

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Захарія Андрій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 622.2

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус НПО-10.07.201962” із застосуванням системи KANBAN в умовах серійного виробництва
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Захарія А.І.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник : Костюк Н.О. асистент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)



Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

В.Г. Панчук

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування
Освітній рівень магістр
Спеціальність 131-Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

В.Г. Панчук

«_____» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Захарія Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи “Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус НПО-10.07.201962” із застосуванням системи KANBAN в умовах серійного виробництва”.

Керівник роботи Костюк Назар Олегович асистент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “29” жовтня 2021 року № 546/7

2. Строк подання студентом роботи 20 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів роботи

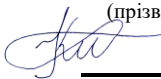
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Назар Олегович асистент		
2	Костюк Назар Олегович асистент		
3	Костюк Назар Олегович асистент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Студент _____ Захарія А.І.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Костюк Н.О..
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційної магістерської роботи :“ Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус НПО-10.07.201962” із застосуванням системи KANBAN в умовах серійного виробництва.

Розрахунково-пояснююча записка містить: сторінок, 33 рисунків, 24 таблиць, 3 додаток.

Графічна частина: аркушів А1

Об’єкт дослідження :- технологічний процес виготовлення Корпус НПО-10.07.201962

Предмет дослідження:- Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі Корпус НПО-10.07.201962

Мета роботи:- Питання підвищення точності, якості обробки та продуктивності завжди залишаються актуальними для машинобудування. Застосування багатокординатних верстатів із ЧПК набуває все більшого поширення в останні роки, адже дозволяє застосовувати їх для оброблення складно-профільних поверхонь з високою якістю і точністю за одне установлення, отже шляхом розроблення технологічного забезпечення до комплексних з ЧПК операцій являє собою актуальну наукову і практичну задачу.

Технологічне забезпечення вдосконаленого процесу виготовлення деталі Корпус НПО-10.07.201962, яке дасть нам здешевити його виготовлення у порівнянні з базовим не втрачаючи якість при виготовленні деталі. При вдосконаленні ТП розробити нові конструкції пристроїв для обробки нашої деталі.

Згідно поставленого завдання в магістерській роботі проведено аналіз креслення деталі Корпус НПО-10.07.201962 та комплексний аналіз базового технологічного процесу його виготовлення. Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточуваними пластинами, а також прогресивного технологічного оснащення. А для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось програмне середовище КОМПАС – 3D, а для моделювання – була використана комп’ютерна САМ-система SprutCAM 2007..

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: *технологічний процес, корпус, складно-профільні поверхні, верстатний пристрій, базування, операція, квалітет, режими різання, пристрій контрольний, інструмент, граничне відхилення.*

Реферат

Квалификационной магистерской работы : " Совершенствование технологического процесса механической обработки детали "Корпус НПО10.07.201962" с применением системы KANBAN в условиях серийного производства.

Расчетно-объяснительная записка содержит: страницы, рисунков, таблицы, дополнение.

Графическая часть: 7 листы А1

Объект исследования : Технологический процесс изготовления детали Корпус НПО- 10.07.201962

Предмет исследования: Совершенствование технологического процесса механической обработки детали Корпус НПО- 10.07.201962

Цель работы: Вопрос повышения точности, качества обработки и производительности всегда остаются актуальными для машиностроения. Применение многокоординатных станков с ЧПК получает все большее распространение в последние годы, ведь позволяет применять их для обрабатывания сложнопрофильных поверхностей с высоким качеством и точностью за одну установку, соответственно путем разработки технологического комплексного обеспечения с ЧПК операциями является собой актуальную научную и практическую задачи.

Технологическое обеспечение усовершенствованного процесса изготовления детали Корпус НПО 10.07.201962, которое даст нам удешевить его изготовление в сравнении с базовым не теряя качество при изготовлении детали. При совершенствовании ТП разработать новые конструкции приспособлений для обработки нашей детали.

Согласно поставленного задания в магистерской работе проведен анализ чертежа детали Корпус НПО10.07.201962 и комплексный анализ базового технологического процесса его изготовления. Работа выполнена с использованием современных положений технологии машиностроения и проектирования прогрессивных технологических процессов с использованием станков с ЧПК, резальных инструментов с переменными неперетачиваемыми пластинами, а также прогрессивной технологической оснастки. А для реализации заданий графической части квалификационной работы использовалась программная среда КОМПАС 3D, а для моделирования - была использована компьютерная САМ-система SprutCAM 2007.

Результаты работы могут быть использованы в машиностроительной отрасли.

Ключевые слова: *технологический процесс, корпус, сложно-профильные поверхности, станочное приспособление, базирование, операция, качество, режимы резания, приспособление контрольное, инструмент, предельное отклонение.*

Abstract

Qualifying master's work: "Improving the technological process of mechanical processing of the detail" Corps of NP10.07.201962 "using the KANBAN system under mass production.

The calculation and explanatory note contains: pages, drawings, tables, addition.

Graphic part: 6 sheets A1

Object of research: - Technological process of manufacturing housing NPO-10.07.201962

Subject of research: - Improvement of the technological process of mechanical processing of part housing NPO-10.07.201962

The purpose of the work:- The question of improving accuracy, quality processing and performance is always relevant for mechanical engineering. The use of multi-ordinate machines with the CPC gets all the most common distribution in the last year, because it allows them to use them for the processing of complex-profile surfaces with high quality and accuracy in one installation, respectively, by the operation of technological complex support with the CPC, the operations are co-combat Actual scientific and practical tasks.

The technological providing of the improved process of making of detail is Corps HHO- 10.07.201962, that will give to us to reduce in price his making in comparing to base not losing quality at making of detail. At perfection of TP to work out the new constructions of devices for treatment of our detail.

In obedience to the put task in master's degree work the analysis of draft of detail is conducted Corps HHO- 10.07.201962 and complex analysis of base technological process of his making. Work is executed with the use of modern positions of technology of engineer and planning of progressive technological processes with the use of machine-tools from ЧПК, cutting instruments with variable throw-away plates, and also progressive technological rigging. And for realization of tasks of graphic part of qualifying work a software environment was used COMPASS – 3D, and for a design - computer CAM- system Sprut CAM was used 2007.

Job performances can be used in machine-building industry.

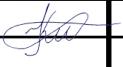
Keywords: *technological process, corps, difficult-profile surfaces, machine-tool device, basing, operation, cutting modes, device control, instrument, maximum rejection.*

Зміст

Реферат

Вступ

1. Технологічна частина.....	
1.1 Опис призначення і конструкції деталі.....	
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі по параметрам: отримання заготовки, точності, шорсткості, оброблюваність різанням.....	
1.2.2 Аналіз можливих методів обробки поверхонь.....	
1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології.....	
1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....	
1.5 Розробка операційної технології.....	
1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів.....	
1.5.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів	
1.5.3 Аналіз точності обробки.....	
1.5.4 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти наладки і програмної операційної карти.....	
1.5.5 Проектування керуючої програми обробки отворів для верстата з ЧПК.....	
1.5.6 Нормування технологічного процесу.....	
2. Конструкторська частина.....	
2.1 Розробка токарного пристрою.....	
2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою.....	
2.1.2 Розрахунок сили затиску.....	
2.1.3 Розрахунок слабких ланок механізмів затиску.....	

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснююча записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Захарія А.І.						
Перевір.		Костюк Н.О.					7	
Реценз.								
Н. Контр.		Костюк Н.О.						
Затверд.		Панчук В.Г.			ІФНТУНГ ПМКМ-20-1			

2.1.4 Розрахунок на точність.....	
2.1.5 Рівень стандартизації.....	
2.2 Розробка контрольного пристрою.....	
2.2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою.....	
2.2.2 Розрахунок на точність.....	
2.2.3 Рівень стандартизації.....	
3. Науково-дослідна частина.....	
3.1 Застосування системи KANBAN в технології механічної обробки деталі Корпус НПО-10.07.201962.....	
Список посилань на джерела.....	
Додатки	

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Науково-технічний процес в машинобудуванні в значній мірі визначає розвиток і вдосконалення всього народного господарства країни. Важливими умовами швидкого розвитку науково-технічного процесу є продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва і підвищення якості продукції.

Досконалість технічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення. Якість, надійність, довговічність і економічність машин залежать не тільки від досконалості конструкції машини, але й також в значній мірі від технології виробництва.

Застосування прогресивних, високопродуктивних методів обробки, які забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машин, методів зміцнення робочих поверхонь, які підвищують ресурс роботи деталей машин, ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з числовим програмним керуванням, застосування прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів – все це направлено на вирішення головних задач: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення і конструкції деталі

Деталь “Корпус НПО-10.07.201962 ” є складною частиною вузла трубокладної машини – ведучого візка. Вона призначена для кріплення вала зірочки ланцюгової передачі. По отворах $\varnothing 62^{+0,046}$ і $\varnothing 42^{+0,25}$ базуються підшипники і вал, на який запресовується зірочка. За допомогою п’яти отворів М8-6Н до корпусу кріпиться кришка підшипника. Корпус кріпиться до станини трубокладальної машини за допомогою отворів М16-6Н, $\varnothing 17^{+0,18}$ і $\varnothing 10^{+0,022}$.

