

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей
шламового насосу 6ШВ-2 з використанням систем автоматизації

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Вегера Р.В.

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

Кривий Ріг
2025 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ
РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей
шламового насосу 6ШВ-2 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Вегера Р.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 Вегери Руслана Вікторовича

1. Тема: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 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 «Кронштейн». 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. Кронштейн. 3. Кронштейн (відливка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Технологічна оснастка. 7. Контрольний пристрій. 8. План робочого місця. 9. Наукова частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	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 _____ / Верєпа Р.В./

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 з використанням систем автоматизації»

Пояснювальна записка до КМР: 72 стор., 37 рисунків, 24 таблиці, комплект карт на 19 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 9 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2.

Предмет дослідження – методи та засоби автоматизації технологічної підготовки виробництва, що застосовуються для підвищення ефективності виготовлення деталей насосного обладнання.

Шламові насоси широко застосовуються у гірничо-збагачувальній, хімічній та енергетичній промисловості для транспортування абразивних та агресивних середовищ. Високі вимоги до зносостійкості, надійності та точності виготовлення деталей цих насосів зумовлюють необхідність удосконалення технологічних процесів.

Використання систем автоматизації дозволяє значно скоротити час на проектування технологій, зменшити собівартість виготовлення деталей, підвищити їх якість та забезпечити стабільність показників у серійному виробництві. Це відповідає сучасним тенденціям розвитку машинобудування та цифрової трансформації виробництва.

У магістерській роботі проведено дослідження та розробку технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 із застосуванням систем автоматизації. В роботі проаналізовано конструктивні особливості насосу, визначено вимоги до його основних деталей та запропоновано оптимальні технологічні маршрути їх виготовлення. На основі сучасних CAD/CAM систем побудовано моделі обробки та розроблено рекомендації щодо використання вискоєфективного інструменту й обладнання. Результати дослідження доводять, що впровадження автоматизованих технологічних рішень дозволяє скоротити витрати часу та ресурсів, підвищити якість і надійність виготовлених деталей, що є вагомим кроком у напрямку цифрової трансформації машинобудівних підприємств.

ШЛАМОВИЙ НАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, CAD/CAM СИСТЕМИ, ДЕТАЛІ МАШИН, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ВИРОБНИЧА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.Р			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вегера			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 components for the 6IIB-2 slurry pump applying automation systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 72 pages, 37 figures, 24 tables, a set of maps on 19 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 9 sheets of the graphic part.

Object of the research – the manufacturing process of parts for the slurry pump 6IIB-2.

Subject of the research – methods and means of automation of technological production preparation used to improve the efficiency of manufacturing pump equipment components.

Slurry pumps are widely used in the mining and beneficiation, chemical, and power industries for transporting abrasive and aggressive media. The high requirements for wear resistance, reliability, and manufacturing accuracy of these pump components necessitate the improvement of technological processes.

The use of automation systems makes it possible to significantly reduce the time required for process design, decrease the production cost of parts, improve their quality, and ensure stability of parameters in mass production. This corresponds to modern trends in mechanical engineering and the digital transformation of manufacturing.

In the master's thesis, research and development were carried out on the technological support of manufacturing parts of the 6IIB-2 slurry pump using automation systems. The design features of the pump were analyzed, requirements for its main components were defined, and optimal technological routes for their production were proposed. Based on modern CAD/CAM systems, machining models were built and recommendations were developed regarding the use of high-efficiency tools and equipment. The results of the study demonstrate that the implementation of automated technological solutions makes it possible to reduce time and resource consumption, improve the quality and reliability of manufactured parts, which represents an important step towards the digital transformation of machine-building enterprises.

SLURRY PUMP, TECHNOLOGICAL SUPPORT, AUTOMATION, CAD/CAM SYSTEMS, MACHINE COMPONENTS, MACHINING, PRODUCTION EFFICIENCY.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.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	12
2 Проектування технологічного процесу складання	14
2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	14
2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів	16
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	21
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	21
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	28
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	41
4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	41
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	42
5 Конструкторська підготовка виробництва	46
5.1 Проектування верстатного пристосування	46
5.2 Проектування контрольного пристосування	48
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	51
6.1 Проектування та організація робочого місця	51
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	55
6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	57
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	62
7.1 Технологічні можливості розгортання отворів з випереджальним пластичним деформуванням	62
7.2 Нарізання різьб мітчиками із застосуванням попереднього пластичного деформування матеріалу зрізаного шару	66
Висновки	70
Список використаних джерел	71
Додатки	73

					КНУ.КМР.131.25.1-04.3					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Вегера			Зміст			Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

ВСТУП

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

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

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

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

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

					КНУ.КМР.131.25.1-04.В					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Вегера				Вступ			Літ.	Арк.	Архциф
Перевір.	Нечаєв									
Реценз.										
Н. контр.	Нечаєв							Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.	Рязанцев									

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Магістерська випускна робота присвячена розробці технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 (рис. 1.1) з використанням систем автоматизації. У роботі розглядаються питання підвищення ефективності процесів обробки та складання деталей за рахунок впровадження сучасних CAD/CAM/CAE технологій, засобів автоматизованого проектування та комп'ютеризованих систем управління виробництвом. Вихідні дані для виконання роботи: складальне креслення вузла шламового насосу 6ШВ-2, креслення деталі «Кронштейн», річний обсяг випуску – 3000 шт.

Метою роботи є розробка ефективного технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 із застосуванням систем автоматизації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати конструктивні та експлуатаційні особливості шламового насосу 6ШВ-2;
- визначити технологічні вимоги до деталей, що піддаються механічній обробці;
- провести вибір заготовок, обладнання, інструментів та технологічного оснащення;
- розробити маршрути обробки деталей із застосуванням автоматизованих систем;
- побудувати моделі та перевірити їх у середовищі CAD/CAM;
- провести оцінку економічної доцільності впровадження розробленого технологічного процесу.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд шламового насосу 6ШВ-2

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-04.01.РУТЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>		
Розроб.	Вегера						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Шламові насоси 6Ш8-2 широко застосовуються в гірничорудній та вугільній промисловості для відкачування шахтних та кар'єрних вод, у нафтовій та газовій промисловості для допоміжних операцій при бурінні та перекачуванні промивного розчину, а також у будівельній та металургійній галузях для обробки та транспортування шламів та суспензій, та в системах.

Проточна частина насоса 6Ш8-2 (робоче колесо, спіральний корпус, кільце та передня кришка) виготовляється з легованої сталі 40Х із загартуванням та твердістю 40...45 HRC.

У шламовому насосі 6Ш8-2 коробка підшипників спроектована високонадійною, з великим ресурсом експлуатації та має рідку систему змащення маслом (рис. 1.2).

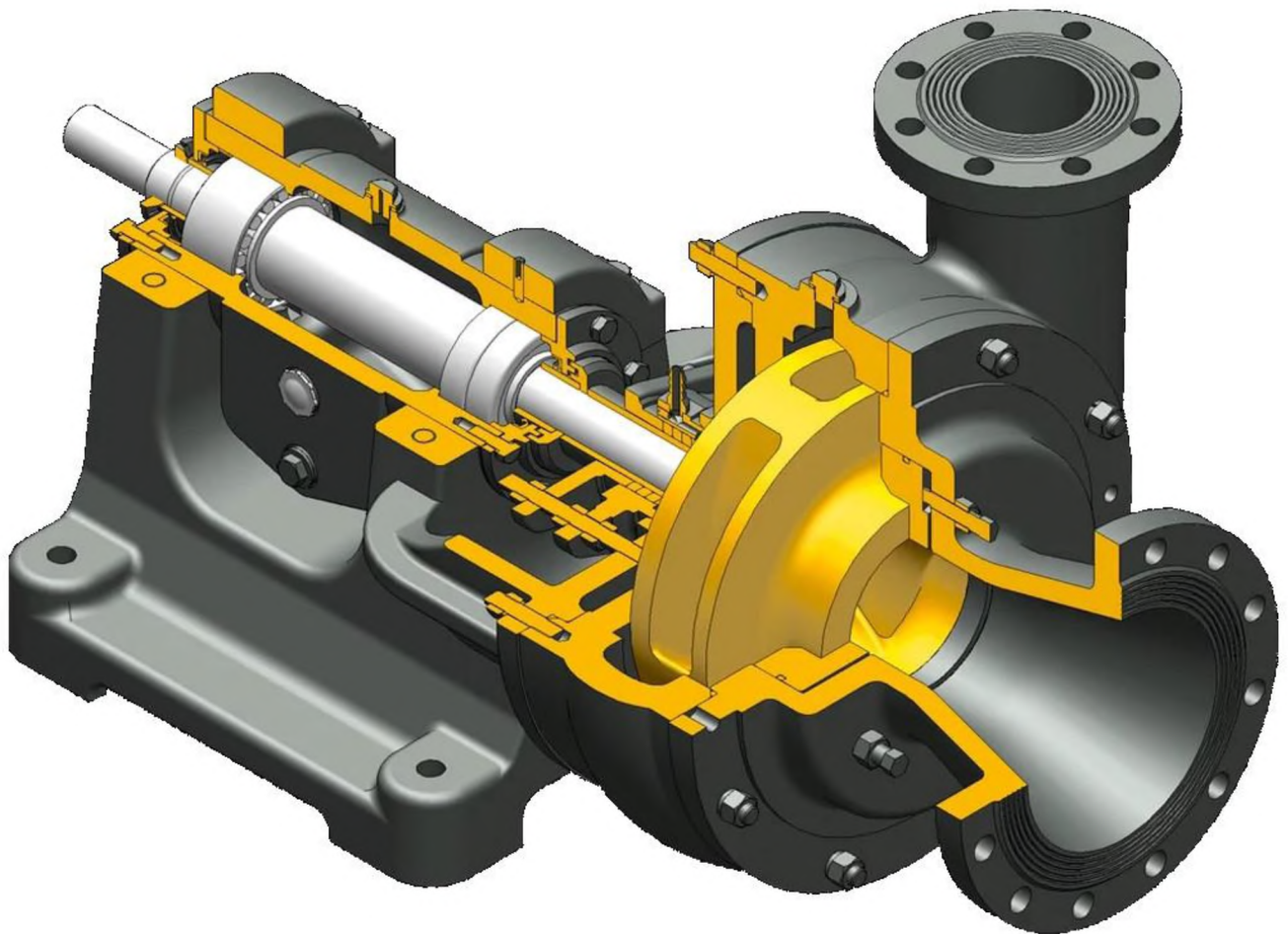


Рисунок 1.2 – Шламовий насос 6ШВ-2 в розрізі

Габаритні розміри насосу представлено на рис. 1.3.

Умовні позначення насоса 6Ш8 (6Ш8-2):

6Ш8 – тип насоса

УХЛ – кліматичне виконання

4 – категорія розміщення під час експлуатації

					КНУ.КМР.131.25.1-04.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

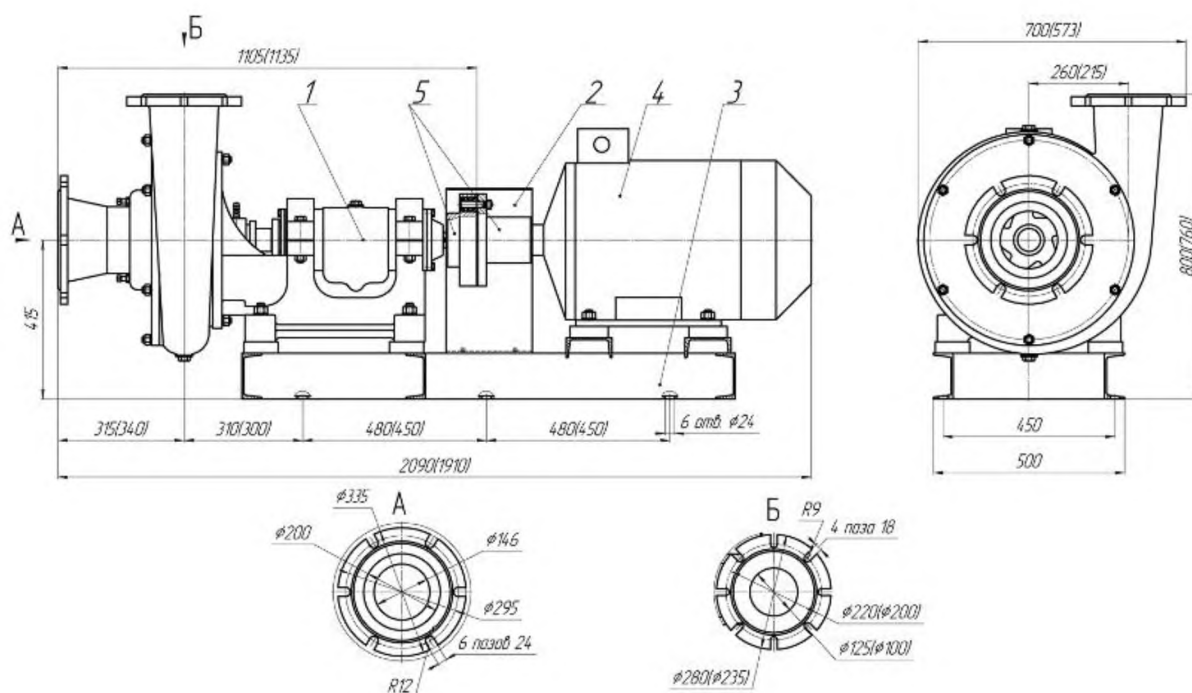


Рисунок 1.3 – Габаритні розміри шламового насосу 6ШВ-2

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики шламового насосу 6ШВ-2

№	Параметр	Значення
1	Подача, м ³ /год	150
2	Напір, м	33
3	Допустимий кавітаційний запас, м, не менше	4
4	ККД, не менш, %	64
5	Рекомендована потужність електродвигуна, кВт	30
6	Номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв	1500
7	Діаметр всмоктуючого патрубку	Ду125
8	Діаметр нагнітального патрубку	Ду100
9	Габаритні розміри насоса без електродвигуна, мм (Д-В-Ш)	1100-595-571
10	Габаритні розміри агрегату в зборі з електродвигуном, мм (Д-В-Ш)	1845-740-580
11	Вага насоса без електродвигуна, кг	430
12	Вага агрегату насосного в зборі з рамою та електродвигуном, кг	719

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З огляду на те, що магістерська робота передбачає використання автоматизованих інженерних систем, зокрема CAD-середовищ, на основі наданого двовимірного креслення було побудовано 3D-модель деталі «Кронштейн» шламового насоса 6ШВ-2 (рис. 1.4). Отримана просторова модель надалі слугуватиме основою для моделювання технології її обробки в САМ-системі.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

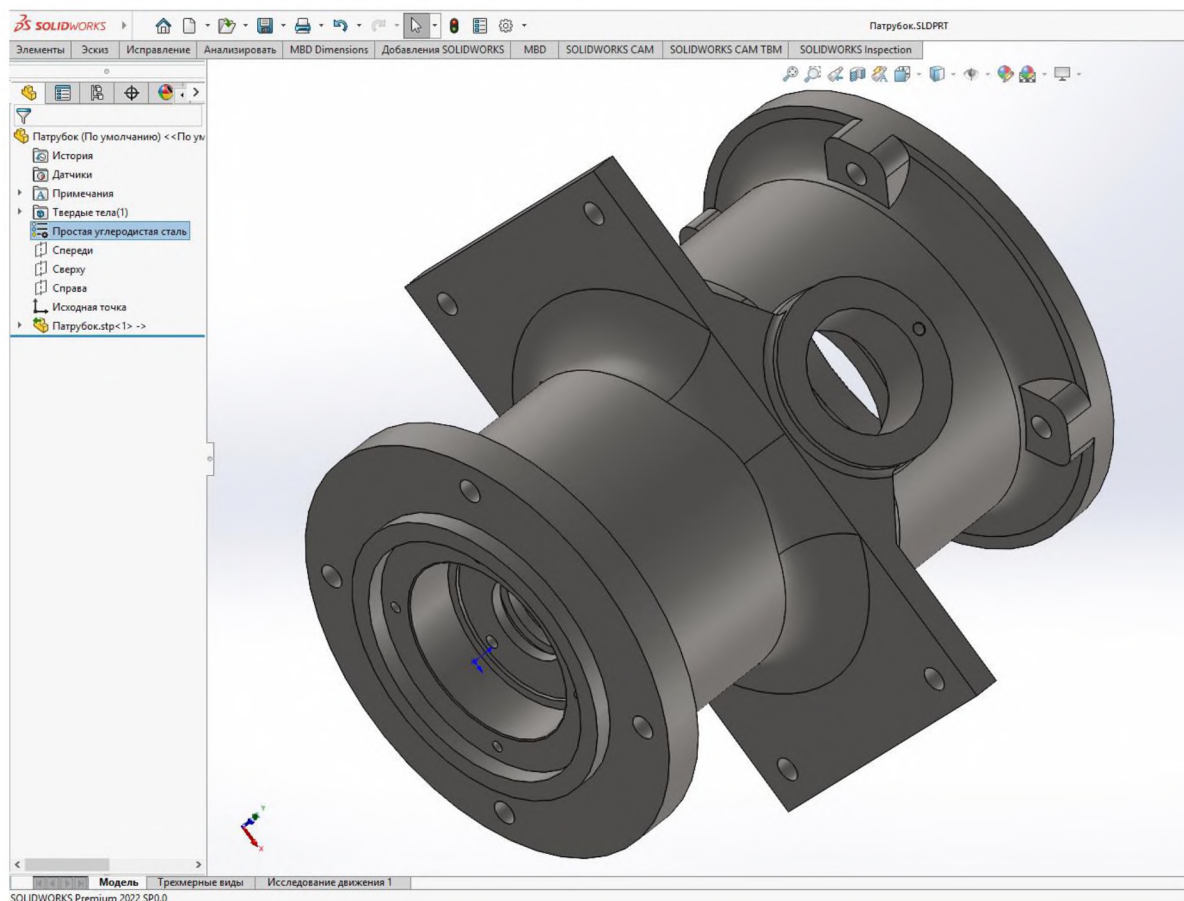


Рисунок 1.4 – Деталь «Кронштейн»

					КНУ.КМР.131.25.1-04.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Подпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Деталь «Кронштейн» є складовою частиною шламового насосу типу 6Ш8-2, що відноситься до групи лопасних насосів.

Даний насос призначений для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією щільністю до 1300 кг / м³, об'ємною концентрацією твердих включень до 25%. Твердість зважених часток не більше 3 по шкалі Мооса. Крупність окремих зважених часток не більше 20 мм. Температура перекачується гідросуміші від +5 до + 55 ° С. Застосовуються в різних галузях промисловості: нафтовидобувної, гірничорудної, будівельної, комунальної.

Відносно приводної частини насосу, до складу якої входить кронштейн можна сказати, що вузол є силовим, працює при низьких швидкостях і не потребує підвищеної точності виготовлення. В цілому механізм працює в умовах підвищеної вологості, абразивного зношення та забруднення. Тому необхідно забезпечити ізоляцію підшипникових вузлів від потрапляння пилу, абразиву та вологи.

2.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Лінійний розмірний ланцюг побудований на складальному кресленні і наведений на рисунку 2.1. Він повинен забезпечувати взаємне розташування підшипникових вузлів і вала в корпусі, тому в розмірний ланцюг входять наступні ланки:

В результаті складання вузла необхідно забезпечити лінійний зазор між ніжкою кришки та підшипником, який дорівнює $A_{\Sigma} = 0^{+0,55}_{+0,05}$ мм. Таким чином його допуск складає $T_{\Sigma} = 0,5$ мм, що є дуже жорсткими вимогами для лінійного ланцюга з крупними розмірами та великими допусками. Тому для забезпечення вимог точності було вибрано ланку-компенсатор (A_7), в якому вимагаємий зазор отримується за рахунок періодичного переміщення регулюючих болтів при підналагодженні ланцюга, а фіксація здійснюється за допомогою шпильок та гайок.

Так як можливо компенсувати будь-яку величину, то на всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно досяжні допуски і заповнюємо таблицю 1.1.

Вихідні дані: $A_1=419\pm0,775$ мм, $A_2=20_{-0,21}$ мм, $A_3=33_{-0,12}$ мм, $A_4= 321\pm0,7$ мм, $A_5=38_{-0,12}$ мм, $A_6=90_{-0,15}$ мм, $A_K=A_7=3\pm0,2$ мм, $A_{\Sigma}=1\pm0,5$ мм.

Допуск технологічно досяжної ланки-компенсатора визначаємо за формулою:

$$T_{A7} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i), \quad (2.1)$$

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Везера</i>				<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						

де T_{Ai} – допуски складових ланок;

β_i - торцеві биття спряжених поверхонь.

Таким чином:

$$T_{A7} = 1,55 + 0,21 + 0,12 + 1,4 + 0,12 + 0,15 + 0,17 + 0,17 + 0,11 + 0,4 + 0,6 = 5 \text{ мм}$$

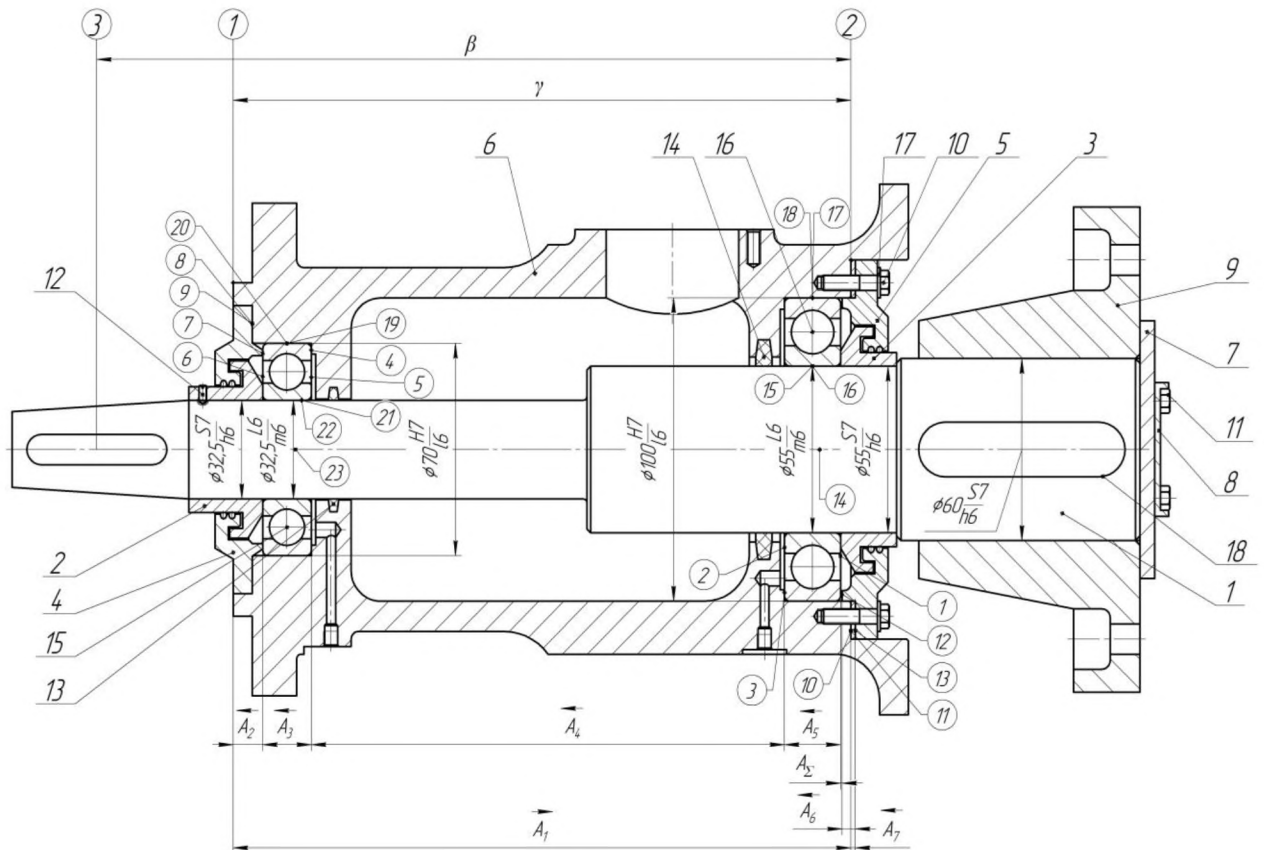


Рисунок 2.1 – Схема лінійного та кутового розмірних ланцюгів

Величина компенсації:

$$T_K = T_{A7} - [T_\Sigma] \quad (2.2)$$

де T_Σ - технологічно досяжний допуск на замикаючу ланку,

$[T_\Sigma]$ - потрібний допуск на замикаючу ланку.

$$T_K = 5 - 0,5 = 4,5 \text{ мм}$$

Необхідна кількість прокладок:

$$N = \left[\frac{T_K}{[T_\Sigma]} \right] + 1 = \frac{4,5}{0,5} + 1 = 11, \quad (2.3)$$

Уточнення величини сходинки компенсатора:

$$T_{CT} = \frac{T_K}{N-1} = \frac{4,5}{11-1} = 0,45 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Середній розмір компенсатора:

$$A_{CK} = A_{КОМП} + \Delta C_{КОМП} + \Delta C_\Sigma - [\Delta C_\Sigma] \quad (2.5)$$

де $A_{КОМП}$ – номінальний розмір ланки-компенсатора,

$\Delta C_{КОМП}$ - середина поля технологічно досяжного допуску ланки-компенсатора,

$[\Delta C_\Sigma]$ - середина поля потрібного допуску ланки-компенсатора.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$A_{CK} = 3 + 0 + 0 + 0 = 3 \text{ мм}$$

Граничні значення компенсатора:

$$A_{KMAX} = A_{CK} + \frac{T_K}{2} = 3 + \frac{4,5}{2} = 5,25 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

$$A_{KMIN} = A_{CK} - \frac{T_K}{2} = 3 - \frac{5}{2} = 0,75 \text{ мм}, \quad (2.7)$$

Розміри сходинок змінних деталей отримуємо шляхом віднімання від максимального розміру ланки-компенсатора величини сходинок компенсатора: $5,25 \pm 0,2 \text{ мм}$, $4,8 \pm 0,2 \text{ мм}$, $4,35 \pm 0,2 \text{ мм}$, $3,9 \pm 0,2 \text{ мм}$, $3,45 \pm 0,2 \text{ мм}$, $3 \pm 0,2 \text{ мм}$, $2,55 \pm 0,2 \text{ мм}$, $2,1 \pm 0,2 \text{ мм}$, $1,65 \pm 0,2 \text{ мм}$, $1,2 \pm 0,2 \text{ мм}$, $0,75 \pm 0,2 \text{ мм}$

2.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Виходячи з рисунка 2.1 ланцюг γ складається з наступних величин:

S_1, S_4 – посадка внутрішнього кільця підшипника на вал;

S_2, S_3 – посадка зовнішнього кільця підшипника в патрубок;

e_{14}, e_{23} – ексцентриситет посадкових шийок вала;

e_{16}, e_{21} – половина радіального биття підшипників;

e_{18} – зміщення осей отворів в патрубку.

Для розрахунку наведеного розмірного ланцюга приймаємо:

- підшипник № 411 DIN 625-1 класу точності Р6. Граничні відхилення на посадкові розміри підшипника та його радіальне биття:

$$\varnothing 110 \frac{L6}{m6} \left(\begin{array}{c} -0,015 \\ +0,035 \\ +0,013 \end{array} \right) \text{ мм}; \quad \varnothing 200 \frac{H7}{l6} \left(\begin{array}{c} +0,046 \\ - \\ -0,020 \end{array} \right) \text{ мм}.$$

Для визначення e_{16} радіальне биття внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника додають за формулою:

$$e_{16} = \frac{e_{16\text{вн.}} + e_{16\text{зов.}}}{2}, \quad (2.8)$$

$$e_{16} = \frac{0,013 + 0,025}{2} = 0,019 \text{ мм}$$

- підшипник № 222 DIN 625-1 класу точності Р6. Граничні відхилення на посадкові розміри підшипника та його радіальне биття:

$$\varnothing 55 \frac{L6}{m6} \left(\begin{array}{c} -0,012 \\ +0,030 \\ +0,011 \end{array} \right) \text{ мм}; \quad \varnothing 140 \frac{H7}{l6} \left(\begin{array}{c} +0,040 \\ - \\ -0,015 \end{array} \right) \text{ мм}.$$

Визначення e_{21} радіальне биття внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника проводимо аналогічно:

$$e_{21} = \frac{0,010 + 0,02}{2} = 0,015 \text{ мм}$$

Допуски зазорів визначаємо за формулою:

$$Ts_i = S \max_i - S \min_i, \quad (2.9)$$

де $S_{\max}$ – максимальний зазор;

$S_{\min}$ – мінімальний зазор.

$$S \max = ES - ei; \quad S \min = EI - es, \quad (2.10)$$

де ES, EI – верхнє і нижнє відхилення отвору;

es, ei – верхнє і нижнє відхилення вала.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$S_1 \max = S_4 \max = 0 - 0,013 = -0,013 \text{ мм}$$

$$S_1 \min = S_4 \min = -0,015 - 0,035 = -0,05 \text{ мм}$$

Тобто в спряженні забезпечується натяг. В подальших розрахунках враховуємо тільки зазор, тому: $Ts_{1,4} = 0 \text{ мм}$.

$$S_2 \max = 0,046 - (-0,020) = 0,066 \text{ мм}$$

$$S_2 \min = 0 - 0 = 0 \text{ мм}$$

$$Ts_2 = 0,066 - 0 = 0,066 \text{ мм}$$

$$S_3 \max = 0,040 - (-0,015) = 0,055 \text{ мм}$$

$$S_3 \min = 0 - 0 = 0 \text{ мм}$$

$$Ts_3 = 0,055 - 0 = 0,055 \text{ мм}$$

Координату середини поля допуску зазору визначаємо за формулою:

$$em_{si} = \frac{em_D + em_d}{2}, \quad (2.11)$$

де em_D – координата середини поля допуску отвору;

em_d – координата середини поля допуску вала.

$$em_D = \frac{ES + EI}{2}; \quad em_d = \frac{es + ei}{2}, \quad (2.12)$$

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

$$em_{d1} = \frac{es + ei}{2} = \frac{0,035 + 0,013}{2} = 0,024 \text{ мм},$$

$$em_{D2} = +0,023 \text{ мм},$$

$$em_{d2} = -0,010 \text{ мм},$$

$$em_{D3} = +0,020 \text{ мм},$$

$$em_{d3} = -0,0075 \text{ мм},$$

$$em_{D4} = -0,006 \text{ мм},$$

$$em_{d4} = +0,0205 \text{ мм}.$$

$$em_{s1} = \frac{-0,0075 + 0,024}{2} = +0,00825 \text{ мм},$$

$$em_{s2} = \frac{0,023 + (-0,01)}{2} = +0,0065 \text{ мм},$$

$$em_{s3} = \frac{0,020 + (-0,0075)}{2} = +0,00625 \text{ мм},$$

$$em_{s4} = \frac{-0,006 + 0,0205}{2} = +0,00725 \text{ мм}.$$

Допуск на вихідну ланку визначаємо по ймовірному методу для проектних розрахунків за формулою:

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{si}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2}, \quad (2.13)$$

$$Te_{\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 0,066^2 + 0,055^2) + 0,56 \cdot (0,01^2 + 0,005^2 + 0,019^2 + 0,0105^2 + 0,025^2)} = 0,0578 \text{ мм}$$

Координату середини поля допуску визначаємо за формулою:

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [em_{si} + 0,5 \cdot \vec{T}_{ei} + 0,05 \cdot (\vec{T}_{si} + \vec{T}_{ei})] - \sum_{j=1}^m [em_{sj} + 0,5 \cdot \vec{T}_{ej} + 0,05 \cdot (\vec{T}_{sj} + \vec{T}_{ej})] \quad (2.14)$$

$$em_{e\Sigma} = [(0,00825 + 0,0065) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,005 + 0,019 + 0,0105 + 0,025) + 0,05 \cdot (0 + 0,066 + 0,055 + 0,01 + 0,005 + 0,019 + 0,0105 + 0,025)] - [(0,00825 + 0,0065) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,005 + 0,019 + 0,0105) + 0,05 \cdot (0 + 0,066 + 0,055 + 0,005 + 0,019 + 0,0105)] = 0,0143 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки величини зміщення вісі вала в опорах за формулою:

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
 es_{e_{\Sigma}} &= em_{e_{\Sigma}} + \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2}; & ei_{e_{\Sigma}} &= em_{e_{\Sigma}} - \frac{T_{e_{\Sigma}}}{2}, \\
 es_{e_{\Sigma}} &= 0,0143 + \frac{0,0578}{2} = +0,043 \text{ мм} \\
 ei_{e_{\Sigma}} &= 0,0143 - \frac{0,0578}{2} = -0,015 \text{ мм} \\
 e_{\Sigma} &= 0^{+0,043}_{-0,015} \text{ мм}
 \end{aligned}
 \tag{2.15}$$

Визначимо величину перекошення 1, 2 та 3. Перетин 2 обираємо основним, у перетині 1 перекошення буде в межах зміщення $Te_{\Sigma} = 0,0578 \text{ мм}$. Перекіс визначимо зі схеми наведеної на рисунку 2.2.

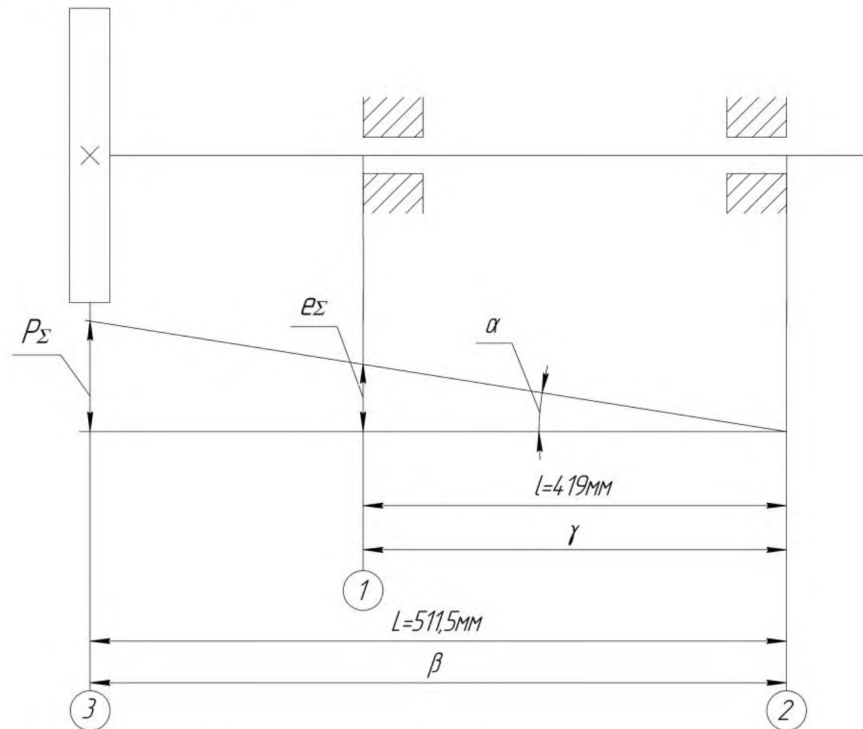


Рисунок 2.2 – Схема відносного перекоосу осі валу у місці встановлення робочого колеса

$$\begin{aligned}
 P_{\Sigma} &= \frac{e_{\Sigma} \cdot L}{l}, \\
 P_{\Sigma} &= \frac{0,0578 \cdot 511,5}{419} = 0,071 \text{ мм}
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

Отже, отримане зміщення та перекіс вісі валу у місці встановлення робочого колеса буде дорівнювати $P_{\Sigma} = 0,071 \text{ мм}$, що менше, ніж вимагається.

2.3 Розробка технологічного процесу складання вузла

Визначаємо порядок складання вузла Патрубка та представляємо послідовність складання на рисунку 1.3. Попередньо визначивши, що складання проводиться методом регулювання, в нашому випадку за допомогою ланки – компенсатора.

Корпус патрубка 6 є базовою деталлю і забезпечує необхідну точність положення вала. На валу 1 за допомогою шпонки встановлено фланець 9, який

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

сприймає крутний момент від вала електропривода. Далі вал передає обертання безпосередньо робочому колесу насоса.

Схема складання вузла патрубків зображена на рисунку 2.3.

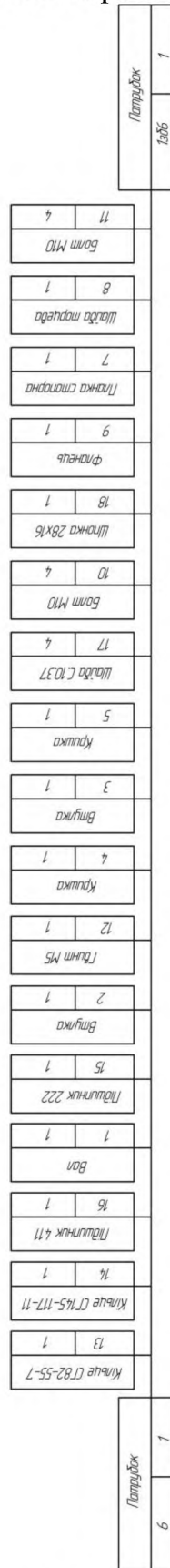


Рисунок 2.3 – Схема складання вузла Кронштейн

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання, що складається з встановлення кілець, напресування підшипників на

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

вал та в корпус патрубку, встановлення та закріплення втулок, пригвинчення кришки за допомогою болтів, напресування шпонки, встановлення фланця, закріплення його на валу за допомогою стопорної планки, торцевої шайби та болтів.

Послідовність процесу відображаємо у технологічних картах складання.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Кронштейн – це консольна опорна деталь або конструкційний елемент, призначений для кріплення на вертикальній площині виступаючих чи винесених у горизонтальному напрямку частин машин і механізмів.

Конструктивно кронштейн може виконуватися як у вигляді окремої деталі, так і як багатокomпонентна конструкція з розкосами або у формі потовщення в базовому елементі. Механічний принцип його роботи ґрунтується на опорі матеріалу до відколу та руйнування.

За конструктивними ознаками кронштейн належить до класу складнопрофільних деталей. Кронштейн відноситься до корпусних деталей середніх розмірів. Геометрія деталі формується поєднанням простих (плоских, циліндричних) і складних поверхонь – контурів, виїмок та сполучень.

Кронштейн установлюється на рамі та виконує функцію кріплення тягового елемента. Робочі умови: середовище – атмосферне, робочий тиск – атмосферний, робоча температура – до +60 °С. Деталь піддається дії вібраційних навантажень.

Сполучення поверхонь деталі розраховані таким чином, щоб запобігати виникненню втомних тріщин, оскільки кронштейн працює в умовах знакозмінних навантажень.

Матеріал виготовлення – конструкційна сталь 35Л згідно з ДСТУ 8781:2018. Сталь цього типу застосовується для виготовлення відповідальних елементів машин: зубчастих коліс, фланців, корпусів, лопаток компресорів, важелів, штовхачів, зварних конструкцій, що працюють при знакозмінних навантаженнях, а також кріпильних деталей, експлуатованих за низьких температур і при температурах до 200 °С.

Таблиця 3.1– Хімічний склад сталі 35Л, % (ДСТУ 8781:2018)

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P	Cu	Ni
					не більше			
0,32-0,40	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	0.15-0.25	0,035	0,035	0,30	0,30

Таблиця 3.2 – Механічні властивості матеріалів

ДСТУ	Стан поставки, режими термообробки	Переріз, мм	σ _B , МПа	δ ₅ , (δ ₄), %	ψ, %
			не менше		
8781:2018	Виливка. Гартування 850°С, масло. Відпуск 560°С, вода або масло	350	930	12	45

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.	Вегера				Технологічна підготовка виробництва виробу	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Аркциф
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.	Рязанцев						

Температурний діапазон кування становить: початок – 1260 °С, завершення – 800 °С. Заготовки з перерізом до 100 мм охолоджують на повітрі.

