4	250	1	10.52
6	8	10	4	0.11	25.11	1000	1	0.18
№ D mm	L mm	f mm	S mm/od	V m/xb	n od/xb	i	To xb	

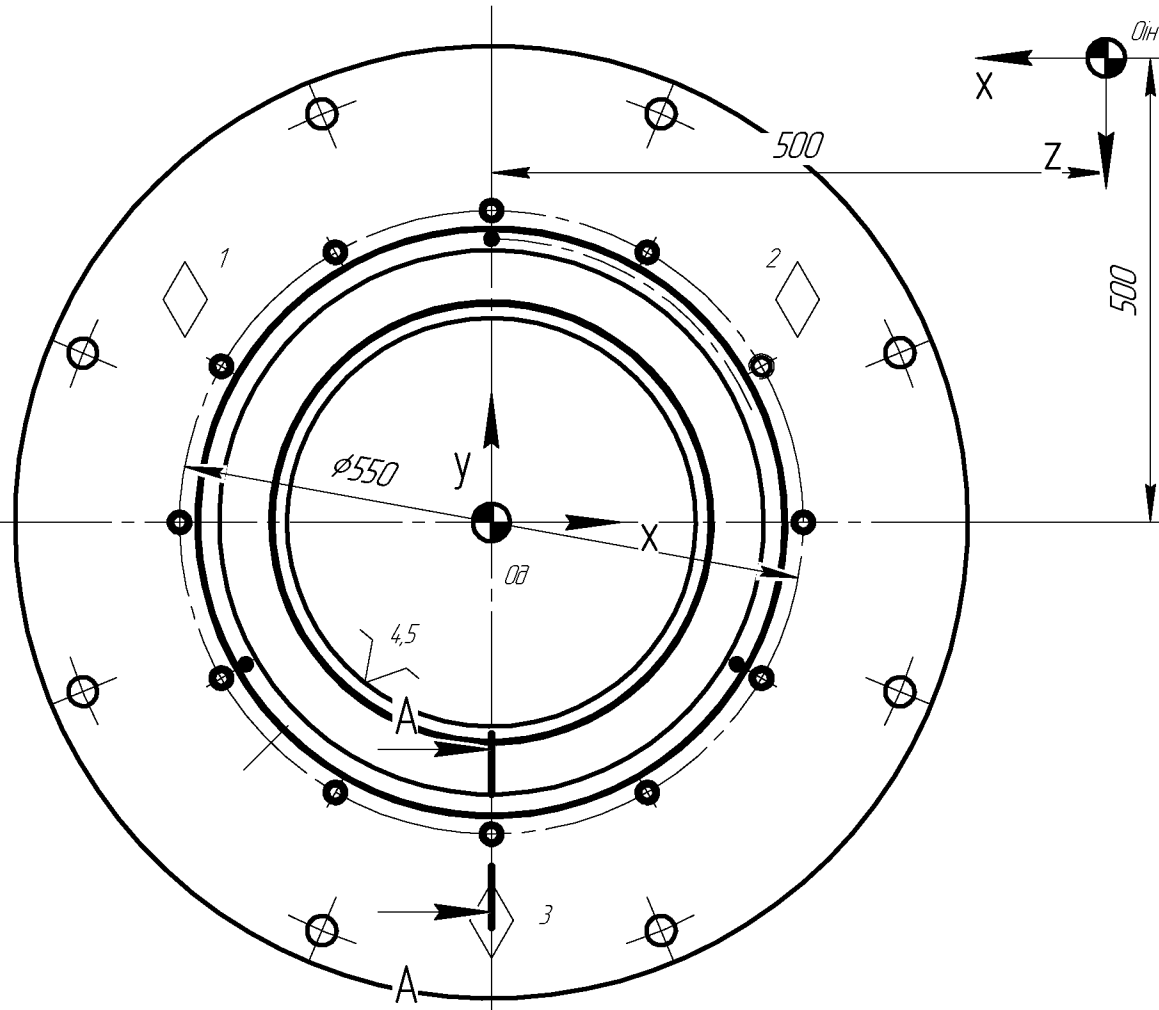
050 Токарна з ЧПК
Токарно-карусельний з ЧПК You Ji YV700