Для спрощення опису поверхонь, присвоїмо кожній з них відповідний номер і наведемо вимоги до точності розмірів і якості поверхонь в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вимоги до точності розмірів і якості поверхонь

№ пов.	Конструкція та службове призначення поверхні	Розміри, мм	Квалітет, IT	Степінь точності форми і розміщення їх допуску	Шорскість
1	2	3	4	5	6
1(B)	Площина, основна конструкторська база, технологічна база, вільна	100x70	12 14	—	R _Z 40
2	Площина, технологічна база, вільна	100x151	12 14	—	R _Z 80
3	Площина, допоміжна конструкторська база, технологічна база, вільна	100x131	12 14	—	R _Z 80
4	Площина, вільна	100x20	12 14	—	R _Z 80
5	Площина, вільна	100 x 35	12 14	—	R _Z 80
6	Зовнішня криволінійна, вільна	R40	14	—	R _Z 80
7	Площина, технологічна база, вільна	61 x 35	14 14	—	R _Z 80
8	Зовнішня криволінійна, вільна	$\varnothing 100$	12	—	R _Z 80

					MP.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6			
9	Площина, технологічна база, вільна	30 x 25	14 14	—	R _Z 80			
10	Зовнішня криволінійна, вільна	∅ 100	12	—	R _Z 80			
11	Площина, вільна	61 x 35	14 14	—	R _Z 80			
12	Площина, допоміжна конструкторська база, вільна	50 x 40	14 14	—	R _Z 20			
13	Площина, допоміжна конструкторська база, вільна	50 x 40	14 14	—	R _Z 20			
14	Внутрішня циліндрична, допоміжна конструкторська база, вільна	∅ 62, l = 16	8	<table border="1"><tr><td>//</td><td>0,1</td><td>B</td></tr></table>	//	0,1	B	R _a 1,25
//	0,1	B						
15	Внутрішня циліндрична, допоміжна конструкторська база, вільна	∅ 62, l = 5,5	14	<table border="1"><tr><td>//</td><td>0,1</td><td>B</td></tr></table>	//	0,1	B	R _Z 40
//	0,1	B						
16	Внутрішня циліндрична, допоміжна конструкторська база, вільна	∅ 20, l = 16	9	—	R _a 2,5			
	Зовнішня криволінійна, вільна	R20 x 12	14 11	—	R _Z 80			
17	Внутрішня циліндрична, основна конструкторська база, вільна	∅ 17, l = 20	12	—	R _Z 80			
18	Внутрішня циліндрична, основна конструкторська база, вільна	∅ 10, l = 20	8	—	R _a 2,5			
19	Різьбова, основна конструкторська база, вільна	M16, l = 33	6	—	R _Z 20			

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP.ПМК-28.00.00.000 ПЗ				

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
20	Різьбова, допоміжна конструкторська база, вільна	M8, $l = 19$	6	–	R _Z 20
21	Внутрішня циліндрична, допоміжна конструкторська база, вільна	∅ 42, $l = 12$	12	// 0,1 В	R _Z 40
22	Внутрішня циліндрична, вільна	∅56 $l = 2$	14	// 0,1 В	R _Z 80
23	Внутрішня циліндрична, допоміжна конструкторська база, вільна	∅63 $l = 5,5$	14	// 0,1 В	R _Z 80

Як видно з таблиці 1.1 найбільші вимоги до точності і шорсткості ставляться до поверхонь 1 і 19, які є основними конструкторськими базами деталі та до поверхонь 14 і 16, які є допоміжними конструкторськими базами. Саме ці поверхні є най відновлюваними в даній деталі, і при розробці простого технологічного процесу слід звернути особливу увагу на методи їх отримання.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88, %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			не більше			
0,4÷0,5	0,17÷0,37	0,5÷0,8	0,0045	0,045	0,3	0,3

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

σ _T , МПа	σ _B , МПа	δ ₅ , %	ψ, %	d _H , Дж/см ²	НВ (не більше)
не менше					
360	610	16	40	50	241

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі (ТКД) по параметру отримання заготовки забезпечується вибором такого матеріалу і такого методу виготовлення заготовки, при яких досягається оптимальна витрата ресурсів на виготовлення деталі і її експлуатацію для заданих параметрів якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

Для деталей виготовлених з сталі 45 з конфігурацією наближеною до деталей типу корпусів в умовах серійного виробництва найбільш доцільним методом отримання заготовок є штампування в відкритих штампах на КГШП. Згідно ГОСТ 7505-89 сталі 45 відносяться до другої групи матеріалів з вмістом вуглецю від 0,35% до 0,65% (включно) і відповідно задовільно піддається гарячому об'ємному штампуванню.

Технологічність деталі “Корпус НПО-10.07.201962” по параметру можливість отримання заготовки є задовільною.

Таким чином базування даної деталі не виключає значення труднощів, хоча й не завжди дозволяє використання принцип постійності баз при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь. Розміри в основному проставлені вдало, хоча окремі розміри проставлено від двох протилежних площин.

В загальному можна зробити висновок, що з точки зору забезпечення точності дана деталь має задовільну технологічність, так як при обробці потрібно багато раз перевстановлювати деталь, проектувати спеціальні пристрої, так як деталь має складну конструкцію.

ТКД по параметру шорсткість забезпечується вибором такої шорсткості поверхонь деталі, при якій досягається оптимальна витрата ресурсів на виготовлення деталі і її експлуатацію для заданих показників якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

Деталь має велику кількість заокруглень, які покращують її технологічність, отвори перпендикулярні до поверхонь входу-виходу, в них передбачені фаски, що полегшують умови роботи, базування не вимагає значних труднощів, забезпечується вільний доступ інструмента.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нетехнологічним елементом є “вухо”, що погіршує шорсткість деталі і не дозволяє обробляти отвір $\varnothing 20^{+0,022}$ та фрезерувати площини 12 і 13 з підвищеними режимами різання.

З точки зору можливості забезпечення шорсткості деталь має добру технологічність.

ТКД па параметру оброблюваність різанням забезпечується вибором матеріалу з такою оброблюваністю різанням, при якій досягається оптимальна витрата ресурсів на виготовлення деталі і її експлуатацією для заданих показників якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

З точки зору можливості виготовлення різанням деталь має добру технологічність.

Отже, в загальному можна зробити висновок, що деталь “ Корпус НПО-10.07.201962” має задовільну технологічність.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Аналіз можливих методів обробки поверхонь

Технологічні обробки поверхонь деталі за базовим технологічним процесом приведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Технологічні обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

№ поверхні	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, пристрій	Поверхні технологічних баз	Параметр точності взаємного розміщення, який при цьому досягається
1	2	3	4	5
1 (В)	Чорнове фрезування	Вертикально фрезерний, лещата універсальні	9,2,7	
	Чорнове фрезерування	Теж	3,7,9	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,7,9	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,7,9	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,7,9	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,1,11	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,1,11	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,1,11	
	Чорнове фрезерування	Теж	1,7,4	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,1,7	
	Чорнове фрезерування	Теж	2,1,7	
	Чорнове фрезерування Чистове фрезерування	Теж	3,1,7	
	Чорнове фрезерування Чистове фрезерування	Теж	2,1,7	
	Свердління і розсвердлювання Чорнове і чистове розточування Шліфування	Токарно-гвинторізний спеціальний патрон	2,1,7	
	Свердління і розсвердлювання Чорнове розточування	Теж	2,1,7	// 0,1 В
22	Свердління і розсвердлювання	Теж	2,1,7	// 0,1 В

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5
23	Свердління і розсвердлювання Чорнове розточування	Теж	2,1,7	// 0,1 В
24	Свердління і розсвердлювання Чорнове розточування	Теж	2,1,7	// 0,1 В
17	Чорнове фрезерування	Вертикально-фрезерний, лещата універсальні	2,1,7	
16	Свердління Розвертання однократне	Радіально-свердлильний, лещата універсальні	2,1,7	
18	Свердління	Теж	9,2,7	
19	Свердління Розвертання однократне	Теж	9,2,7	
20	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Теж	9,2,7	
21	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Теж	2,1,7	

Інші можливі варіанти технологічної обробки поверхонь деталі, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь та точність їх взаємного розміщення приведені в таблиці 1.7.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7 – Інші можливі варіанти технологічної обробки поверхонь.

№ поверхні	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, пристрій	Поверхні технологічних баз	Параметр точності взаємного розміщення, який при цьому досягається
1	2	3	4	5
1 (В)	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	2,7,9	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	9,2,7	
	Протягування однократне	Гориз.-протяжний	9,2,7	
2	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	1,4,7	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	3,7,1	
	Протягування однократне	Гориз.-фрезерний	3,7,1	
3	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	1,2,7	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	2,1,7	
	Чорнове протягування	Гориз.-протяжний	2,1,7	
4	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	1,2,7	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	2,1,7	
	Чорнове протягування	Гориз.-протяжний	2,1,7	
5	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	2,1,7	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	1,2,7	
	Чорнове протягування	Гориз.-протяжний	1,2,7	
9	Чорнове фрезерування	Гориз.-фрезерний	2,1,7	
	Чорнове стругання	Повзд.-стругальний	1,2,7	
	Чорнове протягування	Гориз.-протяжний	1,2,7	
14	Свердління, зенкерування, розточування	Верт.-свердильний	2,1,7	// 0,1 В
	Свердління на верт.- свердл. верстаті. Чорнове, чистове, тонко розточування	Токарний	2,1,7	// 0,1 В
	Свердління на верт.- свердл. верстаті. Чорнове, чистове, тонко розточування	Гориз.-розточний	1,2,7	// 0,1 В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
15	Свердління на верт.-свердл. верстаті Чорнове розточування	Гориз.-розточний	1,2,7	// 0,1 В
16	Свердління, розточування	Верт.-свердлильний	2,1,7	
18	Свердління	Теж	9,2,7	
19	Свердління, розточування	Теж	9,2,7	
20	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Теж	9,2,7	
21	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Теж	2,1,7	
22	Свердління, розсвердлювання	Теж	2,1,7	// 0,1 В
	Свердління на верт.-свердл. верстаті Чорнове розточування	Гориз.-розточний	1,2,7	// 0,1 В
23	Свердління на верт.-свердл. верстаті Чорнове розточування	Гориз.-розточний	1,2,7	// 0,1 В
24	Свердління на верт.-свердл. верстаті Чорнове розточування	Теж	1,2,7	// 0,1 В

Таким чином для поверхонь даної деталі вибираємо такі методи обробки:

- поверхні 1, 5, 7, 11: чорнове фрезерування на горизонтально-фрезерному верстаті;
- поверхні 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 17: чорнове фрезерування на горизонтально-фрезерному верстаті;
- поверхні 12 і 13: чорнове і чистове фрезерування на вертикально-фрезерному верстаті;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ				

- поверхня 14: чорнове, чистове, тонке розточування на токарному верстаті;
- поверхня 15: чорнове розточування на токарному верстаті;
- поверхня 16: свердління, зенкерування, розвертання на вертикально-свердлильному верстаті;
- поверхня 18: свердління на вертикально-свердлильному верстаті;
- поверхня 19: свердління і розвертання на вертикально-свердлильному верстаті;
- поверхні 20 і 21: свердління і нарізання різьби мітчиком на вертикально-свердлильному верстаті;
- поверхня 22: розсвердлювання на вертикально-свердлильному верстаті;
- поверхні 23 і 24: чорнове розточування на токарному верстаті.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Визначення річної програми та кількості деталей в партії.

Тип виробництва –серійний.

Форма організації виробництва – поточно-серійна.

Режим роботи підприємства – 2 зміни на добу.