Зварюваність – обмежена. Рекомендується застосовувати ручне дугове зварювання (РДС) і контактне термічне (КТС), а також зварювання під флюсом або в середовищі захисних газів. Перед зварюванням обов'язковий підігрів металу та наступна термообробка шва.

Оброблюваність різанням: у гарячекатаному стані при твердості HB 212–248 та межі міцності $\sigma_B = 660$ МПа коефіцієнт зниження швидкості різання становить: для твердосплавного інструменту – $K_v = 0,8$; для швидкорізальної сталі – $K_v = 0,72$.

Згідно аналізу хімічного складу та механічних властивостей матеріалів призначаємо матеріал комплексної деталі за механічними властивостями приймаємо 38ХМА (табл. 3.3 та 3.4).

Таблиця 3.3 – Хімічний склад, % (ДСТУ 7806:2015)

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	Mo
			не більше					
0,35-0,42	0,17-0,37	0,35-0,65	0,90-1,30	0,025	0,025	0,30	0,30	0,20-0,30

Таблиця 3.4 – Механічні властивості прокату

ДСТУ	Стан поставки	Переріз, мм	σ_B	$\delta_5, (\delta_4)$	ψ
			МПа	%	
			не менше		
7806:2015	Пруток. Гарт 850°C, масло. Відпуск 580°C, повітря	25	980	11	45

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для виконання аналізу якості поверхонь деталі Патрубок необхідно попередньо пронумерувати всі поверхні.

Позначення поверхонь деталі виконано на рисунку 3.1.

Патрубок встановлюється в раму по поверхнях 4 ($\varnothing 250H9$ мм), 7 ($\varnothing 200H7$ мм), 28 ($\varnothing 140H7$ мм), 24 ($\varnothing 190H12$ мм.). Ці поверхні є основними конструкторськими базами. Також конструкторськими базами є поверхні 2, 21 (445h12 мм), 23 (458 h12 мм). По їм відбувається з'єднання патрубка з тягою в зборці. До цих поверхонь пред'являються підвищені вимоги як по точності виконання розмірів і точності взаємного розташування (неперпендикулярність поверхонь 28 відносно поверхонь 7 не більше 0,05), так і якості поверхні (Ra2,5 для поверхонь 7,28). В той же час ці поверхні прості і досить довгі. Це дозволяє використовувати їх як технологічні бази на завершальній стадії обробки.

Дані про поверхні деталі внести до таблиці 1.23.

Вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

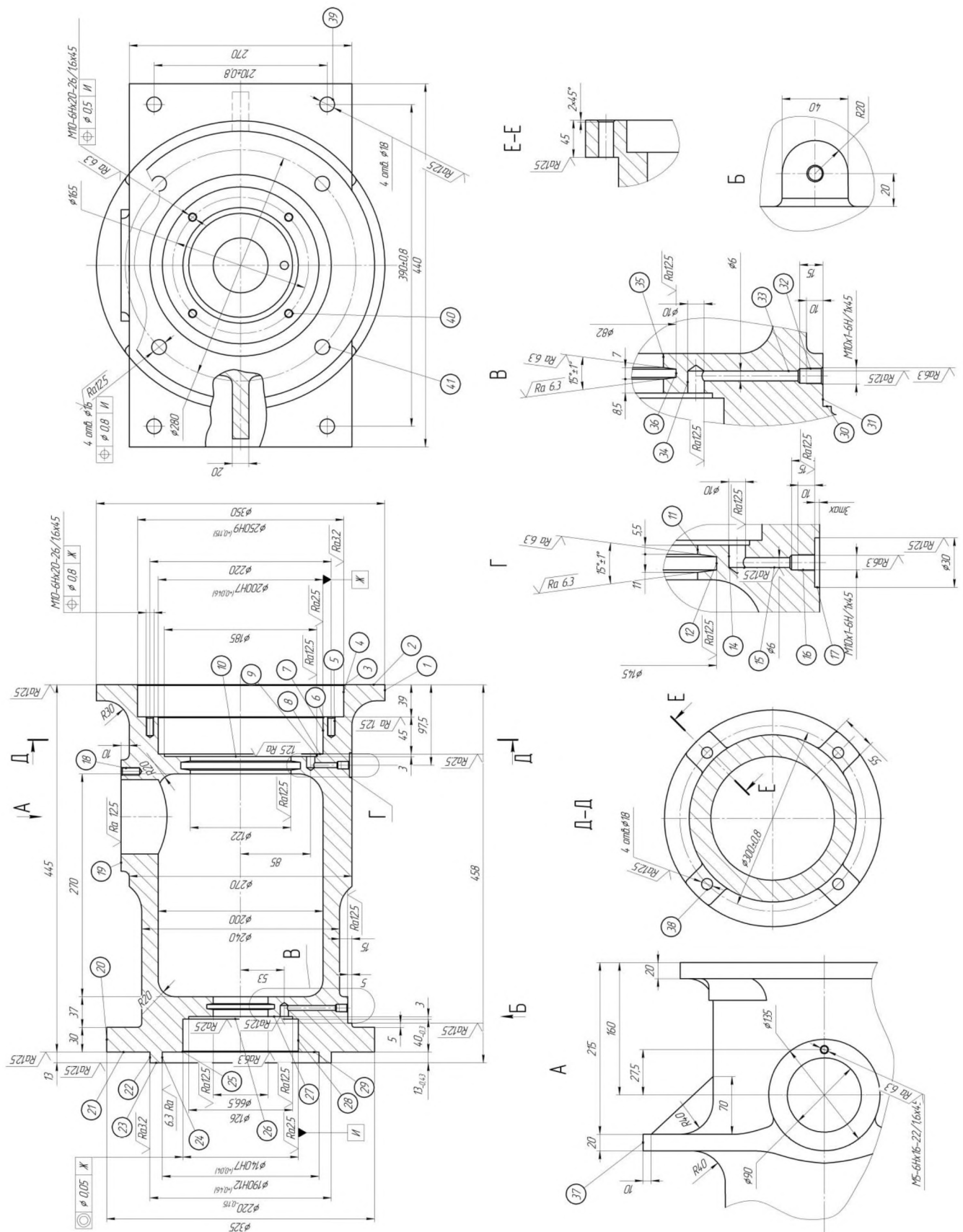


Рисунок 3.1 – Позначення поверхонь деталі «Кронштейн»

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Арк.
КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ					

Таблиця 3.5 – Характеристика поверхонь

№ пов.	Призначення поверхні	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Квалітет, IT	Допуск, Т, мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6	7
1	основна	Ø350	12,5	h14	1,2	
2	допоміжна	Ø350 l=458	12,5	h14	0,25	
3	вільна	1x45	12,5	h14	0,46	
4	основна	Ø250	3,2	h9	1,4	
5	вільна	M10	12,5	h14	0,250	
6	вільна	1x45	12,5	h14	0,570	
7	основна	Ø200	2,5	h7	0,570	
8	допоміжна	l=45	2,5	h14	1,4	
9	допоміжна	Ø185	12,5	h14	1,150	
10	допоміжна	Ø185 l=3	12,5	h14	0,022	
11	основна	Ø 122	12,5	h14	0,350	
12	вільна	Ø145	12,5	h14	0,250	
14	вільна	Ø 10	12,5	h14	0,350	
15	вільна	Ø6	12,5	H14	0,250	
16	вільна	M10	6,3	H6	0,430	
17	вільна	Ø 30	12,5	H14	0,350	
18	вільна	M5	6,3	H6	0,4	
19	допоміжна	l=10	12,5	H14	0,4	
20	основна	Ø 325	12,5	H14	0,620	
21	допоміжна	l=30	12,5	H14	0,620	
22	основна	Ø 220	3,2	H14	0,3	
23	допоміжна	l=458	12,5	H14	0,520	
24	основна	Ø 190	6,3	H12	0,4	
25	вільна	1x45	12,5	H14	0,7	
26	вільна	L=3	2,5	H14	0,3	
27	допоміжна	L=3	12,5	H14	0,3	
28	основна	Ø 140	2,5	H7	0,740	
29	допоміжна	Ø190 l=13	6,3	H14	0,02	
30	вільна	L=5	12,5	H14	0,620	
31	Допоміжна	L=10	12,5	H14	0,013	
32	вільна	M10	6,3	6H	0,520	
33	вільна	Ø 6	12,5	H14	0,520	
34	вільна	Ø10	12,5	H14	0,520	
35	вільна	Ø66,5	12,5	H14	0,620	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7
36	вільна	Ø82	12,5	H14	0,3	
37	вільна	L=440	12,5	H14	0,520	
38	допоміжна	Ø18	12,5	H14	0,740	
39	допоміжна	Ø18	12,5	H14	0,740	
40	вільна	M10	6,3	6H	0,520	
41	вільна	Ø18	12,5	H14	0,740	

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь на кресленні представлена головним та видом зверху. На кресленні зображений головний вид та вид зліва деталі Патрубок. Головний вид має переріз Д-Д, що відображає внутрішні поверхні деталі. Також є види А, Б та збільшені види В, Г, які надають нам уявлення про особливості отворів та канавок Патрубка. На виді перерізу Д-Д зроблено місцевий переріз Е-Е, на якому зображено отвір патрубка. Цього достатньо для повного уявлення про форму деталі.

На деталі проставлені всі необхідні розміри. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітет допуску, проставлена шорсткість поверхонь.

На розміри деталі, що не мають позначення квалітету, призначається 14 квалітет, про що мається запис у технічних вимогах. А на поверхні, на яких немає шорсткості, призначається не обробка.

На деталі проставлена база та відхилення форми та розташування поверхонь. За базу прийнято отвір Ø140H7 та отвір Ø200H7 шорсткістю Ra 2,5 як найбільш точні. Назначено відхилення у вигляді співвісності та позиційний допуск. Таким чином зберігається умова $T_1 > T_2 > T_3$.

Основний напис містить всю необхідну інформацію, а саме матеріал деталі 35Л ДСТУ 8781:2018, вага 111,2кг, масштаб 1:2, назва – Кронштейн, шифр креслення. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «Кронштейн» належить до 73-го класу – деталей, що не є тілами обертання, відносяться до корпусних, опорних та ємкісних конструкцій. Вона належить до 1-го підкласу – корпусних деталей без поверхні роз'єму (корпуси, блоки, циліндри, моноблоки, головки циліндрів тощо); 3-ї групи – з плоскою основною базою та зовнішньою комбінованою поверхнею; 9-ї підгрупи – без плоских допоміжних баз; 5-го виду – з базовими отворами, перпендикулярними до основної бази.

Як вихідну заготовку для виготовлення подібних корпусних деталей на підприємстві застосовують відливки, отримані методом лиття у піщано-глинясті форми. Такий спосіб є найбільш універсальним і поширеним, що забезпечує

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання як у одиничному, так і в серійному та масовому виробництві. Його недоліком є значні припуски на механічну обробку.

Деталь має просту геометричну форму, що сприяє отриманню якісної відливки. Конструкція забезпечує рівномірну товщину стінок, відсутність місцевих скупчень металу, гарне заповнення форми та вільну усадку при охолодженні. У вузлі передбачено розвинену базову поверхню — опорну площину розміром 440×270 мм, яка слугує для встановлення деталі на раму механізму.

Основні наскрізні отвори (Ø200H7 мм і Ø140H7 мм) мають мінімальну кількість переходів, а їх вісь перпендикулярна до базової площини. Загалом конструкція деталі відзначається високим ступенем уніфікації поверхонь.

Розрахунок показника $1/d < 5$ свідчить, що патрубок має достатню жорсткість, що дозволяє під час механічної обробки застосовувати підвищені режими різання та виконувати одночасну обробку кількома інструментами. Це особливо ефективно при обробці внутрішніх циліндричних поверхонь під установку стаканів, оскільки забезпечує зменшення похибок базування завдяки виконанню всіх операцій за один установ.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Для проведення кількісного аналізу технологічності деталі слід розрахувати коефіцієнт точності деталі K_T , коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$, коефіцієнт уніфікації поверхонь K_y . Деталь є технологічною, якщо виконуються вимоги:

$$K_T > 0,8; K_{ш} < 0,2; K_y > 0,6.$$

Коефіцієнт точності поверхонь визначаємо виходячи з таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Точність поверхонь деталі

Квалітет, T	Кількість поверхонь, n_i	$T \times n_i$
14	32	448
12	1	12
9	1	9
7	2	14
6	4	24

Коефіцієнт точності поверхонь розраховуємо за формулою:

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{сеп}}, \quad (3.1)$$

де $A_{сеп}$ – середній квалітет точності.

$$A_{сеп} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (3.2)$$

$$A_{сеп} = \frac{507}{40} = 12,65$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,65} = 0,92 > 0,8$$

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначаємо виходячи з таблиці 3.7.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість, Ra	Кількість поверхонь, n _i	Ra × n _i
12,5	28	350
6,3	6	37,8
3,2	2	6,4
2,5	4	10

Коефіцієнт шорсткості поверхонь розраховуємо за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{сер}}, \quad (3.3)$$

де B_{сер} – середня шорсткість поверхонь.

$$B_{сер} = \frac{\sum Ra \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (3.4)$$

$$B_{сер} = \frac{404,2}{40} = 10,105$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,105} = 0,099 < 0,2$$

Коефіцієнт уніфікації поверхонь визначаємо виходячи з таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Уніфікація поверхонь деталі

Назва поверхонь	Загальна кількість поверхонь, Q	Кількість уніфікованих поверхонь, Q _y
Внутрішні отвори	23	23
Різьбові отвори	7	7
Лінійні	7	4
Фаски	3	3

Коефіцієнт уніфікації поверхонь розраховуємо за формулою:

$$K_y = \frac{\sum Q_y}{\sum Q}, \quad (3.5)$$

$$K_y = \frac{37}{40} = 0,925 > 0,6$$

Таким чином деталь є технологічною за всіма трьома показниками технологічності та не викликає труднощів при її обробці, досягненні необхідної точності і шорсткості поверхонь.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

На початку розробки випускної роботи вважається, що виробництво деталі буде середньо-серійним і обробка буде виконуватись на технологічній лінії. Після

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

розробки технологічного процесу тип виробництва уточнюється за коефіцієнтом закріплення операцій.

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

Аналіз технологічного процесу комплексної деталі ведемо по типовому технологічному процесу, який складається із наступних технологічних операцій.

005 Токарна 16K50Ф3

010 Фрезерна ГФ2171.C5

015 Свердлильна 2P135

020 Свердлильна 2P135

Основна мета дипломного проектування розробка маршруту обробки комплексної деталі кронштейн з використанням сучасної технології виготовлення деталі на верстатах з ЧПК, обробляючих центрах.

Таблиця 3.9 – Базовий технологічний процес

№ опер.	Найменування операції	№ обробленої поверхні
1	2	3
005	Токарна операція з ЧПК з переустановкою деталі	I 1,2,3,4,6,7,8,9,10, 11,12, II 20,21,22,23,24,25, 26,27,28,29,35,36,
010	Фрезерна з переустановкою деталі	I 19 II 31
015	Свердлильна операція з переустановкою деталі	I 19,20,21,22 II 23,24,25
020	Свердлильна операція	15,16,17,32,33

Оскільки програма випуску передбачає перехід на середньо-серійний тип виробництва, то необхідно визначити задачі проектування:

Розробити свій операційний маршрут обробки деталі, залишивши послідовність обробки згідно заводського технологічного процесу, представленого в таблиці 3.9.

Інноваційний ТП буде розроблюватись на базі типового. Вид заготовки залишаємо незмінним. Замінюємо верстати базового ТП на верстати з ЧПК, що дасть змогу скоротити час на обробку деталі і полегшить працю верстатника, а саме замінюємо верстати ГФ2171.C5 та 2P135 на багатоцільовий верстат з ЧПК DMG MORI NHX 4000, а також 16K50Ф3 на DMG MORI CTX 450 ecoline

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Вибір методу та способу виготовлення заготовки визначається низкою чинників. Одним із ключових критеріїв є забезпечення максимальної відповідності форми заготовки формі готової деталі. Це дає змогу скоротити витрати матеріалу та зменшити обсяг механічної обробки завдяки зниженню

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

припусків. Водночас збільшуються витрати на оснащення та обладнання в заготівельному виробництві. Тому для досягнення раціонального співвідношення між витратами й ефективністю необхідно обрати оптимальний варіант, використовуючи матрицю впливу факторів (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Матриця впливу факторів

Спосіб або метод отримання заготовки	Матеріал	Форма та розміри	Маса	Точність розмірів	Парам. шорсткості	Структура поверх. шару	Твердість	Вимоги до напр. волокон	Тип виробництва	Програма випуску	Сума
Лиття:											
в піщано-глинясті форми	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10
в кокіль	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	8
в оболонкові форми	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	8
під тиском	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	6
відцентрове	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	8
по виплавляємим моделям	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	8

Аналізуючи ступінь впливу розглянутих вище факторів приходимо до висновку, що для отримання вихідної заготовки різними методами не дозволяє тип виробництва, вага деталі чи конфігурація.

Отже, враховуючи середньосерійний тип виробництва ($N = 3000$ шт.), масу та конфігурацію деталі приймаємо лише один метод отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми. Це найбільш розповсюджений та універсальний метод отримання відливок.

3.2.2 Проектування заготовок

Проектування заготовки проводимо згідно ДСТУ 8981:2020.

Лиття проводимо у піщано-глинисті форми. Виробництво механізоване серійне. Згідно з [7, ст.17] в залежності від способу лиття, габаритних розмірів та типу металу та сплаву назначаємо клас точності розмірів та мас та ряди припусків на механічну обробку відливок:

$$\frac{7-13T}{2-5},$$

де в чисельнику вказані класи точності розмірів і мас, а в знаменнику – ряди припусків.

Враховуючи умови виробництва, приймаємо $\frac{10}{3}$.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Проводимо перевірки виконуваності отворів та внутрішніх порожнин за умовою відсутності пригару стержня по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \quad (3.6)$$

де S – мінімальна товщина стінки, що прилягає,
 d_0 – вихідний діаметр.

В нашому випадку $S=(350-250)/2=50\text{мм}$, $d_0=7\text{мм}$ (для сталі):

$d_{\min}=7+0,1\cdot 50=12\text{мм}$, приймаємо $d_{\min}=12\text{мм}$.

Отже, отвори $\varnothing 66,5\text{мм}$ і більші виконувані. Канавка шириною 3мм, отвори $\varnothing 30\text{мм}$, $\varnothing 10\text{ мм}$, $\varnothing 18\text{ мм}$, $\varnothing 5\text{ мм}$ та фаски є не виконуваними й не раціональними.

Деталь за своєю конструкцією є симетричною. Площину симетрії приймаємо за площину роз'єму моделі та форми. В цьому випадку легко здійснювати установку стрижня, за допомогою якого утворюється порожнина в заготовці, а також можна уникнути підрізувань при формуванні.

За таблицею 1 [7, стр.4] призначаємо допуски лінійних розмірів відливок, враховуючи, що допуски розмірів елементів відливки, що утворені однією частиною напівформи, встановлюють на 1-2 класу точніше.

Граничні відхилення призначаємо симетрично, бо всі поверхні підлягають механічній обробці. За таблицями 5, 6 [7, ст.8-10] визначаємо основні припуски на механічну обробку в залежності від допуску и ряду припуску.

Таблиця 3.11 – Данні проектування відливки

№	Номинальний розмір деталі, мм	Характеристика поверхні		Допуски розміру відливки, мм	Граничні відхилення	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розміри заготовки, мм	Примітки
		IT	Ra						
1	$\varnothing 325$	14	12,5	3,6	$\pm 1,8$	5×2	–	$335 \pm 1,8$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
2	$\varnothing 350$	14	12,5	3,6	$\pm 1,8$	5×2	–	$360 \pm 1,8$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
3	$\varnothing 250$	9	3,2	2,9	$\pm 1,45$	5×2	–	$240 \pm 1,45$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
4	$\varnothing 200$	7	2,5	2,9	$\pm 1,45$	5×2	–	$190 \pm 1,45$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
5	$\varnothing 122$	14	12,5	2,2	$\pm 1,1$	6×2	–	$110 \pm 1,1$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
6	$\varnothing 140$	7	2,5	2,5	$\pm 1,25$	5×2	–	$130 \pm 1,25$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
7	$\varnothing 66,5$	14	12,5	1,9	$\pm 0,95$	5×2	–	$56,5 \pm 0,95$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
8	$\varnothing 90$	14	12,5	1,9	$\pm 0,95$	5×2	–	$80 \pm 0,95$	$\Delta_{\text{см}} = \pm 1$
9	458	14	12,5	4	± 2	$7,5 + 7,5$	–	473 ± 2	Короблення 0,8мм

Граничні відхилення зміщення елементів від номінального положення відливки по площині роз'єму за допомогою таблиці 2 [7, ст.5] становлять $\Delta_{\text{см}} = \pm 1$.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

Згідно таблиці 3 [7, ст.6] визначаємо граничні відхилення короблення. Залежність ступеня короблення від габаритних розмірів за додатком 2 [7, ст.18].

Відношення габаритних розмірів деталі складає 0,75, таким чином ступінь короблення від 1 до 7. Враховуючи конструкцію деталі, матеріал приймаємо ступінь короблення 5.

Отже граничне відхилення короблення приймаємо $\Delta_{\text{кор.}} = \pm 0,8 \text{ мм}$.

Отвори в патрубку 28Н14, 36Н14, 15Н14 не виконуємо. Отвір 55 та чотири отвори 150мм виконуються завдяки стрижням моделі.

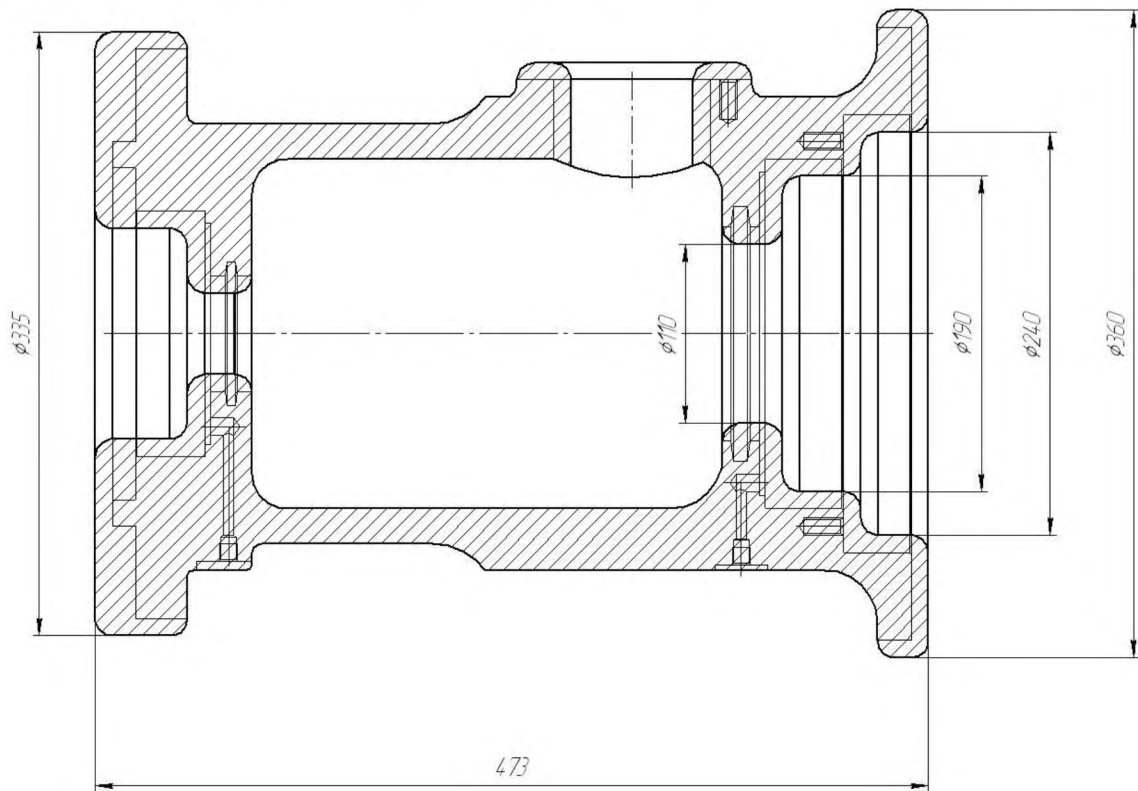


Рисунок 3.2 – Сполучене креслення деталі та заготовки

Точність відливки визначимо за літературою [7]:

- клас розмірної точності [7, стор. 32] - при литті в піщано-глиняні форми з найбільшим габаритом відливки 350...458мм та термообробленим сталевим сплавом

- клас розмірної точності становить 9-13. Приймаємо 11 клас точності;

- ступінь короблення елементів відливки при відношенні найменшого розміру відливки до найбільшого 0,025...0,050, при використанні багаторазових форм та отриманні термооброблених відливок становить 4-7. Приймаємо 6 ступінь короблення;

- ступінь точності поверхонь відливки при литті в піщано-глиняні форми, з габаритом відливки 440мм та термообробленим сталевим сплавом становить 13-19. Приймаємо 16 ступінь точності поверхонь;

- клас точності маси відливки при литті в піщано-глиняні форми з номінальною масою відливки в діапазоні 100...1000кг та термообробленим сталевим сплавом становить 8-15. Приймаємо 12 клас точності маси.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Звідси маємо:

Точність відливки 11-6-16-12.

Радіуси закруглень при сполученні стінок заготовки приймаємо 10...15мм.

Формувальні ухили для проєктований заготовки приймаємо 3 ...5.

Сполучене креслення деталі та заготовки наведено на рис. 3.2.

Після отримання заготовки вона підлягає термічній обробці – відпал до 860 °С (нагрів та послідуєчне поступове охолодження разом із піччю).

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Дана деталь відноситься до типу корпус, що і буде визначати правила її базування. За своїм призначенням та областю використання в машинобудуванні бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при збиранні чи механічній обробці.

Конструкторськими основними базами називають поверхні, що визначають положення деталі у вузлі. До них відноситься внутрішня циліндрична поверхня 7 $\varnothing 200H7$ мм з шорсткістю Ra 2,5, торцева поверхня 8 з шорсткістю Ra2,5.

Конструкторськими допоміжними базами називають поверхні, що визначають положення деталей, які приєднуються до деталі, що розглядається. До них відноситься внутрішня циліндрична поверхня 28 $\varnothing 140H7$ мм з шорсткістю Ra 2,5, торцева поверхня 26 з шорсткістю Ra2,5, а також поверхні 24, 29 та 3, 4, 5.

Технологічними базами називають поверхні, які визначають розміщення деталі під час обробки на верстаті. До них відноситься: для токарної обробки – зовнішня поверхня 20 $\varnothing 325$ мм з шорсткістю Ra 12,5, торцева поверхня 23 з шорсткістю Ra12,5, а також поверхні 1 $\varnothing 350$ мм та торець 2; для свердлильної та фрезерної - 28 $\varnothing 140H7$ мм з шорсткістю Ra 2,5, торцева поверхня 23 з шорсткістю Ra 12,5.

Вимірювальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 3.3.

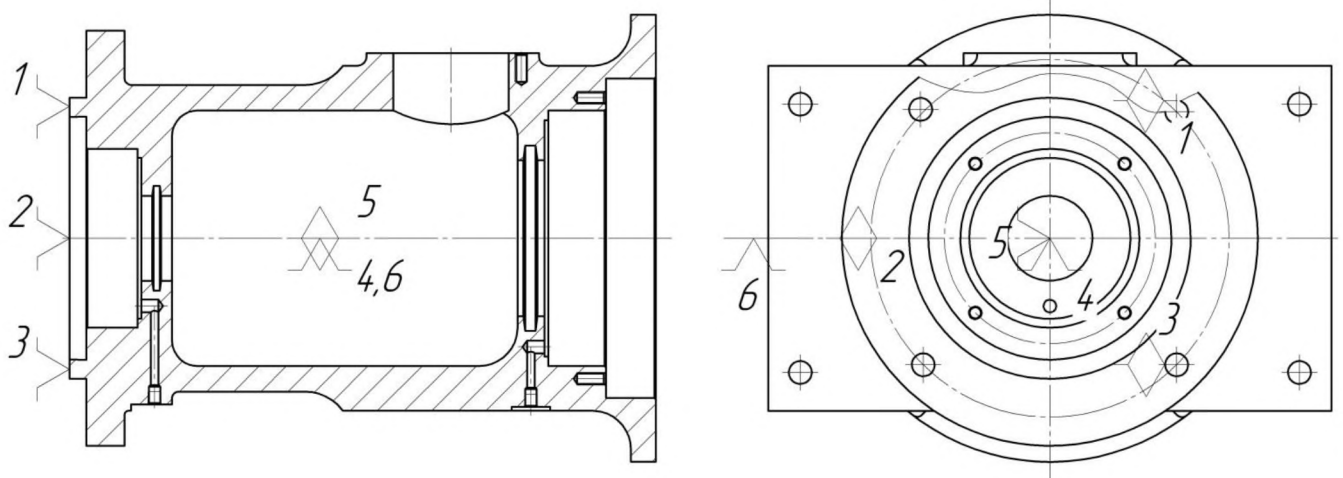


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування з указанням 6 опорних точок

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Схеми базування деталі на токарному верстаті зображена рисунку 3.4, на багатоцільовому – рисунок 3.5.

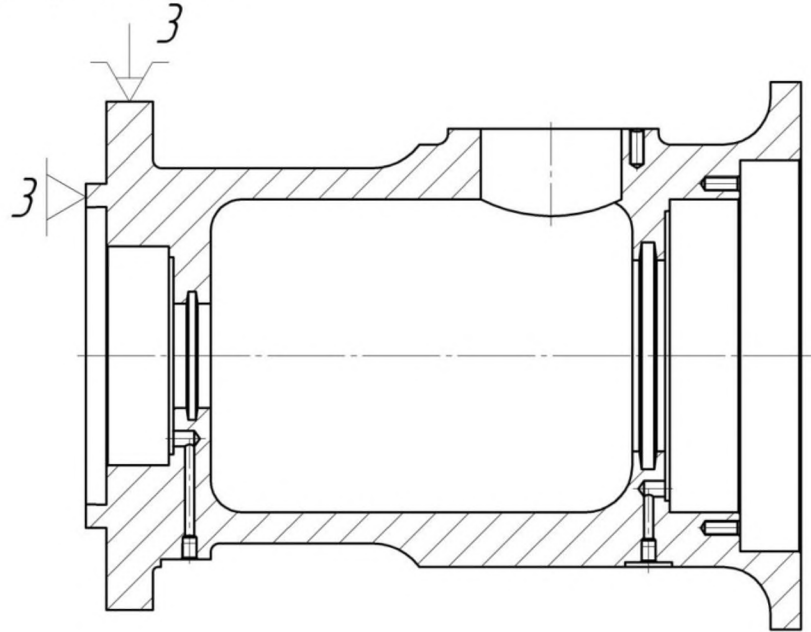


Рисунок 3.4 – Схема базування на токарному верстаті

Принцип єдності баз частково зберігається, це пояснюється наявністю переустановів на при обробці.

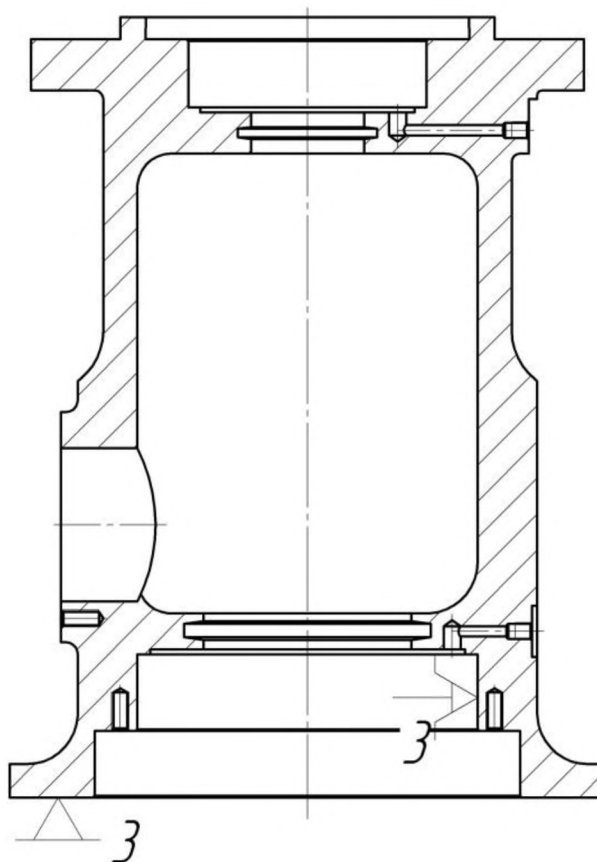


Рисунок 3.5 – Схема базування на багатоцільовому верстаті

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

3.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Послідовність переходів

№ пов.	Розмір, мм	Послідовність технологічних переходів обробки	Точність, IT	Допуск, Т	Шорсткість, Ra	Припуск t, мм.	Між-операційний розмір з допуском, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	L=460h14	точіння чорнове	14	0,62	12,5	9	460
2	Ø350h12	точіння чорнове	12	0,46	12,5	11	350 _{-0,46}
3	Ø250H9	чорнова	12	0,115	12,5	7	243 ^{+0,25}
		напівчистова	10		6,3	4,2	247,2 ^{+0,1}
		чистова	8		3,2	2,8	250 ^{+0,115}
4	Ø200H7	чорнова	12	0,046	12,5	7	193 ⁺³
		напівчистова	10		6,3	4,2	197,2 ⁺¹²
		чистова	8		3,2	2,8	200 ^{+0,046}
5	Ø185H14	токарна чорнова	12	0,62	12,5	7	185 ^{+0,62}
6	Ø122H14	токарна чорнова	12	1,0	12,5	9	117,8
		напівчистова	10		6,3	4,2	122 ⁺¹
7	Ø200H14	чорнова	12	0,12	12,5	1	200
8	Ø250H9	чорнова	12	0,21	12,5	1	250
9	L=458H14	чорнова	12	0,18	12,5	2	458 _{-0,46}
10	Ø325h14	чорнова	12	1,0	12,5	11	325 ₋₁
11	Ø220h12	чорнова	12	0,115	12,5	7	227 _{-0,25}
		напівчистова	10		6,3	4,2	222,8 _{-0,1}
		чистова	8		3,2	2,8	220 _{-0,115}
12	Ø190H7	чорнова	12	0,046	12,5	7	183 ⁺³
		напівчистова	10		6,3	4,2	187,2 ⁺¹²
		чистова	8		3,2	2,8	190 ^{+0,046}
13	Ø140H7	чорнова	12	0,4	12,5	7	133 ⁺³
		напівчистова	10		6,3	4,2	137,2 ⁺¹²
		чистова	8		3,2	2,8	140 ^{+0,4}
14	Ø126H6	чорнова	12	0,18	12,5	6,2	126 _{+0,21}
15	Ø200H14	чорнова	12	0,12	12,5	1	200
16	Ø82H14	токарна чорнова	12	1,0	12,5	9	77,8
		напівчистова	10		6,3	4,2	82 ⁺¹
17	10	фрезерна чорнова	12	0,35	12,5	5	10
18	5	фрезерна чорнова	12	0,35	12,5	5	5
19	Ø18H12	свердлильна чорнова	12	0,12	12,5	-	18
20	Ø8,68H12	свердлильна чорнова	12	0,12	12,5	-	8,68

Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ		Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	------

3.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового технологічного процесу розроблюємо технологічну послідовність деталі, що представлена у таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Маршрут обробки деталі

№ опер.	Найменування операції	№ обробленої поверхні	№ базуючої поверхні	Тип, модель верстата
005	Токарна з ЧПК, з переустановкою деталі	Установ А: 1,2,3,4,6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.	20,23	Токарний з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline
		Установ Б: 20,21,22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 35, 36	1,2	
010	Багатоопераційна з переустановкою деталі	Установ А: 41,40 39, 14	1, 2	Багатоцільовий з ЧПК DMG MORI NHX 4000
		Установ Б: 30, 31, 15, 33, 16, 32, 17	2, 4	
		Установ В: 19, 18	2, 4	
		Установ Г: 5, 34	23, 28	

3.2.6 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо різучий, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 3.14

Таблиця 3.14 – Послідовність технологічних операцій

№ опер.	1.Найменування операції 2.Тип, модель верстата 3.Зміст технологічних переходів	Тип пристрою	Тип різального інструмента
1	2	3	4
005	1.Токарна з ЧПК 2 Токарний з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline Установ А точіння пов.1 точіння пов.2 точіння пов.3 точіння пов.4 точіння пов.6 точіння пов.7 точіння пов.8 точіння пов.9 точіння пов.10 точіння пов.11 точіння пов.12	3-х кулачковий патрон DMG MORI	Різець SECO SCLCR2020K09, пластина CCMT 09T308-F1, матеріал пластини TP2500. Розточувальний різець SECO S40U-MSKNL12, пластина SNMG 120408-MR7 09T308-F1, матеріал пластини TP1500.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4
010	1. Багатоопераційна 2. Багатоцільовий спеціальний DMG MORI NHX 4000 Установ А Свердлити 4 отвори пов. 41 Свердлити 4 отвори пов. 40 Нарізати різьбу M10 у 4 отв. пов. 40 Свердлити 4 отвори пов. 39 Свердлити отвір пов. 14 Установа Б Фрезерувати пов. 30, 32 в розмір Свердлити отвір пов. 15 Свердлити отвір пов. 33 Свердлити отвір пов. 16 Свердлити отвір пов. 32 Зенкувати отвір пов. 17 Нарізати різьбу M10 пов. 16 Нарізати різьбу M10 пов. 32 Установа В Фрезерувати пов. 19 в розмір Розточувати отвір пов. 14 Свердлити отвір пов. 18 Нарізати різьбу M10 пов. 18 Установа Г Свердлити отвір пов. 5 Нарізати різьбу M10 пов. 5 Свердлити отвір пов. 34	Спеціальний пристрій	Фреза торцева SECO R220.53-8160-09-10C, пластина SEMX09T3AFTN-M08, матеріал пластини F40M. Фреза торцева Sandvik 345-125Q40-13L, пластина 345R-1305M-PL, матеріал пластини GC1130. Свердло SECO Ø8,37 SD1108A-0840-096-12R1 Свердло SECO Ø4 SD1108A-0400-096-12R1 Свердло SECO Ø18 SD1108A-1800-096-12R1 Свердло SECO Ø10 SD1108A-1000-096-12R1 Свердло SECO Ø6 SD1108A-0600-096-12R1 Зенківка 2353-0134 ДСТУ ГОСТ 4953:2015 Мітчик SECO M10 MTP-M10X1.50ISO6HX-TB-P004 Мітчик SECO M5 MTP-M5X0.80ISO6HX-TB-P004 Розточувальний різець SECO S40U-MSKNL12, пластина SNMG 120408-MR7 09T308-F1, матеріал пластини TP1500. Головка розточна 181352023 OCT2 И23-1-83

На рисунках 3.6 – 3.9 представлені ескізи обробки на токарній операції.