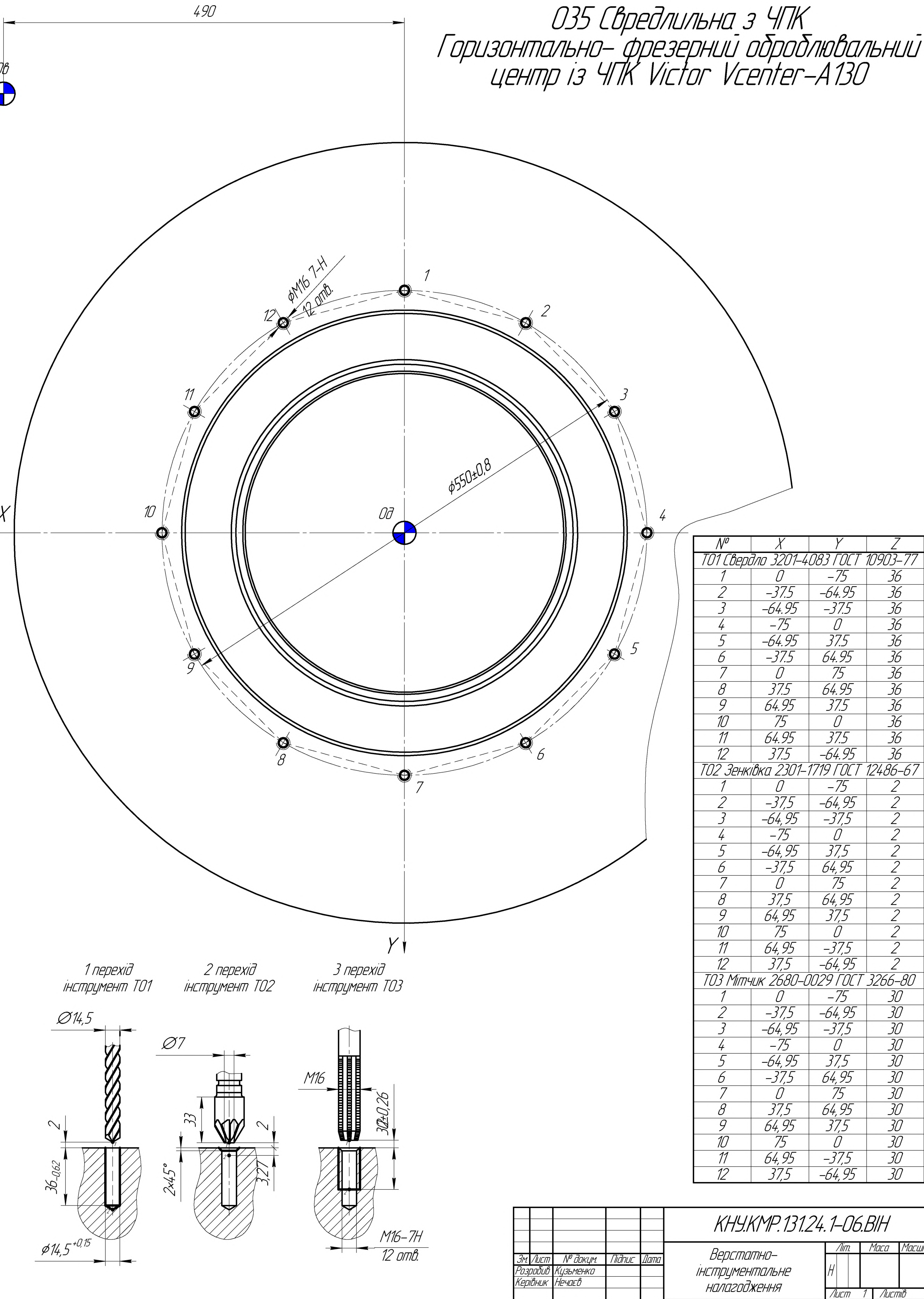
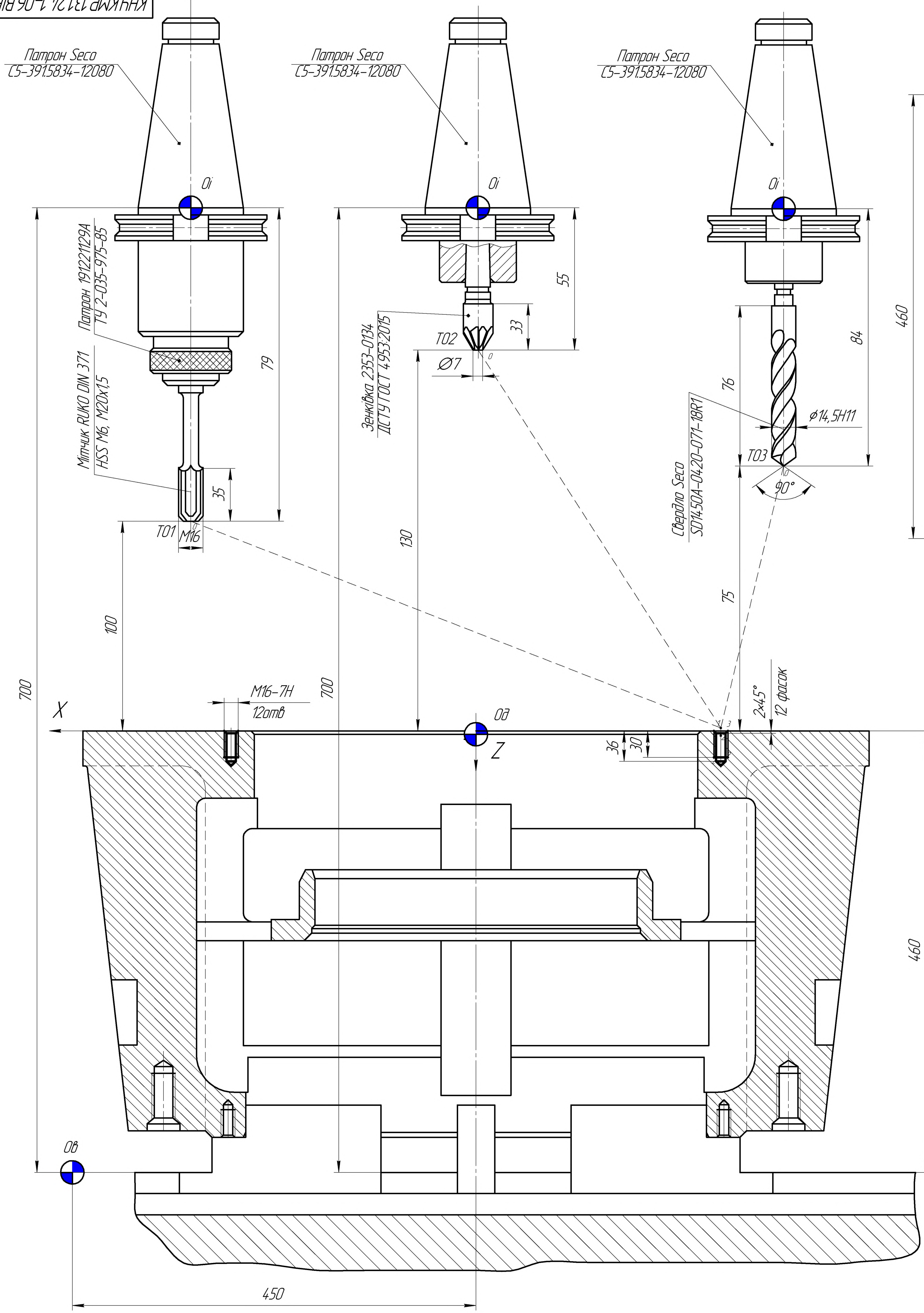
1	515	110	0.2	0.07	404.28	250	1	6.51
2	390	25	0.2	0.056	410	335	1	2.57
3	360	55	0.2	0.07	378.7	335	1	2.76
4	840	162.5	0.4	0.12	263.76	100	1	13.9
5	480	45	0.4	0.065	376.8	250	1	2.89
№ D mm	L mm	f mm	S mm/od	V m/xb	n od/xb	i	To xb	