Таблиця 1.8 – Трудомісткість операції за базовим технологічним процесом

Назва операції	T _{штк, хв}	Назва операції	T _{штк, хв}	Назва операції	T _{штк, хв}
005 Заготівельна	–	035 Фрезерна	3,82	065 Свердлильна	2,53
010 Фрезерна	7,59	040 Фрезерна	5,36	070 Свердлильна	6,88
015 Фрезерна	10,41	045 Фрезерна	4,49	075 Свердлильна	2,4
020 Фрезерна	2,83	050 Фрезерна	1,29	080 Свердлильна	4,12
025 Фрезерна	,59	055 Токарна	,05	085 Свердлильна	4,89
030 Фрезерна	27,96	060 Токарна	0,51	090Слюсарна	–

Визначаємо середній штучно-калькуляційний час за формулою

$$T_{шт.к.сер} = \frac{\sum T_{штк}}{n}, \quad (1.1)$$

де $T_{штк} = 95,72$ хв – сумарний штучно-калькуляційний час;

$n=16$ – кількість операцій.

$$T_{шт.к.сер} = \frac{95,72}{16} = 5,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо такт випуску деталей за формулою

$$t_g = K_c \cdot T_{шт.к.сер}, \quad (1.2)$$

де K_c – коефіцієнт серійності (9, с.9). для середньо-серійного виробництва K_c знаходиться в межах від 10 до 20, приймаємо $K_c=15$.

$$t_g = 1 \cdot 5,98 = 89,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову річну програму випуску деталі “ Корпус НПО-10.07.201962” за формулою

$$N_p = \frac{F_g \cdot 60}{t_g}, \quad (1.3)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ				

де $F_g=4029$ год. – дійсний фонд часу роботи обладнання при 2-змінній роботі (3, с.22).

$$N_p = \frac{4029 \cdot 60}{89,7} = 2694,98 \text{ шт/рік.}$$

Приймаємо $N=2695$ шт./рік.

Визначаємо розрахункову кількість деталей в партії за формулою

$$P_p = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (1.4)$$

де F – кількість робочих днів в році (3, с.22), $F=254$ дні;

a – періодичність запуску в днях (3, с.23), $a=12$.

$$P_p = \frac{2695 \cdot 12}{254} = 127,3 \text{ шт}$$

Визначаємо розрахункове число змін для обробки партії деталей за формулою

$$C_p = \frac{T_{\text{шт.к.сер}} \cdot P_p}{F_o \cdot 0,8}, \quad (1.5)$$

де F_o – дійсний фонд часу роботи обладнання в зміну (3, с.22), $F_o=480$ хв.

$$C_p = \frac{5,98 \cdot 127,3}{480 \cdot 0,8} = 1,982.$$

Приймаємо дві зміни, $C_{np}=2$.

Прийнятий обсяг партії деталей

$$P_o = \frac{C_{np} \cdot F_o \cdot 0,8}{T_{\text{шт.к.сер}}} = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,8}{5,98} = 128,43 \approx 129 \text{ штук} \quad (1.6)$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Аналіз базового технологічного процесу і розробка маршрутної технології

1.4.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

На базовому підприємстві деталь виготовляється з заготовки отриманої методом газорізки по копіру з місцевого прокату із послідуєчим гнуттям. Цей метод отримання заготовки не забезпечує достатньої точності (точність різки від ± 2 мм до ± 5 мм (1, с.135, таб.50)), щоб послідуєча обробка проводилась на верстатах з ЧПК фрезерної групи.

Наведемо декілька альтернативних методів отримання даної заготовки:

1. Метод лиття. Заготовка могла б бути виготовлена литтям по виплавлених моделях, що суттєво б зменшило обсяг механічної обробки (точність $IT=11\div 12$, шорсткість $R_z 10\div 40$ мм). Але для цього довелося б замінити матеріал деталі: сталь 45 на сталь з підвищеними ливарними властивостями – сталь 40 Л, в результаті чого змінилися б фізичні, хімічні та механічні властивості матеріалу.

2. метод штампування. Заготовка могла б виготовлятися штампуванням в відкритих штампах з одночасним отриманням отвору на КГШП. Сталь 45 відноситься до групи матеріалів, які задовільно піддаються гарячому об'ємному штампуванню.

3. Штампування з поступовим приварюванням «вуха». За даним методом частина заготовки виготовлялась б штампуванням на КГШП, а інша частина так зване «вухо» з'єднувалось би за допомогою зварювання. Цей спосіб підвищить собівартість заготовки за рахунок зварювальних робіт.

З врахуванням особливостей конструкції деталі і типу виробництва вибираємо для виготовлення заготовки штампування на КГШП в відкритих штампах з одночасним одержанням отвору.

У відповідності з ГОСТ 7056-89 встановлюємо характеристики поковки:

- клас точності – Т4;
- група сталі – М2;
- конструкція поверхні роз'єму штампа – П (пряма);
- степінь складності визначаємо за формулою

$$C = \frac{G_n}{G_\phi}, \quad (1.7)$$

де G_n – орієнтовна маса поковки, кг;

G_ϕ – маса фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_n = G_{дет} \cdot K_p, \quad (1.8)$$

де $G_{дет}$ – маса деталі, $G_{дет}=4,1$ кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт (с.31, ГОСТ 7505-89), $K_p=1,35$.

$$G_n = 4,1 \cdot 1,35 = 5,535 \text{ кг}$$

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho, \quad (1.9)$$

де V_ϕ – об'єм фігури мінімального об'єму, в яку вписується поковка,

$$V_\phi = (151 \cdot 70 \cdot 150) \cdot 1,05 = 1664775 \text{ мм}^3;$$

ρ – густина сталі 45, $\rho=0,00000785$ кг/мм³.

$$G_\phi = 1664775 \cdot 0,00000785 = 13,07 \text{ кг.}$$

Тоді

$$C = \frac{5,535}{13,07} = 0,423.$$

Отже, степінь складності поковки згідно ГОСТ 7505-89-С2.

Так, як діаметр ($D=42$ мм) більший 30 мм та висота деталі ($h=35$ мм) менша за діаметр отвору, то можна виконати наскрізний отвір з послідуною прошивкою перемички (7, с.124).

Товщину намітки отвору визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} S &= 0,45 \sqrt{D - 0,25h - 5} + 0,6 = \\ &= 0,45 \sqrt{38,4 - 0,25 \cdot 13 - 5} + 0,6 = 3,07 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.10)$$

Прийmemo товщину намітки отвору $S=3$ мм.

Припуски і допуски на поковку розраховані в пункті 1.5.1

Напуски позначаємо на отвори $\varnothing 20$, $\varnothing 10$, $\varnothing 17$, М16-6Н, М8-6Н, на бокові поверхні вуха (поверхні 12 і 13), поверхню 2', поверхню 8 і R8, поверхні 15, 23 і 24.

Згідно ГОСТ 7505-88 встановлюємо наступні параметри:

- мінімально величина радіусів заокруглень зовнішніх кутів поковки – R 3,5 мм;
- допустима величина заусиниць – 5 мм;
- штампувальні нахили: зовнішні – 3°, внутрішні – 5°;

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– допустиме відхилення по вигнутості від площинності та прямолінійності для плоских поверхонь – 0,8 мм.

Масу заготовки визначаємо за формулою

$$M_3 = V_3 \cdot \rho \quad (1.11)$$

де V_3 – об'єм заготовки, $V_3 = 649497,5 \text{ мм}^3$

$$M_3 = 649497,5 \cdot 0,00000785 = 5,0986 \approx 5,1 \text{ кг}$$

Проведемо економічне обґрунтування вибору заготовки, для цього визначаємо технічні собівартості заготовки для базового і проектного технічного процесу.

Вартість заготовки отриманої штампуванням на КГШП визначаємо за формулою:

$$S_{заг}^{ум} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_1 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n \right) - (Q_1 - q) \frac{S_{відх}}{1000} \quad (1.12)$$

де $C_i = 3730$ грн/т – вартість 1 т штамповок (3, с.37);

Q_1 – маса штамповки, $Q_1 = 5,1$ кг,

k_T, k_C, k_b, k_M, k_n – коефіцієнти $k_T = 1$ (3, с.37), $k_C = 0,84$ (3, с.38, табл.2.12), $k_b = 0,87$ (3, с.38, табл.2.12), $k_M = 1,0$ (3, с.37), $k_n = 1,0$ (3, с.37),

q – маса готової деталі, $q = 4,1$ кг;

$S_{відх}$ – вартість 1 т стружки, $S_{відх} = 1350$ грн/т (прейскурант цін на металолом)

$$S_{заг}^{ум} = \left(\frac{3730}{1000} \cdot 5,1 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (5,1 - 4,1) \frac{1350}{1000} = 136,7 \text{ грн / шт}$$

Вартість заготовки, отриманої вирізанням з листового прокату з послідуочим гнуттям визначаємо за формулою

$$S_{заг}^{газ} = M + C_{газф} + C_{гн}, \quad (1.13)$$

де M – затрати на матеріал заготовки, грн..;

$C_{газф}$ – технологічна собівартість газорізки по копіру, $C_{газор} = 16,9$ грн/шт. (розцінки підприємства);

$C_{гн}$ – технологічна собівартість гнуття заготовки, $C_{гн} = 12$ грн/шт. (розцінки підприємства);

$$M = Q_2 \cdot \frac{S}{1000} - (Q_2 - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (1.14)$$

де Q_2 – маса заготовки, отриманої газорідкою по копіру, $Q_2 = 7,04$ кг,

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Опис і аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 1.9 – Опис базового технологічного процесу

Номер, назва і зміст операції	Тип і мод.верстату	Х-ка пристрою	Схема базування
1	2	3	4
005 Заготовка			
<p>010 Фрезерна</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.1 начорно</p> <p>3.Перевстановити деталь</p> <p>4.Фрезерувати пов.2</p> <p>5.Зняти деталь</p>	Вертикально-фрезерний, мод.6Н12П	Лещата універсальні, тип приводу – механічний, кількість одночасно закріплювальних деталей – 1 шт.	
<p>015 Фрезерна</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.3</p> <p>3.Перевстановити деталь</p> <p>4.Фрезерувати пов.2</p> <p>5.Фрезерувати пов.2'</p> <p>6.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	
<p>020 Фрезерна</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.5</p> <p>3.Фрезерувати пов.4</p>	Теж	Теж	

Арк.