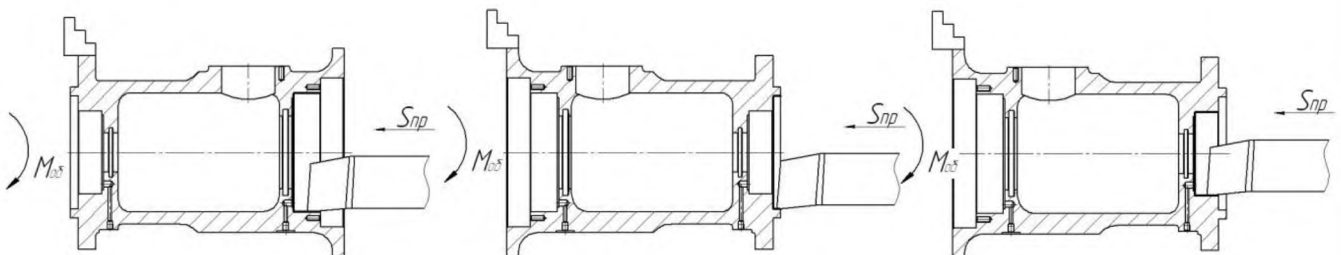


Рисунок 3.6 – Розточування отворів

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

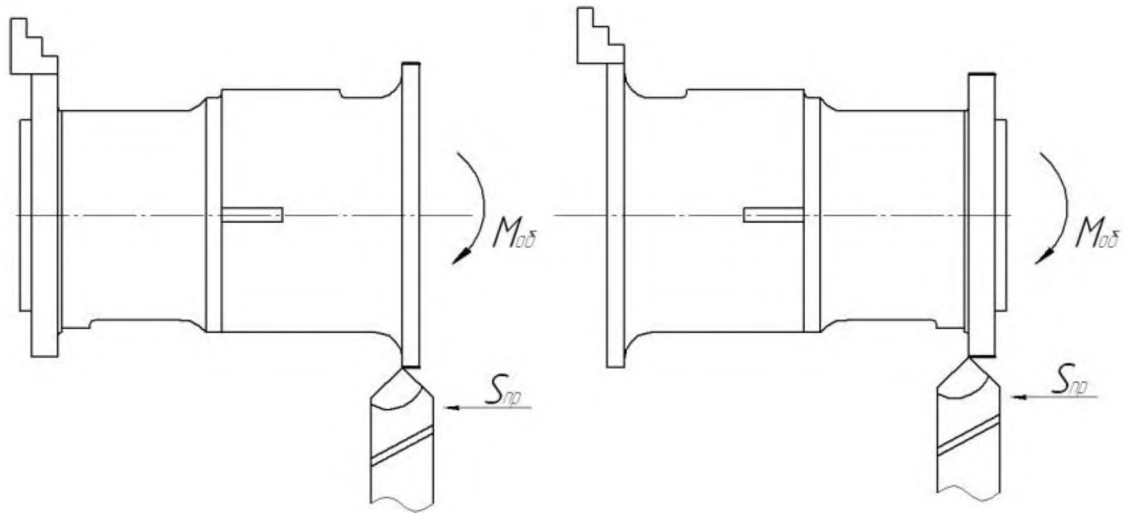


Рисунок 3.7 – Проточування зовнішніх поверхонь

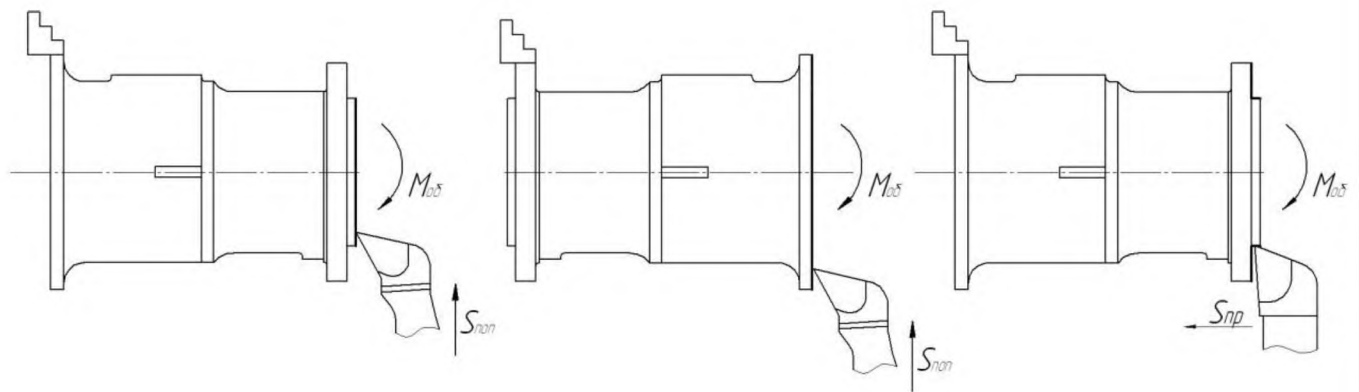


Рисунок 3.8 – Точіння торців

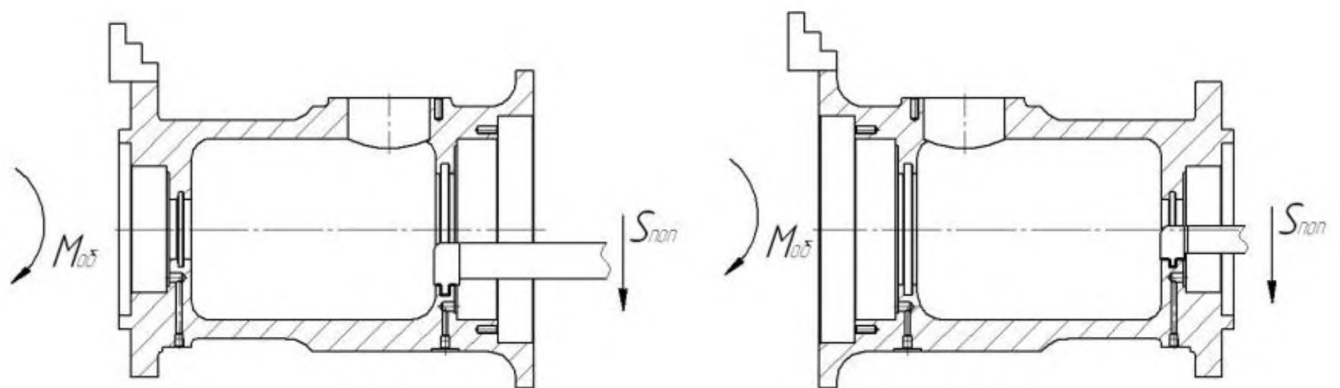
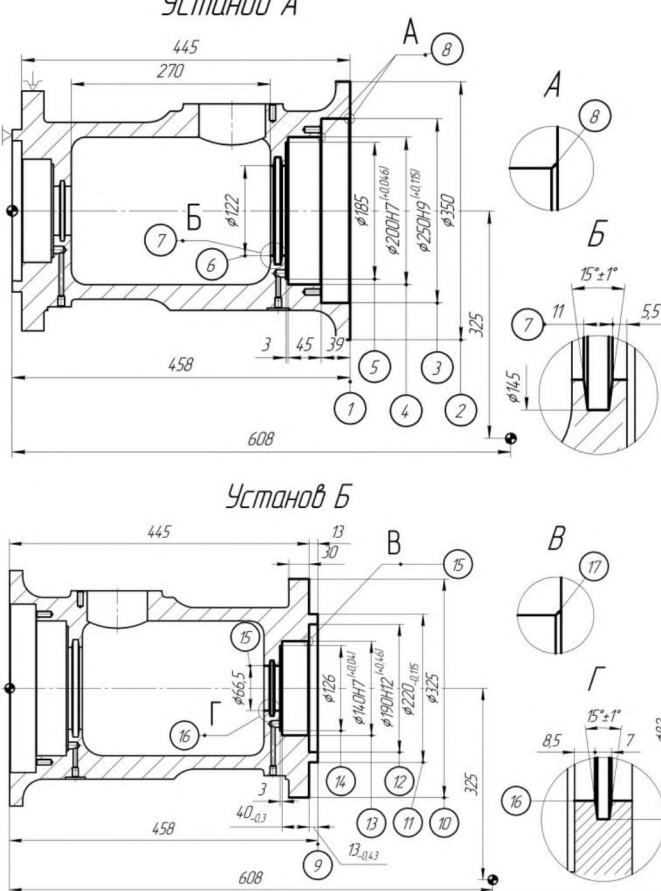
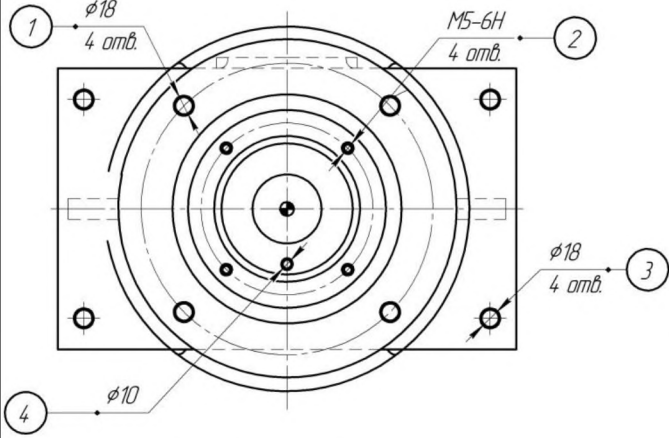
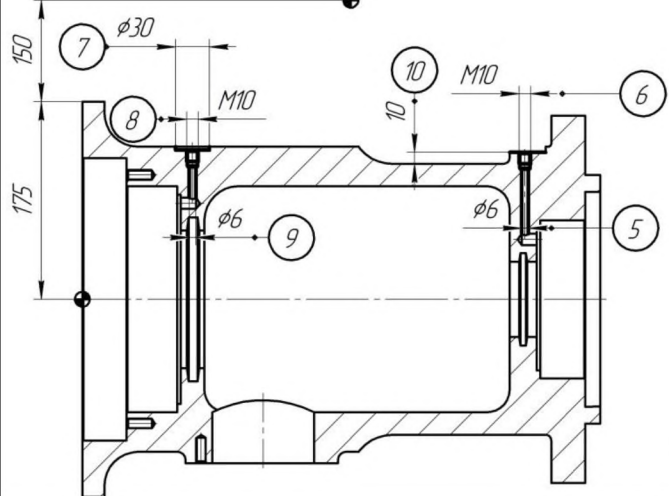


Рисунок 3.9 – Точіння пазів

Технологічний процес обробки деталі «Кронштейн» наведено в зведеній таблиці 3.15.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

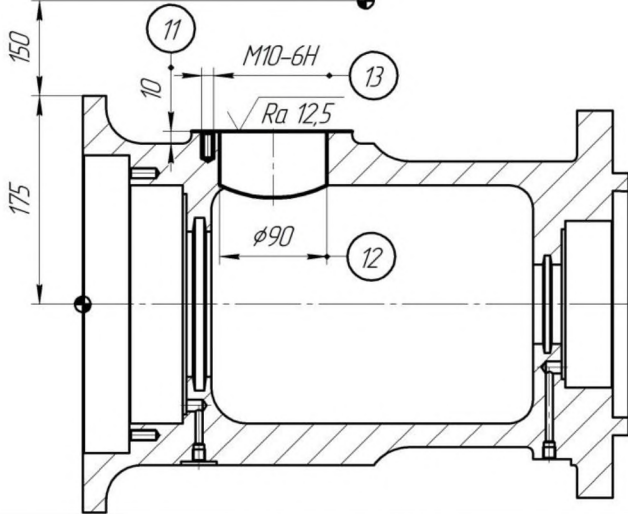
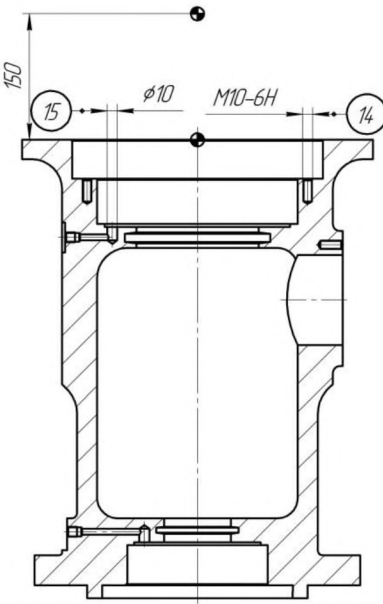
Знак	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ПТВВ	Таблиця 3.15 – Технологічний процес обробки деталі «Кронштейн»															
						№ операції	1. Найменування операції 2. Модель верстату 3.Зміст переходів	Ескіз операцій	Режими різання							Норми часу хв.					
									D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об.	V, м/об.	n об/хв.	i	T _о	T _д	T _{оп}	T _{обс}	T _ш	T _{ш.к}
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
					005	Токарний з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline		360 350 250 200 122 185 145 250	458 10 39 45 10,5 3 11 1	7,5 5 5 5 6 3 3 2	0,35 0,4 0,24 0,25 0,22 0,5 0,36 0,9	113 95,1 288 172 116 130 150 71	63 80 160 315 125 125 200 200	2 2 2 2 2 2 2 1	6,99	5,15	35,06	2,45	37,51	37,53	
								220 325 220 190 140 126 66,5 82 250	13 30 13 13 40 33 7 1	7,5 5 13 25 36,7 3 5 7,7 2	0,7 0,4 0,2 0,25 0,27 0,5 0,36 0,35 0,9	66,4 104 187 172 150 130 150 148 71	63 80 200 315 315 315 200 200	2 2 3 3 4 1 2 2 1							
Арк																					

Продовження таблиці 3.15															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
010	Багатоцільовий спеціальний DMG MORI NHX 4000	Установка А 	18 9 M10 18 10	30 30 30 20 13,5	9 4,65 0,75 9 5	0,32 0,2 1,5 0,32 0,25	72,3 75 16,4 72,3 75	1200 2500 520 1200 2000	1 1 1 1 1	1,17	9,69	16,05	1,13	17,18	17,2
		Установ Б 	6 9 M10 30 9 M10 6 40	74 15 10 3 15 10 45 40	3 4,65 0,75 15 4,65 0,75 3 5	0,15 0,2 1,5 0,4 0,2 1,5 0,15 0,14	90,6 75 16,4 110 75 16,4 90,6 218	1000 2500 520 1000 2500 520 1000 1300	1 1 1 1 1 1 1 1	1,1					

КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТТБВ

Арк

КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.15															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
010	Багатоцільовий спеціальний DMG MORI NHX 4000	Установ В 	135 90 9 M10	135 22,5 28 28	5 5 4,65 0,75	0,2 0,25 0,2 1,5	178 172 75 7,56	1000 925 2500 240	5 2 1 1	3,22					
		Установ Г 	9 M10 10	28 28 13,5	4,65 0,75 5	0,2 1,5 0,25	75 7,56 75	2500 240 2000	1 1 1	0,87	11,69	16,05	1,13	17,18	17,2

Змін

Арк

№ докум

Підпис

Дата

КНУ.КМР.131.25.1-04.03.ТТБВ

Арк

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Виконується розробка верстатно-інструментального налагодження на багатоцільовому спеціальному верстаті DMG MORI NHX 4000. Заготовка встановлюється у спеціальному пристрої, який орієнтується на столі верстата за двома шпонками, що входять у відповідні пази, та фіксується за допомогою гвинтового з'єднання «гвинт-гайка». Зовнішній вигляд верстата наведено на рисунку 4.1, а його технічні характеристики – у таблиці 4.1.

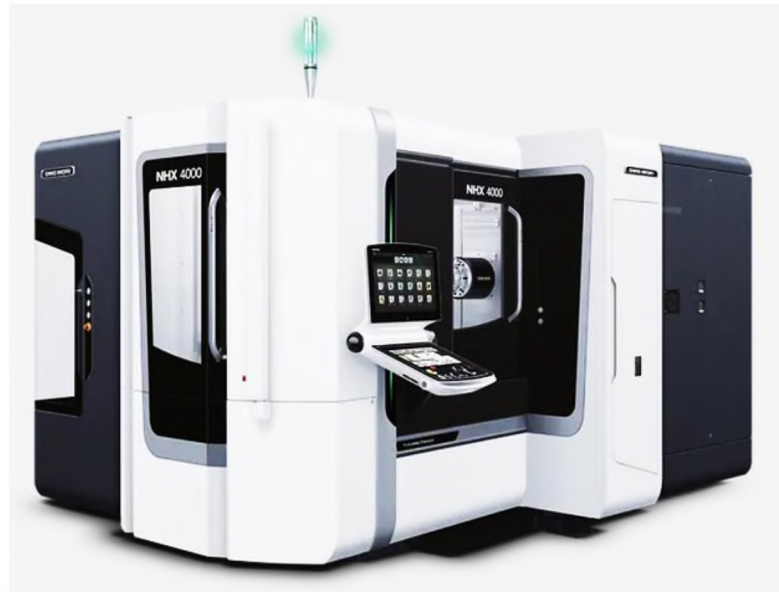


Рисунок 4.1 – Багатоцільовий спеціальний верстат DMG MORI NHX 4000



Рисунок 4.2 – Робочі органи верстату

					КНУ.КМР.131.25.1-04.04.МПОМО					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						
Розроб.		Вегера			Моделювання та програмування операцій механічної обробки			Літ.	Арк.	Архiвiв
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Рисунок 4.2 – Загальний вигляд розточувального верстата Juaristi MX5

№	Характеристика	Значення
1	Максимальний хід по осі X, мм	560
2	Максимальний хід по осі Y, мм	560
3	Максимальний хід по осі Z, мм	660
4	Максимальне навантаження на стіл, кг	400
5	Довжина столу, мм	400
6	Ширина столу, мм	400
7	Максимальна висота заготовки, мм	900
8	Частота обертання, об/хв	15 000
9	Потужність, кВт	22
10	Крутний момент, Нм	104
11	Місткість інструментального магазину, шт	40
12	Максимальна місткість, шт	123

Базовими поверхнями деталі будуть торець деталі та внутрішня поверхня. Обробка поверхонь 8 отворів Ø18мм та 4 отворів M10мм здійснюється без кондуктора.

Етапи обробки 8 отворів Ø18мм: свердління і розсвердлювання.

Етапи обробки 4 отворів M10 мм : свердління, зенкування, нарізання різьби.

У таблиці 4.2 представлені обрані інструменти для обробки деталі на даній операції.

Таблиця 4.2 – Кодування інструментів

Код	Інструмент	Допоміжний інструмент
T01	Свердло SECO Ø18 SD1108A-1800-096-12R1	Втулка 6100-0221 ДСТУ ГОСТ 13598:2015
T02	Свердло SECO Ø8,37 SD1108A-0840-096-12R1	Втулка 6100-0221 ДСТУ ГОСТ 13598:2015
T03	Зенківка 2353-0134 ДСТУ ГОСТ 4953:2015	Втулка 6100-0221 ДСТУ ГОСТ 13598:2015
T04	Мітчик SECO M10 MTP-M10X1.50ISO6HX-TB-P004	Втулка 6143-0103 ДСТУ ГОСТ 15936:2015 Патрон 6251 -0181 ДСТУ ГОСТ 14077:2015

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Для токарної операції виконаємо розробку керуючої програми. Операція буде виконуватись на токарному верстаті з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline (рис. 4.3). Інструмент, який буде використовуватись на даній операції: різець SECO SCLCR2020K09, пластина CCMT 09T308-F1, матеріал пластини TP2500; розточувальний різець SECO S40U-MSKNL12, пластина SNMG 120408-MR7 09T308-F1, матеріал пластини TP1500.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

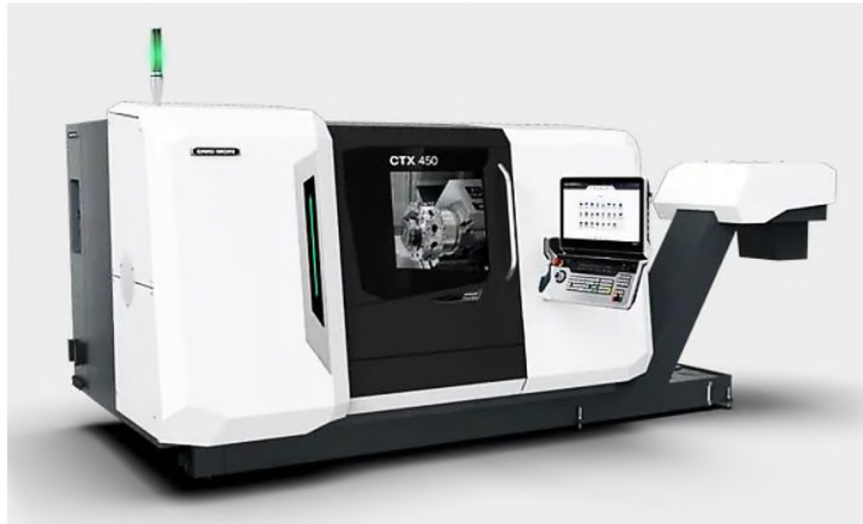


Рисунок 4.3 – Верстат токарний з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline

На токарному верстаті з ЧПК DMG MORI CTX 450 ecoline використовується система керування Heidenhain. Керуюча програма для виконання комплексної обробки, що охоплює точіння, розточування та підрізання торців, створюється у програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. У процесі опрацювання вхідних даних і побудови траєкторій руху інструмента було підготовлено та перевірено відповідний управляючий код. Послідовність етапів його розроблення у FeatureCAM наведено на рисунках 4.4-4.8.

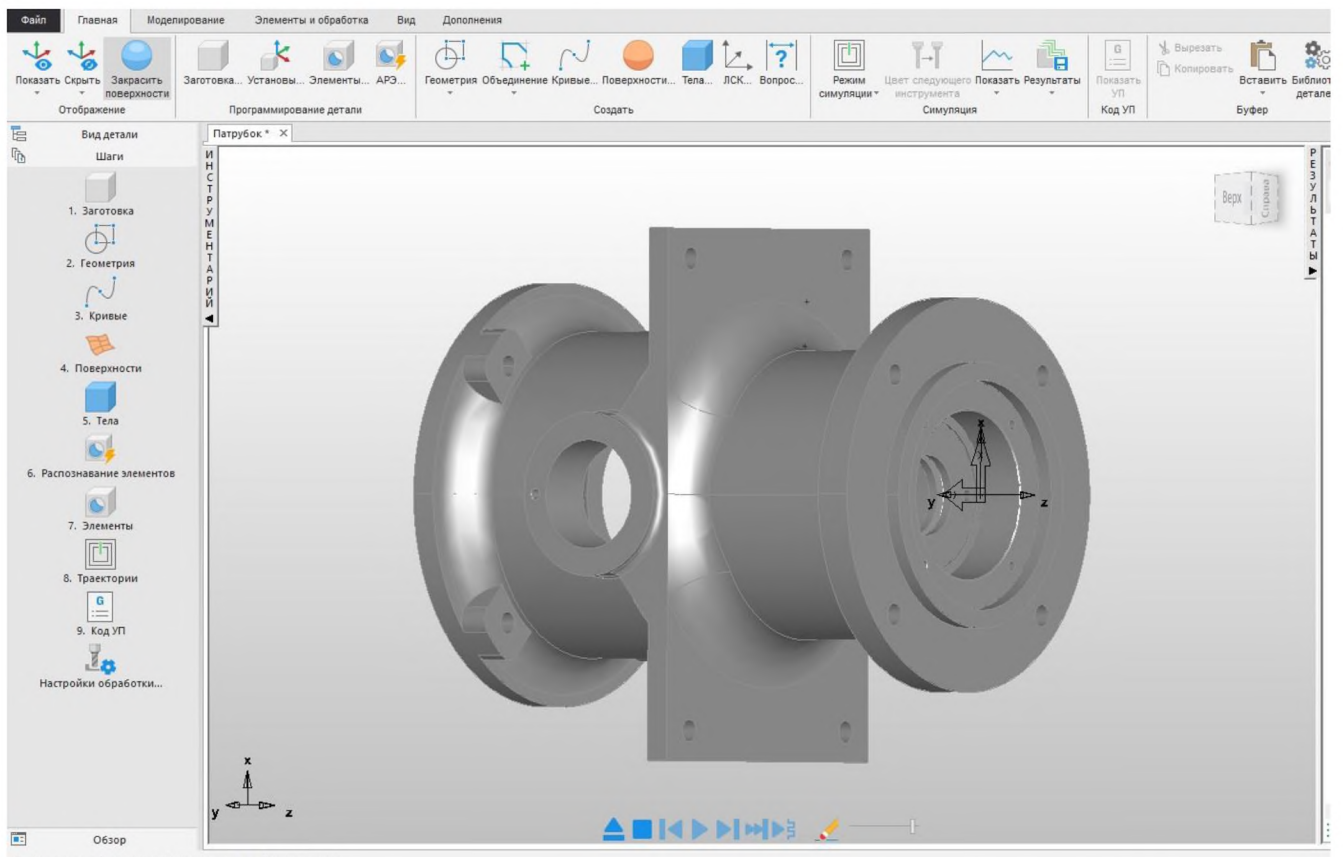
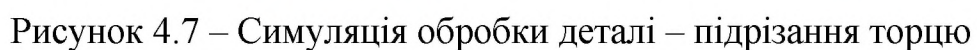
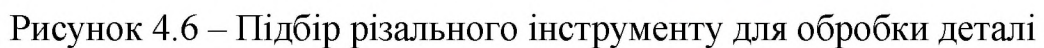


Рисунок 4.4 – Деталь «Кронштейн» в середовищі FeatureCAM

					КНУ.КМР.131.25.1-04.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



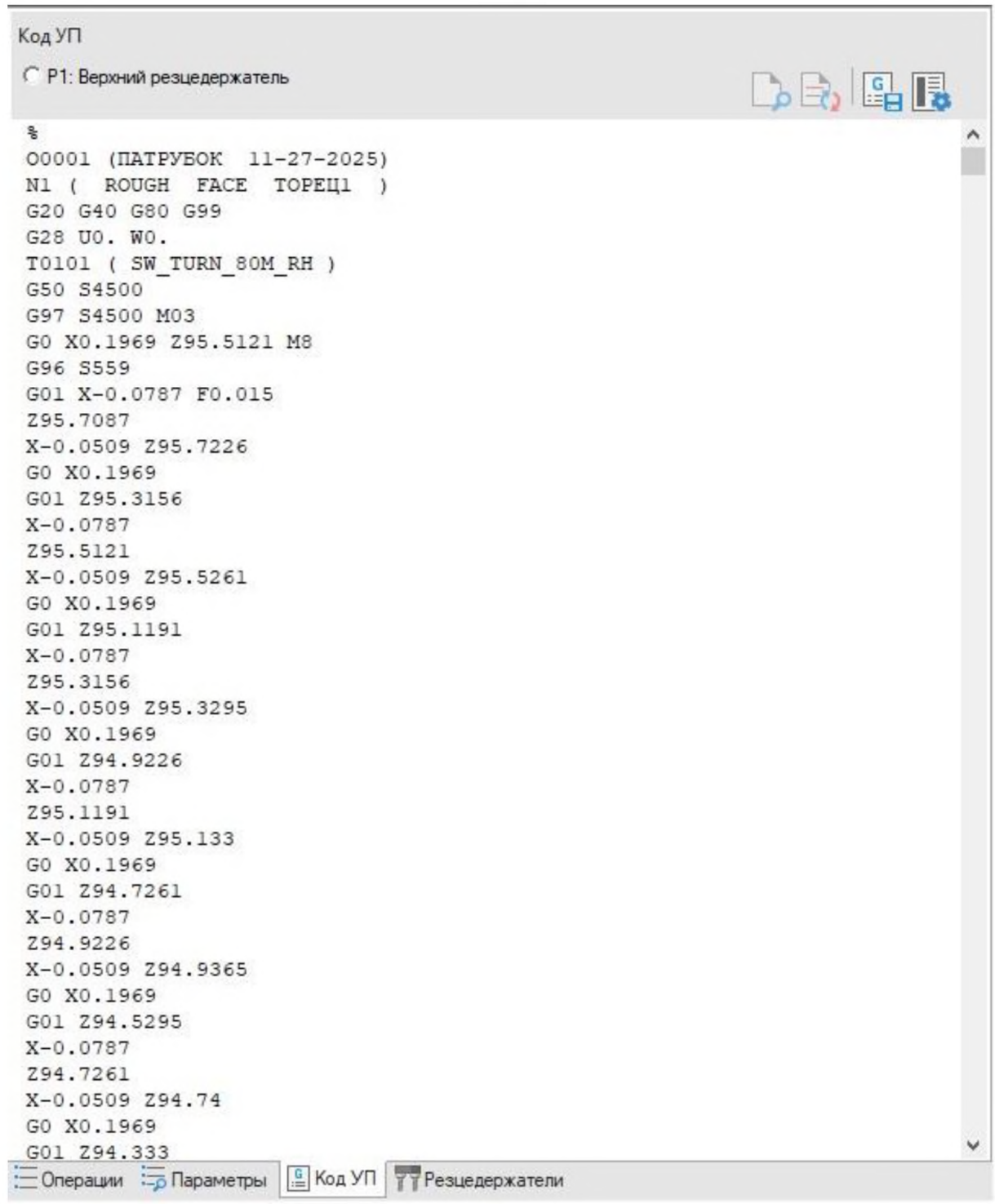


Рисунок 4.8 – Розроблена керуюча програма

					КНУ.КМР.131.25.1-04.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування верстатного пристосування

Проектування верстатного оснащення проводимо на вертикально – свердлильну операцію, що виконується на базовому верстаті 2P135.

5.1.1 Розробка схем базування заготовки

На рисунку 5.1 зображена схема базування деталі на столі верстату.

Установча база – торцева поверхня деталі, яка лишає деталь трьох точок вільності. Направляюча база – направляюча внутрішня поверхня, яка лишає двох точок вільності.

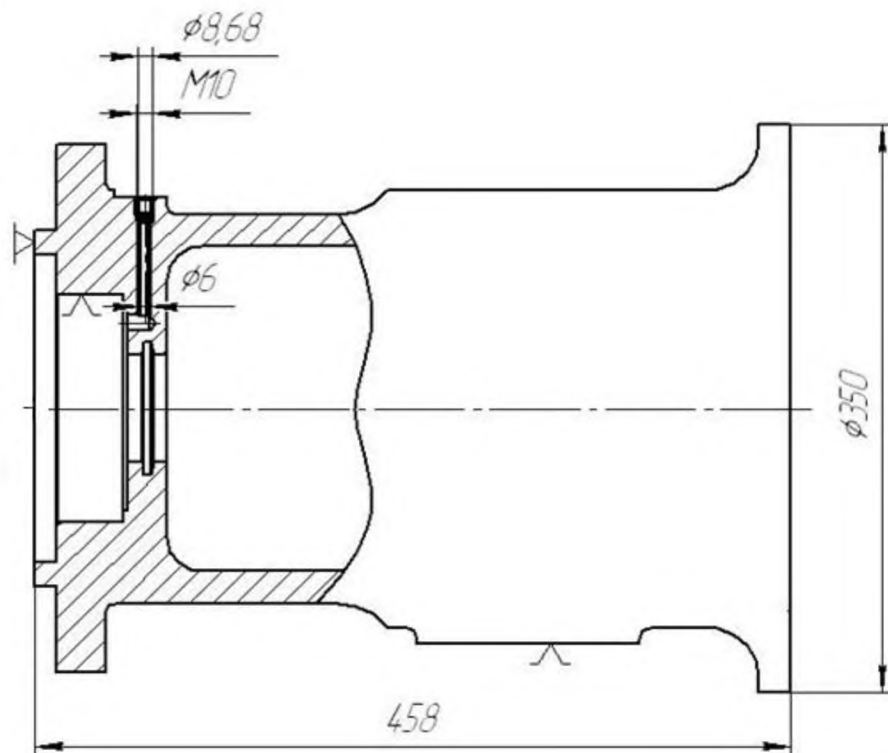


Рисунок 5.1 – Схема базування деталі на столі верстату мод. 2P135

5.1.2 Режимів різання

Режими різання були розраховані у попередньому розділі. Для розрахунку використаємо перехід з найбільшими силовими характеристиками, тобто свердління отвору Ø6мм.

Ріжучий інструмент свердло спіральне. Клас – АА; D=6; L=161; ДСТУ ГОСТ 4010:2018.

Були визначені режими різання: $V=36$ м/хв, $S=0,2$ мм/об, $n=1000$ об/хв.

Обертовий момент $M_{кр} = 3k_2 \cdot m$.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.05.КПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва		
Розроб.	Везера						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк.шіт
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Сила різання:

$$P_z = \frac{M_{kp}}{D_\phi / 2}, \text{кгс} \quad (5.1)$$

$$P_z = \frac{3}{0,045} = 67 \text{ кгс}$$

5.1.3 Розрахунок похибки базування

В даному випадку похибка базування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0,5 \cdot IT_D + 0,5 \cdot IT_{dn} \quad (5.2)$$

$$\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0,5 \cdot 0,039 + 0,5 \cdot 0,016 = 0,0275 \text{ мм}$$

5.1.4 Вибираємо стандартні установчі елементи пристрою

Відповідно до схеми базування, установчими елементами є стандартний циліндричний палець, який виконує роль напрямного елемента та усуває два ступені вільності деталі. Торцева поверхня деталі спирається на три циліндричні опори, що забезпечує усунення ще трьох ступенів вільності.

5.1.5 Визначення сили закріплення

Схема закріплення деталі та дії сил різання представлена на рисунку 5.2.

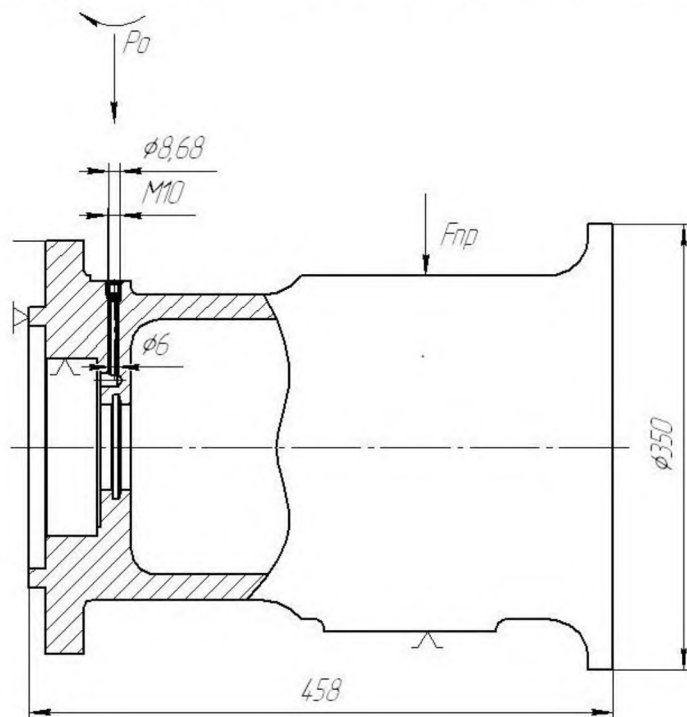


Рисунок 5.2 – Схема дії сил різання та реактивних сил

$$\Sigma M_0 = 0$$

$$T_{p4} \cdot 15 + T_{p2} \cdot 20,5 + T_{p3} \cdot 18,5 + T_{p1} \cdot 25 = k \cdot P_z \cdot d_\phi / 2$$

$$Q \cdot f_4 \cdot 15 + Q \cdot f_2 \cdot 20,5 + Q \cdot f_3 \cdot 18,5 + Q \cdot f_1 \cdot 25 = k \cdot P_z \cdot d_\phi / 2$$

де k – коефіцієнт запасу, що залежить від умов обробки деталі на верстаті та визначається:

					КНУ.КМР.131.25.1-04.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 1,95, \quad (5.3)$$

приймаємо $k=2,5$

f – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки та пристосування,
 $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = 0,1 \dots 0,15$

$$k = 2,5$$

$$d_\phi = 90 \text{ мм}$$

$$M_{\kappa p} = 3 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

$$P_z = \frac{M_{\kappa p}}{D_\phi / 2} = 67 \text{ кгс}$$

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot d_\phi / 2}{f_4 \cdot 0,015 + f_2 \cdot 0,0205 + f_3 \cdot 0,0185 + f_1 \cdot 0,025} \quad (5.4)$$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 67 \cdot 0,045}{0,1 \cdot 0,015 + 0,1 \cdot 0,0205 + 0,1 \cdot 0,0185 + 0,1 \cdot 0,025} = \frac{7,5}{0,0079} = 949,3 \text{ кгс}$$

5.1.6 Вибрати стандартний або спроектувати затискний пристрій та силовий привод

Зусилля затиску осьової сили на стоці визначаємо:

$$Q = (\pi / 4) \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta \quad (5.5)$$

де $\eta = 0,85 \dots 0,9$; $\rho = 4 \text{ кгс} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ - сила стискання повітря по стандартному ряду 150 мм.

5.1.7 Розрахувати точність

Спосіб встановлення пристрою на стіл здійснюється по посадочному отвору $D20 \frac{H7}{h6}$ та болтове з'єднання.

Похибка базування:

$$\varepsilon_\Sigma = k \sqrt{\varepsilon_0^2 \varepsilon_{p.n}^2 \varepsilon_3^2 \varepsilon_{n.p}^2} \quad (5.6)$$

$\varepsilon_0 = 0,0275 \text{ мм}$ похибка базування;

$\varepsilon_{p.n}$ - похибка розташування пристрою на верстаті

$$\varepsilon_{p.n} = S_{\max} / 2 = 0,035 - 0,1 = 0,0125 \text{ мм}$$

$\varepsilon_3 = 0$ - похибка закріплення

$\varepsilon_{n.p}$ - похибка розташування установчих елементів відносно оброблюваних поверхонь дорівнює: $\varepsilon_{n.p} = S_{\max} / 2$; $\varepsilon_{n.p} = 0,075 / 2 = 0,0375 \text{ мм}$

Сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_\Sigma = 1,1 \sqrt{0,0275^2 + 0,0125^2 + 0,0375^2} = 0,22 \text{ мм}.$$

5.2 Проектування контрольного пристосування

Завданням даного розділу випускної роботи є спроектування конструкцію контрольного пристосування для контролю співвісності отвору відносно базового (див. рисунок 5.3)

					КНУ.КМР.131.25.1-04.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

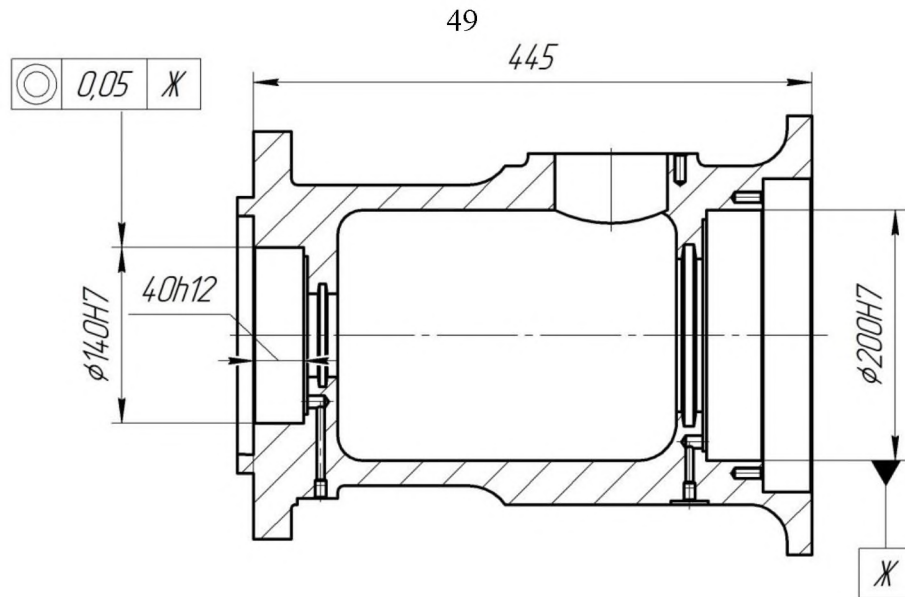


Рисунок 5.4 – Допуски розташування поверхонь

Під співвісністю отворів розуміють найбільшу відстань між віссю розглядаємої поверхні обертання та віссю базової поверхні на довжині нормуємої ділянки L.

Отже при проектування контрольного пристосування приймаємо, що в базовий отвір $\varnothing 200H7$ встановлюємо контрольну оправку з мінімальним зазором ($\varnothing 200H7/h6$).

З одного боку на оправку встановлюється державка, на якій закріплена індикаторна головка типу МИГ-1 з діапазоном вимірювання 0–1 мм, ціною поділки 0,001 мм та похибкою базування вимірювань 2,5 мкм. Під час вимірювання оправка залишається нерухомою, а обертання державки з індикатором здійснюється за допомогою підшипника ковзання.