1	515	89	0.2	0.07	409.28	250	1	5.2
2	480	47.5	0.4	0.065	376.8	250	1	3.2
3	385	15	0.2	0.07	405	335	1	0.78
4	580	32.5	0.4	0.065	364.24	200	1	2.84
№ D mm	L mm	f mm	S mm/od	V m/xb	n od/xb	i	To xb	

Установ Б



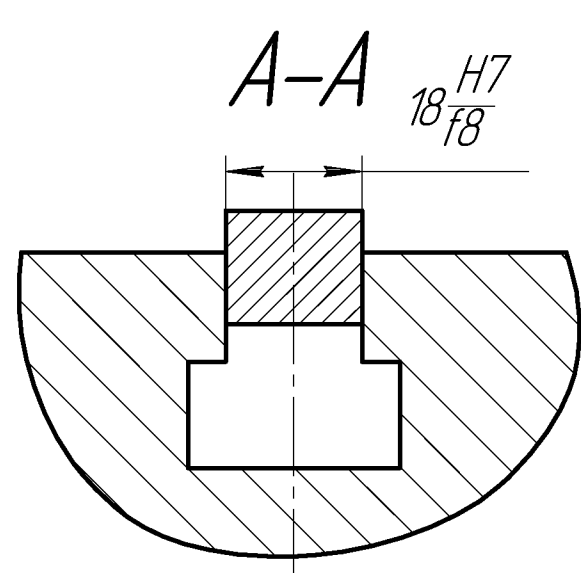