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.9

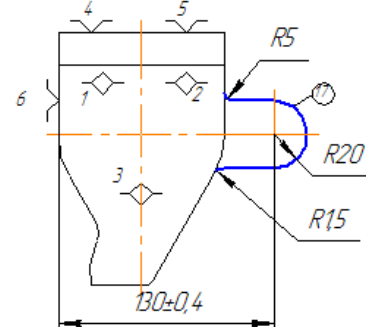
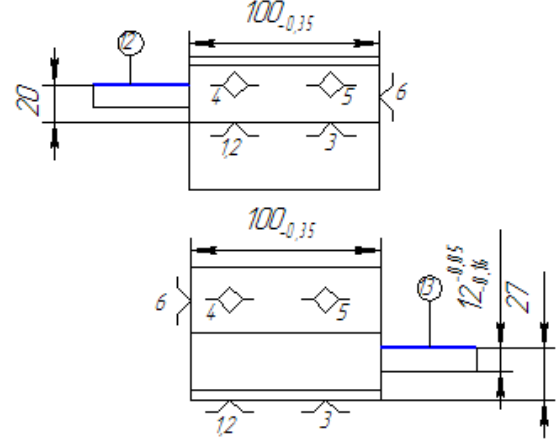
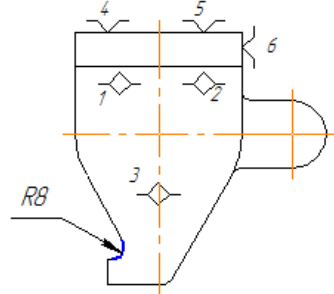
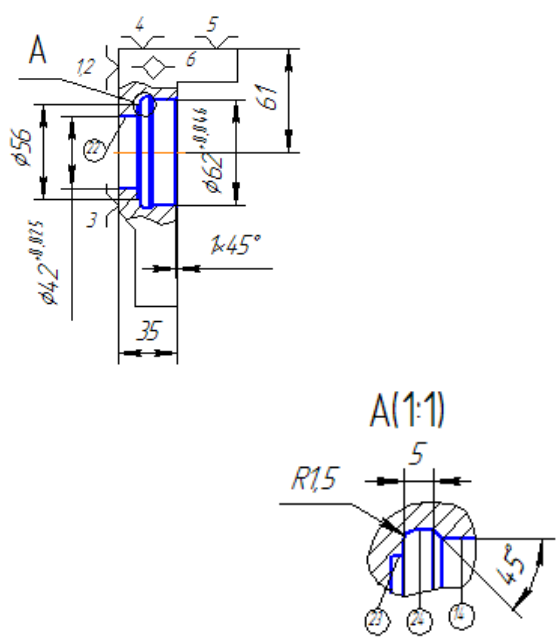
1	2	3	4
<p>025 Фрезерна 1.Встановити, закріпити деталь, розмітити контур по шаблону. 2.Фрезерувати пов.1 3.Перевстановити деталь 4.Фрезерувати пов.9 5.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	
<p>030 Фрезерна 1.Встановити, закріпити деталь. 2.Фрезерувати пов.7, 8, 6. 3.Перевстановити деталь 4.Фрезерувати пов.11 5.Фрезерувати пов.10 6.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	
<p>035 Фрезерна 1.Встановити, закріпити деталь. 2.Фрезерувати пов.12 начорно. 3.Перевстановити деталь 4.Фрезерувати пов.13 начорно. 5.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

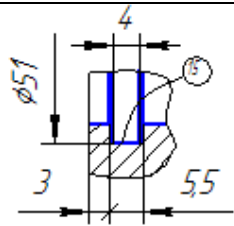
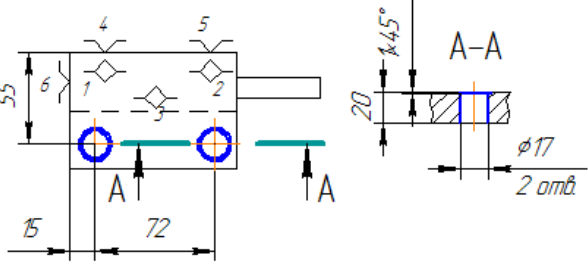
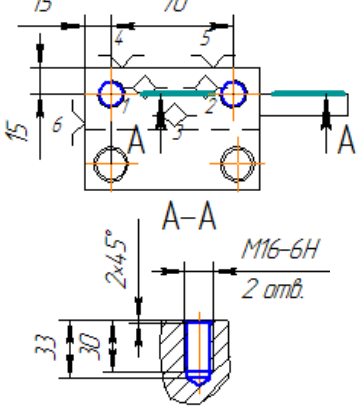
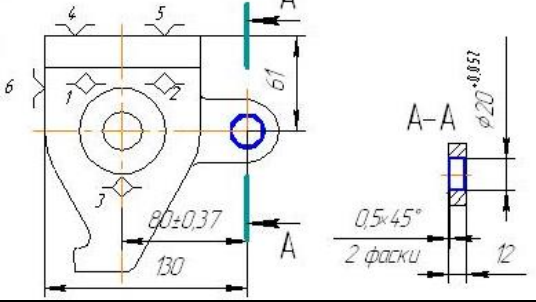
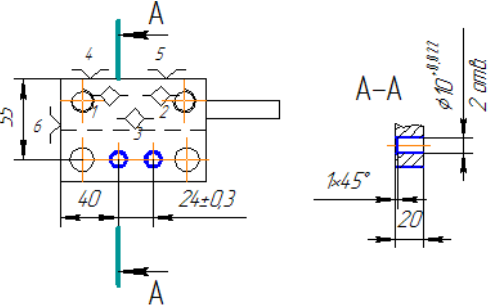
1	2	3	4
<p>040 Фрезерна 1.Встановити, закріпити, зняти деталь. 2.Фрезерувати пов.17 з утворенням R5</p>	Теж	Теж	
<p>045 Фрезерна 1.Встановити, закріпити деталь. 2.Фрезерувати пов.12 начисто. 3.Перевстановити деталь 4.Фрезерувати пов.13 начисто. 5.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	
<p>050 Фрезерна 1.Встановити, закріпити, зняти деталь. 2.Фрезерувати пов.R8.</p>	Теж	Теж	
<p>055 Токарна 1.Встановити, закріпити деталь. 2.Свердлити отвір Ø30 мм. 3.Розсвердлити отвір Ø30 до Ø42^{+0,25} (пов.22). 4.Розточити до Ø56 мм на l=23 мм (пов.23) 5.Розточити пов.14 начорно до Ø61 мм. 6.Розточити пов.14 начисто до Ø62^{+0,074}. 7.Зняти фаску 1×45°. 8.Розточити пов.24. 9.Шліфувати пов.14 до Ø62^{+0,064}.</p>	Токарно-гвинторізний, мод.1К62	Спеціальний патрон	

Арк.

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
<p>060 Токарна 1.Розточити канавку (пов15) 2.Зняти деталь</p>	Теж	Теж	
<p>065 Свердлильна 1.Встановити, закріпити, зняти деталь. 2.Розмітити отв. Ø17. 3.Свердлити отв. Ø17^{+0,18}. 4.Повторити перехід 3. 5.Зняти фаску 1,5×45°. 6.Повторити перехід 5.</p>	Радіально-свердильний, мет 2Н55	Лещата універсальні, тип приводу-механічний	
<p>070 Свердлильна 1.Встановити,закріпити, зняти деталь. 2.Розмітити отвори Ø14. 3.Свердлити отв. Ø14 під різьбу М16-6Н. 4.Зняти фаску 2×45°. 5.Нарізати різьбу М16-6Н. 6.Повторити переходи 3-5</p>	Теж	Теж	
<p>075 Свердлильна 1.Встановити,закріпити, зняти деталь. 2.Розмітити отвори Ø20. 3.Свердлити отв. Ø19,75. 4.Зняти дві фаски 0,5×45°. 5.Розвертати отв Ø20^{+0,052}</p>	Теж	Теж	
<p>080 Свердлильна 1.Встановити,закріпити, зняти деталь. 2.Розмітити отвори Ø10. 3.Свердлити отв. Ø9,8. 4.Зняти фаску 1×45°. 5.Розвертати отвір до Ø10^{+0,022}. 6.Повторити переходи 3-5</p>	Теж	Теж	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4
<p>08 Свердлильна</p> <p>1.Встановити,закріпити, зняти деталь.</p> <p>2.Встановити “Кронштейн МСТ-100В.06.04.019”</p> <p>3.Розмітити центри отворів М8-6Н по кришці.</p> <p>4.Зняти Кронштейн МСТ-100В.06.04.019</p> <p>5.Свердлити отв. Ø6,7.</p> <p>6.Зняти фаску 1,6×45°.</p> <p>7.Повторити переходи 5-6 4 рази</p>	Теж	Теж	
<p>090 Слюсарна</p> <p>1.Нарізати різьбу М8-6Н.</p>	-	Слюсарний верстак	-
<p>095 Слюсарна</p> <p>1.Зачистити пов. R40.</p> <p>2.Зачистити пов. R5.</p> <p>3.Зачистити пов. R3.</p>	-	Теж	-

Проведено критичний аналіз базового технологічного процесу по операціям механічної обробки.

010 Фрезерна

Метод обробки вибрано вдало – фрезерування. Технологічні бази при обробці поверхні 2 вибрано вдало, виконується принцип суміщення і єдності баз. Однак при обробці поверхні 1 технологічні бази вибрано невдало, оскільки за установчу базу вибрано поверхню 9, яка має малі габарити. Доцільніше було б вибрати за установчу базу поверхню 2 і обробку вести на горизонтально-фрезерному верстаті 2-ох сторонньою дисковою фрезою. Така схема базування дозволить реалізувати принцип постійності і єдності баз, забезпечити вимогу паралельності осі отвору 14 і поверхні 1 на токарній операції, оскільки на токарній операції установчою базою є саме поверхня 2. Оснастка вибрана невдало, тому що механічний тип приводу не відповідає вимогам с/с виробництва.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

015 Фрезерна.

Метод обробки, тип верстата, інструмент підібрано вдало. Технологічні бази вибрано правильно, реалізується принцип суміщення і єдності баз.

020 Фрезерна.

Метод обробки підібрано правильно – фрезерування. Технологічні бази вибрано вдало, реалізується принцип суміщення і єдності баз. Обробку поверхні 5 проводять кінцевою фрезою, доцільніше було б проводити обробку поверхні 5 2-ох сторонньою дисковою фрезою на горизонтально-фрезерному верстаті, що є більш продуктивно.

025 Фрезерна.