Індикаторна головка фіксується на державці за допомогою хомута. Індикатор винесено за межі зони вимірювання, оскільки розмір контролюваного отвору незначно відрізняється від базового.

Державка має захисну кришку, яка забезпечує можливість регулювання положення індикатора за допомогою віджимних болтів.

Для зменшення металоємності конструкції контрольного пристосування калібр-оправку виконано у вигляді порожнистої деталі.

Будь-який контрольний пристрій має похибку вимірювання, яка в загальному випадку має вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{л}} + \Delta_{\text{н}} + \Delta_{\text{у}} \sqrt{\Delta_{\text{б}}^2 + \Delta_{\text{з}}^2 + \Delta_{\text{вн}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2}, \quad (5.7)$$

де $\Delta_{\text{л}}$ - похибка лінійних розмірів ($\Delta_{\text{л}} = 0$ - не враховуємо, так як лінійні розміри на точність пристосування не впливають);

$\Delta_{\text{н}}$ - похибка передаючих пристроїв ($\Delta_{\text{н}} = 0$ - не враховуємо, так як похибку важелів індикаторів ми не знаємо);

$\Delta_{\text{у}}$ - похибка виготовлення встановлюючого елемента ($\Delta_{\text{у}}$ - необхідно визначити);

$\Delta_{\text{б}}$ - похибка базування (при базуванні деталі на оправку похибка базування становить $\Delta_{\text{б}} = 10\text{мкм}$);

					КНУ.КМР.131.25.1-04.05.КПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Δ_3 – похибка закріплення ($\Delta_3 = 0$ – деталь під час контрольної операції не закріплюється);

$\Delta_{\text{вп}}$ – випадкові похибки (приймаємо в розмірі $0,04 \cdot T = 0,04 \cdot 120 = 4,8 \text{ мкм}$);

$\Delta_{\text{ін}}$ – похибка вимірювального пристрою ($\Delta_{\text{ін}} = 2,5 \text{ мкм}$).

Припустимо похибку вимірів приймаємо в розмірі 20% допуску контролюємої деталі, як для деталі загального машинобудування:

$$[\Delta] = 0,2 \cdot T = 0,2 \cdot 0,12 = 0,024 \text{ мм}$$

Похибкою встановлюючого елемента Δ_y в нашому випадку буде відхилення від перпендикулярності упорного торця оправки відносно поверхні калібру-пробки.

Враховуючи, що похибка пристосування не повинна перевищувати припустимої похибки, маємо:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_y + \sqrt{\Delta_{\text{б}}^2 + \Delta_{\text{вп}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2} = [\Delta]$$

Звідси маємо:

$$\Delta_y = [\Delta] - \sqrt{\Delta_{\text{б}}^2 + \Delta_{\text{вп}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2}$$

$$\Delta_y = 24 - \sqrt{10^2 + 4,8^2 + 2,5^2} = 12,6 \text{ мкм}$$

Тобто відхилення від перпендикулярності торця оправки відносно циліндричної поверхні калібру-пробки не повинно перевищувати 0,013 мм. Розраховане значення перпендикулярності проставимо на кресленні контрольного пристосування.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Проектування та організація робочого місця

6.1.1 Розробка загального компонування та принцип розташування обладнання в цеху

По заданому виду і типу виробництва класифікувати цех у якому буде розміщене робоче місце за ознаками:

- масового випуску виробів;
- рівень механізації й автоматизації виробничих процесів – комплексна механізація;
- маса виробу 111 кг., габарити виробу 440×270×458 мм. - цехи важкого машинобудування;
- точність виготовлених виробів визначаємо за формулою

$$K_T = \frac{\sum K_{Tj} \times n_{Tj}}{\sum n_{Tj}}$$

Звідси $K_T = 8,1$ отже цех з напіваавтоматичною примусовою припливно-втяжною вентиляцією

Вибрати форму організації виробництва, режим роботи цеху з урахуванням розвитку виробництва.

6.1.2 Аналіз технологічного процесу виготовлення заданої деталі

На даному робочому місці методом точіння точімо кронштейн. Об'єм партії випуску деталі 3000 штук.

6.1.3 Визначити засоби та способи транспортування деталей у цеху

Враховуючи маса габаритні показники виробів, тип та вид виробництва, визначити засоби та способи транспортування деталей в цеху та засоби для переміщення виробів в межах запланованого робочого місця - обираємо тари для заготівлі і готової продукції, електромостовий кран та електрокари.

6.1.4 Визначення площі, необхідної для зберігання та накопичення заготовок та оброблених деталей на робочому місці

Враховуючи маса габаритні показники деталей, а також партій запуску вибрати або спроектувати тару з уніфікованими елементами для зберігання та транспортування деталей.

Площу необхідну для зберігання деталей и заготовок на робочому місці знаходимо за формулою:

$$S_1 = 3 \cdot S \cdot k \quad (6.1)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Вегера			Організаційно- економічна підготовка виробництва		Літ.	Арк.	Аркцвб
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

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

де S – площа в плані яку займає тара, м^2

k – коефіцієнт площі необхідний для завантаження - розвантаження тари,
 $k = 1,3$

6.1.5 Визначення площ для зберігання інструментів та технологічного оснащення на робочому місці

Оберемо тумбочку інструментальну для збереження інструмента, прийомний стіл для розміщення деталей та заготівель, також стіл виробничий для оснащення робочого місця станочника.

Обираємо прийомний стелаж-підставка модель СД3702.10. Габаритні параметри приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Габаритні параметри прийомний стелаж-підставка

Вантажопід'ємність, кг	Габарити, мм	Маса, кг
2000	1200×750×300	51

Обираємо тумбочку інструментальну для збереження інструмента моделі СМ3746.08 Габаритні параметри приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Габаритні тумбочки інструментальної

Вантажопід'ємність, кг		Хід ящика, мм	Габарити, мм
тумбочки	ящика		
380	50/80	575	1000×630×1100

Обрати виходячи з умов організації підприємства, кількість змін, маса габаритних показників деталей, а також її технологічності і параметри потрібного допоміжного обладнання для збереження інструментів і технологічної оснастки.

Площу необхідну для його розміщення можна визначити за формулою:

$$S_2 = S_{ст} \cdot k_1 + S_{ин.т.} \cdot k_2 \quad (6.2)$$

$$S_2 = 0,9 \times 1,1 + 0,63 \times 2 = 2,25 \text{ м}^2,$$

де $S_{ст}$ – площа в плані стола приймального, м^2 ;

k_1 – коефіцієнт площі, яку займає приймальний стіл, $k_1 = 1,1$;

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

k_2 – коефіцієнт займаємою площею інструментальною тумбою, $k_2 = 2$.

6.1.6 Розрахунок площ та вибір обладнання для допоміжних технологічних цілей

Визначити зміст всіх допоміжних процесів пов'язаних з обслуговуванням верстата (приготування ЗОР, збір та транспортування стружки, прибирання робочого місця.)

Система обслуговування являє собою сукупність взаємопов'язаних функцій обслуговування для забезпечення нормального технологічного процесу.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від організації обслуговування залежить продуктивність праці та його ефективність.

Площа для допоміжних технологічних цілей визначається:

$$S_3 = k_4 \cdot (S_{\text{об}} + S_1 + S_2) \quad (6.3)$$

$$S_3 = 0,5 \cdot (32,934 + 3,744 + 2,25) = 20 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{об}}$ – площа в плані станка, м^2 ;

k_4 – коефіцієнт займаємою площею для обслуговування робочого місця,

$$k_4 = 0,5$$

6.1.7 Розрахунок загальної площі робочого місця

Площа для проектованого робочого місця визначаємо:

$$S_{P.M} = S_{\text{об}} + S_p + S_1 + S_2 + S_3 \quad (6.4)$$

де S_p – площа робочого місця станочника – $4,5 \text{ м}^2$.

$$S_{P.M} = 32,934 + 4,5 + 3,744 + 2,25 + 20 = 63,428 \text{ м}^2$$

6.1.8 Компоновка робочого місця

Компоновка здійснюється з урахуванням габаритів обладнання, допоміжних площ, вимог техніки безпеки по забезпеченню робочого місця.

На робочому місці розташовують: основне технічне обладнання, допоміжне обладнання, підйомно-транспортне обладнання і пристрої, тара та інструмент.

Знаходження оптимального варіанту організації робочого місця розробляють за допомогою спеціальної системи оцінки різних варіантів.

Робоче місце поділяють на зони в залежності від трудових рухів (переміщення предметів праці до місця установки та назад).

Бальна система оцінки робочих місць за часом маніпуляції. Вона побудована таким чином, що зі зменшенням затрат часу на маніпуляції з предметом праці або інструментом число балів зростає.

Для даного робочого місця визначаємо бальну оцінку робочого місця виходячи з розташування на ньому предметів праці і технологічного оснащення:

$$B = \frac{K_{\Pi} \cdot B_{\Pi} + K_{И} \cdot B_{И}}{K_{\Pi} + K_{И}} \quad (6.5)$$

де B_{Π} та $B_{И}$ – бальна оцінка розташування предметів праці та інструментів на робочому місці;

K_{Π} – кількість установки та зняття деталей, виконаних за зміну;

$K_{И}$ – кількість прийомів, пов'язаних з користуванням інструментами, за зміну.

Заготовки на приймальному столі в тарі:

$$B - 1 - 3 - 2H - \Pi = 13$$

Деталі в тарі на приймальному столі:

$$B - 1 - 2 - 2H - \Pi = 16$$

середнє 14,5

Інструмент на столі:

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A – 1 – 2 – 1 – П = 14

Б – 1 – 2 – 1 – П = 13

середнє 13,5

$$B = \frac{42 \cdot 14,5 + 84 \cdot 13,5}{42 + 84} = 13,83 \approx 14$$

Висновок: За один бал - 0,1 сек економія на обробку однієї деталі.

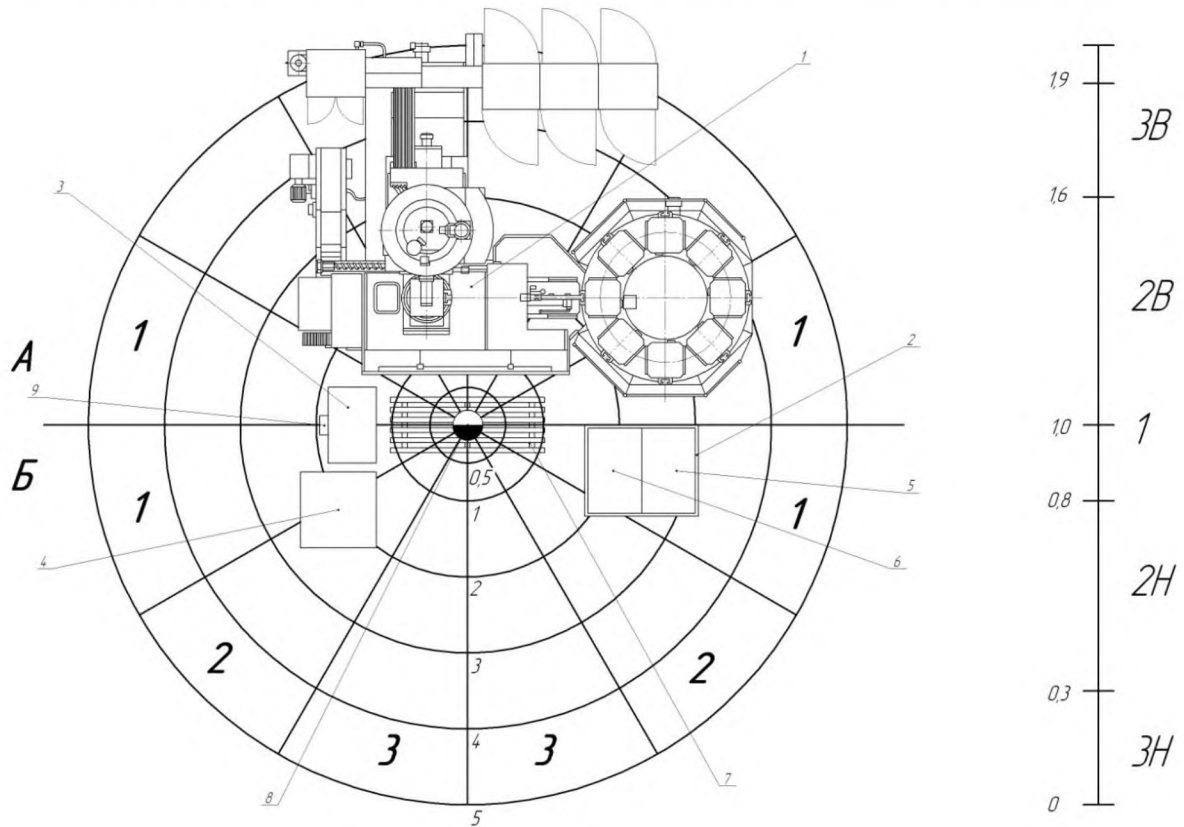


Рисунок 6.1 – Схема розташування робочого місця:

1 – верстат багатоцільовий спеціальний моделі DMG MORI NHX 4000;
2 – прийомний стелаж-підставка; 3 – інструментальна тумбочка; 4 – стелаж для пристосувань; 5 - тара для заготовок; 6 - тара для готових деталей; 7 – ґрати під ноги; 8 – стілець; 9 – планшет для документів

6.1.9 Розробка схеми встановлення та кріплення верстата. Розрахунок фундаменту

В цеху заводу верстатне обладнання встановлюють на фундаменті відповідно конструкції та розмірам опорної площі кожного верстата. Мало та середньо габаритні верстати встановлюють на загальну бетонну плиту підлоги цеху та при необхідності закріплюють болтами. Розрахунок фундаменту проводять на питомий тиск.

Висоту фундаменту приймаємо 0,5-0,6м для верстатів вагою до 10 т., а для важких 1 – 1,5м.

Вагу фундаменту знаходимо за формулою:

$$G_{\phi} = Q \cdot q = F \cdot h \cdot q = 5 \text{ т} \quad (6.6)$$

$$G_{\phi} = 34,099 \cdot 5 = 170,495 \text{ т}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Q - об'єм фундаменту плити 34,099 м³

q - вага 1 м³ бетону 5 т

Загальне навантаження на ґрунт знаходимо

$$P_p = G_{\Phi} + G_{\text{ст}} + G_{\text{д}} \quad (6.7)$$

$$P_p = 170,495 + 18,5 + 0,12 = 189,115 \text{ т}$$

G_{ст} - вага верстата 18,5 т.

G_д - вага заготовки 0,12 т.

Розрахунок фундаменту ведемо за формулою:

$$P_2 = p \cdot F \quad (6.8)$$

$$P_2 = 26,23 \cdot 343 = 8996,89$$

p - питомий тиск на ґрунт при статичному навантаженні, для міцних ґрунтів
p = 343 – 588 кН/м².

$$P_p < P_2$$

Ґрунт витримає устаткування верстата разом з фундаментною плитою.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Лиття крупногабаритних деталей належить до стратегічно важливих технологічних процесів сучасної металургії та машинобудування, оскільки саме таким способом виготовляють вузли, що сприймають значні експлуатаційні навантаження – корпуси турбін, станини верстатів, рами тягової техніки, елементи гірничого, енергетичного та військового обладнання. Масштабність деталей визначає специфіку їхнього виробництва: щоб отримати відливку масою в десятки чи сотні тонн, потрібні потужні плавильні агрегати, масивні форми та значний обсяг формувальних і стрижневих сумішей. Сукупність цих факторів формує підвищене антропогенне навантаження на довкілля та створює складний комплекс виробничих ризиків.

Екологічна проблематика лиття крупних деталей починається з етапу плавлення металу. У традиційних дугових і тигельних печах утворюється суміш оксидів азоту, вуглецю та сірки, дрібнодисперсного пилу й летких органічних сполук. Найбільш небезпечними з екологічної точки зору є утворення фенолу, формальдегіду та поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Їх концентрація зростає у разі застосування холодно-твердіючих смол і органічних зв'язувальних у формувальних сумішах. Оскільки крупногабаритні форми мають великий об'єм і прогріваються значно довше, газовиділення триває не лише в момент заливання, а й протягом усього періоду затвердіння та охолодження. Це робить лиття великих деталей важливим джерелом промислових викидів навіть у порівнянні з дрібносерійними ливарними процесами.

Важливим екологічним аспектом є утворення відходів. Шлаки, окалина, пил аспіраційних систем та, особливо, відпрацьовані формувальні суміші становлять основний масив відходів ливарного виробництва. Залежно від технології виготовлення форм, суміші можуть містити компоненти, які утруднюють

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регенерацію – наприклад, смоли на основі фурану або фенол-формальдегідні зв'язувальні. Проблемним є й забруднення піску дрібними металевими включеннями. Утім, відновлення формувальних сумішей методом механічної та термічної регенерації дозволяє повертати у виробництво до 80-95 % піску, істотно скорочуючи обсяг відходів та зменшуючи потребу в природній сировині. Таким чином, замкнені цикли ресурсокористування стають одним із ключових трендів екологізації сучасних ливарних цехів.

Енергетичний аспект також має суттєве значення. Плавилисьні печі для великих обсягів металу потребують значних енергетичних ресурсів, що прямо впливає на вуглецевий слід підприємства. Сучасні електропечі з частотно-регульованими приводами, системами рекуперації тепла та цифровими модулями оптимізації режимів плавлення дозволяють істотно знизити питомі витрати енергії. Умови міжнародної декарбонізації ставлять перед підприємствами завдання адаптації технологічних процесів до глобальних екологічних стандартів, тому питання енергоефективності поступово набуває стратегічного значення.

Охорона праці у виробництві крупногабаритних відливок також вирізняється своєю складністю. Робота з розплавленим металом температурою 1400-1600 °C передбачає високий ризик опіків і термічних травм. Через велику масу ковшів і форм небезпека механічних ушкоджень, пов'язаних із переміщенням вантажів, зростає в рази. Проблемним є також вплив високої температури навколишнього середовища, яка формується через тривале охолодження великих форм – у ливарних ділянках часто спостерігається локальний перегрів робочої зони.

Окрім термічних факторів, серйозну загрозу становить пил, що утворюється під час вибивки та очищення відливок. Ступінь дисперсності пилу робить його небезпечним для органів дихання, а тривалий вплив може привести до професійних захворювань, таких як силікоз. Газові виділення з форм, що містять органічні смоли, можуть мати канцерогенний характер. Також важливим є фактор шуму: робота дробеструминних камер, кранів і плавильних агрегатів формує рівні, що перевищують безпечні норми.

Система охорони праці в таких умовах має бути багаторівневою. Засоби індивідуального захисту – жаростійкий спецодяг, теплоізоляційні рукавиці, захисні маски, респіратори й каски – залишаються базовим елементом, але самі по собі не забезпечують належного рівня безпеки. Тому сучасні підприємства впроваджують комплексні системи колективного захисту: високопродуктивну аспірацію, витяжну вентиляцію, теплові екрани, дистанційне управління ковшами, роботизовані заливальні системи та автоматичний контроль температури металу. Окремої уваги потребує організація робочих процесів – встановлення чітких маршрутів переміщення вантажів, обмеження доступу до небезпечних зон, регулярне проведення інструктажів та аварійних тренувань.

Важливою тенденцією є перехід до автоматизації та роботизації технологічних операцій. У великих цехах дедалі частіше використовують автоматичні заливальні машини й маніпулятори, здатні забезпечити точність заливки без прямої участі працівника. Така технологічна модернізація не лише мінімізує ризик травм, а й підвищує стабільність якості лиття, що є критично

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важливим для крупногабаритних деталей, де кожна дефектна відливка означає значні матеріальні та енергетичні втрати.

З точки зору сталого розвитку, екологічна модернізація та вдосконалення систем охорони праці є взаємопов'язаними процесами. Чим вищий рівень автоматизації, тим менше безпосереднього контакту працівника з небезпечними факторами, а значить – тим нижчий ризик аварій і травм. Одночасно зменшуються газовиділення та теплові втрати, підвищується ефективність плавлення, скорочується кількість відходів. Такий синергетичний підхід забезпечує не лише виконання нормативних вимог, а й конкурентоспроможність підприємства в умовах ужорсточення екологічних стандартів і глобального переходу до енергоефективних виробництв.

У результаті можна стверджувати, що лиття крупногабаритних деталей є технологічною сферою, де питання екології та охорони праці неможливо розглядати окремо. Відповідальні підходи до управління ресурсами, оптимізація виробничих процесів, впровадження систем автоматичного контролю та використання сучасних методів регенерації матеріалів формують якісно новий рівень безпеки й екологічної відповідальності. Перехід до таких практик дає змогу не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, але й забезпечити стабільну та безпечну роботу персоналу, що у підсумку визначає конкурентоспроможність і стійкість ливарних підприємств у довгостроковій перспективі.

6.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз та визначено собівартість виготовлення деталі «Кронштейн» для двох альтернативних варіантів технологічної обробки. У межах дослідження проаналізовано доцільність модернізації виробничого процесу шляхом заміни застарілого обладнання – верстатів ГФ2171.C5 та 2P135 – на один сучасний багатоцільовий верстат з ЧПК DMG MORI NHX 4000.

Усі результати оцінювання, включно з розрахунками строку окупності інвестицій, наведено в таблицях 6.3-6.6. У таблиці 6.3 подано вихідні дані, використані для подальших розрахунків.

Таблиця 6.3 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	ГФ2171	2P135	NHX 4000
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	3000		3000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	21,5	10,4	18,2
Час наладки верстата, хв.	15	4	20

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.3

Розряд:				
	контролера	5		5
	верстатника	4	3	2
	наладчика	3	3	5
	наладчика інструменту			4
Кількість кадрів програми, шт.			180	
Вартість заготовки $S_{\text{заг}}$, грн.	1155		1155	
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{\text{пр}}$, грн	60000	50000	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_t	0,083	0,083	0,083	
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9	
Вартість розробки ПК $K_{\text{пк}}$, грн.			1602	
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $H_{\text{ст}}$	130	120	160	
наладчика $H_{\text{нал}}$	130	125	150	
наладчика інструмента $H_{\text{ін}}$	120	115	150	
контролера $H_{\text{к}}$	115		145	
Верстати				
Клас точності верстата	П	Н	А	
Маса верстата, т	4,2	4,2	7,85	
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,56 x 2,26	2,56 x 2,26	4,2 x 2,7	
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5	
Тип пристрою ЧПК			Siemens 840D sl	
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{\text{рц}}$, років	7	7	10	
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	48	
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини $R_{\text{м}}$	15	15	26,86	
електротехнічної частини $R_{\text{е}}$	9,8	9,8	20,8	
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2	
Оптова ціна верстата Ц, грн.	450000	285000	7350000	
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,78	0,1	0,95	
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	5,8	5,8	5,6	
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0,25		0,25	
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини $H_{\text{м}}$	401	401	272	
електротехнічної частини $H_{\text{е}}$	86	86	60	

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.3

Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	1950	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	2,5	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
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $\Pi_{пл.}$, грн.	180	180	180

Таблиця 6.4 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	ГФ2171	2Р135	NHX 4000
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	1075	520	1400
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5	1,333333333	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін.}$, год	12,4222222	12,01777778	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	89,225	43,16	116,2
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,58	0,28	0,38
(дійсна)	1	1	1
(розрахункова)	0,0027	0,0007	0,0036
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін.}$, чол. (розрахункова)	0,00667861	0,006461171	0,01075
(дійсна)	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,048	0,02	0,06
(дійсна)	1	1	1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{люд.}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,19
(дійсна)	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,3483	1,312	0,39

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.5 – 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 наладжувальника 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 = 161,81 С2 на деталь = 117,77	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 335998 + 1284,19 + 2872,71 + 0,00 + 41066,7 + 0 + 21791,73 + 4940,42 + 49000 + 12577 + 679,25 + 15224,28 = 485434,19$											
$C_2 = 186157 + 1572,48 + 234,00 + 534,00 + 26133,3 + 0 + 77130,90 + 3024,00 + 35000 + 5929,4 + 750,94 + 16849,00 = 353315,47$											
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.											
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 583589 + 13723 + 49000 + 923144 + 110000 + 0 = 1679456$											
$K_2 = 1455300 + 2120 + 28000 + 196650 + 70000 + 1602 = 1753671,92$											

Таблиця 6.6 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
737353	485434	0,15	1679456
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
616366	353315	0,15	1753672
Річний економічний ефект			
$E = Z_1 - Z_2$			
120986	737353	616366	
Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
0,56	1753672	1679456	485434 353315,5

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

За результатами проведеного аналізу встановлено, що заміна двох морально й технічно застарілих верстатів одним сучасним обладнанням із ЧПК істотно скорочує тривалість обробки деталей. Запропоновані заходи модернізації є економічно доцільними: орієнтовний строк окупності становить 0,56 року, а річний економічний ефект сягає 120 986 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

ОБРОБКА ОТВОРІВ ТА НАРІЗАННЯ РІЗЬБ З ПОПЕРЕДНІМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ

7.1 Технологічні можливості розгортання отворів з випереджальним пластичним деформуванням

Одним із дієвих підходів покращення оброблюваності конструкційних матеріалів під час різання є використання методу обробки з випереджальним пластичним деформуванням (ВПД) [34, 35]. Суть цього методу полягає у навмисній зміні механічного стану шару металу, що підлягає зрізання, шляхом його попереднього деформаційного зміцнення. Таке зміцнення створюється додатковим силовим впливом під час різання, що реалізується спеціальними елементами інструмента.

Як джерело механічного впливу застосовують різноманітні способи поверхневого пластичного деформування: обкатування роликami, розкочування, вигладжування, ударно-роликову або відцентрову обробку, калібрувальне протягання тощо. За оптимального вибору параметрів деформування (глибина впливу, рівень наклепу, характер розподілу зміцненого шару [36]) метод забезпечує покращення низки технологічних характеристик: підвищення стійкості ріжучого інструмента, зростання продуктивності, отримання меншої шорсткості поверхні, а також покращення експлуатаційних властивостей оброблених деталей [35].

Робоча частина спеціальної розгортки з ВПД наведена на рисунку 7.1. Її відмінною особливістю є наявність конічної ділянки 2 з кутом φ , яка функціонує як деформуючий елемент. Зубці цієї ділянки не мають заднього кута — вони виконані у вигляді поздовжніх зміцнених стрічок. Кромки стрічок притуплені до радіуса $r = 0,2\text{--}0,3$ мм, що унеможливорює їх участь у процесі різання.

Під час роботи інструмент виконує такі дії:

- зубці ділянки 1, розташовані під кутом φ до осі, знімають основний припуск подібно до традиційного розгортання;
- при подальшому осьовому переміщенні конічна ділянка 2 зумовлює пластичне обтиснення та зміцнення поверхневого шару матеріалу (рис. 7.2);
- зони 3 і 4 видаляють тонкий поверхневий шар, що був зміцнений деформацією, і формують точний розмір отвору;
- калібрувальна поверхня 5 і зворотний конус 6 працюють аналогічно стандартним розгорткам [37].

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Вегера</i>			<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцшів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

Ступінь пластичної деформації задають зміною кута φ_y та довжини зміцнювальної ділянки l_y . Від цих параметрів залежить величина радіального натягу δ_H , який визначає силовий вплив інструмента на метал і характер розподілу питомого лінійного навантаження q по довжині контакту. Виготовлення ріжучої частини здійснювали шляхом переточування стандартних розгорток за ДСТУ ГОСТ 7722:2017 на різьбошліфувальному верстаті моделі 5822.

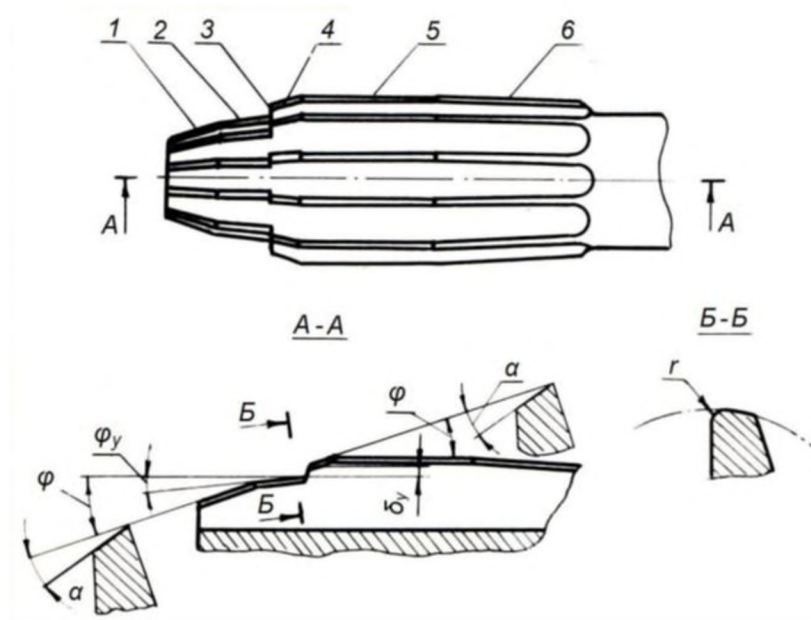


Рисунок 7.1 – Конструкція ріжучої частини розгортки для різання з ВПД

7.1.1 Експериментальна частина

Випробування проводилися на токарних верстатах моделей 1И611П та 1К62. Під час експериментів обробляли отвори діаметром 18, 24 і 26 мм у циліндричних заготовках завдовжки 40 мм зі сталей 20Х13, 12Х18Н10Т, 10Х12Н22Т3МР (ЕПЗ3) та латуні Л63. Інструмент установлювали у спеціальну державку на супорті, використовуючи механічну подачу.

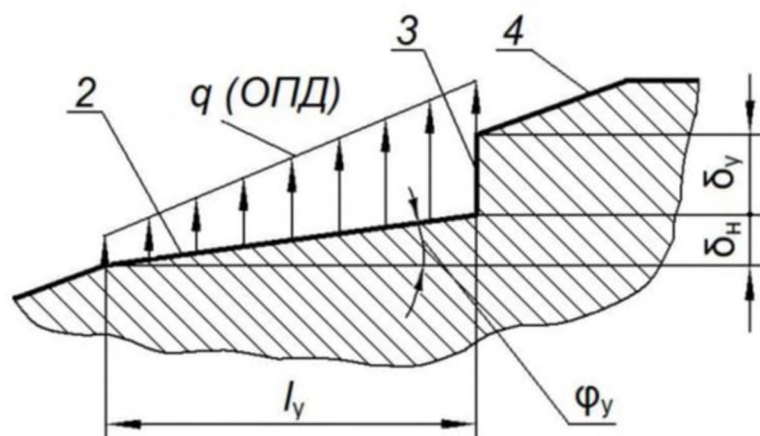


Рисунок 7.2 – Схема навантаження зрізаємого шару матеріалу

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Режими обробки становили:

$V = 0,1-0,15$ м/с;

$S = 0,1$ мм/зуб;

$t_p = 0,2-1$ мм;

МОР – 5%-на емульсія НГЛ-205 (ТУ 0258-107-00148843-2005).

Основним параметром процесу є радіальний натяг δ_n (рис. 7.2), який визначають як:

$$\delta_n = 0,5 (d_{\max} - d_{\min}), \quad (7.1)$$

де $d_{\max}$ і $d_{\min}$ – відповідно найбільший і найменший діаметри конічної ділянки довжиною l_y .

Зміна δ_n суттєво впливає на рівень пластичної деформації, її розподіл по перерізу та отримуваний технологічний ефект. Для заготовок зі значною товщиною стінки ($h/r > 0,5$) оптимальний діапазон натягу становив $\delta_n \approx 0,04 \dots 0,3$ мм. При збільшенні δ_n понад 0,65 мм виникало перенаклепування, утворення мікротріщин та відшаровування часток металу, що погіршувало якість обробки.

Зв'язок між δ_n , кутом φ_y і довжиною ділянки l_y наведено на рисунку 7.3. Практично придатною зоною параметрів виявився діапазон $\varphi_y = 20' - 4^\circ$ та $l_y = 3 - 15$ мм. Збільшення φ_y понад $4 - 5^\circ$ спричиняє значне зростання осьової складової сили, що може викликати відведення інструмента і викривлення осі отвору.

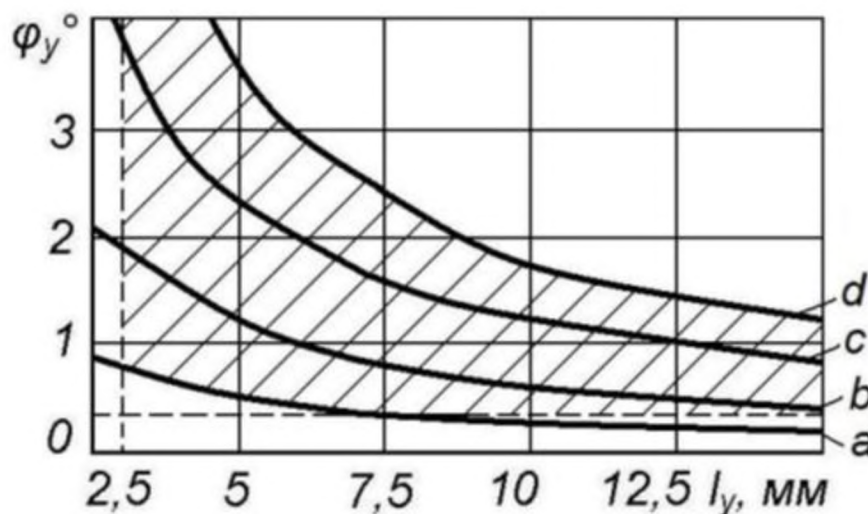


Рисунок 7.3 – Залежність φ_y (кута нахилу) і l_y (довжини) зміцненої ділянки 2 розгортки при різних значеннях величини натягу δ_n :
а – 0,04 мм; б – 0,1 мм; с – 0,2 мм; d – 0,3 мм

7.1.2 Якість обробки та характеристика поверхневого шару

Оцінювання ефективності методу здійснювали за показниками шорсткості та стійкості інструмента. Шорсткість вимірювали профілографом «Калібр-201», мікротвердість – приладом «ПМТ-3».

За результатами досліджень (рис. 7.4) встановлено, що використання ВПД забезпечує зниження параметра R_a на 1,5–2 класи порівняно зі стандартним розгортанням аналогічними інструментами.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

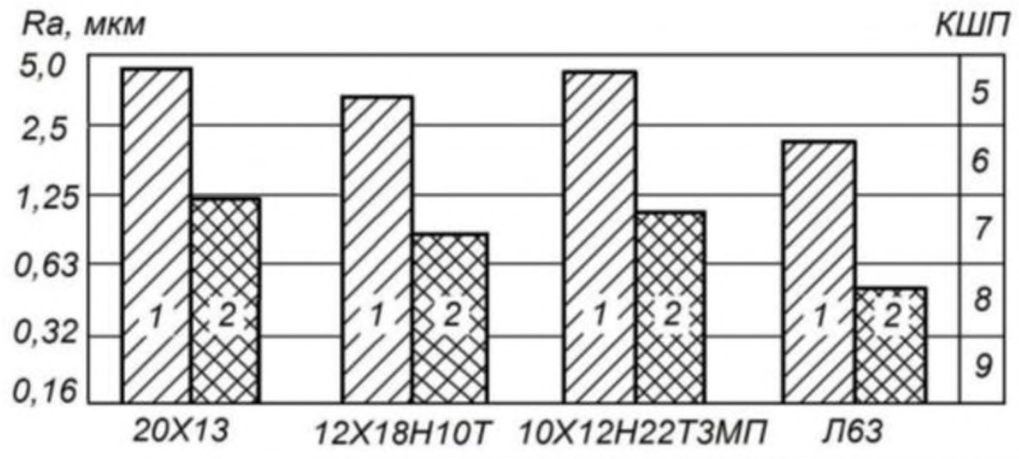


Рисунок 7.4 – Діаграми зміни шорсткості (Ra) обробленої поверхні і класу шорсткості поверхні КШП при різних способах розгортання:
1 – розгортання звичайне; 2 – ВПД розгортання

Конструктивна особливість деформуючої ділянки позитивно впливає на стабільність процесу: зміцнені стрічки виконують роль опорних напрямних, що зменшують схильність інструмента до вібрацій та відхилення від осі. Завдяки цьому знижується нерівномірність шорсткості по довжині отвору та менше проявляються дефекти поверхні.

Металографічні дослідження (рис. 7.5) засвідчили, що в результаті деформаційного зміцнення структура поверхневого шару зазнає подрібнення, підвищується її однорідність та формується рівномірніша текстура. Мікротвердість обробленої поверхні після ВПД збільшувалася в середньому на 10–12%.

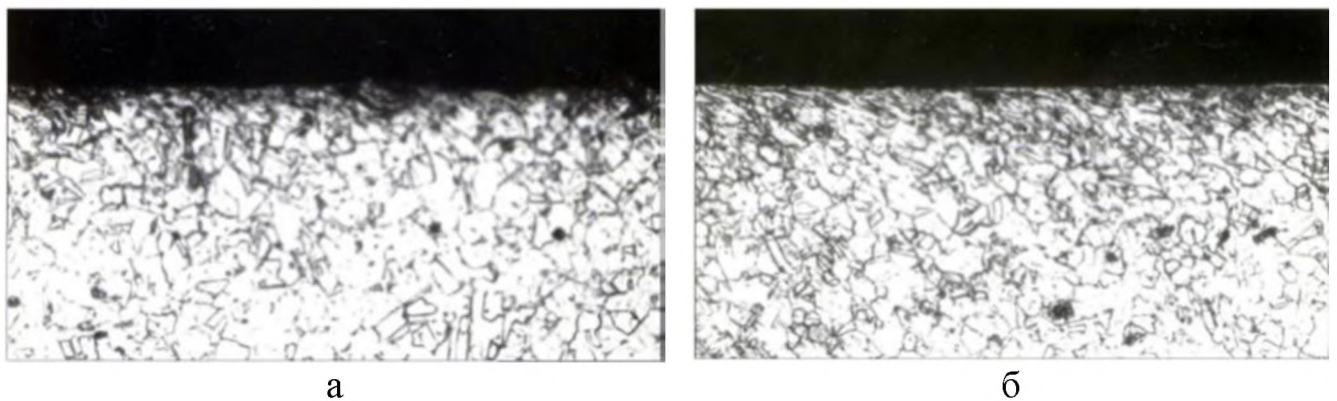


Рисунок 7.5 – Структура матеріалу (12X18H10T; Ч300) поверхневого шару отворів: а – розгортання звичайне; б – ВПД розгортання

7.1.3 Інструментальна стійкість та продуктивність

Стабільні умови різання забезпечили збільшення технологічної стійкості розгортки у 1,2–1,4 раза. Крім того, метод дозволив виконувати чистове розгортання з підвищеним припуском без проміжних операцій (зенкування або попереднього розгортання), що значно підвищує продуктивність обробки.

Зміна конструкції ріжучої частини розгортки шляхом введення деформуючої конічної ділянки забезпечує кероване впливання на фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу. Це створює більш сприятливі умови різання, зменшує контактні навантаження, підвищує якість поверхневого шару і забезпечує помітне зростання інструментальної та технологічної ефективності процесу розгортання.

7.2 Нарізання різьб мітчиками із застосуванням попереднього пластичного деформування матеріалу зрізуваного шару

Процес формування внутрішніх різьблень мітчиками у заготовках, виготовлених із пластичних та високо-в'язких матеріалів (зокрема, корозійностійких і жароміцних сталей, а також сталей, рафінованих синтетичними шлаками), характеризується підвищеною складністю та значними технологічними ризиками [39]. У зоні різання утворюються високі контактні тиски та температури, а обмежений простір для відведення стружки сприяє прискореному зношуванню ріжучих крайок, виникненню задирок та викришуванню зубів. Наслідком цього є зниження допустимих параметрів режиму різання, що істотно обмежує продуктивність.