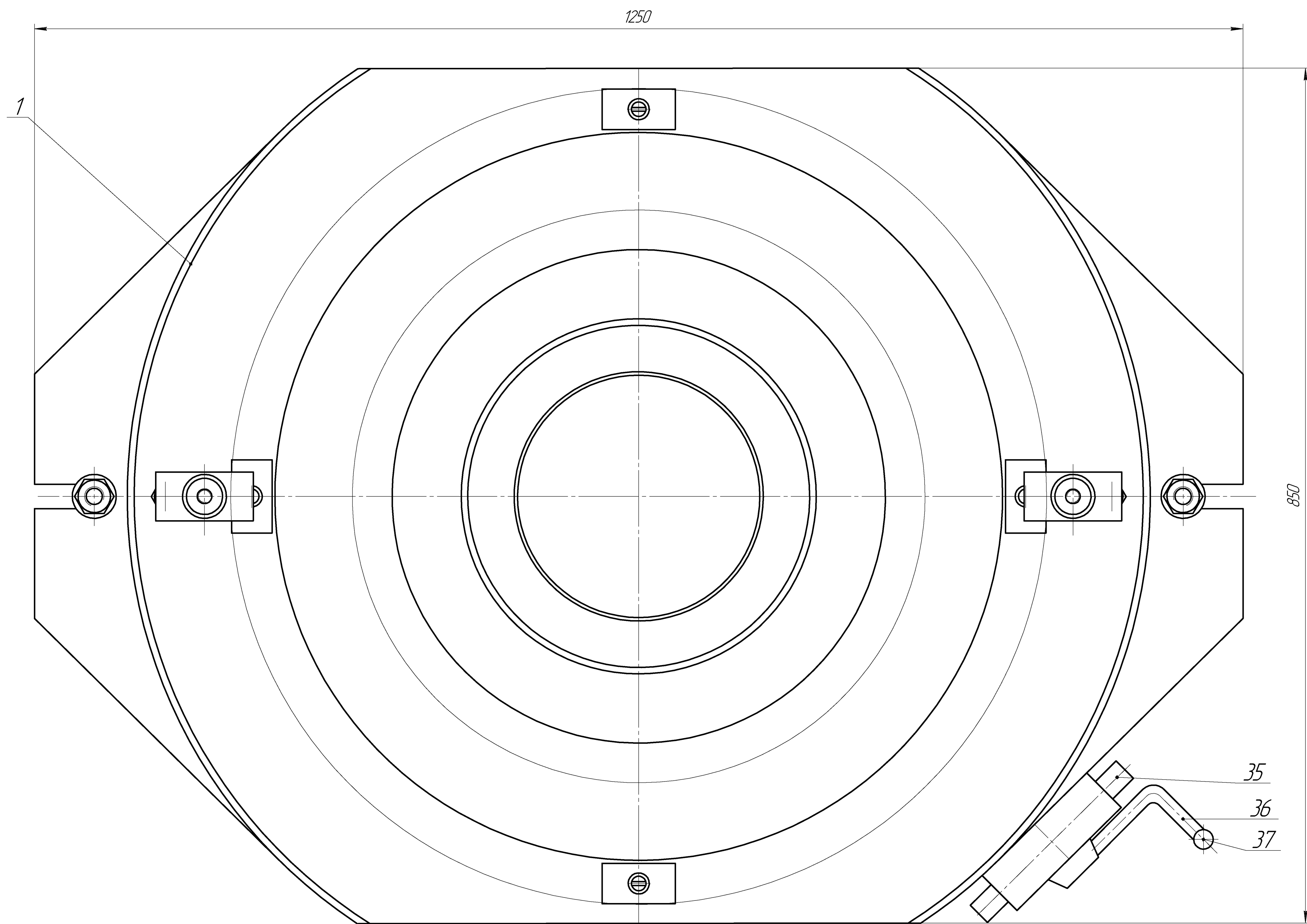
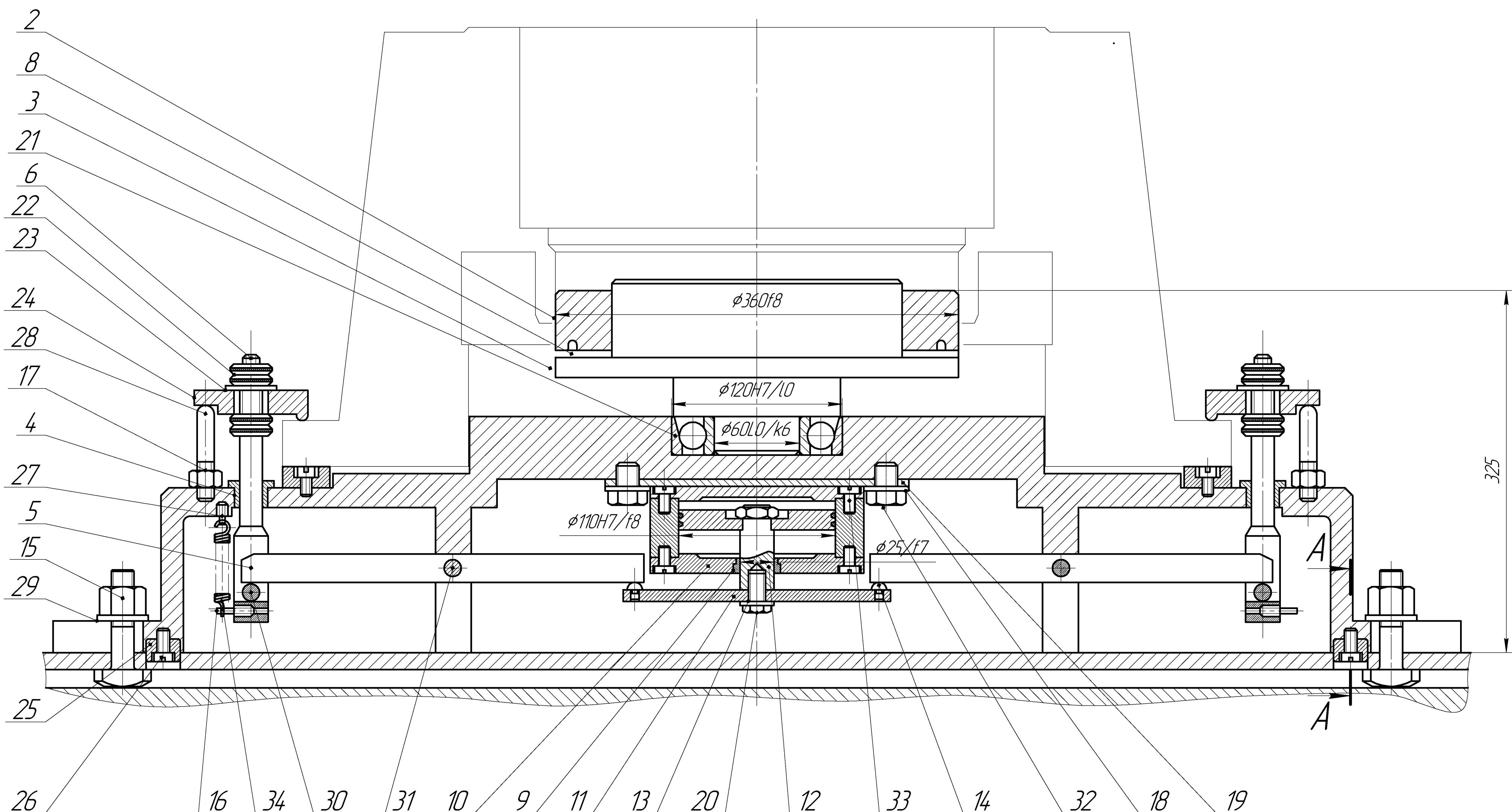
1	14	36	7	0.279	2198	500	1	0.36
1	16	2	1	0.63	12.56	250	1	0.44
1	16	30			7.65	160	1	0.125
$\frac{N^o}{D}$ mm	L mm	f mm	S mm/od	V m/xo	n od/xo	i	To xo	