Метод обробки підібрано правильно – фрезерування. Але шорсткість, яку має поверхня 1 (R_z40) можна досягнути чорновим фрезеруванням, тому дана обробка поверхні (чистове фрезерування) є машинною. При обробці поверхні 9 технологічні бази і інструмент підібрано вдало.

030 Фрезерна

Метод обробки підібрано вдало – фрезерування кінцевою фрезою. При обробці поверхні 7 і 11 використовується кінцева фреза, але враховуючи висоту бортика ($l=70$ мм), потрібна кінцева фреза з довжиною різаної частина більшою за 70 мм. Це фреза $\varnothing 63$ мм ($l_{риз}=90$ мм), але з даним діаметром фрези не можливо буде до кінця про фрезерувати ширину бортика $l=20$ мм, так як фреза впреться в “вухо”. Доцільніше було б поверхні 7 і 11 фрезерувати на горизонтально-фрезерному верстаті двохсторонньою дисковою фрезою. Технологічні бази вибрано вдало.

035 Фрезерна

Метод обробки, інструмент, верстат підібрано вдало. Технологічні бази вибрано невдало, оскільки не використовується принцип суміщення і єдності баз. Так при обробці поверхні 12 для реалізації цього принципу за установчу базу потрібно прийняти поверхню 2 (до установчих елементів заготовка притискувалась би знизу ввверх). Це ускладнило б конструкцію пристрою, тому потрібно перерахувати розмірний ланцюг. При обробці поверхні 13 за установчу базу слід прийняти поверхню 2 і поверхню 13, для того щоб реалізувати принцип суміщення і єдності баз.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

040 Фрезерна.

Метод обробки, верстат, інструмент підібрано вдало. Технологічні бази вибрано невдало, для реалізації принципу суміщення і єдності баз за опорну технологічну базу необхідно прийняти вісь деталі, оскільки від неї заданий розмір $80 \pm 0,37$, який використовується для отримання розміру R20 (радіус заокруглення “вуха”).

045 Фрезерна (див. операцію 035).

050 Фрезерна.

Метод обробки, верстат, інструмент підібрано вдало, але дану операцію слід сумістити з операцією 030.

055 Токарна.

Метод обробки внутрішніх поверхонь обертання вибрано вдало – розточування, але шліфування поверхні 14 слід замінити більш продуктивним методом – тонким розточуванням. Технологічні бази вибрано невдало, оскільки дана схема базування не дозволяє витримати вимогу паралельності вісі отвору 14 і поверхні 1. Для реалізації даної вимоги необхідно за установчу базу прийняти поверхню 1 і обробку проводити на горизонтально-розточеному верстаті. Інший спосіб забезпечити дану вимогу поверхні 2 на операціях 010 і 025, в даному випадку ми використаємо принцип постійності і єдності баз, в результаті чого буде витримана вимога до паралельності поверхні 1 і вісі отвору. Обладнання і оснастка вибрана не вдало, оскільки не задовольняє вимоги середньо серійного виробництва.

060 Токарна.

Інструмент вибрано вдало. Дану операцію слід сумістити з операцією 055.

065 Свердлильна.

Метод обробки вибрано вдало – свердління. Технологічні бази вибрано вдало. Невдало вибрана оснастка, обладнання. Інструмент підібрано вдало. Недоліком є ручна розмітка отворів.

070 Свердлильна.

Метод обробки вибрано вдало – свердління і нарізання різьби мітчиком. Технологічні бази вибрано вдало, реалізується принцип постійності і єдності баз.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання і оснастка не відповідають вимогам с/с виробництва. Інструмент підібрано вдало, недоліком є ручна розмітка отворів.

075 Свердлильна.

Метод підібрано невдало, оскільки для отримання отвору $\varnothing 20$ з точністю Н9 потрібно такі методи обробки: свердління, зенкерування, розвертання. Технологічні бази підібрано невдало, оскільки для реалізації принципу суміщення баз потрібно за опорну базу прийняти вісь отвору 14 (вісь симетрії деталі), тому що від осі симетрії деталі заданий розмір $80 \pm 0,37$. Обладнання і оснастка не відповідає вимогам с/с виробництва, недоліком є ручна розмітка отвору.

080 Свердлильна.

Метод обробки підібрано вдало – свердління і розвертання, але для отримання отвору $\varnothing 10$ з точністю Р8, його потрібно розвертати два рази: 1) до $\varnothing 9,96$; 2) до $\varnothing 10H8$. технологічні бази підібрано вдало, реалізується принцип постійності і єдності баз. Недолік – розмітка отворів вручну. Обладнання і оснастка не відповідають вимогам с/с виробництва. Інструмент підібрано правильно.

085 Свердлильна.

Метод обробки підібрано вдало – свердління. Технологічні бази вибрано не вдало, для реалізації принципу суміщення і єдності баз за опірну базу треба прийняти вісь отвору 14. інструмент підібрано вдало, обладнання і оснастка – невдало. Недолік – розмітка отворів вручну.

090 Слюсарна.

Метод обробки підібрано вдало – нарізання різьби мітчиком, недолік – нарізання різьби вручну на слюсарному верстаку, що не відповідає вимогам с/с виробництва (нарізання різьби потрібно проводити на верстаті). Обладнання і оснастка підібрана невдало. Дану операцію слід сумістити з операцією 085.

095 Слюсарна.

Метод обробки, обладнання, інструмент, оснастка підібрано невдало. Дану операцію слід сумістити з операцією 030 і обробку R40 (поверхня б), R5 проводити на верстаті.

					МП.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропоновані зміни:

– на вертикально-фрезерних операціях використовувати верстат мод.6311Ф3, що відповідає серійному виробництву;

– на свердлильних операціях використати верстат вертикально-свердлильний мод.2Р135Ф2 з шестипозиційною револьверною головкою, що підвищить продуктивність технологічного процесу (швидка зміна інструменту, відпаде потреба в розмітці отворів);

– на токарних операціях використати токарний напівавтомат мод.Р725Ф3 підвищеної точності, відповідно до типу виробництва і габаритів деталі;

– обробку поверхонь 1, 5, 7, 11 проводити на горизонтально-фрезерному верстаті мод.6Р81Г;

– обробку поверхонь 1, 5 проводити одночасно двома двохсторонніми дисковими фрезами;

– на фрезерних операціях і при обробці поверхонь 18, 19, 20, 16, 21, 22, в якості пристрою використовувати лещата з пневмозатиском відповідно до вимог с/с виробництва,

– на токарній операції, в якості пристрою використати спеціалізований патрон з пневмозатиском відповідно до типу виробництва;

– при обробці поверхонь 8, 6, R8, 10, 17, 12 і 13 використати спеціалізований фрезерний пристрій з пневмозатиском;

– при обробці поверхні 1 використовувати тільки чорнове фрезерування, оскільки точність IT14 і шорсткість R_z40 можна досягнути без чистового фрезерування;

– сумістити операції 015 і 020; 065, 070 і 080; 055 і 060; 085 і 090; 030, 035, 040, 045, 050 і 095;

– шліфування на токарній операції замінити на тонке розточування;

– на токарній операції використати наступний інструмент:

а) для нарізання канавки – різець канавочний з механічним кріпленням твердого сплаву Т15К6;

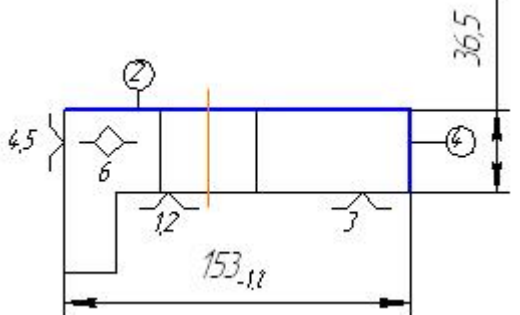
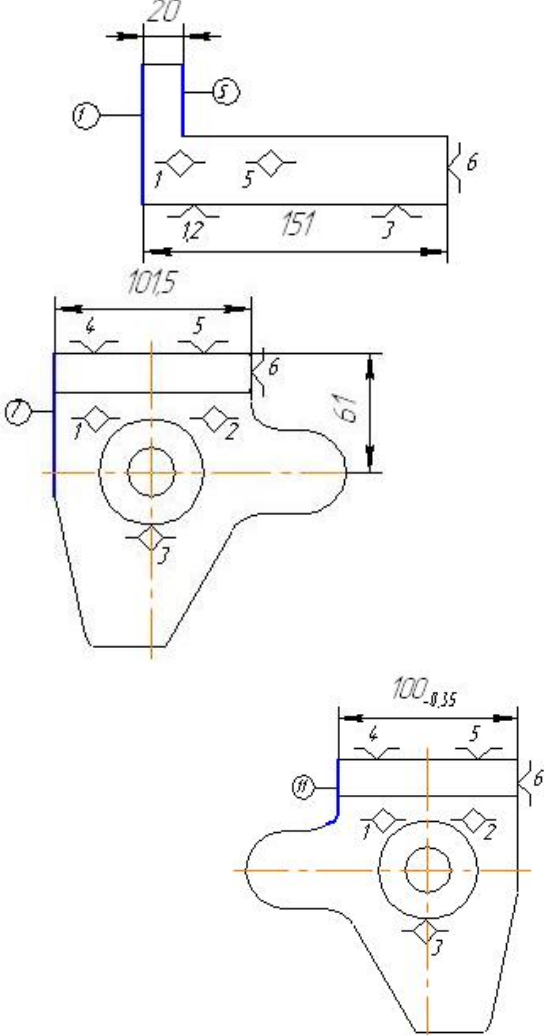
б) для чорнового, чистового, тонкого розточування – різці з механічним кріпленням непереточувальної 3-х гранної пластини твердого сплаву ($\varphi = 90^\circ$) відповідно Т5К10, Т15К6, Т30К4.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ					