Додатково, при роботі з пластичними сталями відбувається інтенсивне витіснення металу у вершини профілю різьби, де утворюється характерний валик – заусенець (кратер). Наявність кратера призводить до відхилення фактичних геометричних параметрів різьблення від номінальних, що негативно впливає на якість з'єднання. Нормативи (НИАТ РМ942, ОСТ 92-2970-70) регламентують граничну висоту кратера: до 0,15 кроку або 0,2–0,3 мм залежно від діаметра різьблення. Часто саме величина кратера, а не ступінь зношування інструмента, визначає тривалість роботи мітчика до переточування.

Одним зі способів підвищення ефективності формування різьб у важкооброблюваних матеріалах є застосування попереднього пластичного деформування поверхневого шару, яке призводить до зміни стану металу зрізуваної зони та зменшує ймовірність утворення дефектів [34, 35].

7.2.1 Методика проведення експериментів

Попереднє деформування шару матеріалу виконували шляхом прошивання отворів однокільцевим цільним прошиванням для вигладжування, виготовленим зі сталі В10А (HRC 59-62). Робоча частина інструмента мала циліндричну зміцнювальну стрічку. Прошивання здійснювали на механічному пресі, а зусилля контролювали динамометром стиску типу ДОСМ-3. Ефективність такого підходу оцінювали за змінами крутного моменту під час нарізування різьби і за технологічною стійкістю мітчиків.

Досліджували наскрізні різьбові отвори М10×1 і М6 у заготовках товщиною 15 мм та 9 мм відповідно. Матеріали: корозійностійкі сталі 20Х13, 12Х18Н10Т та рафінована сталь 50РАСШ. Нарізання виконували на вертикально-свердильному верстаті 2А135 з використанням гайкових мітчиків М10×1 та двокомплектних машинно-ручних мітчиків М6. Як МОР застосовували мастильно-охолодну рідину МР-1в (ТУ 38.101731-80).

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Основний параметр пластичного деформування — радіальний натяг δ_n , тобто перевищення діаметра деформуючого кільця інструмента $d_{пр}$ над діаметром вихідного отвору d_0 , визначеним як середнє значення з урахуванням геометричних відхилень. У дослідженнях застосовували натяг $\delta_n = 0,07\text{--}0,11$ мм, що відповідало зусиллю продавлювання:

- 12–19 кН – для сталі 12Х18Н9Т,
- 19–27 кН – для сталі 20Х13,
- 18–25,5 кН – для сталі 50РАСШ.

Для порівняння з традиційним різьбонарізуванням із кожного матеріалу виготовляли дві серії зразків.

1. У першій серії діаметр отворів доводили розгортанням.
2. У другій – збільшення діаметра здійснювали виключно пластичним деформуванням.

Перевірка показала, що перед нарізуванням різниці в діаметрі між отворами двох серій практично не було.

7.2.2 Вимірювання крутного моменту та зношування мітчиків

Крутний момент визначали за допомогою дротових тензодатчиків, наклеєних на спеціально ослаблену ділянку пристосування для закріплення зразків. Сигнал підсилювали станцією 8АНЧ-7М, а реєстрацію проводили на осцилографі Н700. Статичне тарування здійснювали динамометричним ключем.

Результати досліджень показали, що при попередньому зміцненні шару, який зрізується, різьбонарізування відбувається з меншим крутним моментом. Ступінь зниження залежав від зношування інструмента ($h_z = 0,1\text{--}0,4$ мм):

- 12Х18Н10Т ($v = 0,044$ м/с): зменшення на 18–26%,
- 20Х13 ($v = 0,061$ м/с): зменшення на 16–21%,
- 50РАСШ ($v = 0,086$ м/с): зменшення на 17–23%.

7.2.3 Технологічна стійкість інструмента

Критерієм стійкості прийняли вихід фактичних розмірів різьблення за межі допуску квалітету Н6. Контроль виконували граничними калібрами відповідно до. Мітчики встановлювали у плаваючому патроні (рис. 7.6), що забезпечував самовстановлення інструмента.



Рисунок 7.6 – Плаваючий самоцентруючий патрон для різьборізних мітчиків та приклади деталей

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати випробувань (рис. 7.7) свідчать, що попереднє пластичне деформування підвищує технологічну стійкість мітчиків у 1,3–1,8 раза порівняно зі стандартним різьбонарізуванням.

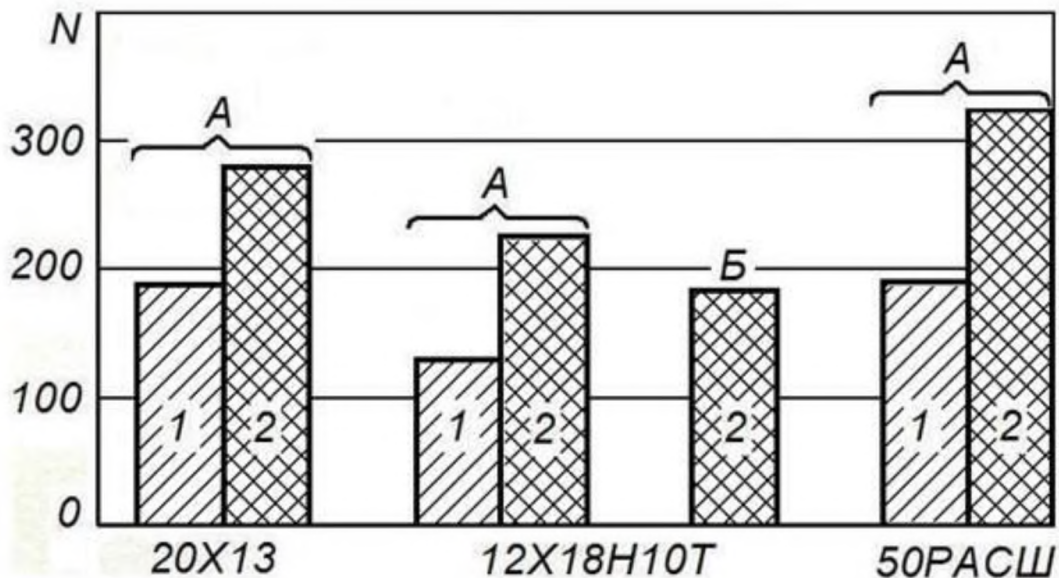


Рисунок 7.7 – Вплив попередньої пластичної деформації на стійкість мітчиків при нарізуванні різьблення М6:

1 – звичайне різьбонарізування; 2 – нарізування різьблення після прошивання отвору А – двокомплектні мітчики: чорновий – $\gamma = 3$, $\alpha = 6$, $\varphi = 12^\circ$; чистовий – $\gamma = 3$, $\alpha = 8$, $\varphi = 12$, $\lambda = 3^\circ$; Б – однокомплектні чистові мітчики – $\gamma = 3$, $\alpha = 8$, $\varphi = 12$, $\lambda = 3$

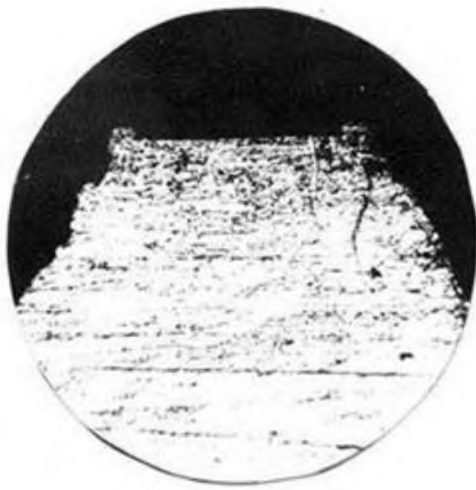
Суттєва перевага методу полягає в тому, що зниження крутного моменту дає змогу виконувати повний профіль різьби одним чистовим мітчиком (діаграма Б), тоді як традиційна технологія передбачає використання чорнового і чистового інструментів. Це підвищує продуктивність обробки та спрощує автоматизацію процесу.

7.2.4 Зношування мітчиків та точність профілю

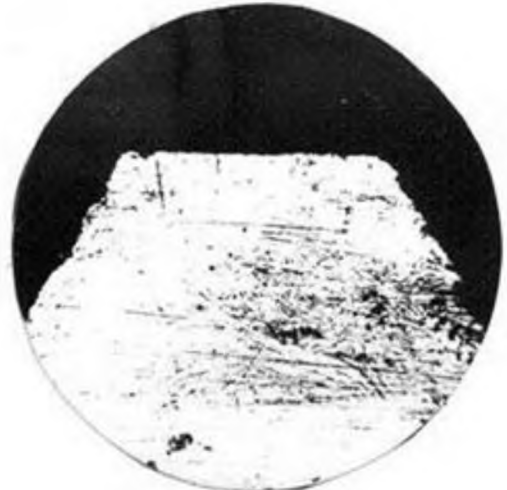
Попри збільшення загального зношування зубів мітчика (до 1,2 разів порівняно зі звичайною схемою), при різанні після деформаційного зміцнення цей знос менш критично впливає на точність формування профілю. Наприклад, при виготовленні різьби М6-Н6 допустима ширина фаски зношування зуба для забезпечення точності становить $h_{зк} = 0,4\text{--}0,5$ мм, що в 1,5–2 рази перевищує межу, характерну для традиційного процесу.

Металографічні дослідження на мікроскопі МІМ-7 (рис. 7.8) підтвердили, що попереднє зміцнення зменшує пластичність матеріалу у зоні формування вершини профілю різьби, що знижує схильність до утворення кратера та покращує геометричну точність різьблення. У зразках зі сталей 50PACSH та 12X18H9T після попереднього деформування профіль зубців формується точніше (рис. 7.8 б, г), навіть при однаковому рівні зношування інструмента ($h_z = 0,2$ мм).

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		



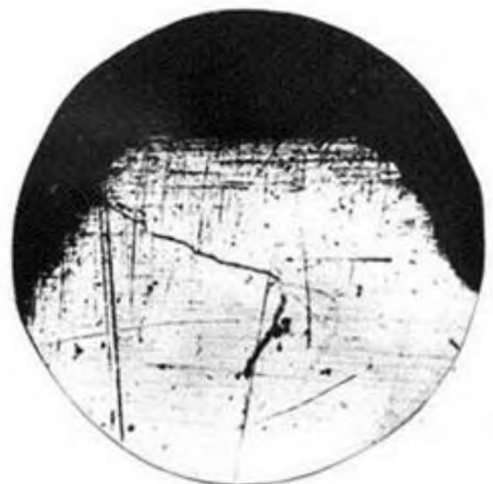
а



в



б



г

Рисунок 7.8 – Мікроструктурні знімки профілю різьби на зразках зі сталей 50РАСШ (а, б) та 12Х18Н9Т (в, г), збільшення $\times 100$: а і в – різьбонарізання традиційним методом; б і г – формування різьби після попереднього зміцнення зрізаного шару; зношування ріжучих зубців мітчика становило $h_x = 0,2$ мм

7.2.5 Загальні висновки

Попереднє пластичне деформування отвору перед нарізуванням різьблення є високоефективною технологічною операцією, що суттєво покращує параметри процесу:

- знижує крутний момент на 16–26%;
- підвищує стійкість мітчиків у 1,3–1,8 раза;
- мінімізує утворення кратера та покращує точність профілю;
- дозволяє формувати різьбу одним чистовим мітчиком;
- підвищує продуктивність і придатне для механізації.

Метод особливо ефективний для обробки пластичних та корозійностійких сталей, де традиційне різьбонарізування ускладнене значним витисненням матеріалу у вершину профілю.

					КНУ.КМР.131.25.1-04.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі виконано комплекс досліджень, розробок та інженерних рішень, спрямованих на удосконалення технологічного забезпечення виготовлення деталей шламового насосу 6ШВ-2 із застосуванням сучасних систем автоматизації, що дало змогу підвищити точність, якість і економічну ефективність виробничого процесу. У результаті виконаної роботи:

Проведено розрахунок розмірних ланцюгів при складанні шламового насосу 6ШВ-2. Отримані результати забезпечують досягнення необхідних параметрів точності, гарантують взаємозамінність деталей та сприяють зниженню ймовірності виникнення відхилень під час складання.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн», що включає вибір раціональних методів обробки, обґрунтування режимів різання, визначення технологічних баз та забезпечення необхідних показників точності та шорсткості поверхонь.

Створено верстатно-інструментальне налагодження для багатоцільової операції на оброблювальному центрі DMG MORI NHX 4000. Вибрано сучасний високопродуктивний металорізальний інструмент. Для токарної операції розроблено керуючу програму у середовищі FeatureCAM, що забезпечує автоматизоване отримання траєкторій та оптимізовані режими обробки.

Спроектовано спеціальне оснащення для свердління отвору, а також контрольний пристрій для перевірки співвісності отвору відносно базових поверхонь. Це дає можливість підвищити точність виготовлення та стабільність параметрів у серійному виробництві.

Спроектовано робоче місце для верстата DMG MORI NHX 4000, враховано ергономічні та логістичні вимоги. Проведено техніко-економічні розрахунки, які підтвердили доцільність заміни застарілого обладнання. Впровадження нового верстатного комплексу є економічно обґрунтованим: орієнтовний строк окупності становить 0,56 року, а річний економічний ефект – 120 986 грн.

Запропоновано заходи з охорони праці та екологічної безпеки під час виготовлення та лиття великогабаритних деталей. Особлива увага приділена зниженню впливу шкідливих факторів на працівників, мінімізації утворення промислових відходів та впровадженню раціональних ЗІЗ.

У науково-дослідній частині досліджено процеси обробки отворів і нарізання різьб з використанням технології попереднього пластичного деформування матеріалу. Показано, що застосування пластичного деформування сприяє підвищенню якості різьб, зміцненню поверхневого шару та збільшенню експлуатаційної довговічності деталей насосного обладнання.

Проведені дослідження, інженерні розробки та техніко-економічні обґрунтування підтверджують ефективність впровадження сучасних технологічних рішень та систем автоматизації у виробництво шламових насосів.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Вегера</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					КНУ.КМР.131.25.1-04.СВД			
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вегера			Список використаних джерел			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					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.131.25.1-04.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-04.Д			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.	Вегера				Додатки	Літ.	Арк.	Архцив
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.	Рязанцев							

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.							
					Документация		
	A1			КНУ.КМР.131.25.1-04.СК	Складальне креслення		
Справ. №							
					Детали		
			1		Вал	1	
			2		Втулка	1	
			3		Втулка	1	
			3		Кришка	1	
			5		Кришка	1	
	A1	6	КНУ.КМР.131.25.1-04.П	Патрубок	1		
		7		Планка стопорна	1		
		8		Шайба торцева	1		
Подп. и дата			9		Фланець	1	
					Стандартные изделия		
Инв. № дцкл.			6		Болт М10-6gx40 DIN 933	4	
			11		Болт М10-6gx20 DIN 933	4	
			12		Гвинт А.М5-6gx16 DIN 553	1	
			13		Кільце СГ82-55-7 DIN 1481	1	
			14		Кільце СГ145-117-11 DIN 1481	1	
Взам. инв. №			15		Підшипник 411 ДСТУ ГОСТ 8338:2008	1	
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							</

[illegible]

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного забезпечення виготовлення деталей
шламового насосу 6ШВ-2 з використанням систем автоматизації

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Вегера Р.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасів В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасів В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

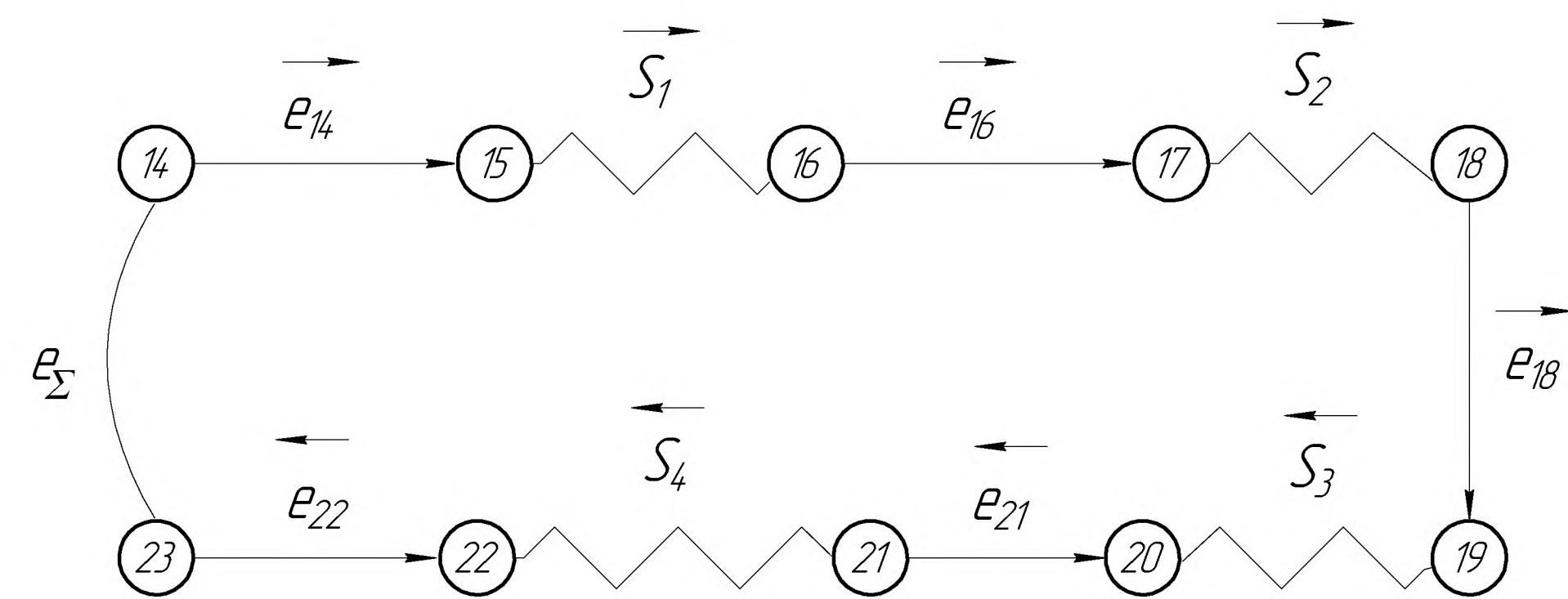
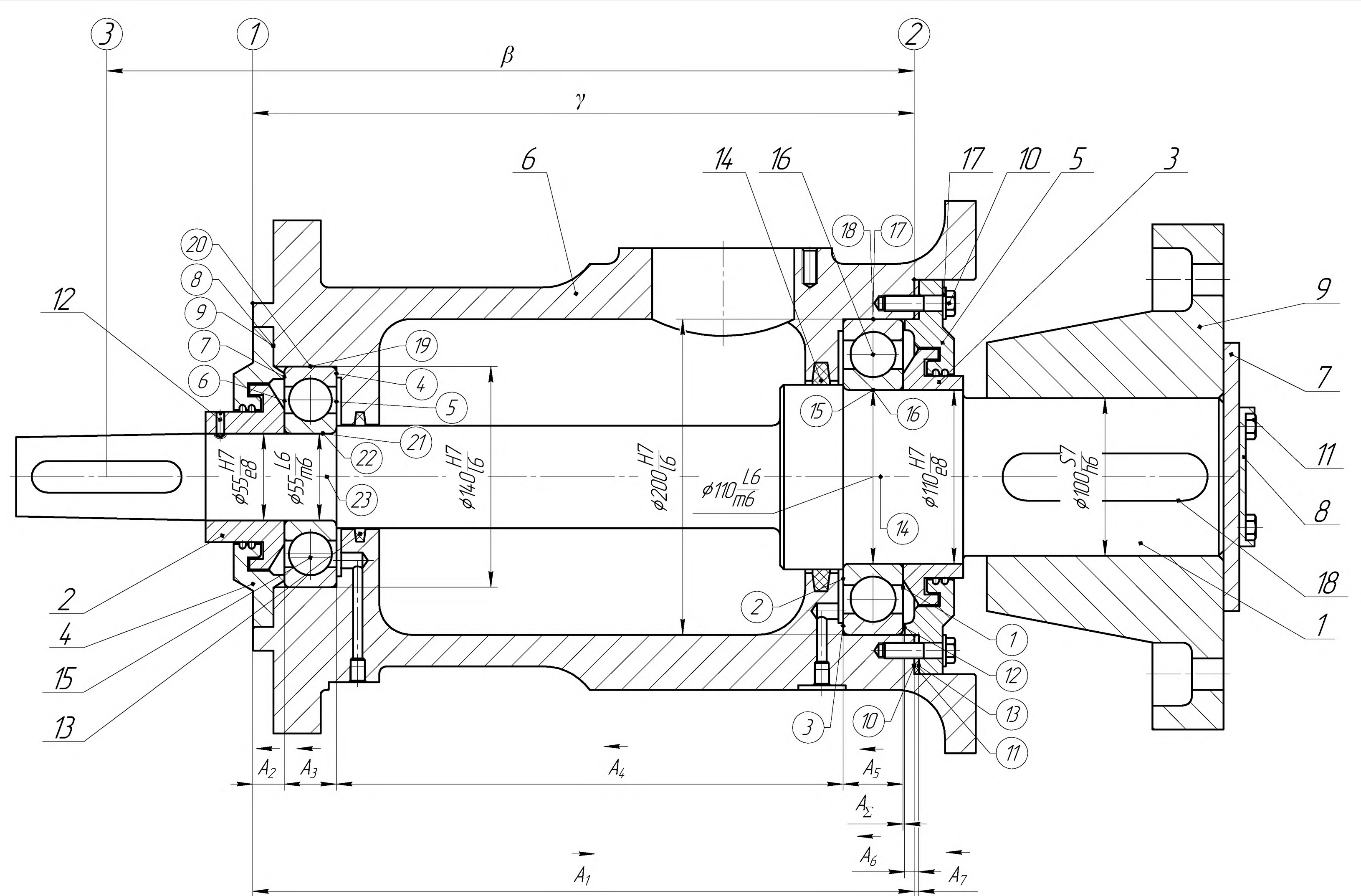
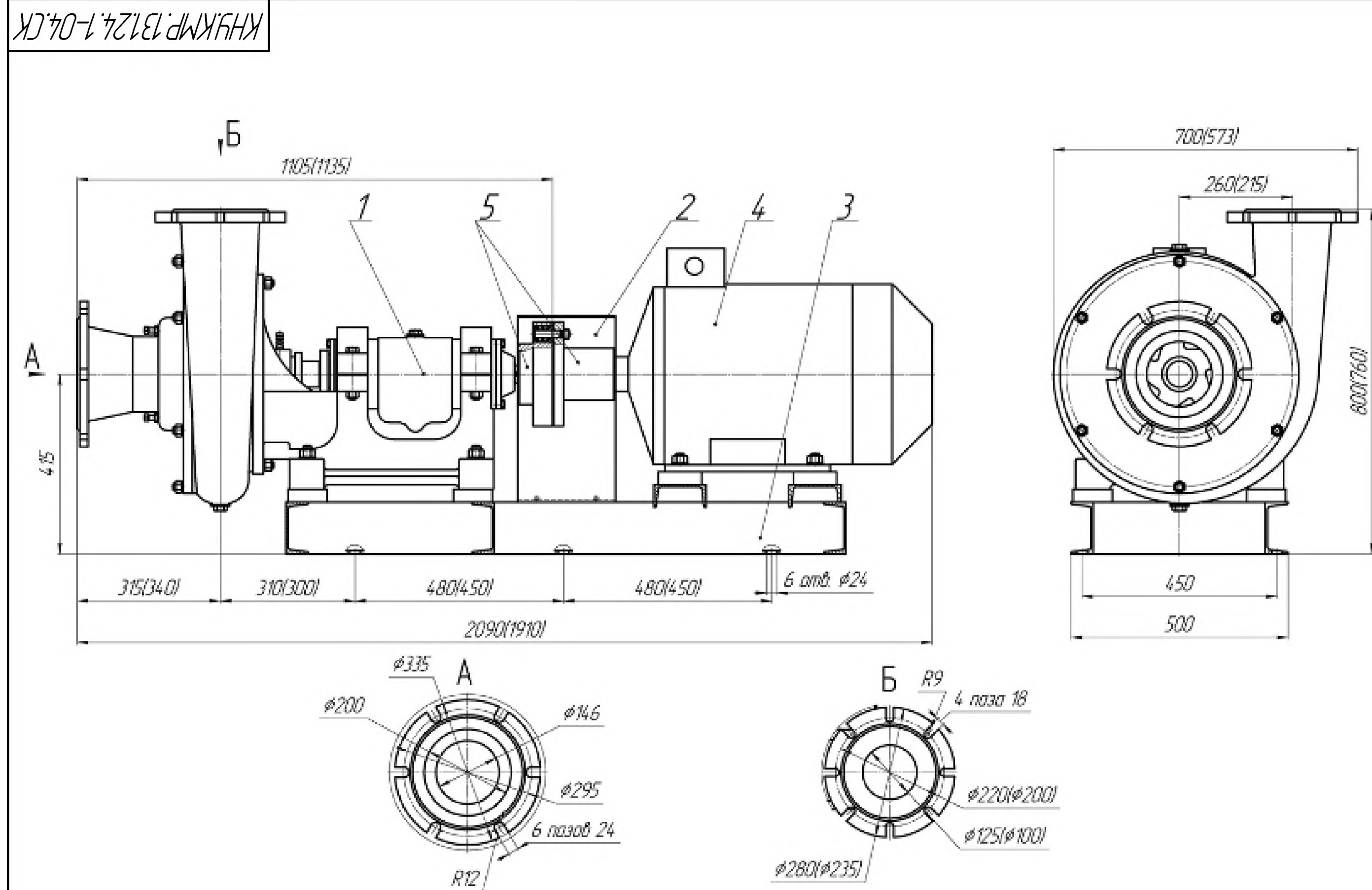


Схема кутового розмірного ланцюга

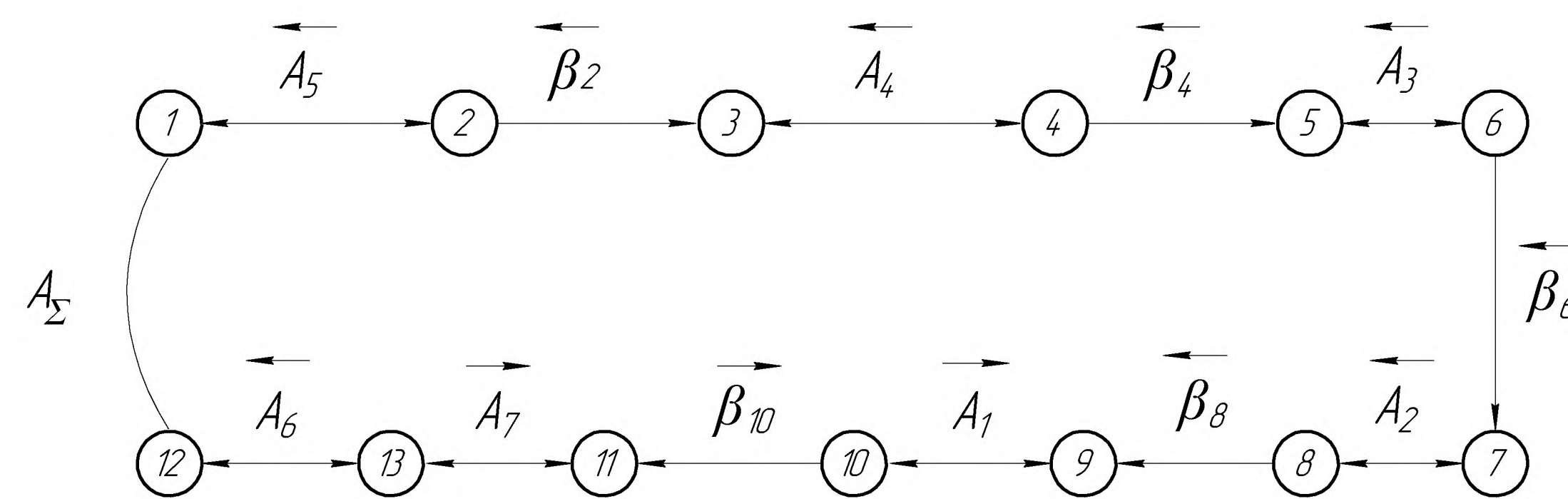
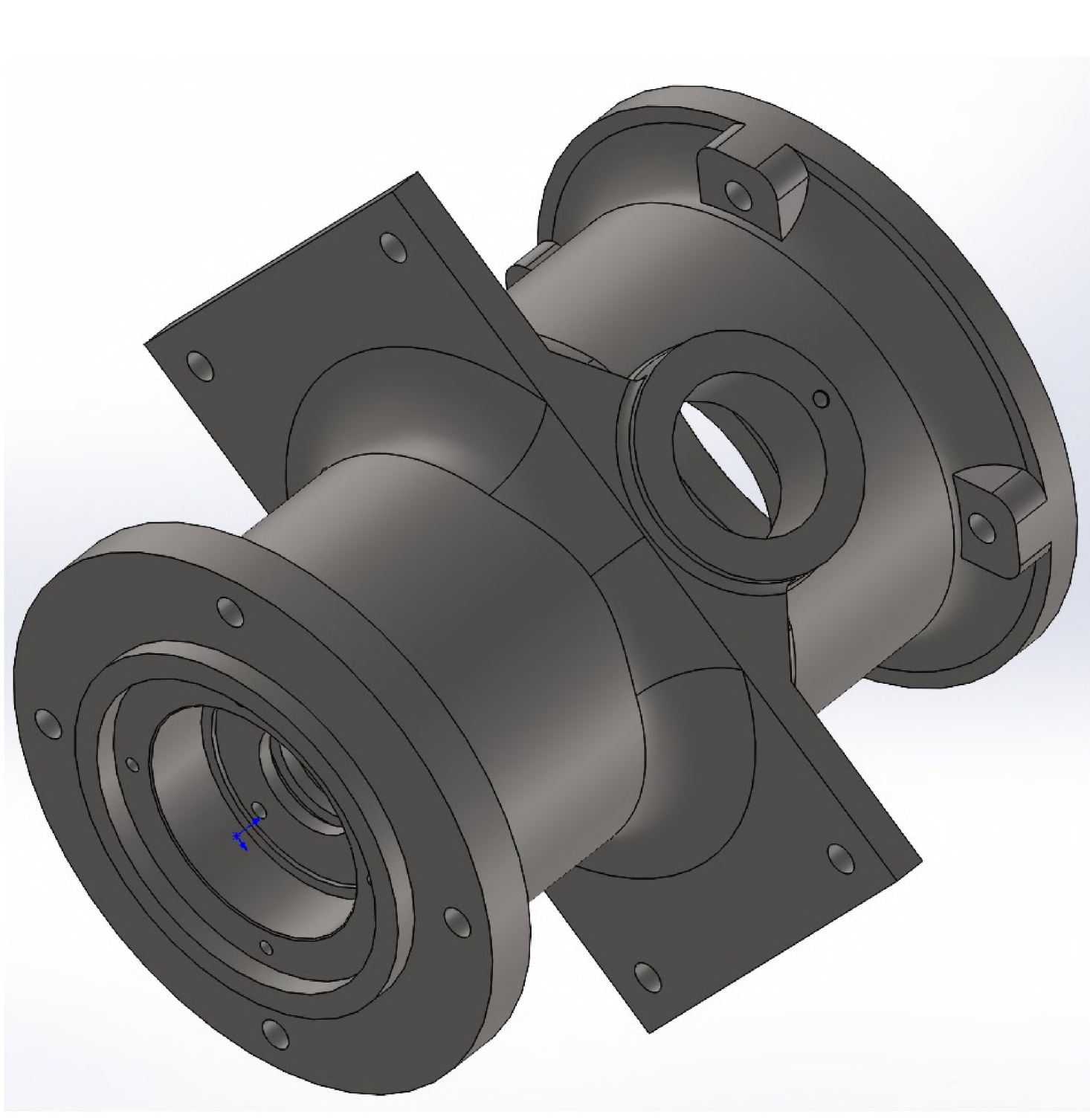
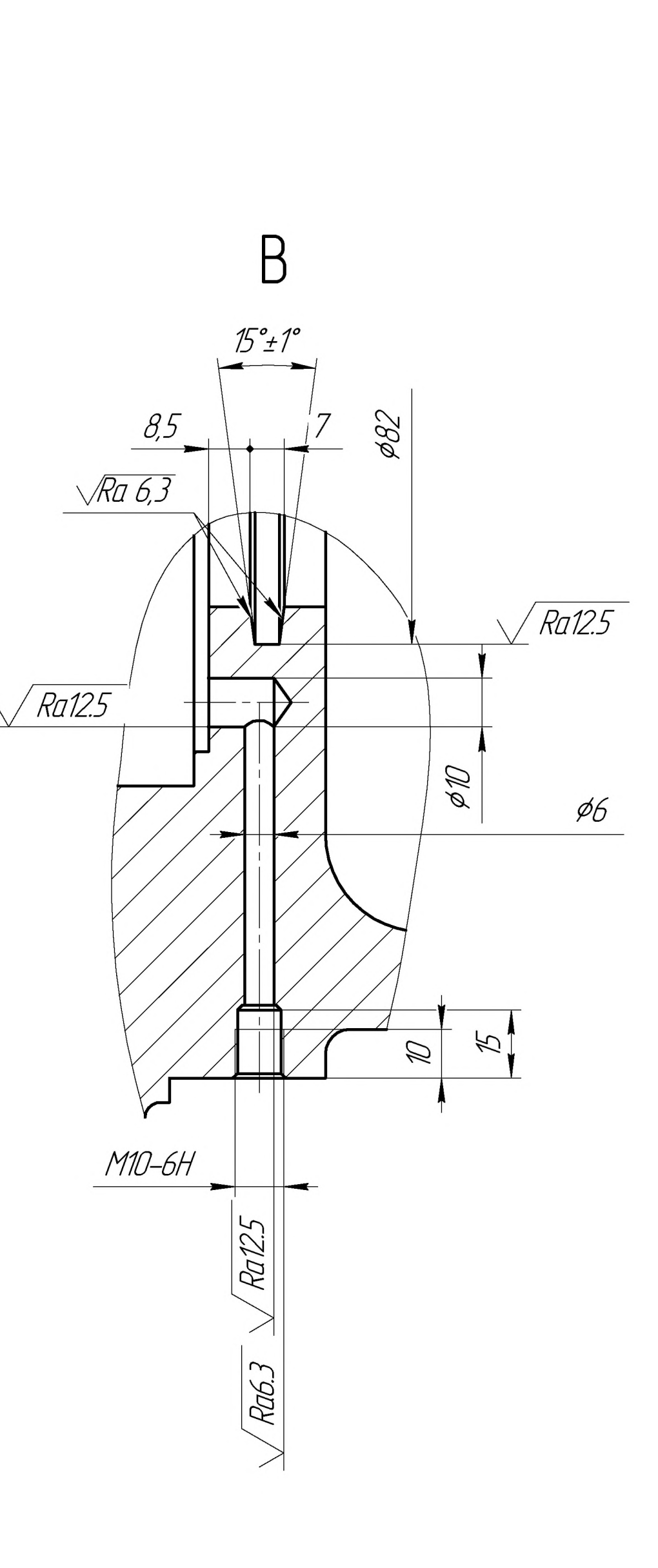
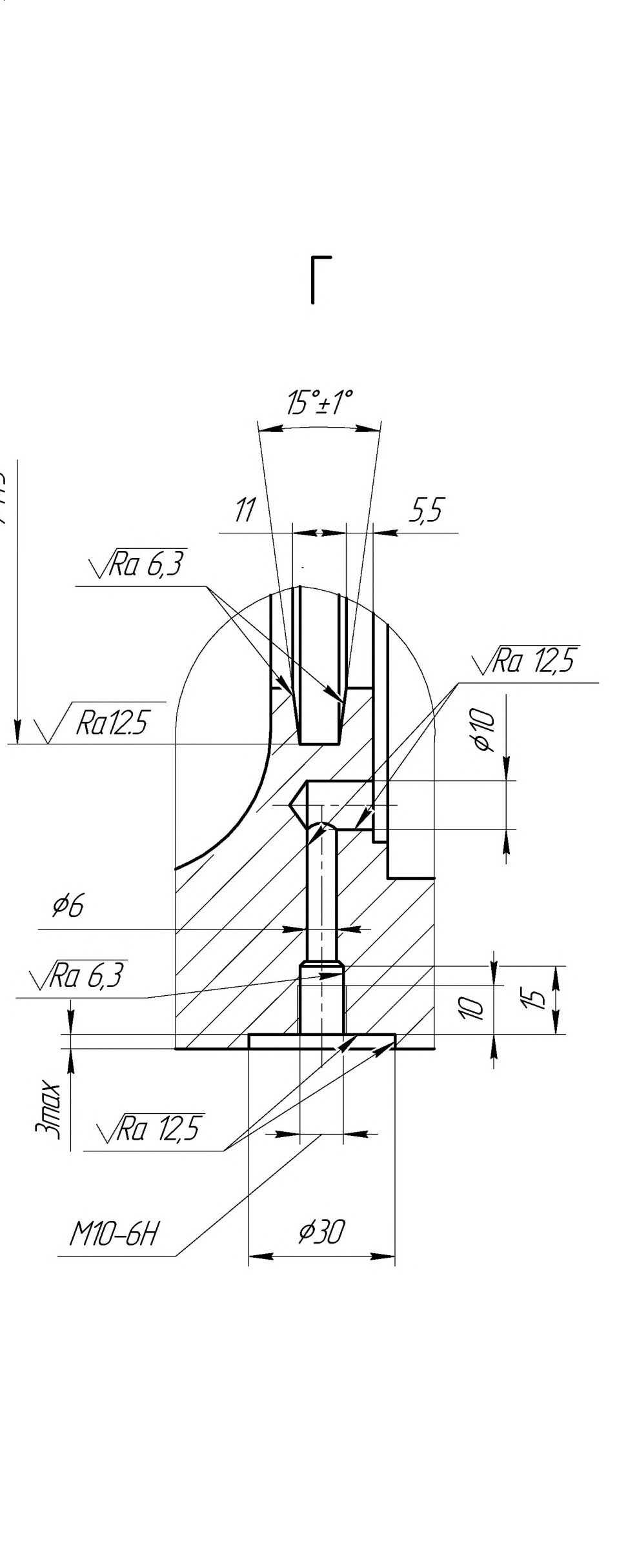
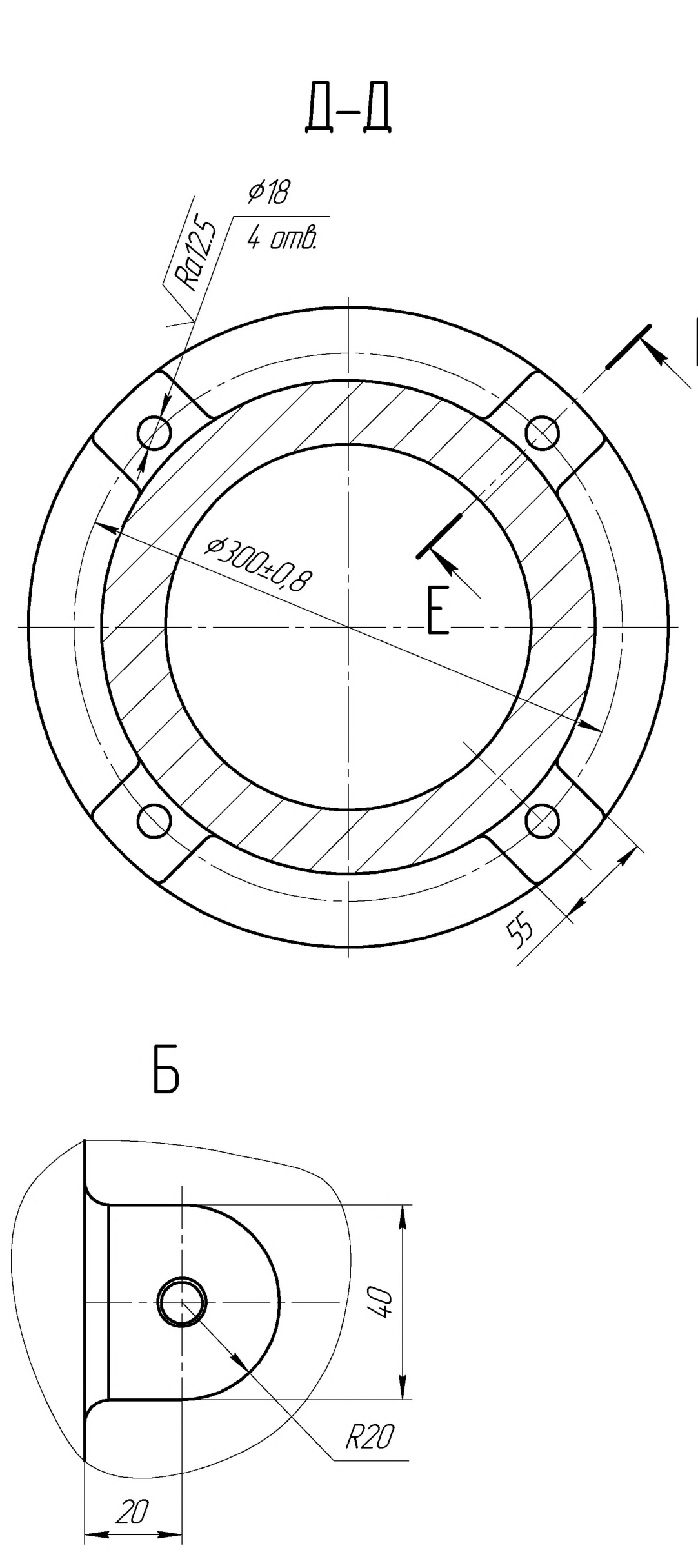
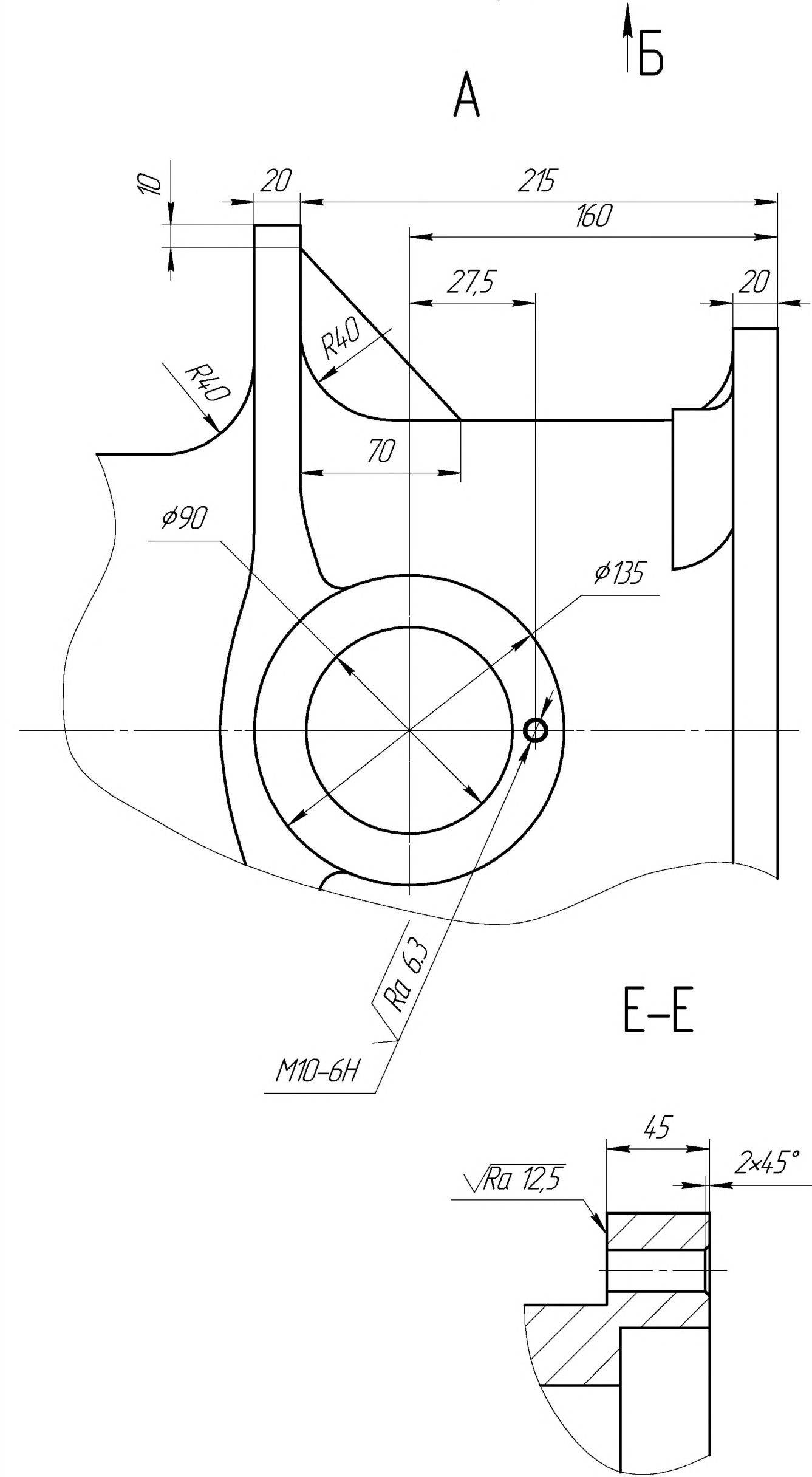
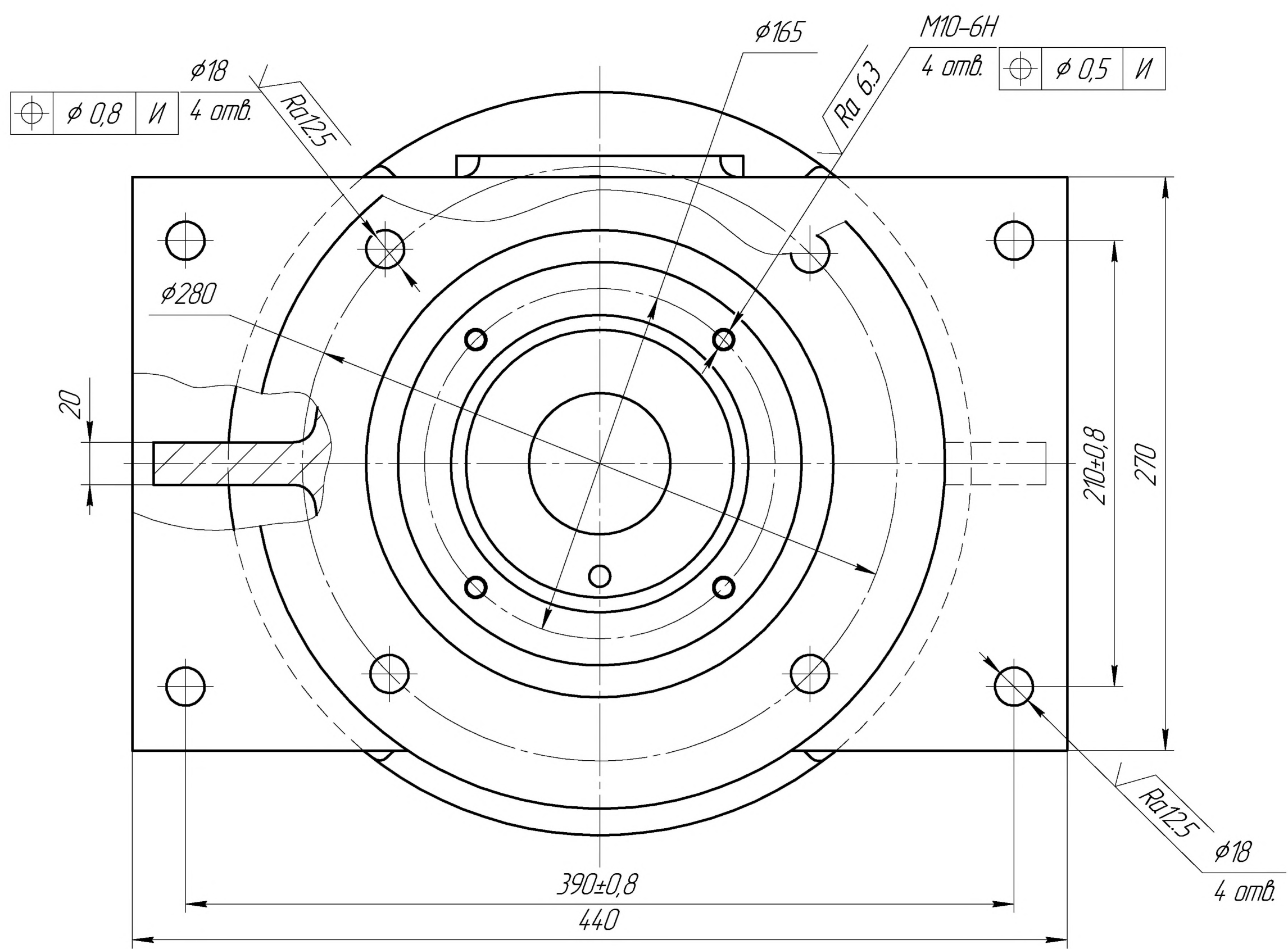
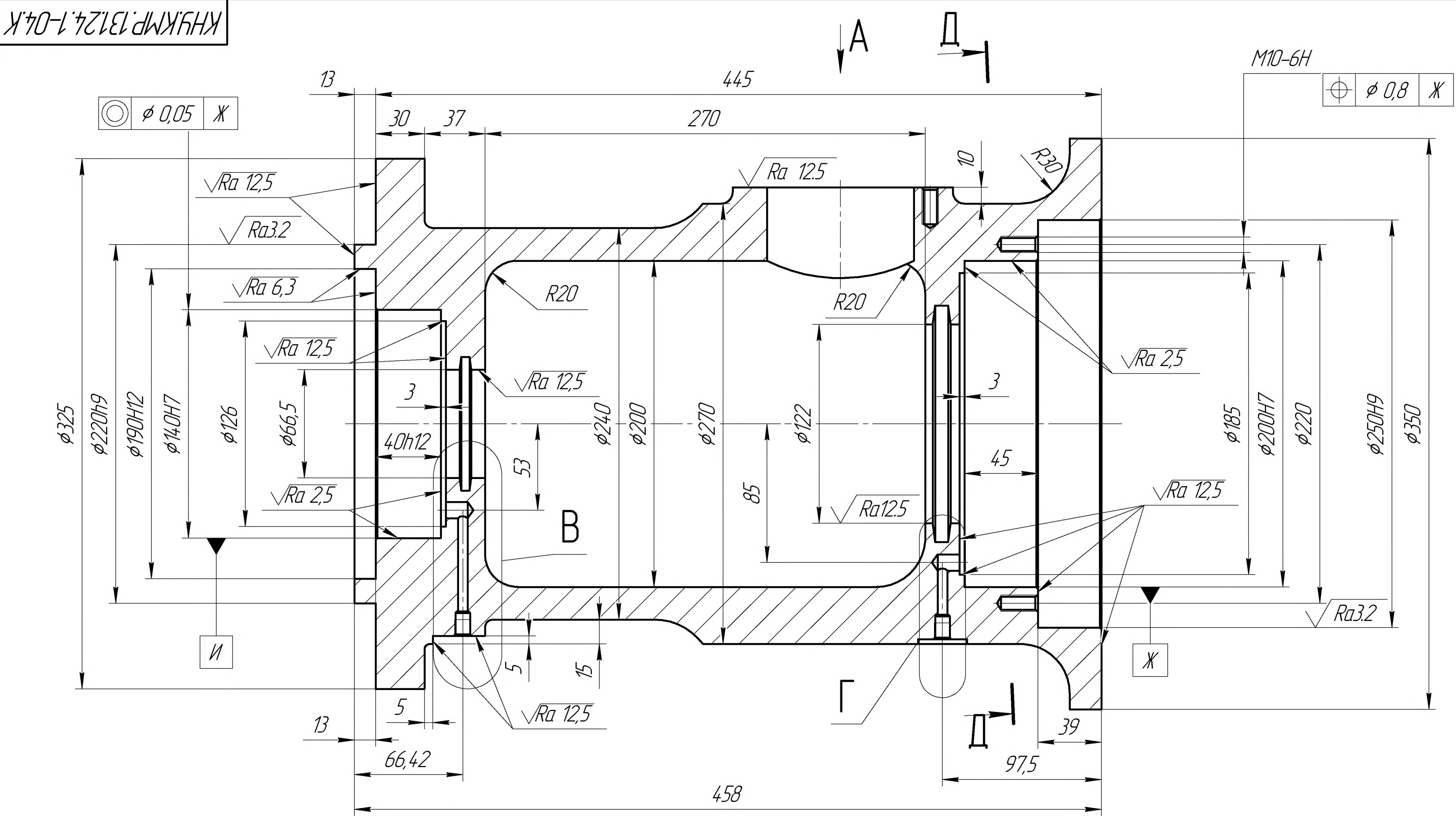