035 Свердлильна з ЧПК
Горизонтально-фрезерний оброблювальний
центр із ЧПК Victor Vcenter-A130

№	X	Y	Z
T01 Свердло 3201-4083 ГОСТ 10903-77			
1	0	-75	36
2	-37,5	-64,95	36
3	-64,95	-37,5	36
4	-75	0	36
5	-64,95	37,5	36
6	-37,5	64,95	36
7	0	75	36
8	37,5	64,95	36
9	64,95	37,5	36
10	75	0	36
11	64,95	37,5	36
12	37,5	-64,95	36
T02 Зенківка 2301-1719 ГОСТ 12486-67			
1	0	-75	2
2	-37,5	-64,95	2
3	-64,95	-37,5	2
4	-75	0	2
5	-64,95	37,5	2
6	-37,5	64,95	2
7	0	75	2
8	37,5	64,95	2
9	64,95	37,5	2
10	75	0	2
11	64,95	-37,5	2
12	37,5	-64,95	2
T03 Мітчик 2680-0029 ГОСТ 3266-80			
1	0	-75	30
2	-37,5	-64,95	30
3	-64,95	-37,5	30
4	-75	0	30
5	-64,95	37,5	30
6	-37,5	64,95	30
7	0	75	30
8	37,5	64,95	30
9	64,95	37,5	30
10	75	0	30
11	64,95	-37,5	30
12	37,5	-64,95	30

КНУКМР.131.24.1-06.ВІН				
Верстатно-інструментальне налагодження		Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист		Н		
Розробив		Лист	1	Листів
Керівник		Немає		1
Начальник		Немає		
Затв.		Рязанцев		



1. Пристосування призначене для свердління отворів $\phi 39^{+0.52}$.
2. Зусилля затиску пневмоциліндра 2365 Н при тиску стислого повітря у мережі 4,0 МПа.