1.4.3

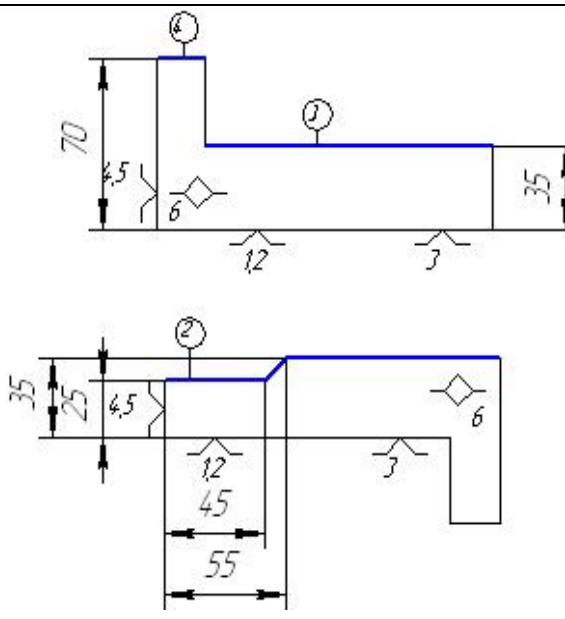
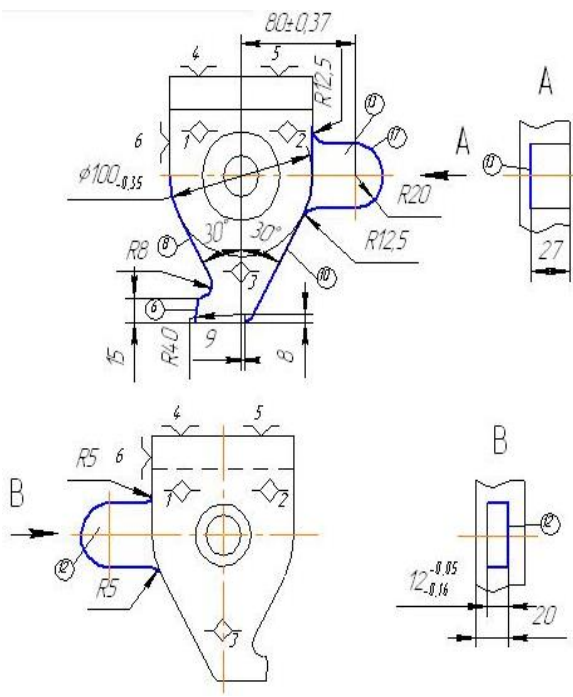
Опис вдосконаленого технологічного процесу

Таблиця 1.10 – Опис вдосконаленого технологічного процесу

Номер, назва і зміст операції	Тип і мод. верстату	Х-ка пристрою	Схема базування
1	2	3	4
005 Заготовка			
<p>010 Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Встановити, закріпити, зняти деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.2</p> <p>3.Фрезерувати пов.9</p>	<p>Вертикально-фрезерний, мод.6P11Ф3</p>	<p>Лещата з пневмозатиском.</p>	
<p>015 Горизонтально-фрезерна</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.1 і 5 одночасно</p> <p>3.Перевстановити деталь</p> <p>4.Фрезерувати пов.7</p> <p>5.Перевстановити деталь.</p> <p>6.Фрезерувати пов.11</p> <p>7.Зняти деталь</p>	<p>Горизонтально-фрезерний, мод.6P81Г</p>	<p>Лещата з пневмозатиском.</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4
<p>020 Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.3</p> <p>3.Фрезерувати пов.4</p> <p>4.Перевстановити деталь.</p> <p>5.Фрезерувати пов.2'</p> <p>6.Зняти деталь</p>	<p>Вертикально-фрезерний, мод.6Р11Ф3</p>	<p>Лещата з пневмозатиском.</p>	
<p>025 Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Встановити, закріпити деталь.</p> <p>2.Фрезерувати пов.8, 6, 10, 17.</p> <p>3.Фрезерувати пов.13 начорно</p> <p>4.Фрезерувати пов.13 начисто в розмір $l=27$ витримуючи розмір $\varnothing 100_{-0,35}$</p> <p>5.Перевстановити деталь</p> <p>6.Фрезерувати пов.12 начорно.</p> <p>7.Фрезерувати пов.12 начисто в розмір $12_{-0,05}^{-0,16}$ витримуючи розмір $\varnothing 100_{-0,35}$</p> <p>8.Зняти деталь</p>	<p>Вертикально-фрезерний, мод.6Р11Ф3</p>	<p>Пристрій спеціалізований, фрезерний, пневматичний.</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.10

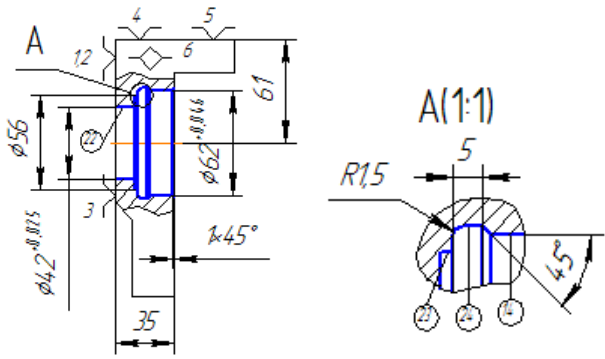
1	2	3	4
<p>030 Свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Встановити,закріпити, зняти деталь. 2.Свердлити отвір $\varnothing 17$ мм. 3.Зняти фаску $1,6 \times 45^\circ$. 4.Повторити переходи 2 і 3. 5.Свердлити отвір 19 до $\varnothing 9,8$ мм. 6.Розвертати отвір 19 до $\varnothing 9,96$. 7.Розвертати отвір 19 до $\varnothing 10H8$ остаточно. 8.Зняти фаску $1 \times 45^\circ$. 9.Повторити переходи 5÷8. 10.Свердлити отвір 20 до $\varnothing 14$. 11.Зняти фаску $2 \times 45^\circ$. 12.Нарізати різьбу M16-6H. 13.Повторити переходи 10÷12. 	<p>Вертикально-фрезерний, мод.6P135Ф2</p>	<p>Лещата з пневмозатиском.</p>	<p>Technical drawing of part 030. Top view shows a rectangular plate with dimensions 70±0.23 (width) and 25±0.3 (height). It features a central hole with diameter 17 and a hole with diameter 19. Section lines A-A and B-B are indicated. Side view A-A shows a hole with diameter 17 and a chamfered edge with dimensions 1.6x45°. Section B-B shows a hole with diameter 10 and a chamfered edge with dimensions 1.6x45°. Threaded holes are specified as M16-6H with 2 threads.</p>
<p>035 Свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Встановити, закріпити, зняти деталь. 2.Розсвердлити отвір 22 до $\varnothing 14^{+0,25}$. 3.Свердлити отвір 16 до $\varnothing 18$. 4.Зенкерувати отвір 16 до $\varnothing 19,88$. 5.Розвертати отвір 16 до $\varnothing 20H9$. 6.Зняти дві фаски $2 \times 45^\circ$. 	<p>Теж</p>	<p>Теж</p>	<p>Technical drawing of part 035. Top view shows a rectangular plate with dimensions 80±0.37 (width) and 50 (height). It features a central hole with diameter 16 and a hole with diameter 22. Section line A-A is indicated. Side view A-A shows a hole with diameter 20 and two chamfered edges with dimensions 0.5x45°.</p>
<p>040 Свердлильна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Встановити,закріпити, зняти деталь. 2.Свердлити отвір 21 до $\varnothing 6,8$. 3.Зекерувати фаску $1,6 \times 45^\circ$. 4.Нарізати різьбу M8-6H. 5. Повторити переходи 2÷4 чотири рази. 	<p>Теж</p>	<p>Теж</p>	<p>Technical drawing of part 040. Top view shows a rectangular plate with dimensions 61 (width) and 61 (height). It features a central hole with diameter 21 and a hole with diameter 6.8. Section line A-A is indicated. Side view A-A(1:1) shows a hole with diameter 6.8 and a chamfered edge with dimensions 1.6x45°. Threaded holes are specified as M8-6H with 5 threads.</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4
<p>045 Токарна з ЧПК</p> <p>1.Встановити,закріпити, зняти деталь.</p> <p>2.Розточити отвір 23 остаточно.</p> <p>3.Розточити отвір 14 до $\varnothing 61$ на $l=21$ мм начорно.</p> <p>4.Розточити отв.14 начорно до \varnothing начисто.</p> <p>5. Розточити отв.14 до $\varnothing 62^{+0,046}$ остаточно</p> <p>6.Зняти фаску $1 \times 45^\circ$.</p> <p>7.Розточити канавку (пов.24) шириною $b=5$ мм.</p> <p>8.Розточити канавку (пов.15) шириною $b=5,5$ мм.</p>	<p>Токарний-напівавтомат, мод.РТ725Ф3</p>	<p>Патрон спеціалізований, токарний, пневматичний.</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.5 Розробка операційної технології

1.5.1 Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення технологічних розмірів

Розраховуємо припуск на обробку поверхні 14 – $\varnothing 62H8(+0,046)$, $R_a 1,25$ мм.

Технологічний маршрут обробки складається з чорнового, чистового і тонкого розточування, яке дозволяє одержати точність IT8 і шорсткість $R_a 1,25$ мм. Обробка проводиться з одного установа, базами служать оброблені поверхні установки – поверхня 2, напрямна – поверхня 1, опорна – поверхня 7. Закріплення проводиться по поверхні 3 в спеціальному пневматичному патроні з трьома Г-подібними прихватами. Отвір попередньо отриманий штампуванням з послідуною пробивкою перемички.

Значення елементів припуску:

1) Висота нерівностей R_Z і величина дефектного шару T

- заготовка: $R_Z=240$ мкм, $T=250$ мкм (1, с.169, табл.5);
- чорнове розточування: $R_Z=50$ мкм, $T=50$ мкм (3, с.65, табл.46);
- чистове розточування: $R_Z=20$ мкм, $T=25$ мкм (3, с.65, табл.46);
- тонке розточування: $R_Z=3$ мкм, $T=0$ мкм (3, с.64, табл.45).

2) Значення просторових відношень ρ :

– заготовка

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (1.17)$$

де $\rho_{кор}$ – величина не перпендикулярності осі отвору 14 до поверхні 2;

$\rho_{зм}$ – величина зміщення осі отвору відносно базових поверхонь 1 і 7, в результаті неточності штампування. В $\rho_{зм}$ не входить зміщення осей фігур, що штампуються в різних частинах штампа, так як отвір 14 одержується в одній половині штампа.

$\rho_{кор}$ визначаємо за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_n \cdot L, \quad (1.18)$$

де Δ_n – питома не перпендикулярність, $\Delta_n=0,5$ мкм/мм (4, с.186, табл.13)

L – довжина отвору 14, $L=21$ мм.

$$\rho_{кор} = 0.5 \cdot 21 = 10,5 \text{ мм.}$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho_{зм}$ визначаємо за формулою:

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{T_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{T_B}{2}\right)^2}, \quad (1.19)$$

де T_A – допуск поковки на розмір 153,2 мм, $T_A=2,5$ мм;

T_B – допуск поковки на розмір 103 мм, $T_B=2,8$ мм

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{2,5}{2}\right)^2 + \left(\frac{2,8}{2}\right)^2} = 1,876 \text{ мм} = 1876 \text{ мкм}$$

Тоді $\rho_{заг} = \sqrt{1876^2 + 10,5^2} = 1876$ мкм.