Схема лінійного розмірного ланцюга

Кронштейн		<table><tr><td>Кільце СТ82-55-7</td><td>13</td><td>1</td></tr><tr><td>Кільце СТ145-117-11</td><td>14</td><td>1</td></tr><tr><td>Підшипник 411</td><td>16</td><td>1</td></tr><tr><td>Вал</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Підшипник 222</td><td>15</td><td>1</td></tr><tr><td>Втулка</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>Гвинт М5</td><td>12</td><td>1</td></tr><tr><td>Кришка</td><td>4</td><td>1</td></tr><tr><td>Втулка</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>Кришка</td><td>5</td><td>1</td></tr><tr><td>Шайба С.1037</td><td>17</td><td>4</td></tr><tr><td>Болт М10</td><td>10</td><td>4</td></tr><tr><td>Шпалка 28х16</td><td>18</td><td>1</td></tr><tr><td>Фланець</td><td>9</td><td>1</td></tr><tr><td>Планка стопорна</td><td>7</td><td>1</td></tr><tr><td>Шайба тарцева</td><td>8</td><td>1</td></tr><tr><td>Болт М10</td><td>11</td><td>4</td></tr></table>																Кільце СТ82-55-7	13	1	Кільце СТ145-117-11	14	1	Підшипник 411	16	1	Вал	1	1	Підшипник 222	15	1	Втулка	2	1	Гвинт М5	12	1	Кришка	4	1	Втулка	3	1	Кришка	5	1	Шайба С.1037	17	4	Болт М10	10	4	Шпалка 28х16	18	1	Фланець	9	1	Планка стопорна	7	1	Шайба тарцева	8	1	Болт М10	11	4	Кронштейн	
Кільце СТ82-55-7	13	1																																																																				
Кільце СТ145-117-11	14	1																																																																				
Підшипник 411	16	1																																																																				
Вал	1	1																																																																				
Підшипник 222	15	1																																																																				
Втулка	2	1																																																																				
Гвинт М5	12	1																																																																				
Кришка	4	1																																																																				
Втулка	3	1																																																																				
Кришка	5	1																																																																				
Шайба С.1037	17	4																																																																				
Болт М10	10	4																																																																				
Шпалка 28х16	18	1																																																																				
Фланець	9	1																																																																				
Планка стопорна	7	1																																																																				
Шайба тарцева	8	1																																																																				
Болт М10	11	4																																																																				
6	1																	1386	1																																																			

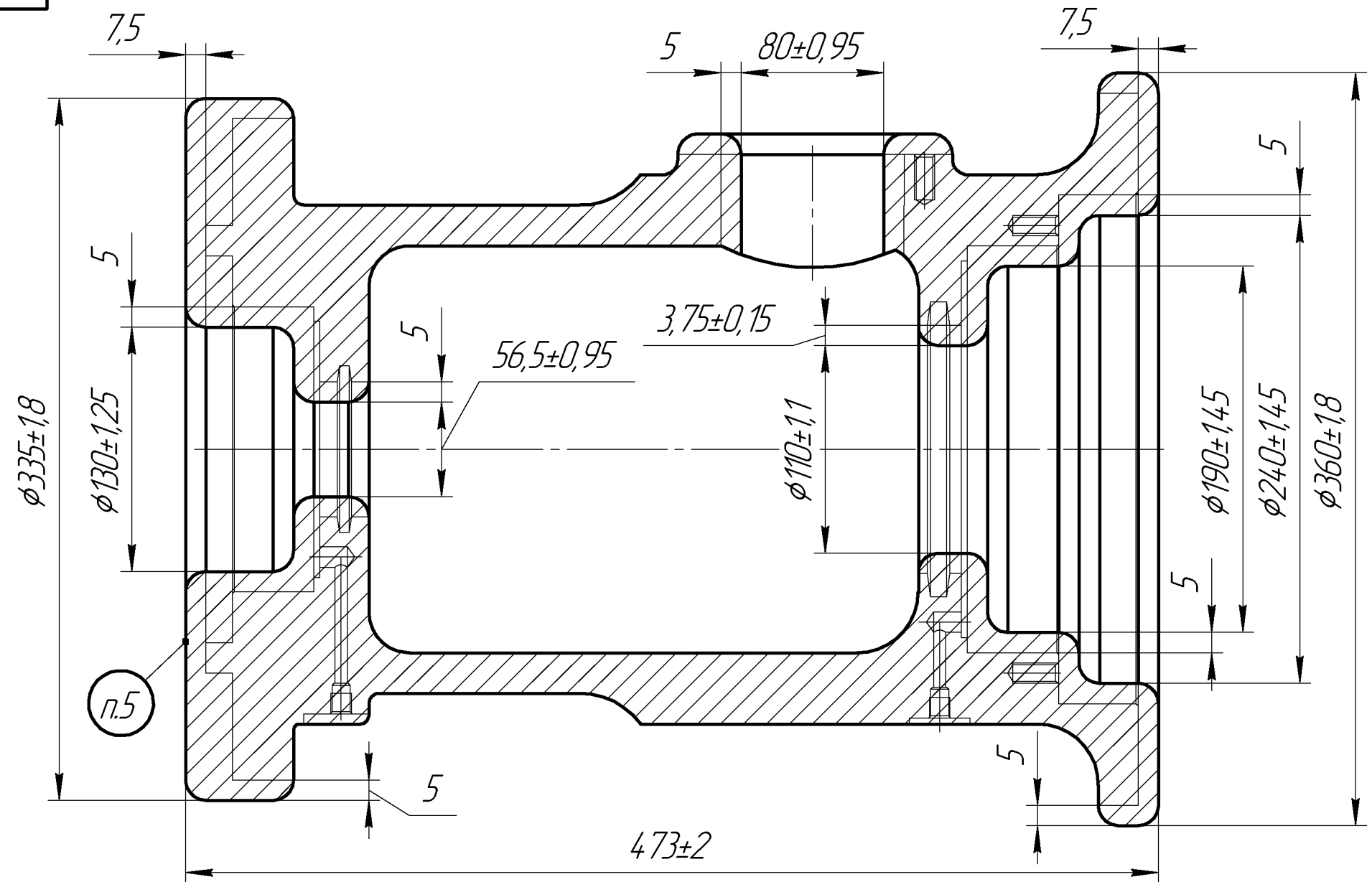
Схема складання вузла

[illegible]



- Відливка 1-групи.
- Точність виливки 12-9-14-14.
- Формовачні ухили за ДСТУ 8981:2020.
- Невказані литеві радіуси 5...10 мм.
- Невказані граничні відхилення механічно оброблених поверхонь: H14, h14, $\pm IT14/2$.
- *Розміри для довідок.

КНУ.КМР.13124.1-04.К				Кронштейн		
Зм. Лист	№ док.	Підпис	Дата	Н	Маса	Масштаб
Розробив	Вегера			111,2	12	
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1
Начальник	Нечаєв			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-24м		



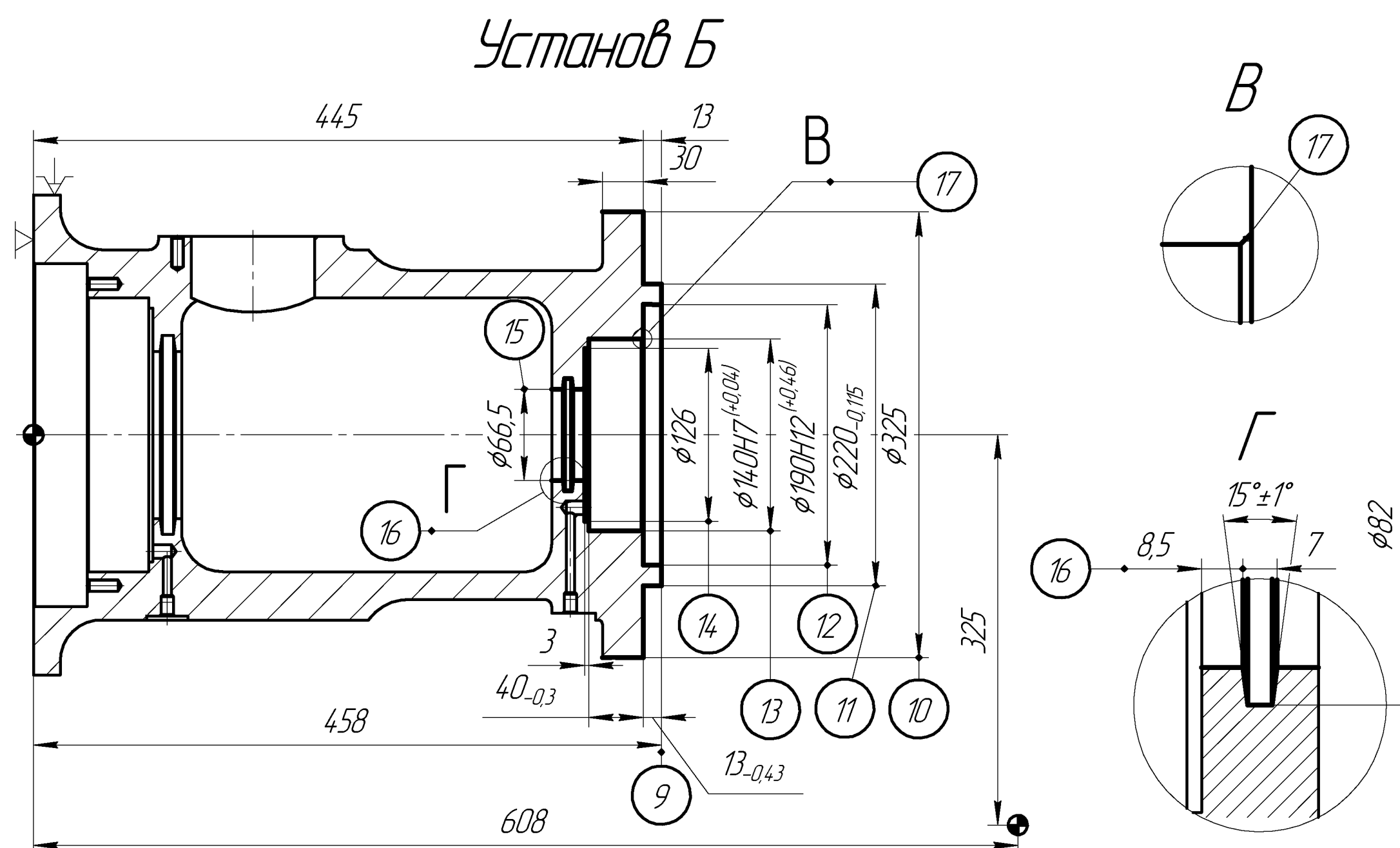
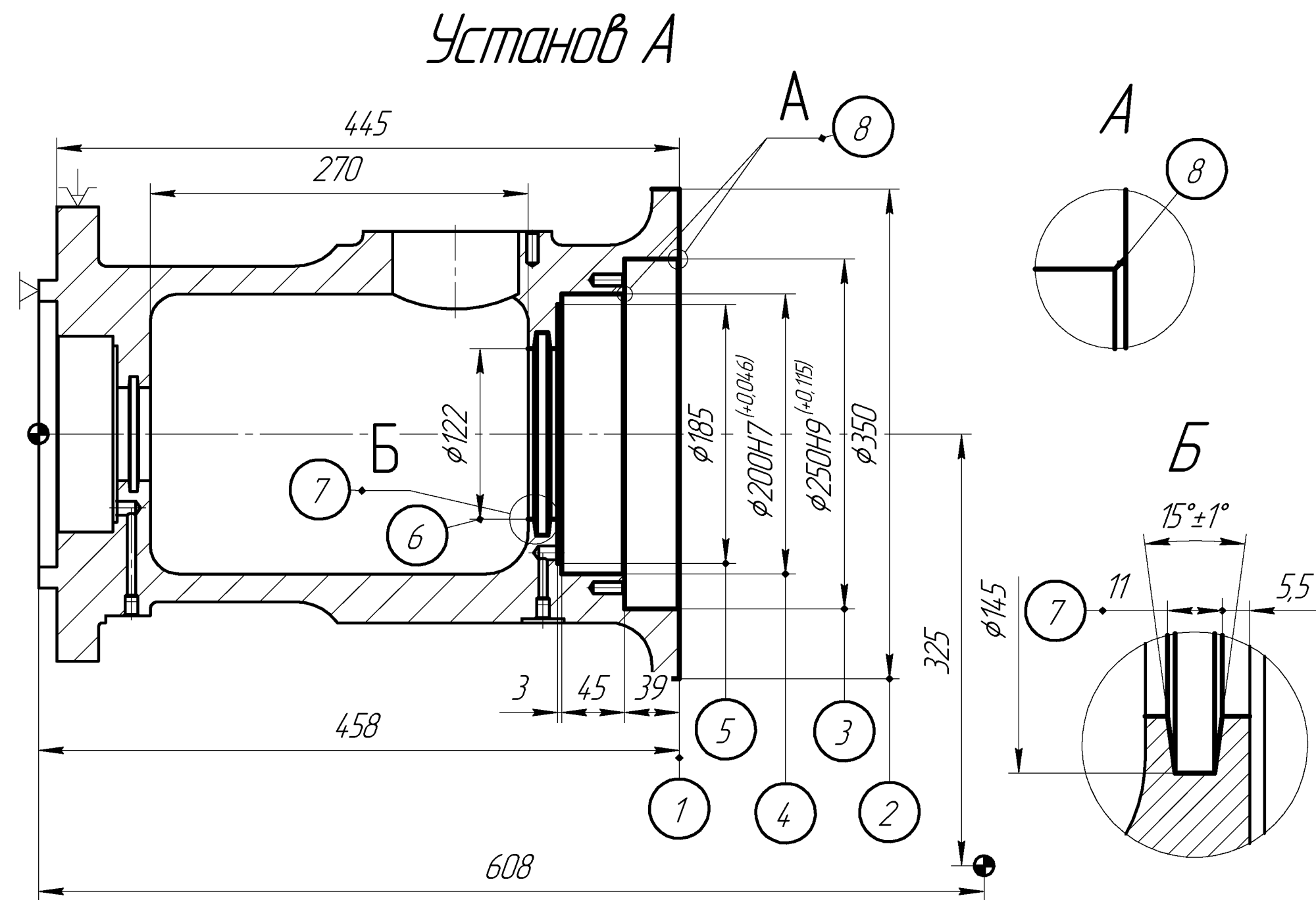
- 1 Відливка II групи складності
- 2 Можлива заміна матеріалу на Сталь 40Л
- 3 Відпалити до НВ 220
- 4 Поверхню заготовки дробеструїти

- 5 Місце виміру твердості
- 6 Точність відливки 11-6-12-16 ДСТУ 8981:2020
- 7 Невказані формовочні ухили 3-5°
- 8 Невказані ливарні радіуси: зовнішні 3 мм, внутрішні 5 мм
- 9 Відділ поверхні заготовки не допускається
- 10 Контролювати 15% відливок
- 11 Верхнє граничне відхилення маси відливки не повино перевищувати 8 кг

КНУ.КМР.131.24.1-04.КВ					Кронштейн (відливка)		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лит.	Маса	Масштаб
Разробив	Вегера				Н	156,7	1:1
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Сталь 35Л ДСТУ 8781:2018		
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

005 Токарна ЧПК

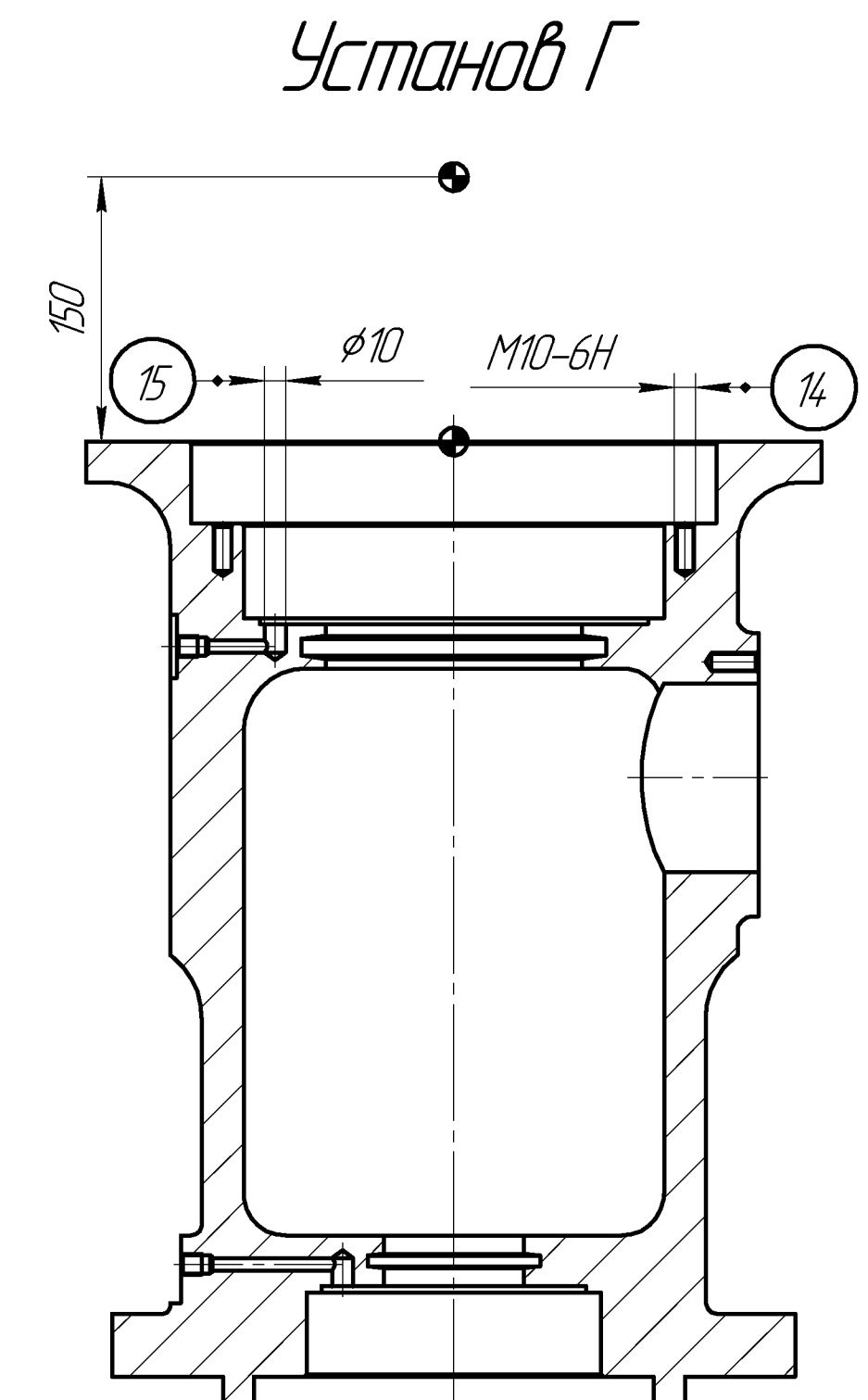
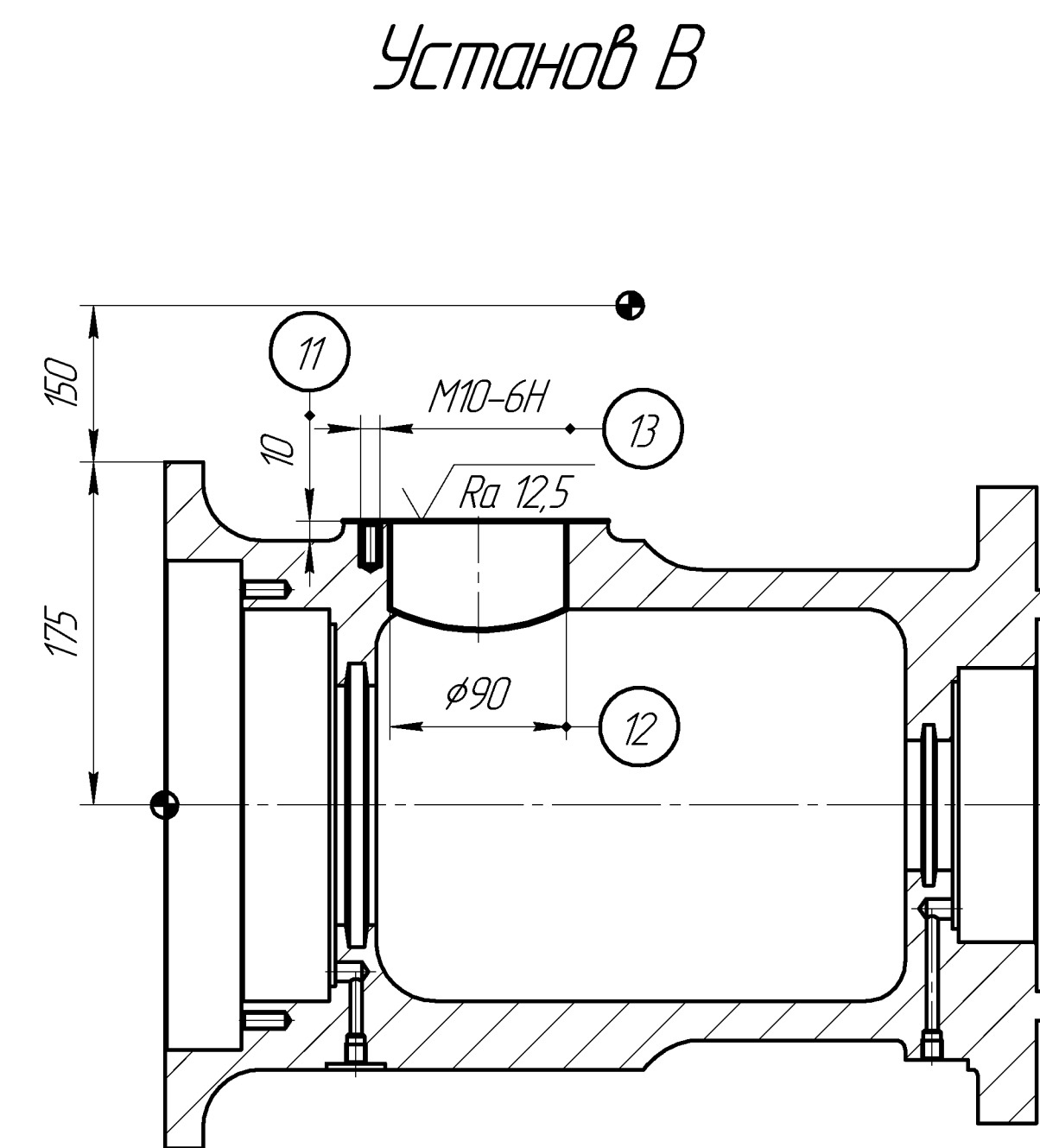
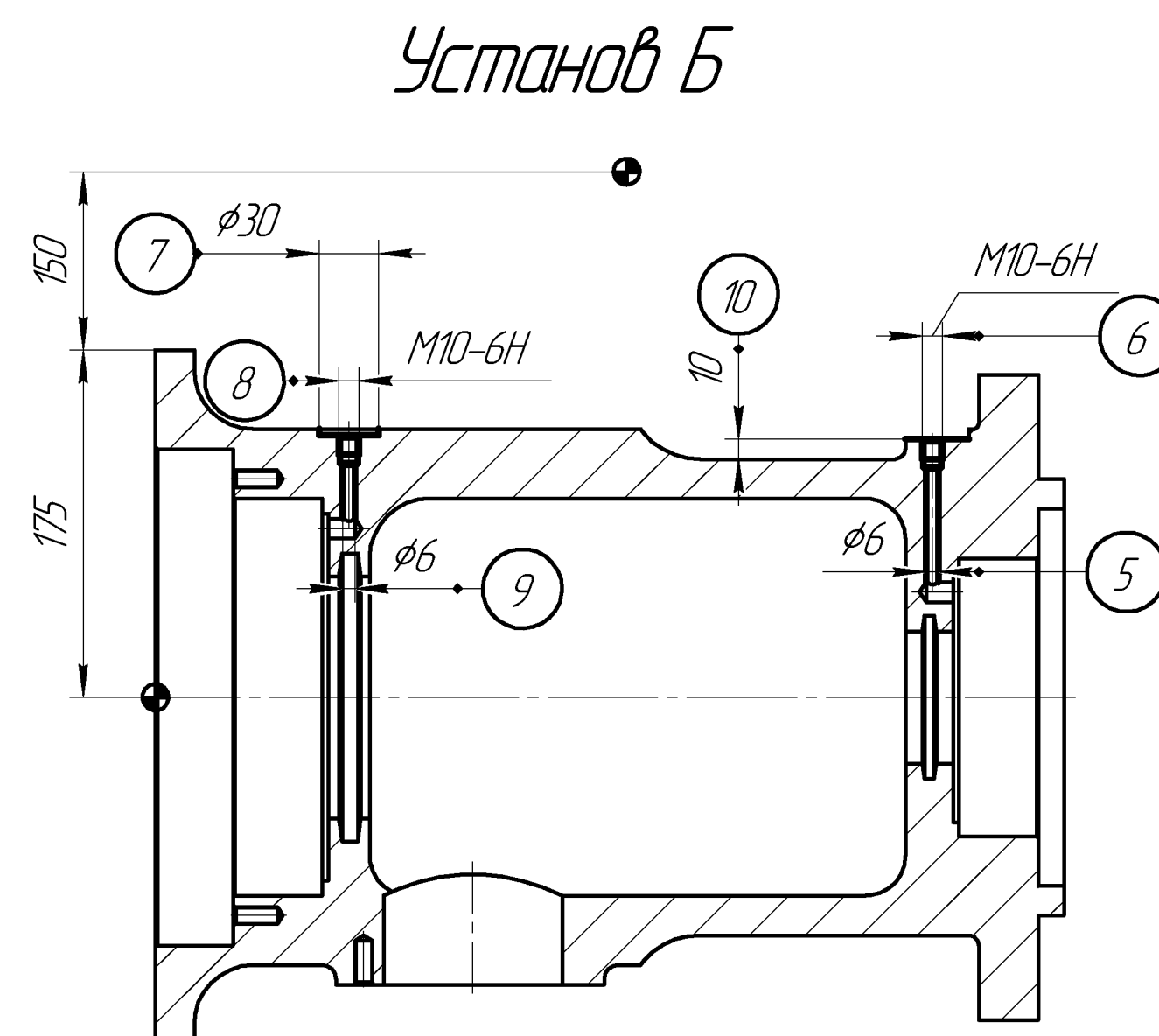
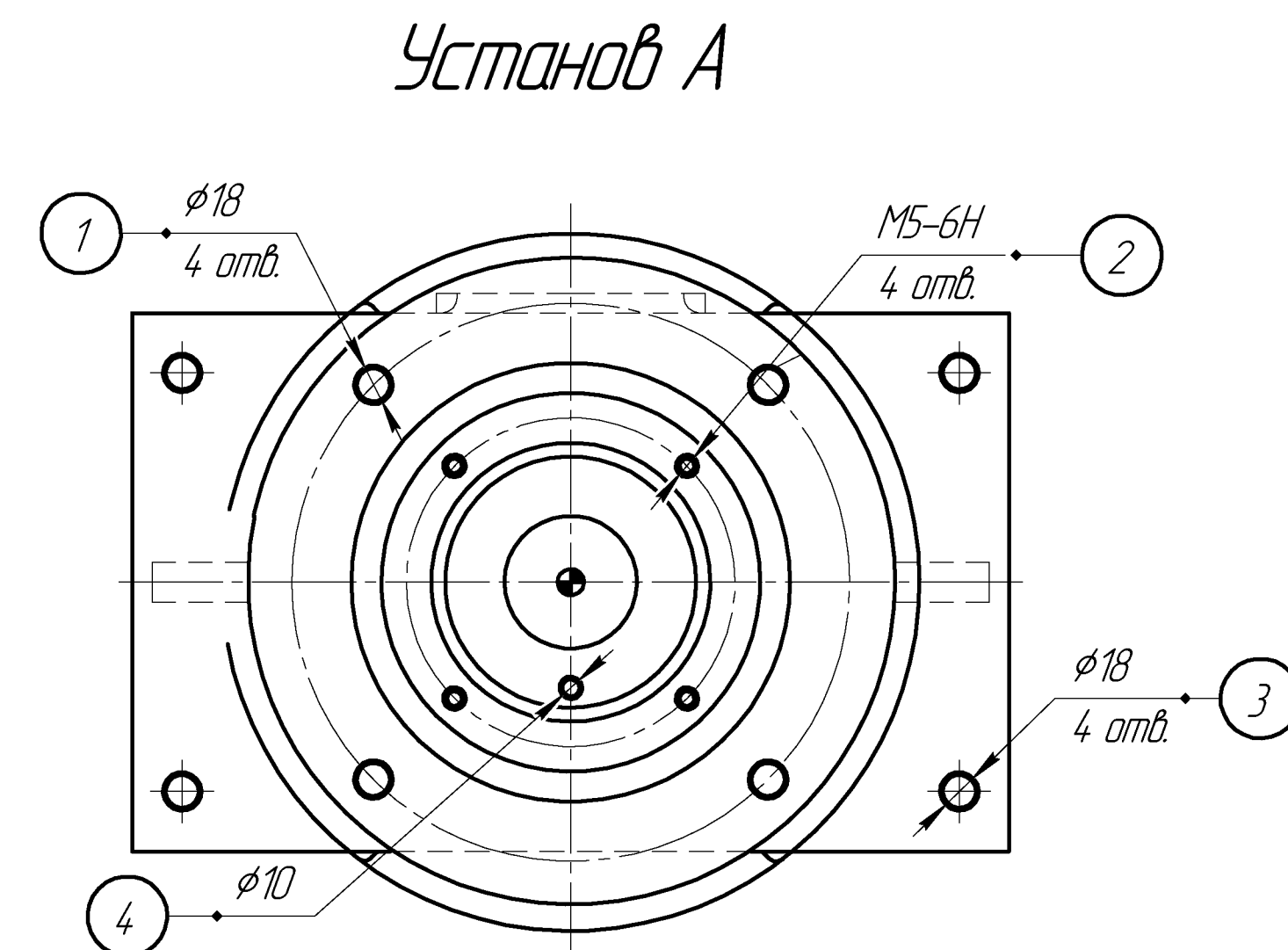
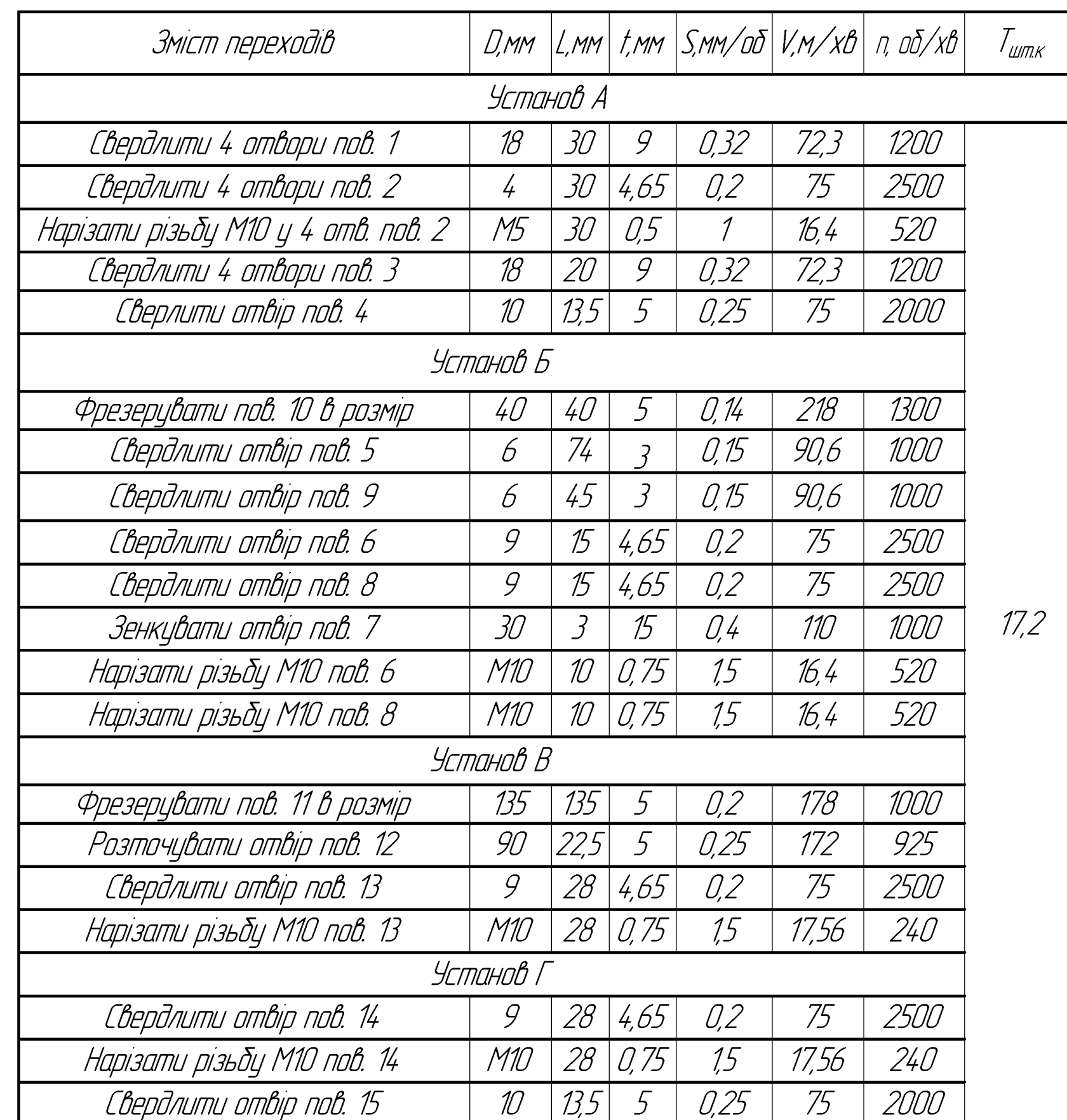
DMG MORI CTX 450 ecoline