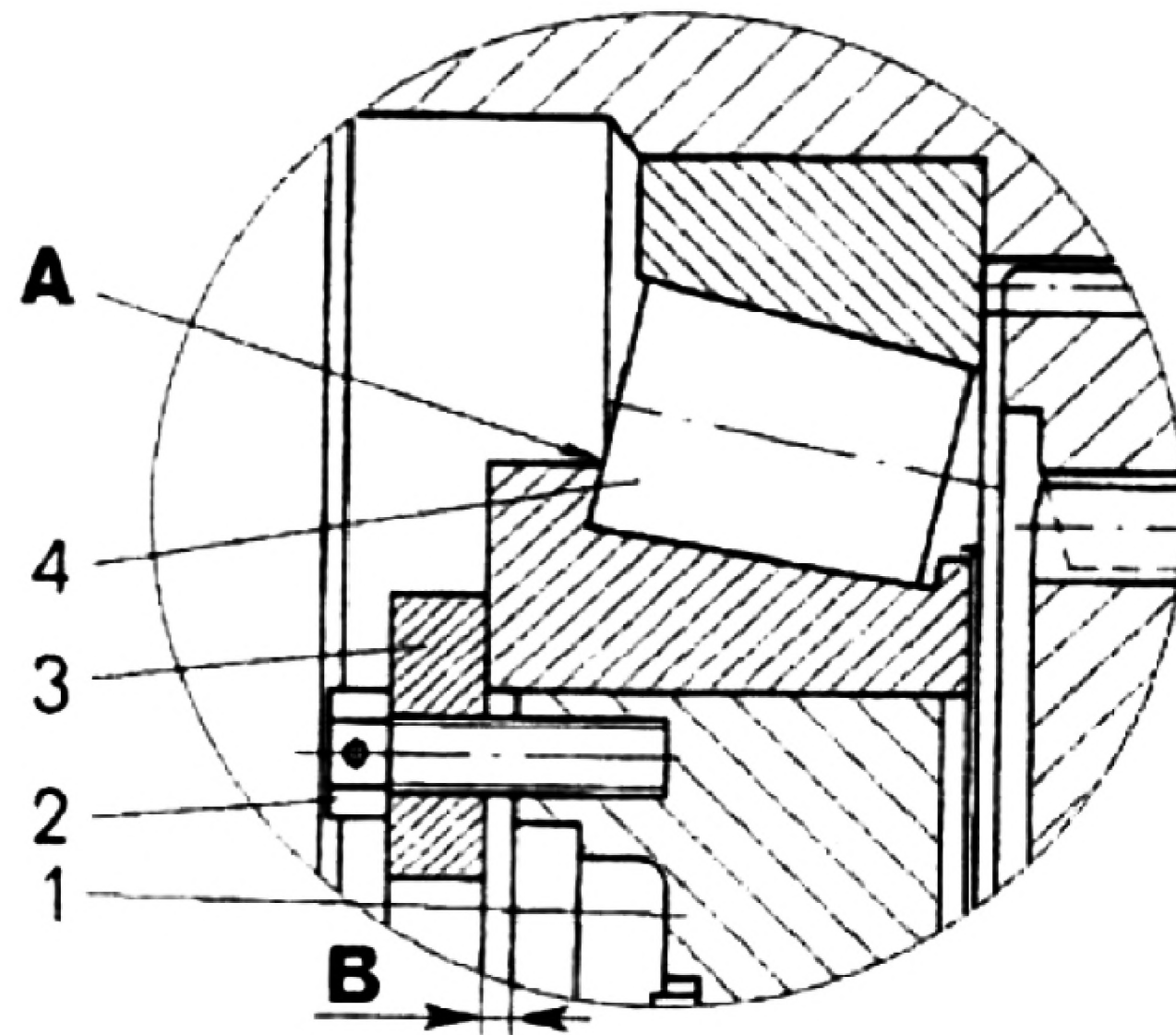
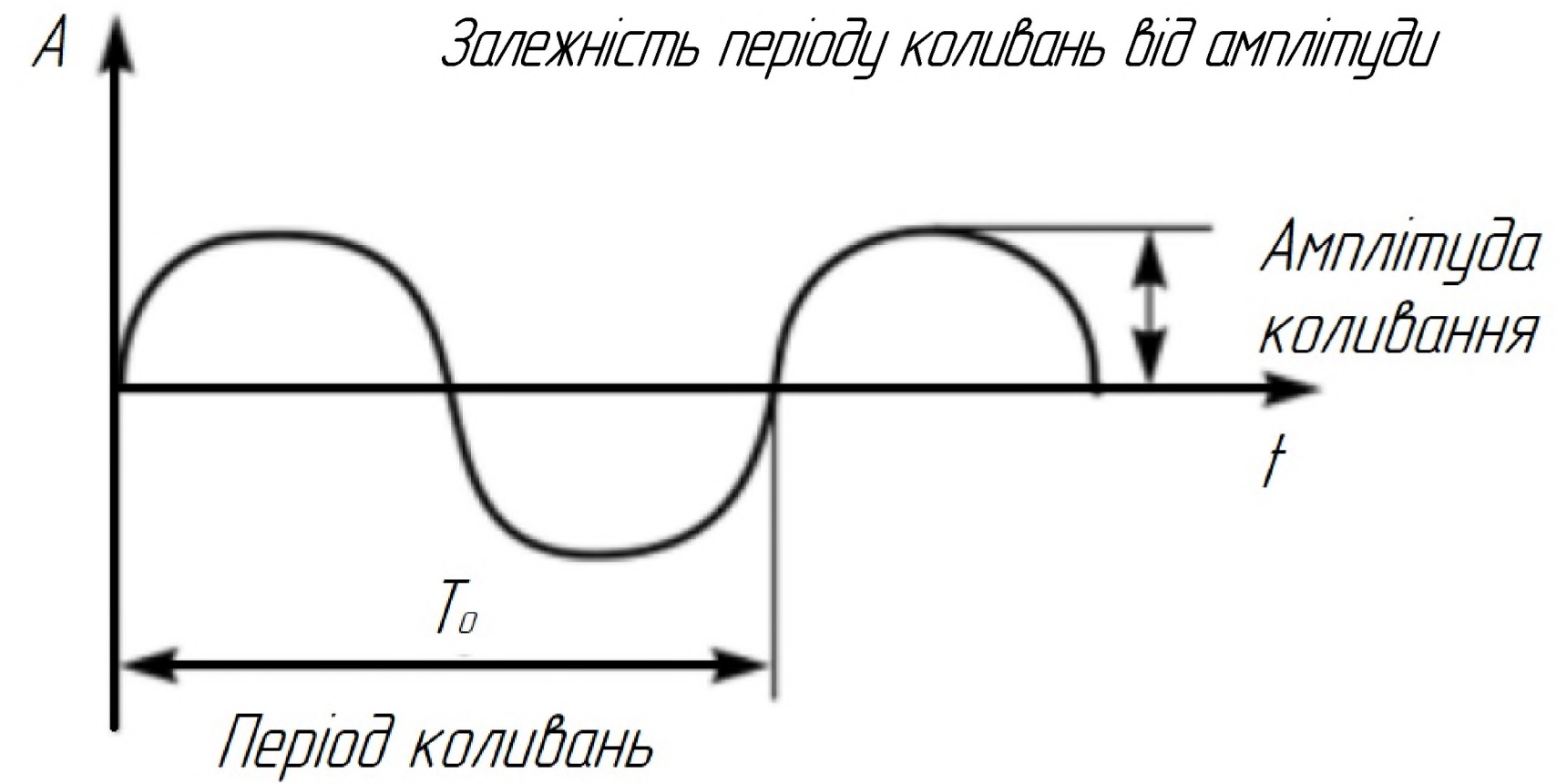
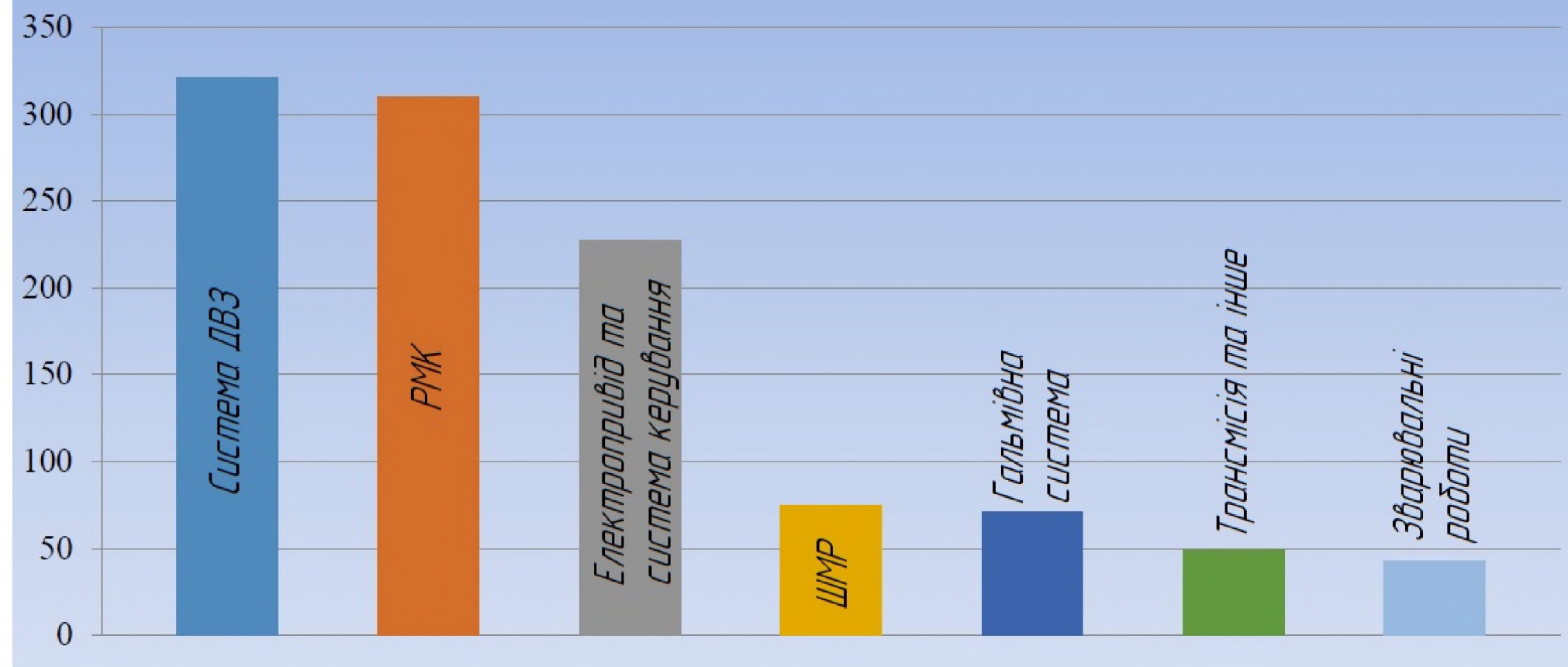
КНУКМР.13124.1-06.ВП				Верстатне пристосування		
Зм./Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Кузьменко			Н		1:2
Керівник	Нечасів			Лист	1	Листів 1
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		