– чорнове розточування $\rho_{розт}^{чорн} = K_y^{чорн} \cdot \rho_{заг}$, (1.20)

де $K_y^{чорн}$ – коефіцієнт уточнення, $K_y=0,06$ (3, с.73)

$$\rho_{розт}^{чорн} = 0,06 \cdot 1876 = 112,6 \text{ мкм}$$

– чистове розточення: $\rho_{розт}^{чист} = K_y^{чист} \cdot \rho_{розт}^{чорн}$, (1.21)

де $K_y^{чист}=0,04$ – коефіцієнт уточнення (3, с.73).

$$\rho_{розт}^{чист} = 0,04 \cdot 112,6 = 4,5 \text{ мкм}$$

3) Похибка установки ε_y :

– чорнове розточення $\varepsilon_{y1} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2}$, (1.22)

де ε_{σ} – похибка базування рівна допуску на розмір 100 мм, так як конструкторська і технологічна бази не співпадають;

ε_3 – похибка закріплення. $\varepsilon_3=0$, так як напрям сили закріплення паралельний до осі отвору 14 (9, с.94).

$$\varepsilon_y^{чорн} = \sqrt{350^2 + 0^2} = 350 \text{ мкм}$$

– чистове розточування:

$$\varepsilon_y^{чист} = K_y^{чист} \cdot \varepsilon_y^{чорн} = 0,04 \cdot 350 = 14 \text{ мкм} \quad (1.23)$$

– тонке розточування: $\varepsilon_y^{тонке} = 0$

Заносимо ці дані в таблицю 1.11.

Мінімальні припуски на розточування визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min_i} = 2\left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}\right), \quad (1.24)$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– чорнове $2Z_{\min}^{\text{чорн}} = 2(240 + 250 + \sqrt{1876^2 + 350^2}) = 4797 \text{ мкм};$

– чистове $2Z_{\min}^{\text{чист}} = 2(50 + 50 + \sqrt{112,6^2 + 14^2}) = 427 \text{ мкм};$

– тонке $2Z_{\min}^{\text{тонке}} = 2(20 + 25 + \sqrt{4,5^2 + 0^2}) = 99 \text{ мкм}.$

Таблиця 1.11 – Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 62\text{H}8$

Переходи	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$, мм	Допуск T_g , мм	$2Z_{\max}$, мм	Граничні розміри, мм		Оп-ий розмір, мм
	R_z	T	ρ	ϵ_y				D_{\min}	D_{\max}	
Заготовка	240	250	1876	–	–	2,5	–	54,22 3	56,723	$55^{+1,6}_{-0,9}$
Чорнове розточування	50	50	112,6	350	4,797	0,46	6,837	61,06	61,52	$61,06^{+0,46}$
Чистове розточування	20	25	4,3	14	0,427	0,12	0,767	61,82 7	61,947	$61,82^{+0,127}_{+0,007}$
Тонке розточування	3	–	–	–	0,099	0,046	0,173	62	62,046	$62^{+0,096}$

Максимальні діаметри визначено за формулою:

$$D_{\max_{i-1}} = D_{\max_i} - 2Z_{\min_i}, \quad (1.25)$$

– чистове розточування: $D_{\max}^{\text{чист}} = 62,046 - 0,099 = 61,947 \text{ мм};$

– чорнове розточування: $D_{\max}^{\text{чорн}} = 61,947 - 0,427 = 61,52 \text{ мм};$

– заготовка: $D_{\max}^{\text{заг}} = 61,52 - 4,797 = 56,723 \text{ мм}.$

Мінімальні діаметри визначаємо за формулою

$$D_{\min_i} = D_{\max_i} - T_i, \quad (1.26)$$

– чистове розточування: $D_{\min}^{\text{чист}} = 61,947 - 0,12 = 61,827 \text{ мм};$

– чорнове розточування: $D_{\min}^{\text{чорн}} = 61,52 - 0,46 = 61,06 \text{ мм};$

– заготовка: $D_{\min}^{\text{заг}} = 56,723 - 2,5 = 54,223 \text{ мм}.$

Максимальні припуски під розточування визначаємо за формулою:

$$2Z_{\max_i} = D_{\min_i} - D_{\min_{i-1}}, \quad (1.27)$$

– тонке розточування: $2Z_{\max}^{\text{тонке}} = 62 - 61,827 = 0,173 \text{ мм};$

– чистове розточування: $2Z_{\max}^{\text{чист}} = 61,827 - 61,06 = 0,767 \text{ мм};$

– чорнове розточування: $2Z_{\max}^{\text{чорн}} = 61,06 - 54,223 = 6,837 \text{ мм}.$

Перевірку результатів визначаємо за формулою:

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = TD_{i-1} - TD_i \quad (1.28)$$

- тонке розточування: $0,173 - 0,099 = 0,12 - 0,046$;
 $0,074 = 0,074$;
- чистове розточування: $0,767 - 0,427 = 0,46 - 0,12$; $0,34 = 0,34$;
- чорнове розточування: $6,837 - 4,797 = 2,5 - 0,46$; $2,04 = 2,04$.

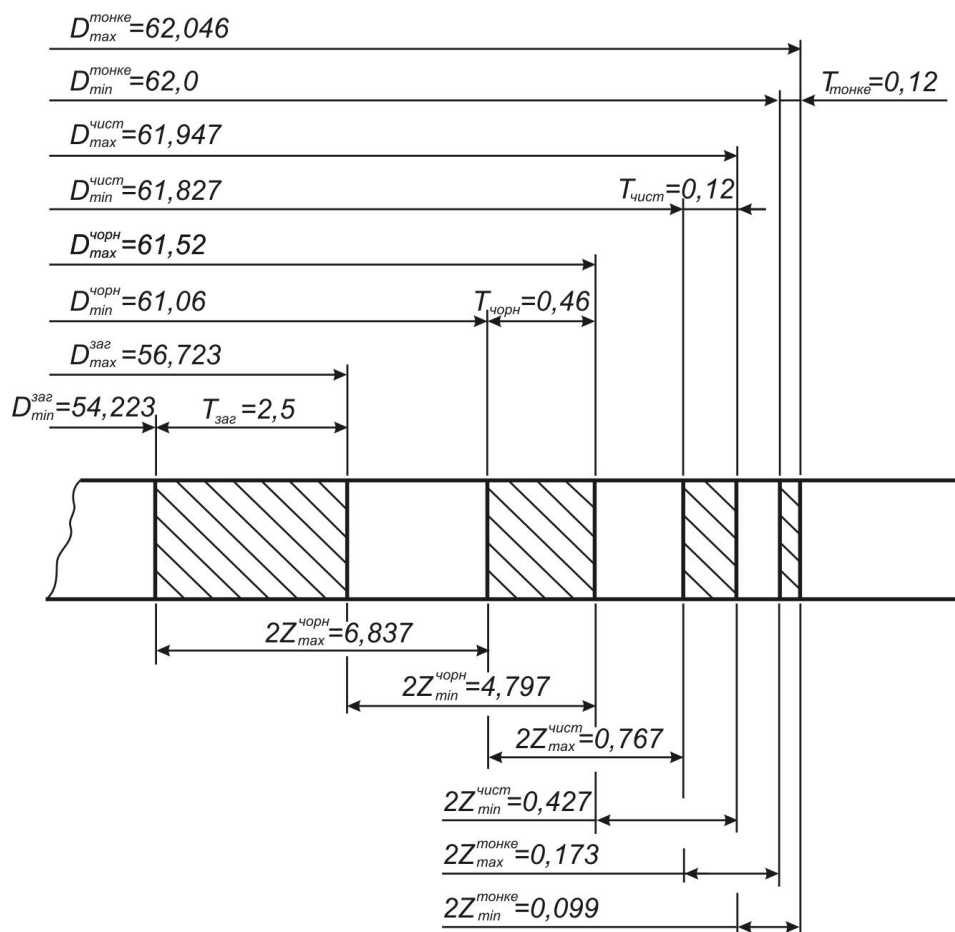


Рисунок 1.2 – Схема графічного розточування припусків і допусків на обробку поверхні 14 – $\text{Ø}62\text{H}8(+0,046)$

Розрахуємо припуск на механічну обробку поверхні 1 (70×100), розмір, який зв'язує поверхню 1 і поверхню 9 – $151\text{h}14(-1,0)$. Шорсткість поверхні 1 – R_z40 . Технологічний маршрут обробки: спочатку обробляємо поверхню 9, потім з іншого установа поверхню 1 в розмір $151\text{h}14$. Маршрут обробки поверхні 1 складається з чорнового фрезерування, яким згідно (1, с.12, табл.5) можна досягнути 4-ий клас шорсткості поверхні (відповідно R_z40) і забезпечити відхилення від паралельності і перпендикулярності в межах від 160 до 60 мм (1, с.13, табл.5). обробка поверхні 1 проводиться з одного установа, базами для

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

заготовки є площина установча – поверхня 2 (оброблена), напрямна – поверхня 7, опорна – поверхня 9 (оброблена).

Записуємо значення елементів припуску:

- 1) Висота нерівностей R_z і величина дефектного шару T
 - заготовка: $R_z=240$ мкм, $T=250$ мкм (1, с.169, табл.5);
 - чорнове фрезерування: $R_z=40$ мкм, $T=50$ мкм (1, с.173, табл.12);
- 2) Значення просторових відхилень ρ
 - заготовка: $\rho_{заг} = \rho_{кор}$, (1.29)

де $\rho_{кор}$ – величина короблення. Для торцевих поверхонь (площин) просторовим відхиленням є величина короблення, згідно (1, с.171, табл.6, примітка б), $\rho_{кор} = 0,5$ мм (1, с.169, табл.6)

$$\rho = 0,5 \text{ мм}$$

- чорнове фрезерування: $\rho_{фр} = K_y^{фр} \cdot \rho_{заг}$, (1.30)

де $K_y^{фр} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення, (1, с.181, табл.22).

- 3) Похибка установки ε :
 - чорнове фрезерування

$$\varepsilon_y^{фр} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (1.31)$$

де ε_6 – похибка базування, $\varepsilon_6 = 0$ – оскільки конструкторська і технологічні бази співпадають (поверхня 9);

ε_3 – похибка закріплення. $\varepsilon_3 = 80$ мкм (3, с.82, табл.413).