Зміст переходів	D,мм	L,мм	t,мм	S,мм/об	V,м/хв	n, об/хв	T_штк
Установ А							
Підрізати торець пов. 1	360	458	7,5	0,35	113	63	37,53
Точити пов. 2	350	10	5	0,4	95,1	80	
Розточити отвір пов. 3	250	39	5	0,24	288	160	
Розточити отвір пов. 4	200	45	5	0,25	172	315	
Розточити отвір пов. 5	122	10,5	6	0,22	116	125	
Розточити отвір пов. 6	185	3	3	0,5	130	125	
Точити канавку пов. 7	145	11	11,5	0,36	150	200	
Зняти фаску пов. 8	250	1	2	0,9	71	200	
Установ Б							
Підрізати торець пов. 9	220	13	7,5	0,7	66,4	63	37,53
Точити пов. 10	325	30	5	0,4	104	80	
Точити пов. 11	220	13	13	0,2	187	200	
Розточити отвір пов. 12	190	13	25	0,25	172	315	
Розточити отвір пов. 13	140	40	36,7	0,27	150	315	
Розточити отвір пов. 14	126	3	3	0,5	130	315	
Розточити отвір пов. 15	66,5	33	5	0,36	150	315	
Точити канавку пов. 16	82	7	7,7	0,35	148	200	
Зняти фаску пов. 17	250	1	2	0,9	71	200	

010 Багатоцільова з ЧПК

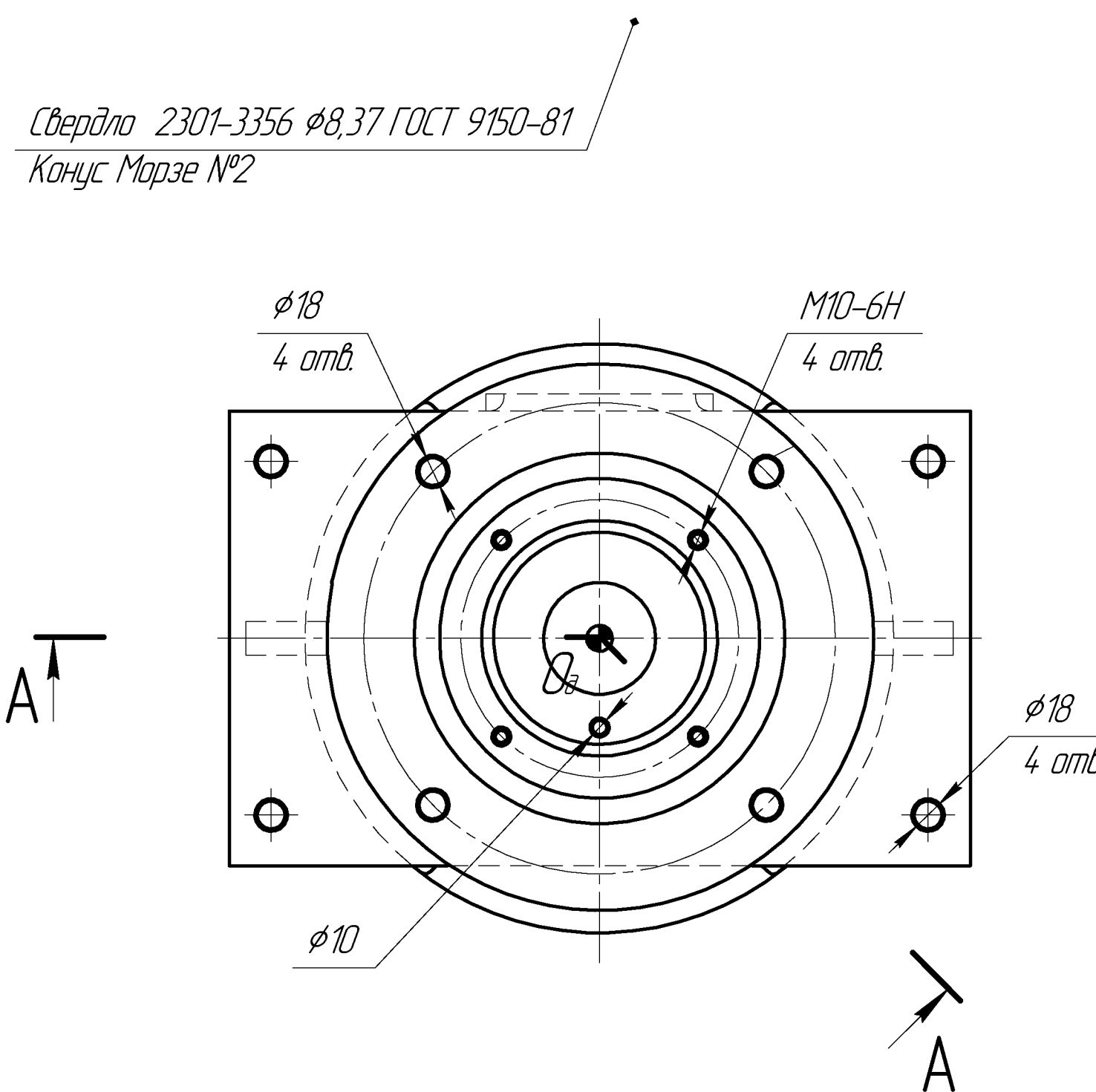
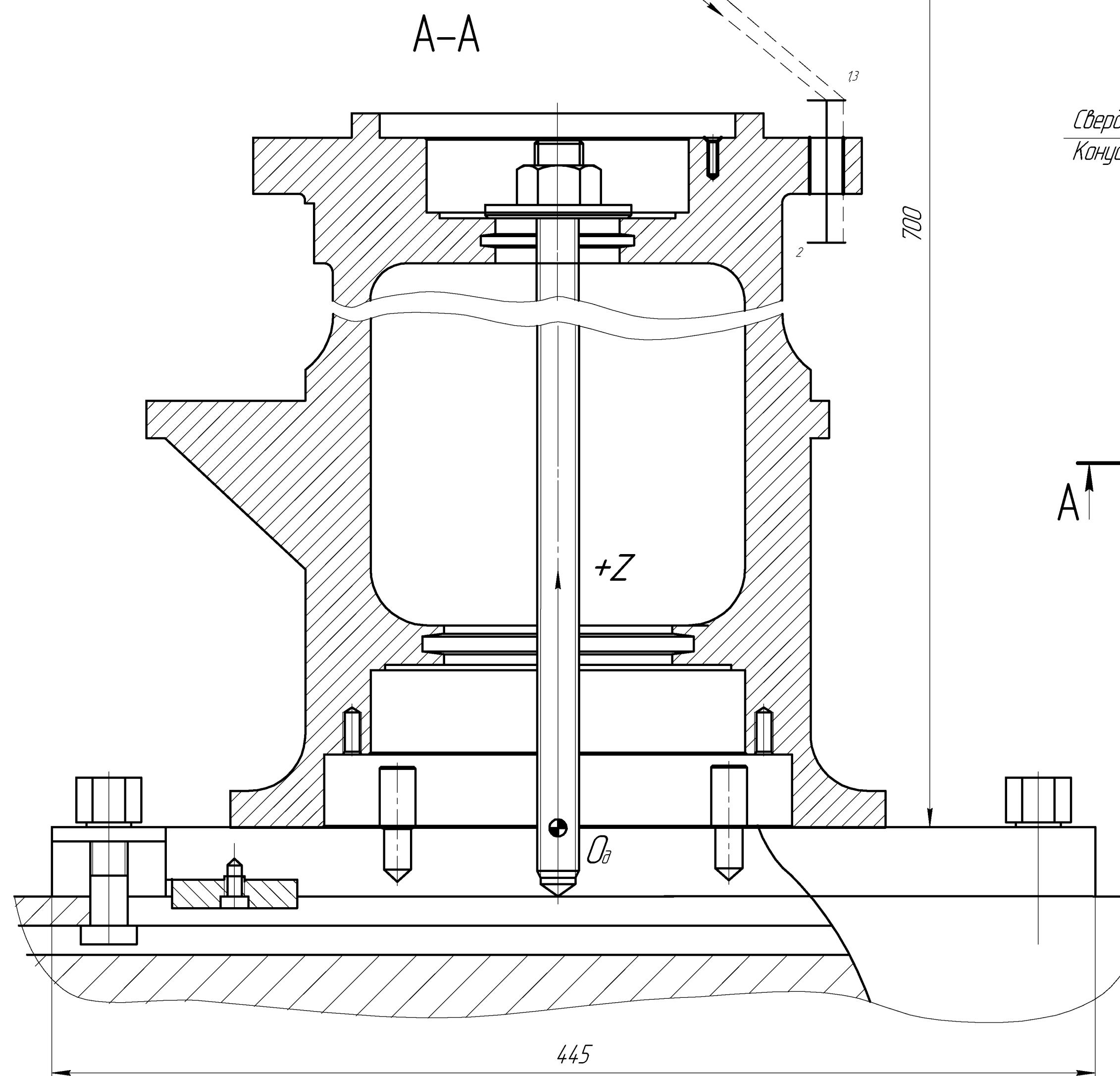
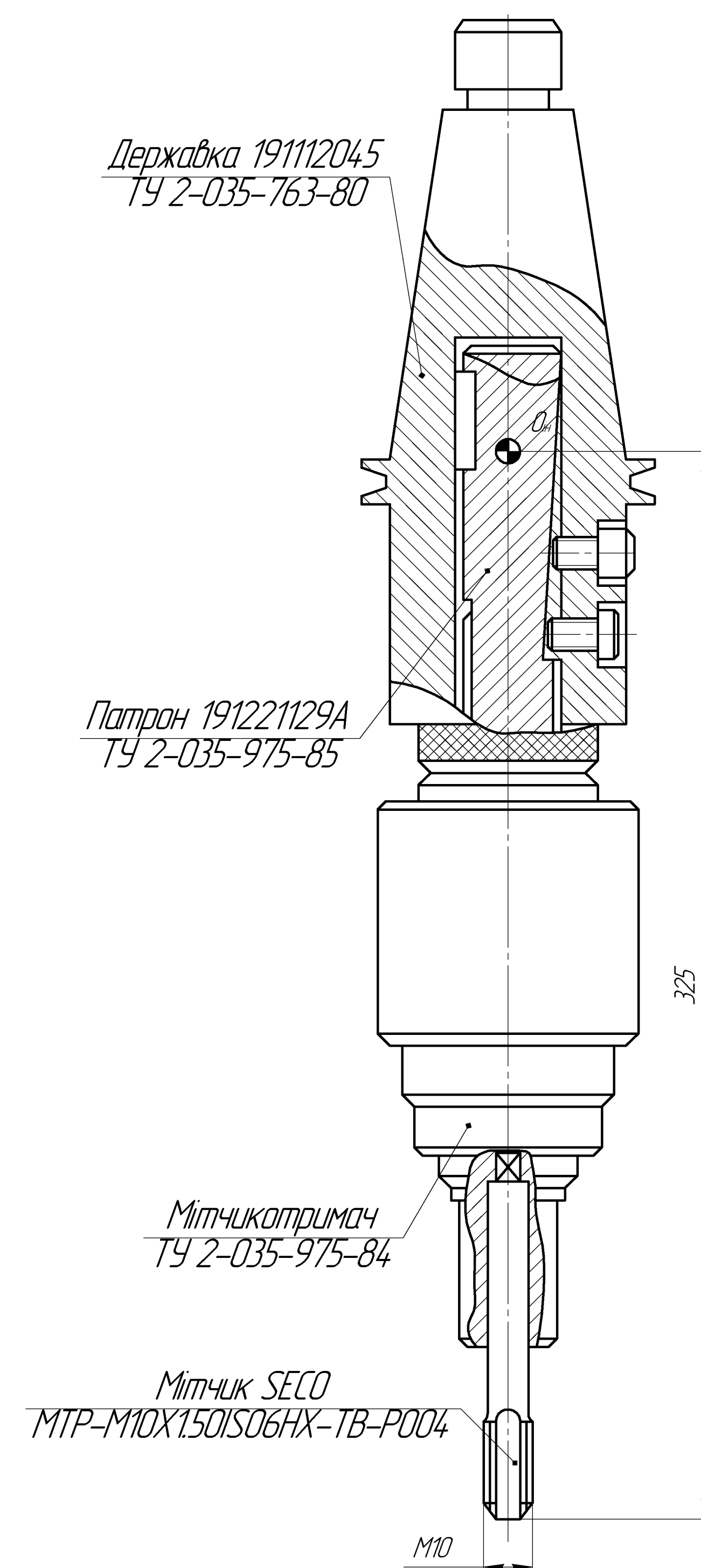
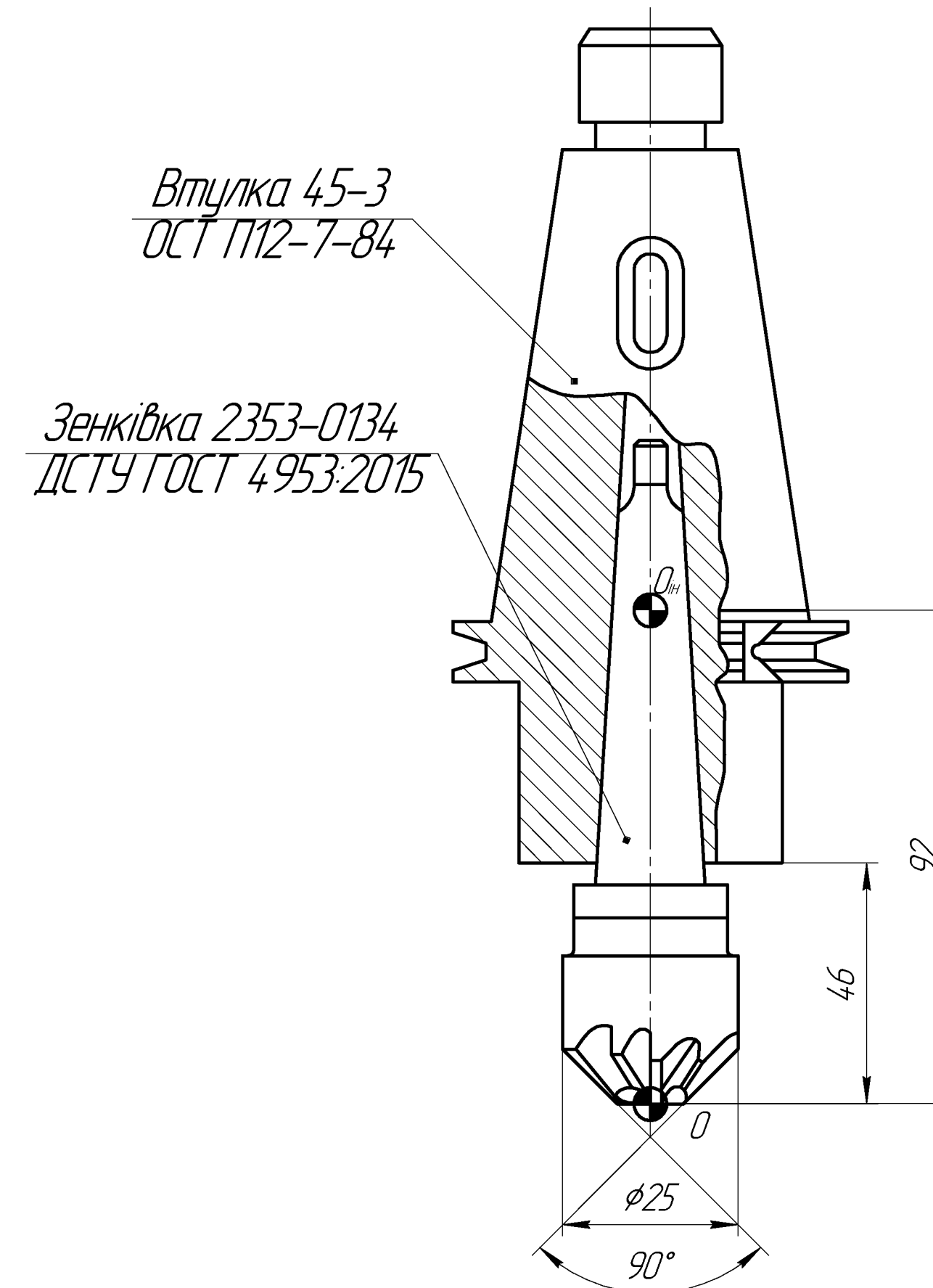
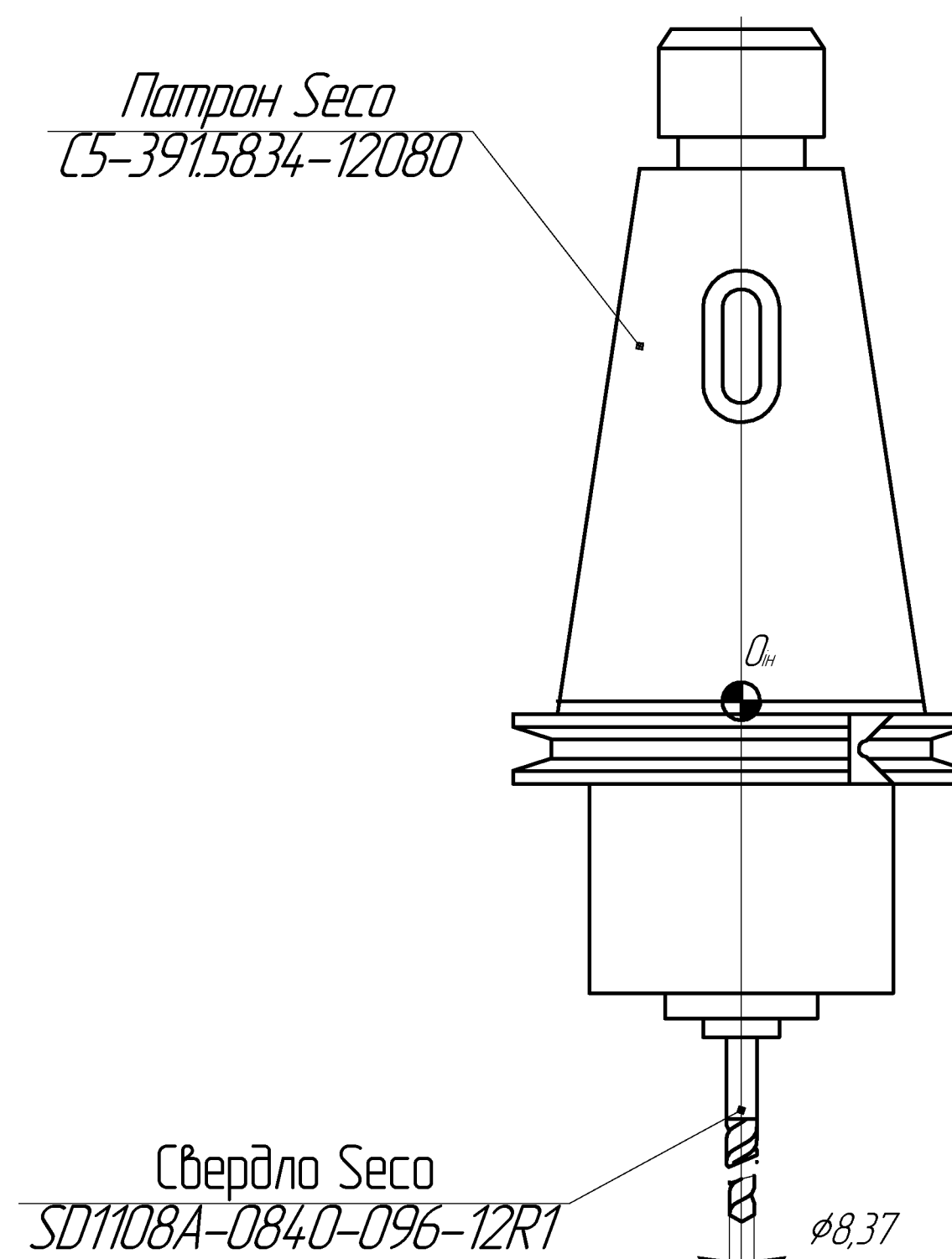
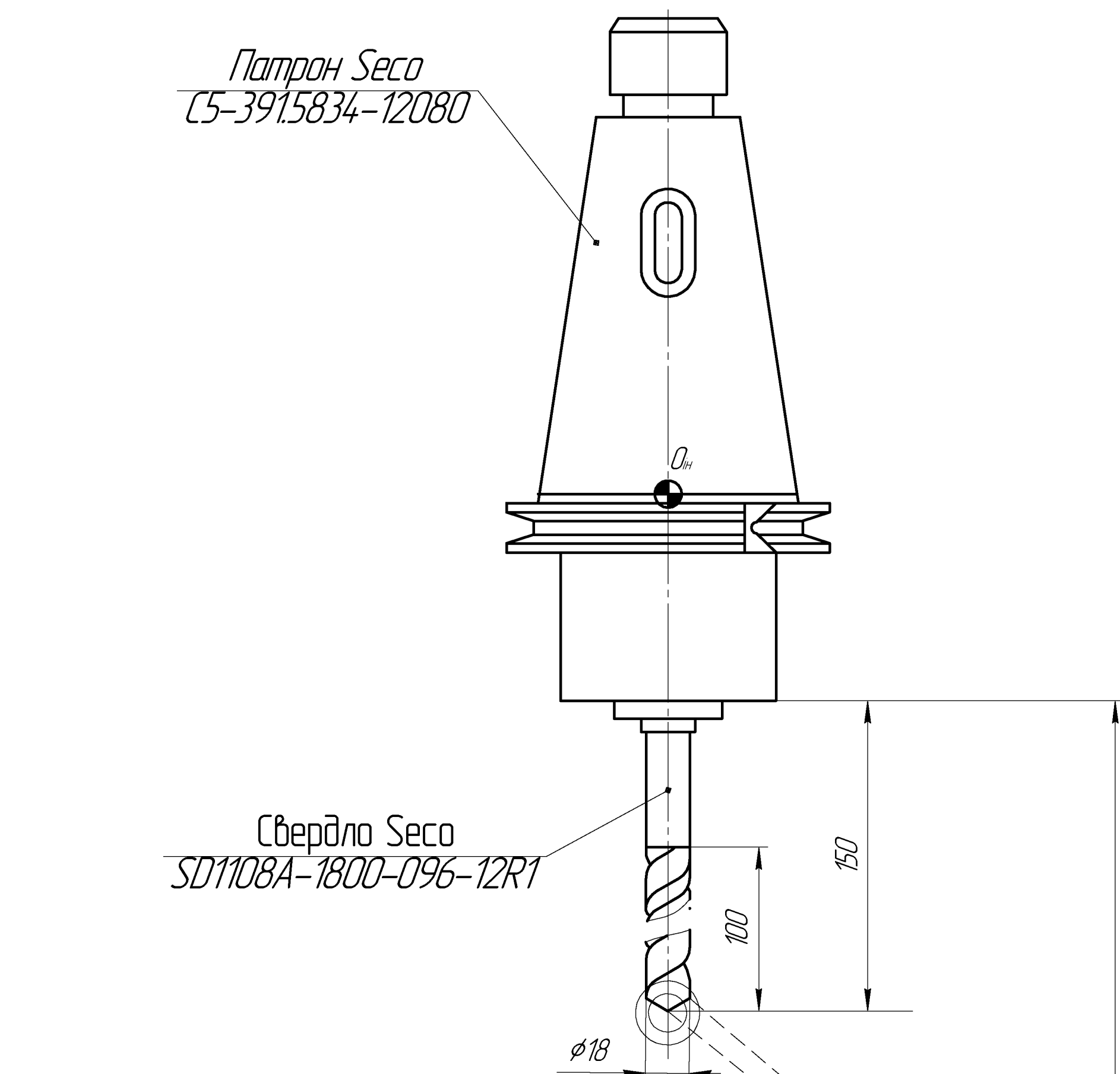
DMG MORI NHX 4000



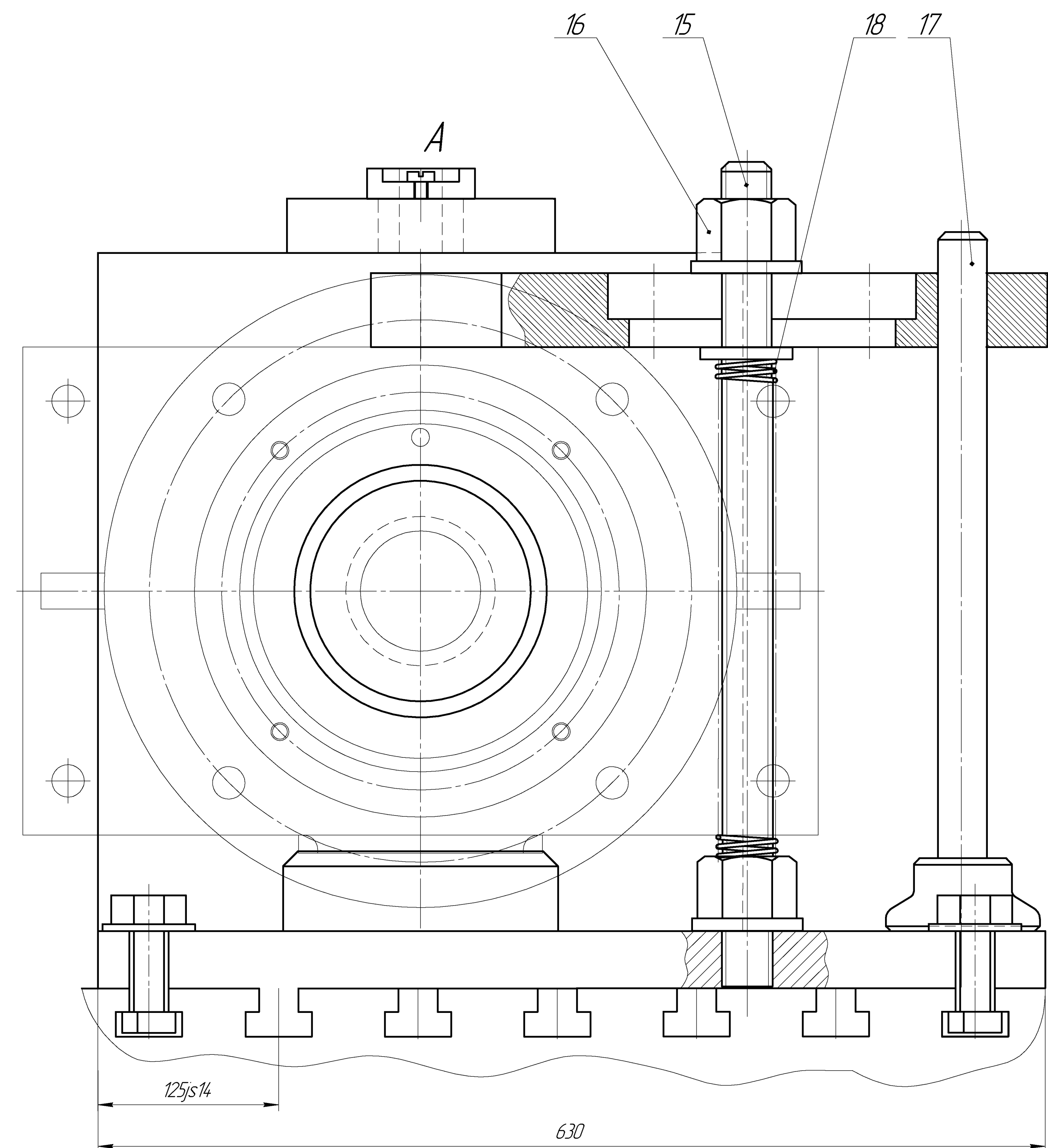
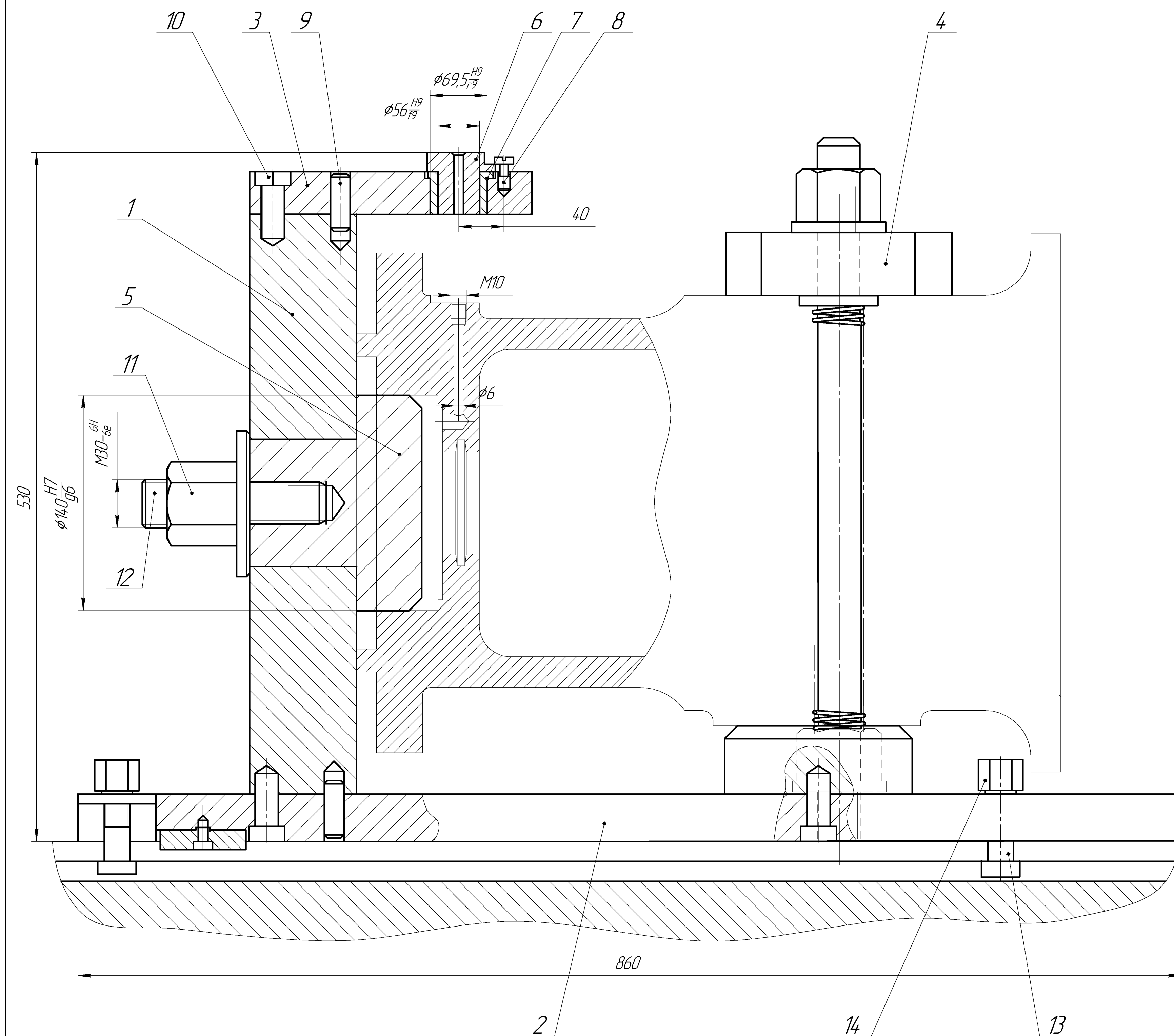
1. Невказані граничні відхилення розмірів: $h14, H14, \pm \frac{IT14}{2}$

					КНУ.КМР.131.24.1-04.ЕО				
					Ескіз операції				
Зм./лист	№ докум.	Підпис	Дата		Лист	Маса	Максимальна		
Розробник	Визначено	Нечасно			Н		15		
Керівник					Лист	Листів		1	
Інформація	Нечасно				Кафедра ТМ гр. ТМ-24м				
Затв.	Розробник								

010 Багатоцільова з ЧПК, верстат DMG MORI NHX 4000
Установ Г

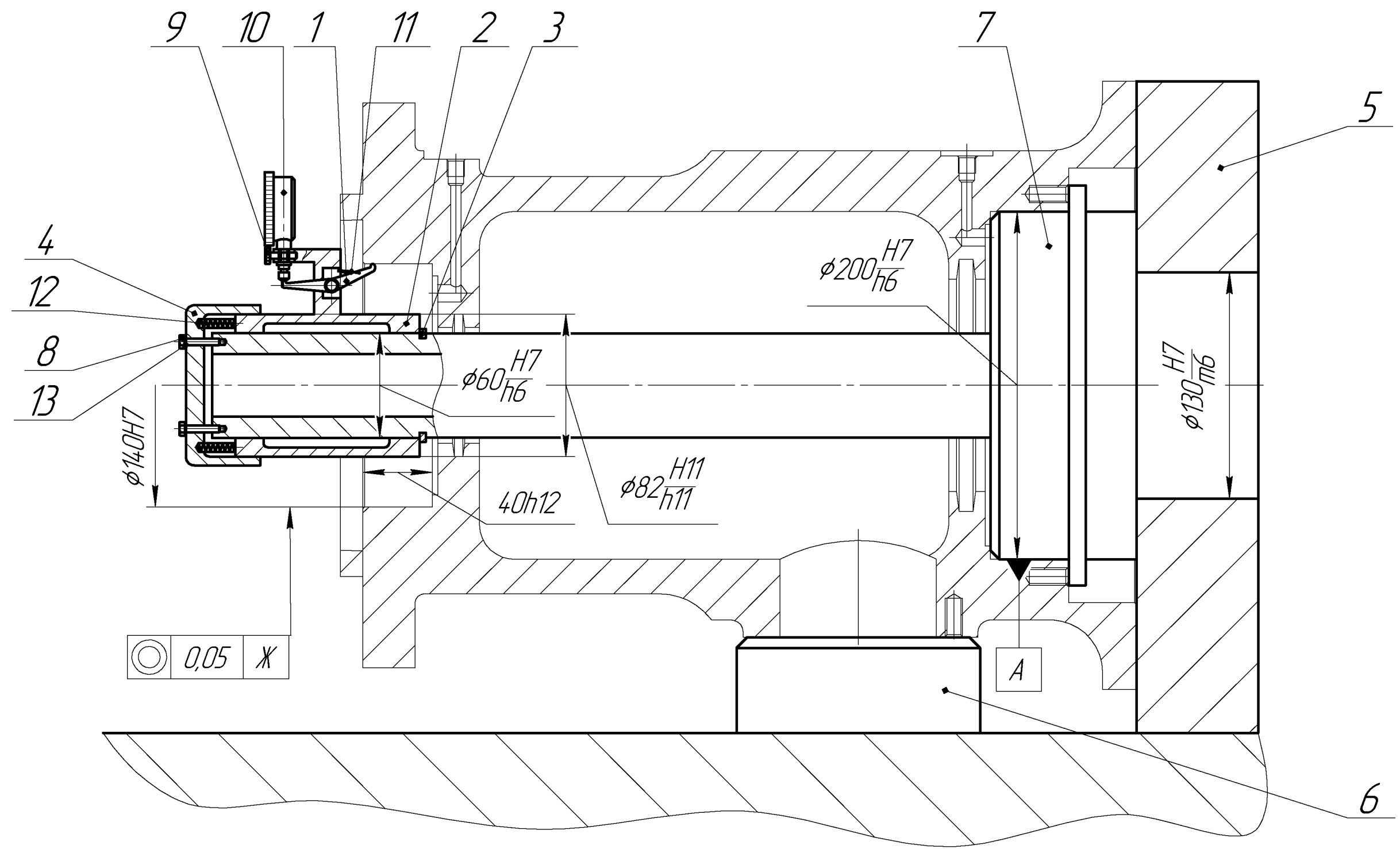


						КНУ.КМР.131.24.1-04.ВІН			
						Верстатно – інструментальне налагодження	Лит	Маса	Масштаб
							Н		1:2
							Лист	Листів	
							Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
						Зм.Лист	№ докум.	Підпис	Дата
						Розробив Керівник	Вегера Нечасів		
						Н.контр. Затв.	Нечасів Рязанцев		



1. Зусилля затиску – 831 Н
2. Перпендикулярність циліндричних пальців поз.10 відносно опори поз.4 не більше 0,02 мм
3. Пристрій розроблений для свердління отворів.