						КНУ.КМР.131.24. 1-06.П/П						
						План лінії технологічної				Лист	Мапа	Максимум
						Н						1100
						Лист 1 Листів 1						
						Кафедра ТМ гр. ПМ-24м						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
	Разработчик		Кузьменко									
	Чертежник		Бенчаев									
Назначено		Бенчаев										
Затв.		Язынцев										

ДІАГНОСТИКА РЕДУКТОРІВ МОТОР-КОЛЕС КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

Повторюваність аварійних ремонтів



Перевірка зазорів:
 1 – корпус редуктора, 2 – болт регулювальний,
 3 – кільце упорне, 4 – підшипник,
 А – місце встановлення щупа; В – зазор

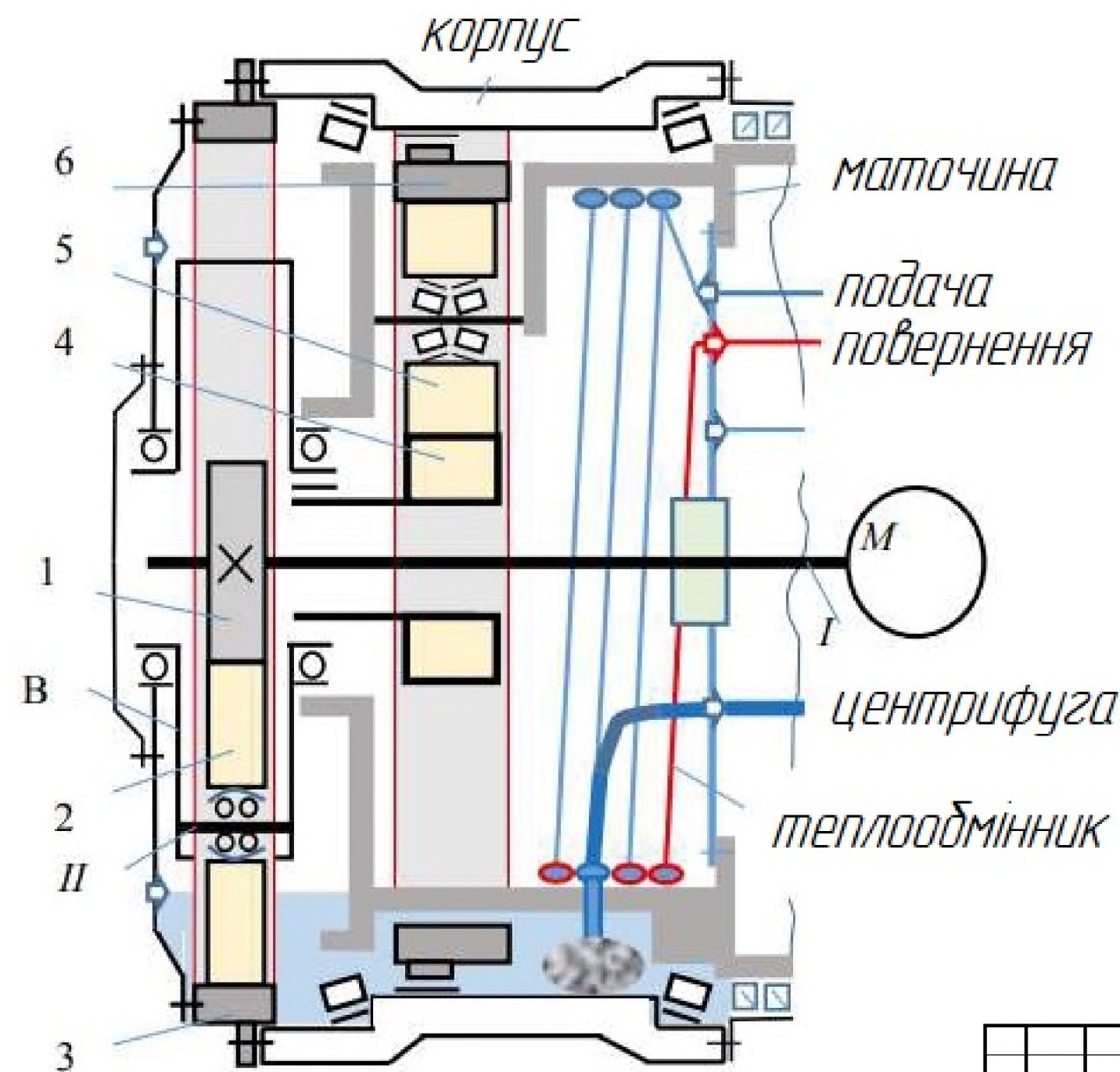
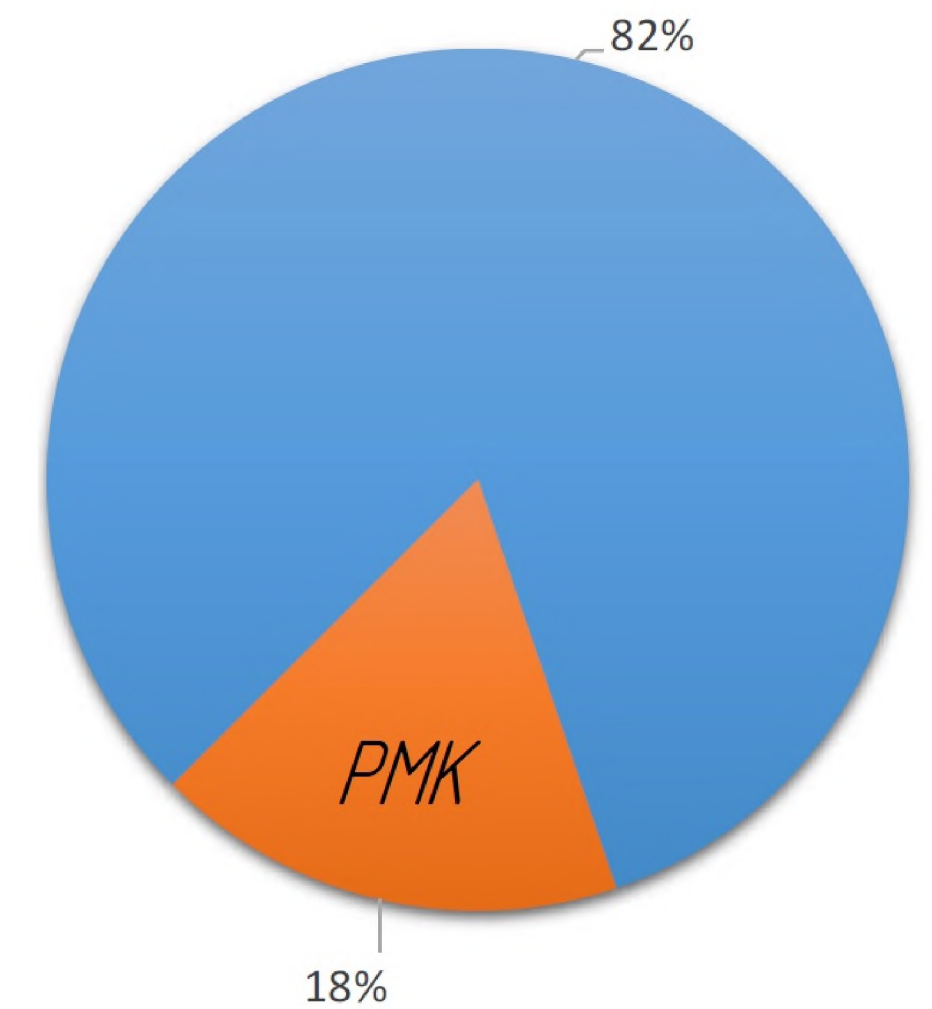


Схема РМК з системою «клімат-контроль»



Відсоткове співвідношення часу в годинах аварійних простоїв через вихід з ладу РМК до загальної кількості позапланових простоїв

				КНУ.КМР.13124.1-06.НДЧ			
				Науково-дослідна частина			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Керівник	Нечасов			Н		
Н.контр.	Затв.	Нечасов	Рязанцев		Лист	1	Листів 1
					Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		