						<i>КНУ.КМР.13124.1-04.0Т</i>		
						<i>Оснащення технологічне</i>		
						<i>Лит</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
						<i>H</i>		<i>1:2</i>
						<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	<i>1</i>
						<i>Кафедра ТМ гр. ПІМ-24м</i>		



1 Точність пристосування – 0,013мм.
2 Пари, що труться, вкрити змащенням ЦИАТИМ-201.

КНУ.КМР.131.24.1-04.КП					Контрольний пристрій		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Вегера				Н		1:2,5
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-24м		

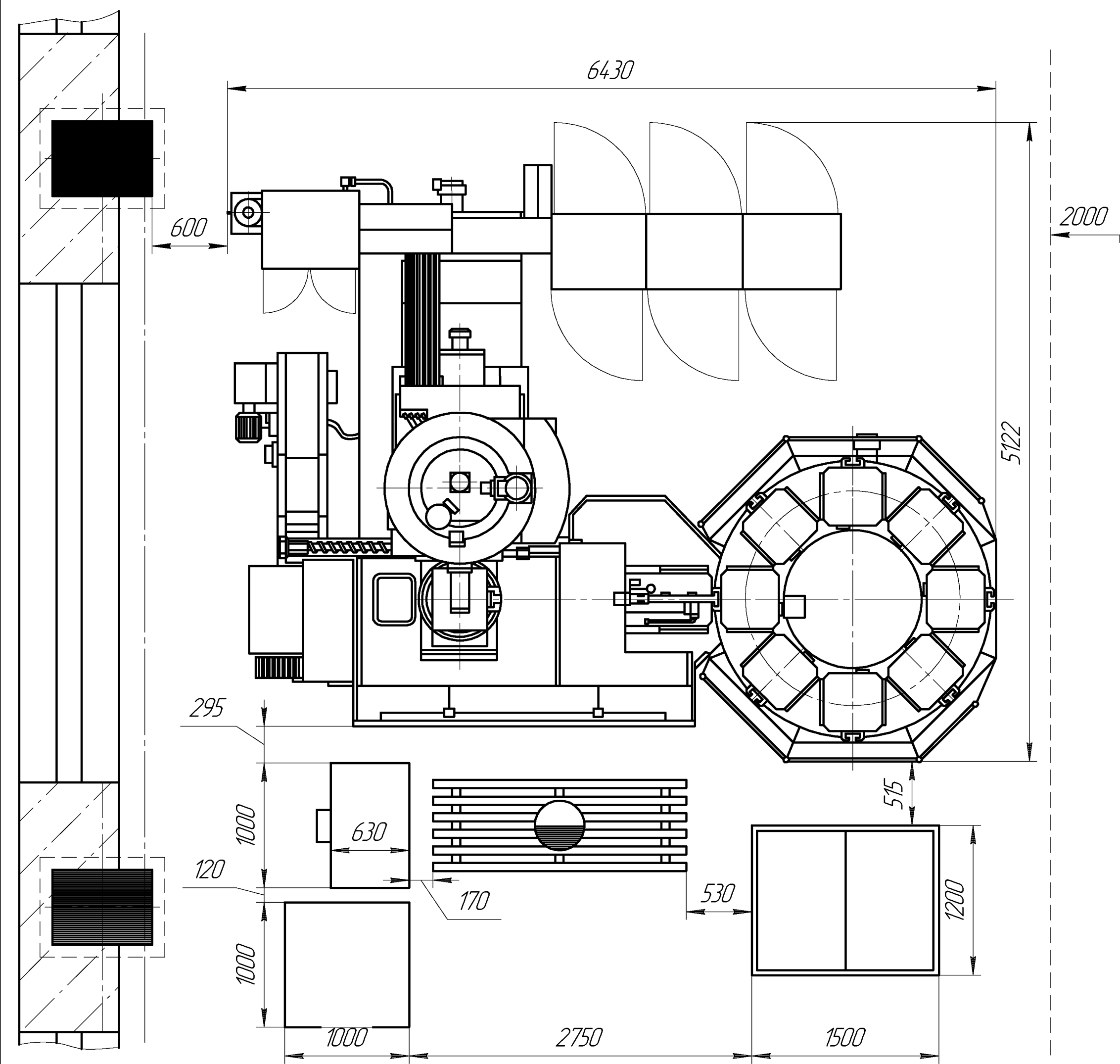
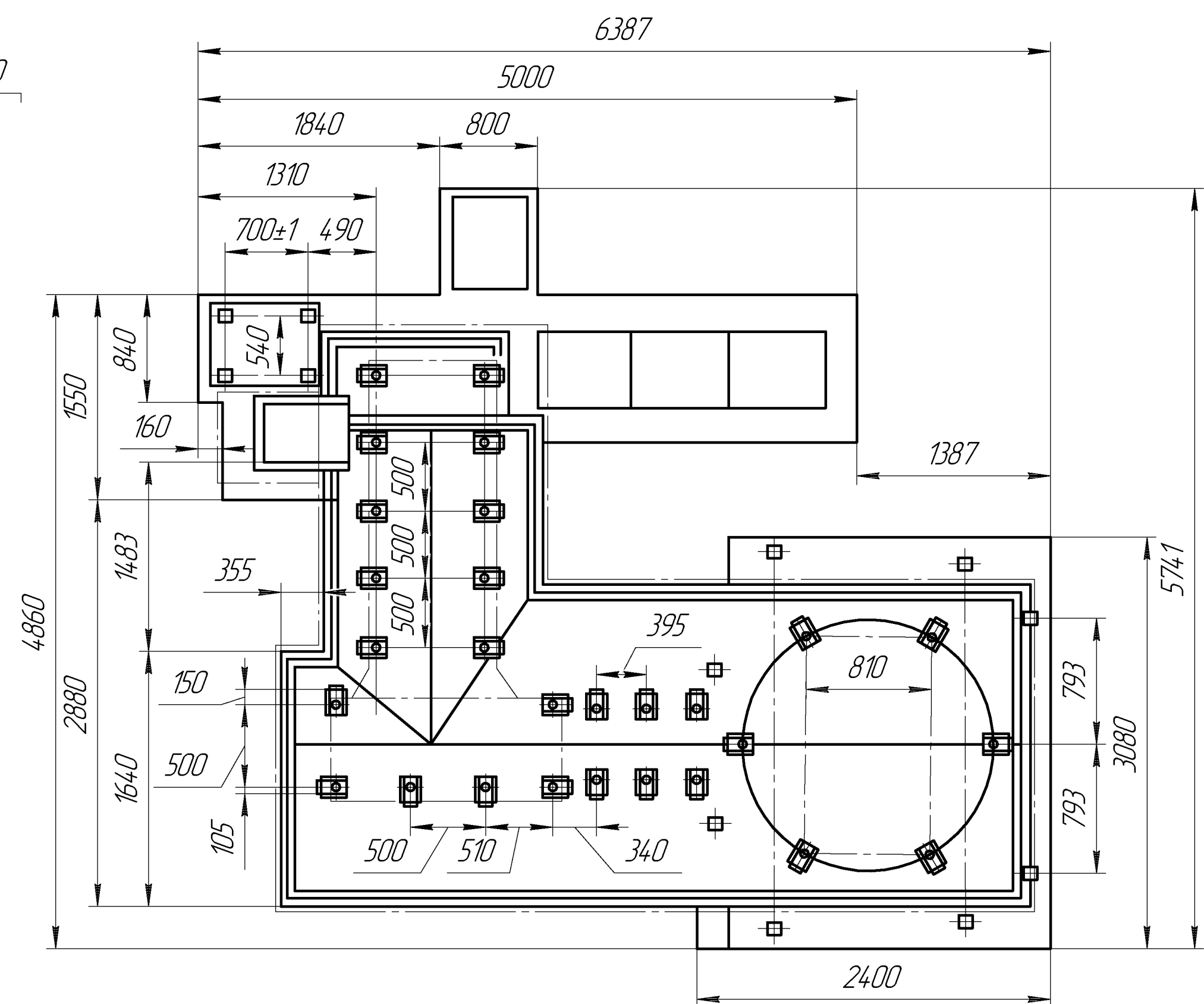
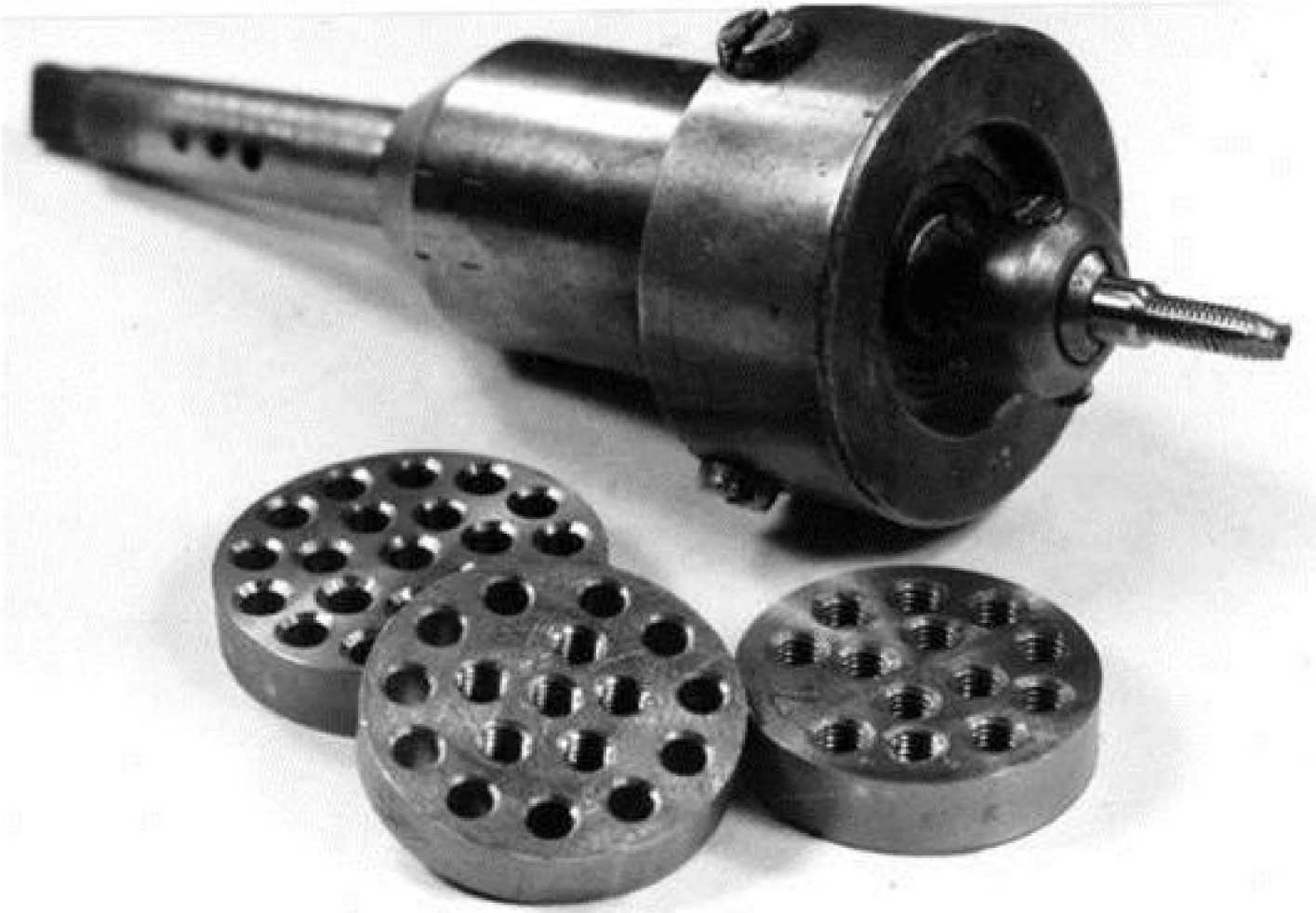
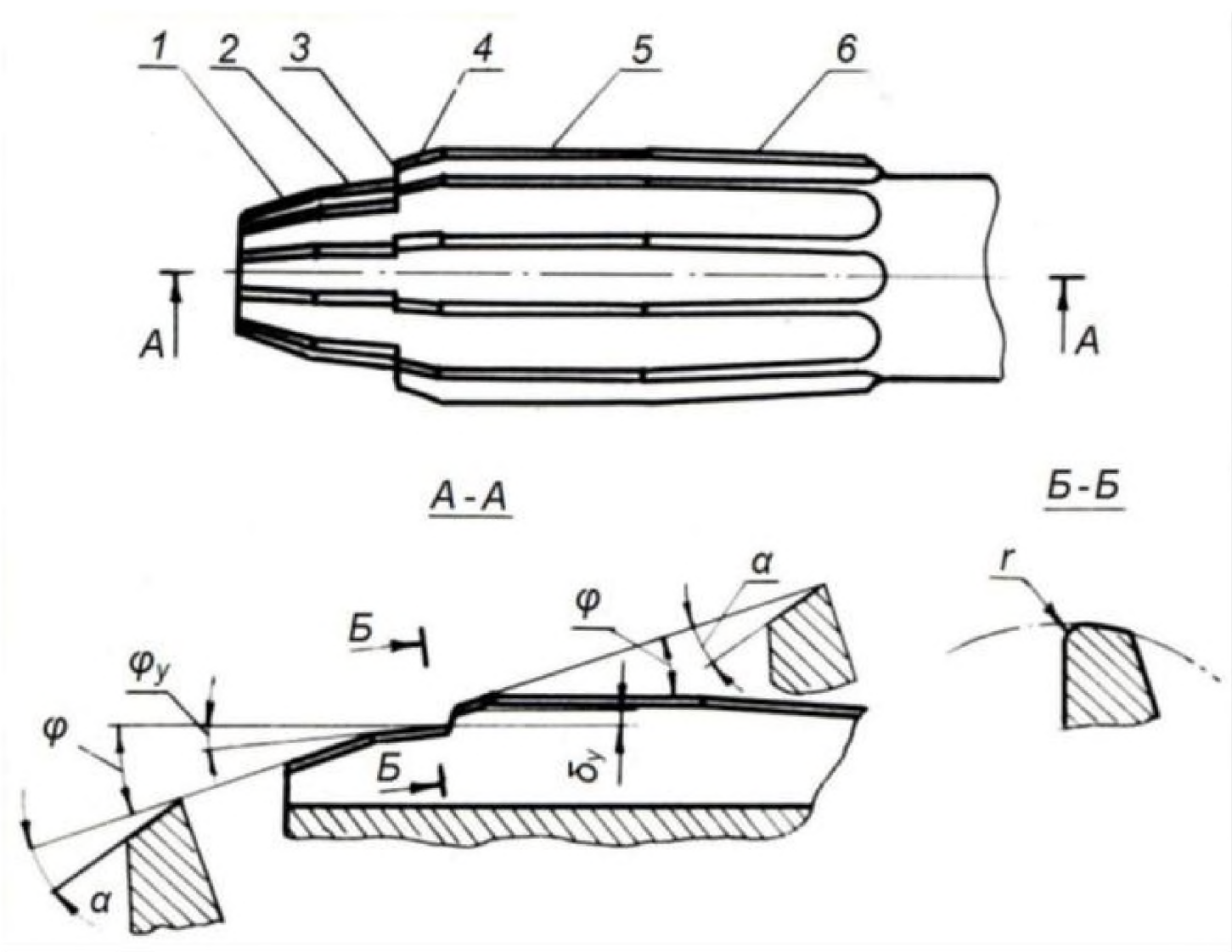


Схема установки верстата

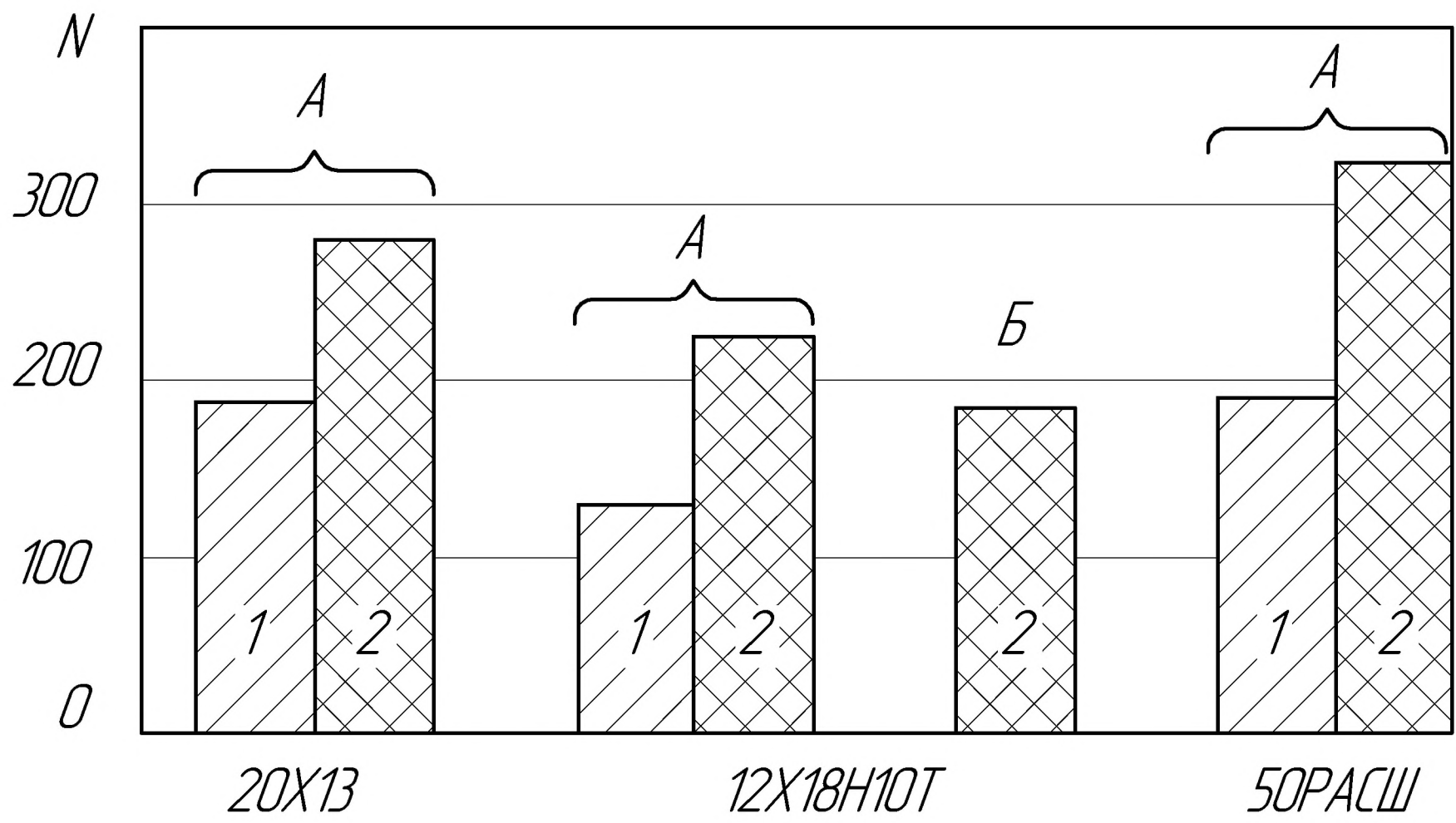


КНУ.КМР.13124.1-04.ПРМ				Лит		
План рабочего места				Маса		Масштаб
				Н		1:25
				Лист		Листів 1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Везера					
Керівник	Нечаєв					
Н.контр.	Нечаєв					
Затв.	Рязанцев					

ОБРОБКА ОТВОРІВ ТА НАРІЗАННЯ РІЗЬБ З ПОПЕРЕДНІМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ

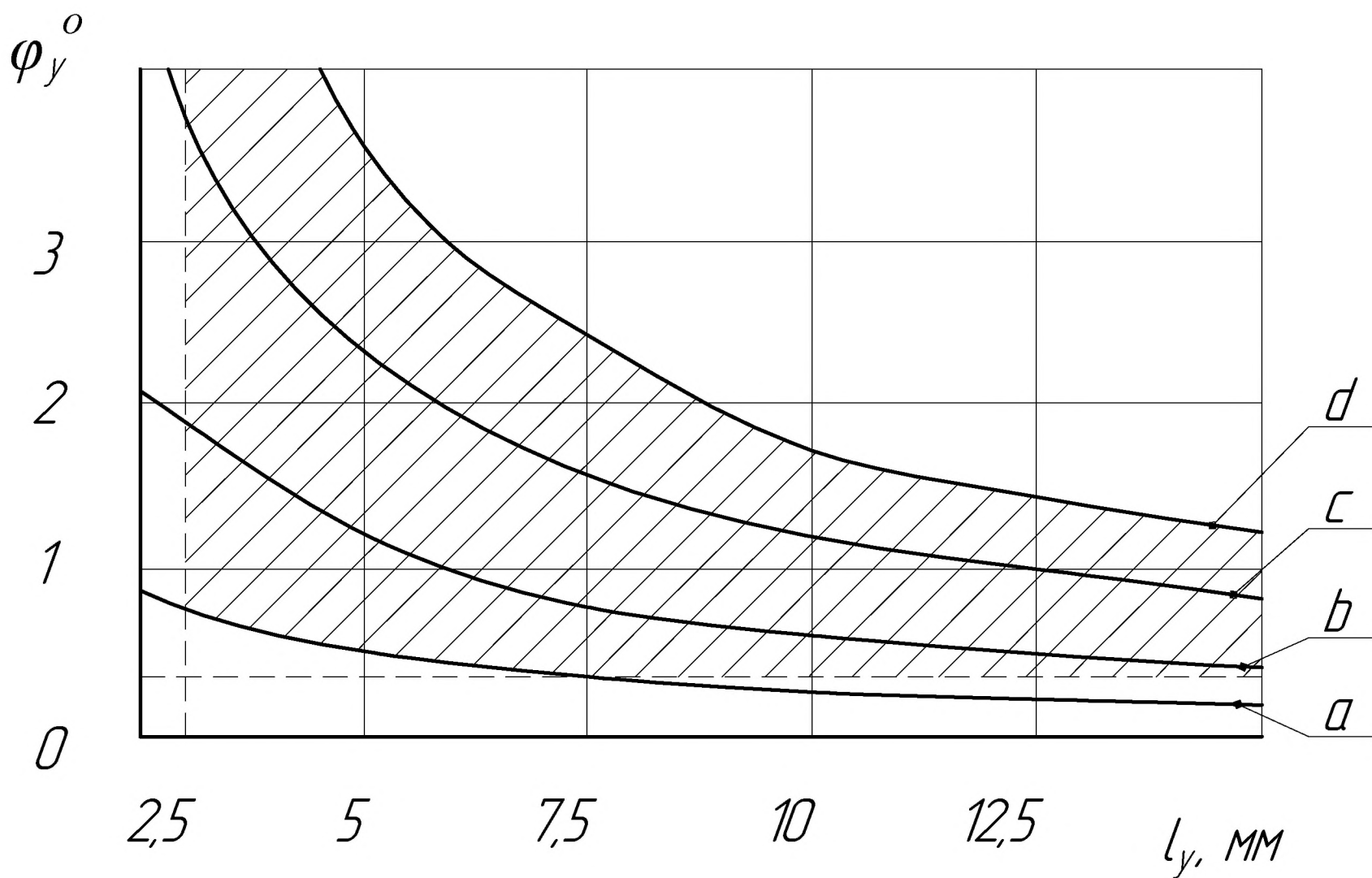
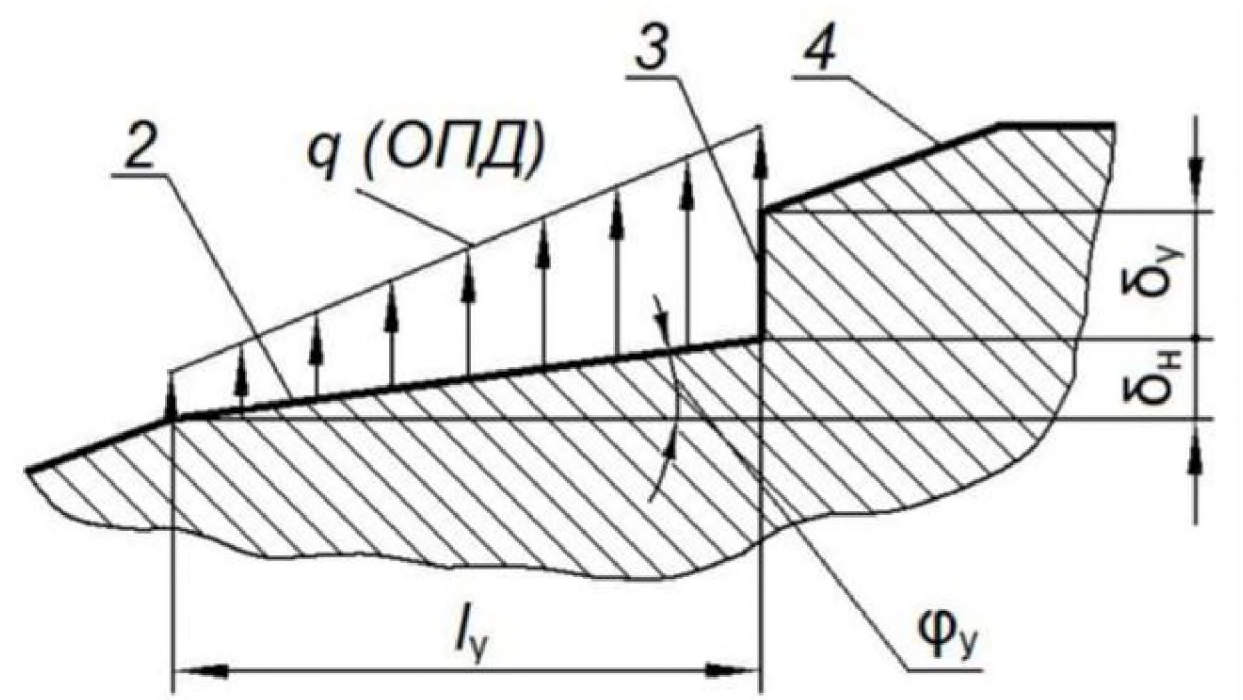


Загальний вид плаваючого, самоцентруючого патрона для нарізання різьб мітчиками та зразки деталей

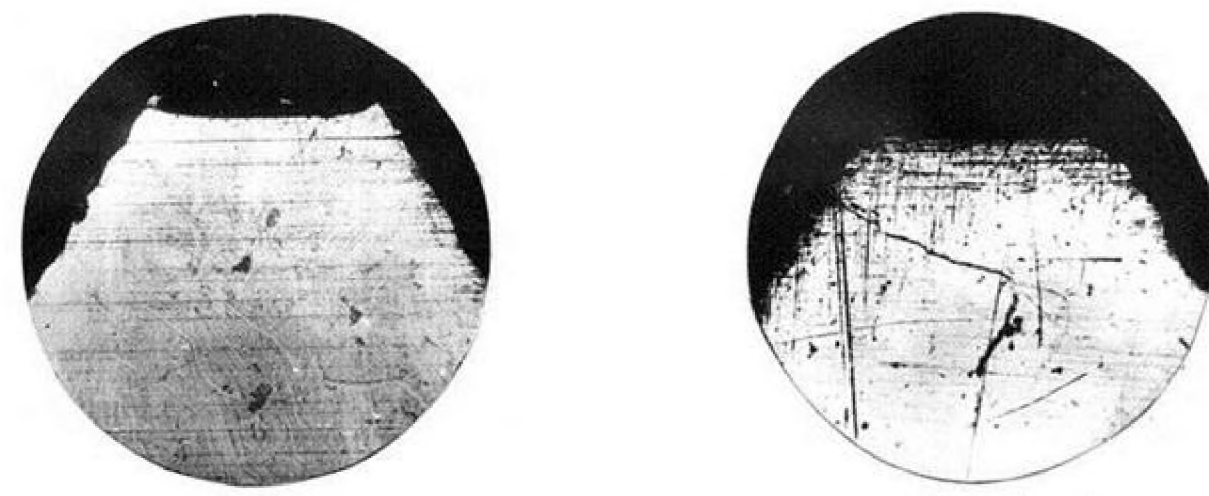
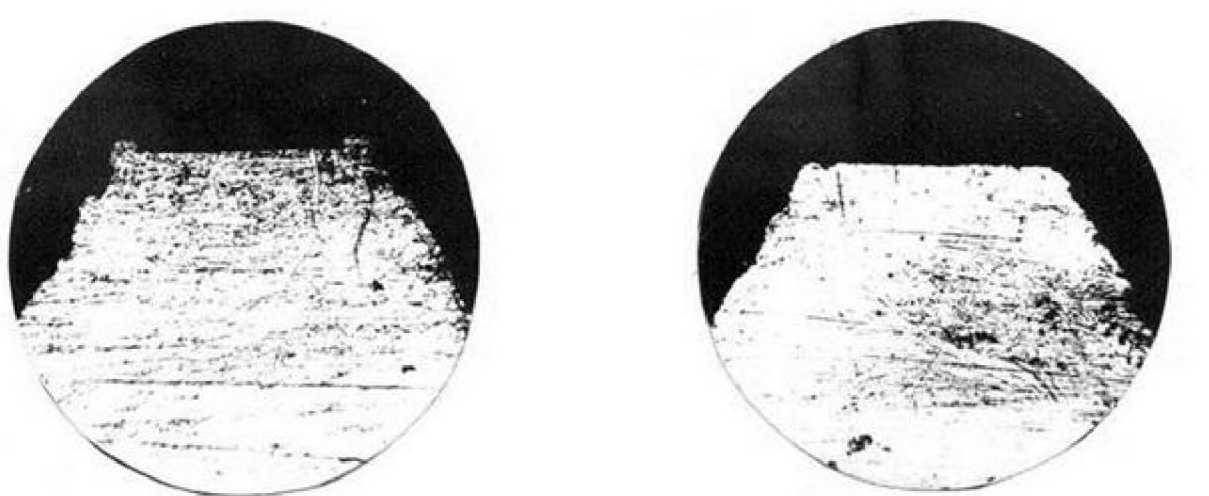


Вплив попереднього пластичного деформування матеріалу на технологічну стійкість мітчиків N (число оброблених отворів) при нарізванні різьби М6-М6:
1 – звичайне різьбонарізання;
2 – нарізання різьблення після прошивання отвору
А – двокомплектні мітчики: чорновий – $\gamma=3$, $\alpha=6$, $\varphi=12$;
чистовий – $\gamma=3$, $\alpha=8$, $\varphi=12$, $\lambda=3$;
Б – однокомплектні чистові мітчики – $\gamma=3$, $\alpha=8$, $\varphi=12$, $\lambda=3$

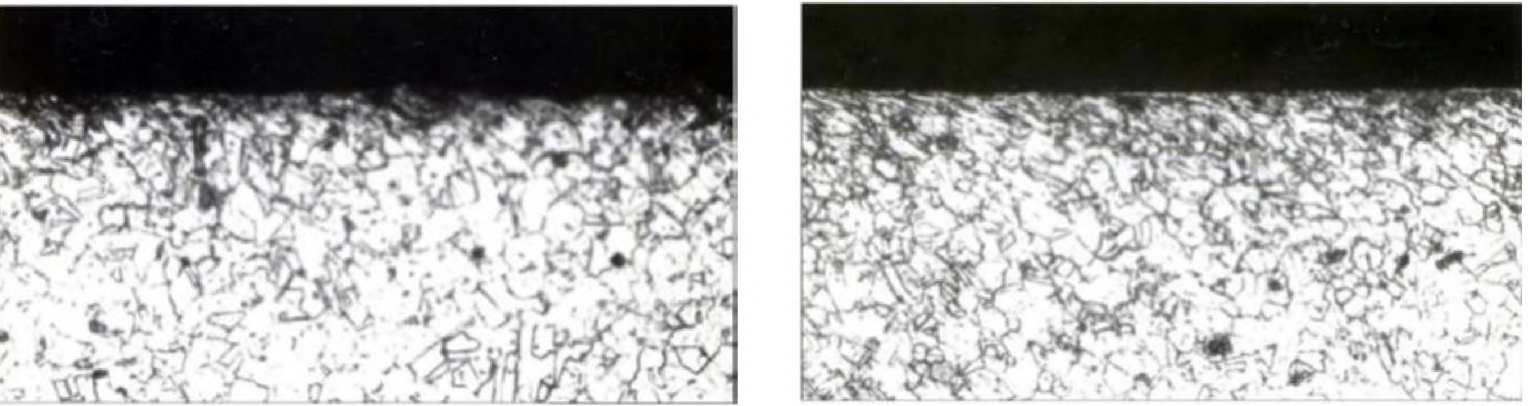
Конструкція ріжучої частини розгортки для різання з ВПД



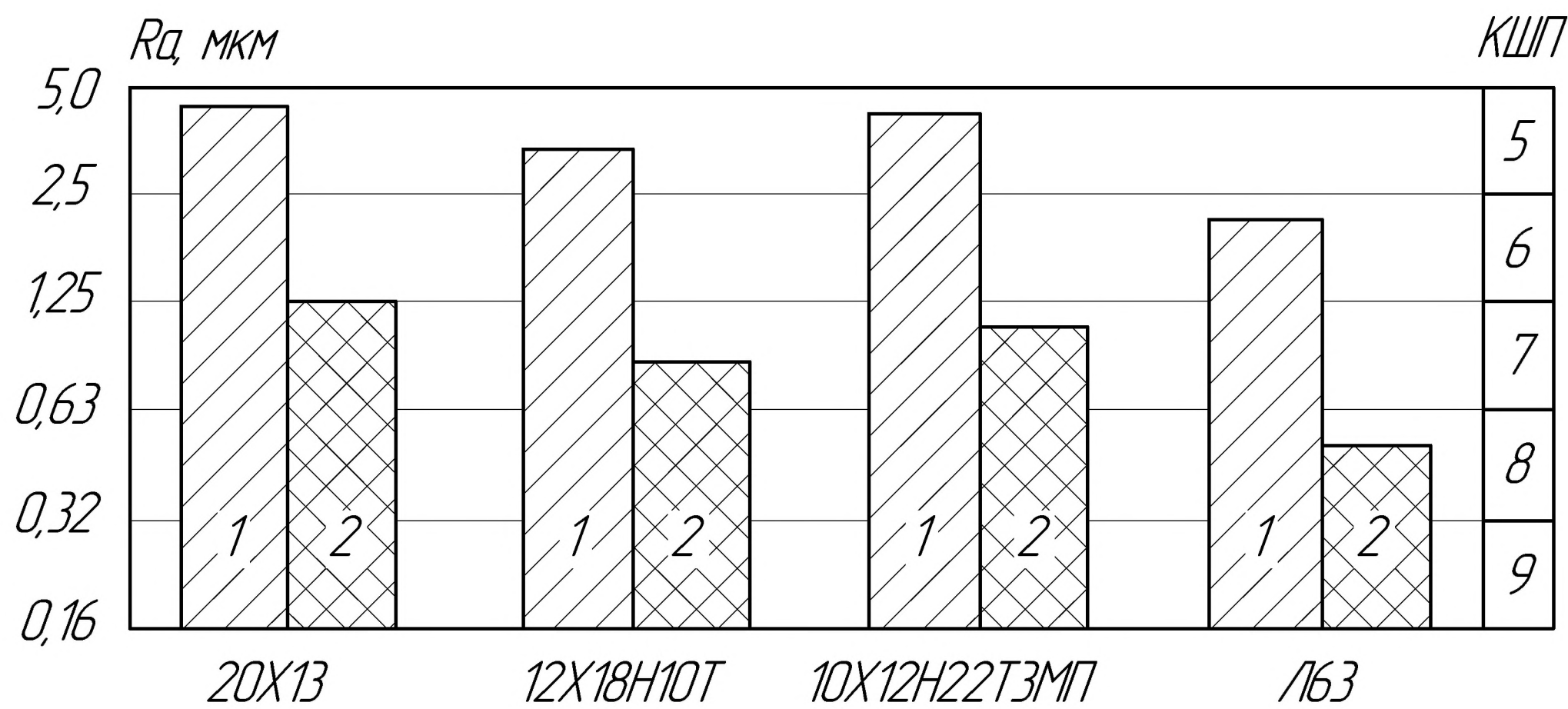
Взаємозалежність кута нахилу φ_y і довжини l_y зміцненої ділянки 2 розгортки при різних значеннях величини натягу δ_n :
а – 0,04 мм; б – 0,1 мм; с – 0,2 мм; d – 0,3 мм



Мікрофотографії профілю різьби в зразках зі сталей 50PACW (а,б) і 12X18H9T (б,з) (x100)
а, б – нарізання різьби звичайним способом;
б, з – нарізання різьби з попереднім зміцненням шару, що зрізується



Структура матеріалу поверхневого шару отворів, оброблених різними способами (12X18H10T; 4300):
а – звичайне розгортання;
б – розгортання з ВПД



Діаграми зміни шорсткості обробленої поверхні Ra і класу шорсткості поверхні КШП при різних способах розгортання:
1 – звичайне розгортання; 2 – розгортання з ВПД