Ці дані записуємо в таблицю 1.12.

Таблиця 1.12 – Розрахунок припусків на обробку поверхні 1

Переходи	Елементи припуску, мкм				Допуск $2Z_{min}$, мм	T_g , мм	$2Z_m$ ax, мм	Граничні розміри, мм		Опер-ний розмір, мм
	R_z	T	ρ	ε_y				D_{min}	D_{max}	
Заготовка (після фрезерування поверхні 9)	240	250	500	–	–	1,9	–	151,07	152,97	$152,97_{-1,9}$
Чорнове фрезерування	40	50	30	80	1,07	1,0	1,97	150,0	151,0	$151_{-1,0}$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

При розрахунку допуску на заготовку (після фрезерування поверхні 9) враховано те, що поверхня 1 обробляється після поверхні 9, тому допуск на розмір, який їх зв'язує буде розраховуватися за формулою (1, с.173, табл.12)

$$T_{\delta} = \frac{T_{\delta.заг} + T_{\delta.обр}}{2}, \quad (1.32)$$

де $T_{\delta.заг} = 2,8$ мм – допуск на розмір чорнової заготовки;

$T_{\delta.обр} = 1,0$ мм – допуск після обробки.

$$T_{\delta} = \frac{2,8 + 1,0}{2} = 1,9 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний припуск для чорнового фрезерування за формулою (1.24)

$$Z_{\min}^{\phi p} = 240 + 250 + 500 + 80 = 1070 \text{ мм.}$$

Мінімальний розмір заготовки:

$$L_{\min}^{заг} = L_{\min}^{\phi p} + 2Z_{\min}^{\phi p} = 150,0 + 1,07 = 151,07 \text{ мм} \quad (1.33)$$

Максимальний розмір заготовки:

$$L_{\max}^{заг} = L_{\min}^{заг} + T_{\delta}^{заг} = 151,07 + 1,9 = 152,97 \text{ мм} \quad (1.34)$$

Максимальний припуск на обробку:

$$Z_{\max}^{\phi p} = Z_{\min}^{\phi p} + T_{\delta}^{заг} - T_{\delta}^{\phi p} = 1,07 + 1,9 - 1 = 1,97 \text{ мм} \quad (1.35)$$

Перевірку проведемо за формулою:

$$Z_{i\max} - Z_{i\min} = T_{\delta_{i-1}} - T_{\delta_i} \quad (1.36)$$

$$1,97 - 1,07 = 1,9 - 1,0$$

$$0,9 = 0,9$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

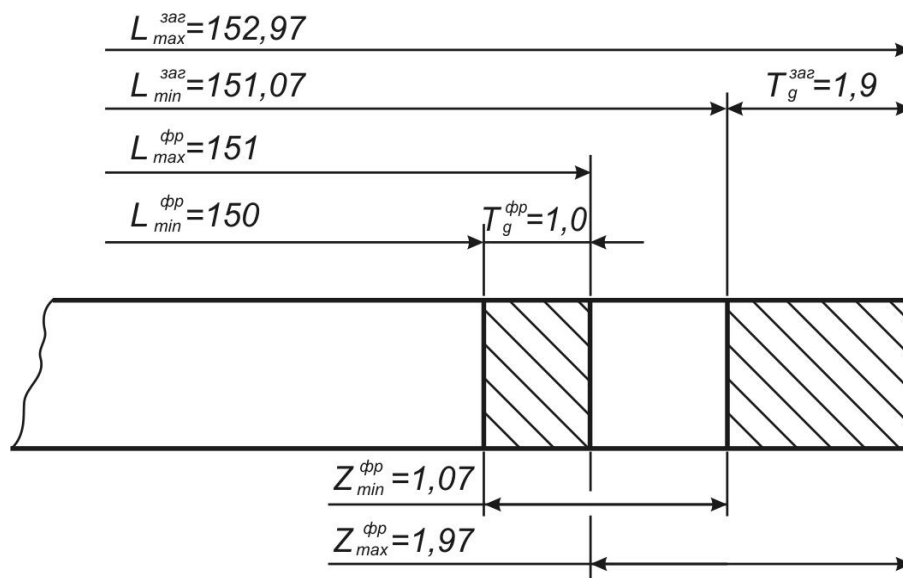


Рисунок 1.3 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні 1 в розмірі $151_{-1,0}$.

Знайдемо необхідний розмір заготовки для одержання розміру $151h14$ з врахуванням того, що спочатку обробляється поверхня 9 (R_z80), а потім з іншого установки поверхня 1 (R_z40).

Операційний розмір на обробку поверхні 9 беремо з табл. 1.12, допуск заготовки $T_g^{zag} = 2,8^{(+1,8)}_{(-1,0)}$ мм (7, с.126, табл. 5.9)

Елементи припуску для заготовки такі ж самі, як в таблиці 1.12, похибка установки для формування поверхні 9 $\varepsilon_y = \varepsilon_s = 140$ мм (3, с.86).

Таблиця 1.13 – Розрахунок припусків на обробку поверхні 9

Переходи	Елементи припуску, мкм				Z_{min} , мм	Допуск T_g , мм	Z_{max} , мм	Граничні розміри, мм		Операційний розмір, мм
	R_z	T	ρ	ε_y				L_{min}	L_{max}	
Заготовка	240	250	500	–	–	2,8	–	152,2	155	$153,2^{+1,8}_{-1,0}$
Фрезерування	80	50	30	140	1,13	1,9	2,03	137,07	152,97	$152,97_{-1,9}$

На решту поверхонь припуски назначаємо досвідно-статистичним методом. Так як заготовка є поковкою виготовленою на КГШП припуски назначаємо згідно ГОСТ 7505-55 (7, с.199, табл. 5.8), допуски і граничні відхилення на розміри поковки по (7, с.199, табл. 5.9)

Таблиця 1.14 – Припуски і допуски на поверхні заготовки

Розмір, мм	Поверхні, які з'єднує розмір	Шорсткість	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм	Кінцевий розмір заготовки, мм
1	2	3	4	5	6
l 100 _{-0,35}	11	R _z 80	1,5	+1,6	103,2 ^{+1.6} _{-0.9}
	7	R _z 80	1,5	-0,9	
l 151	1	R _z 40	1,07	+1,8	153,2 ^{+1.8} _{-1.0}
	9	R _z 80	1,13	-1,0	
l 70	2	R _z 80	1,9	+1,8	73,8 ^{+1.8} _{-1.0}
	4	R _z 80	1,9	-1,0	
l 20	1	R _z 40	1,07	+1,4	22,5 ^{+1.4} _{-0.1}
	5	R _z 80	1,4	-0,8	
l 55	2	R _z 80	1,9	+1,4	38,4 ^{+1.4} _{-0.8}
	3	R _z 80	1,5	-0,8	
R20	17	R _z 80	1,4	+1,4 -0,8	R21,4 ^{+1.4} _{-0.8}
Ø100 _{-0,35}	8	R _z 80	1,5	+1,6	Ø103,2 ^{+1.6} _{-0.9}
	10	R _z 80	1,5	-0,9	
Ø42 ^{+0,25}	22	R _z 40	1,8	+1,6 -0,9	Ø38,4 ^{+1.4} _{-0.8}
Ø62 ^{+0,074}	14	R _a 1,25	3,44	+1,6 -0,9	Ø53,12 ^{+1.6} _{-0.9}

Напуск позначимо на поверхні: 12 і 13, 2', 15, 23, 24, R8, Ø20, Ø10, Ø17, M16-6H, M8-6H.

Креслення заготовки див. в п.1.4.1.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2 Розрахунок режимів різання і уточнення моделей верстатів

1.5.2.1 Вибір різального і допоміжного інструменту

Різальний і допоміжний інструмент вибираємо користуючись (2, 6, 1) і зводимо в таблицю 1.15.

Таблиця 1.15 – Вибір різального і допоміжного інструменту

Номер і назва операції	Різальний інструмент	Допоміжний інструмент
1	2	3
010 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фреза торцева з вставними ножами, оснащеними пластинами твердого сплаву Т5К10. 2214-0159 ГОСТ 9473-70 ($D=200\text{мм}$, $z=20$, $d=50\text{мм}$)	Оправка для накидних торцевих фрез 6222-0121 ГОСТ 26538-85 ($d=50\text{мм}$)
	Фреза кінцева з швидкорізальної сталі Р6М5 2223-0011 ГОСТ 17026-71 ($D=25\text{мм}$, $l=35\text{мм}$, $L=147\text{мм}$, $z=5$, корпус Морзе №3)	Втулка 40-3-85 ОСТ2 П12-8-84
015 Горизонтально-фрезерна	Фреза двохстороння дискова з вставними ножами, оснащеними твердим сплавом Т5К10 ГОСТ 6469-89: 2245-0025 ($D=250\text{мм}$, $z=18$, $d=50\text{мм}$), 2245-0012 ($D=160\text{мм}$, $z=12$, $d=50\text{мм}$), 2245-0018 ($D=200\text{мм}$, $z=14$, $d=50\text{мм}$), 2245-0011 ($D=160\text{мм}$, $z=12$, $d=50\text{мм}$).	Оправка 6225-0182 ГОСТ 15068-75 ($d=50\text{мм}$) Кільце ГОСТ 15071-85
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фреза торцева з вставними ножами, оснащеними пластинами твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 6469-89:	Оправка ГОСТ 26538-85
	2214-0159 ($D=200\text{мм}$, $z=20$, $d=50\text{мм}$),	6222-0121 ($D=50\text{мм}$)
	2214-0153 ($D=100\text{мм}$, $z=10$, $d=32\text{мм}$).	6222-0116 ($D=32\text{мм}$)

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.15

1	2	3
025 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фреза кінцева з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 170026-71: 2223-0011 ($D=25\text{мм}$, $l=45\text{мм}$, $L=147\text{мм}$, $z=5$, Морзе №3),	Втулка 40-3-85 ОСТ2 П12-8-84
	2223-0003 ($D=16\text{мм}$, $l=32\text{мм}$, $L=117\text{мм}$, $z=4$, Морзе №2),	Втулка 40-2-50 ОСТ2 П12-8-84
	2223-0112 ($D=10\text{мм}$, $l=22\text{мм}$, $L=92\text{мм}$, $z=4$, Морзе №1)	Втулка 40-1-45 ОСТ2 П12-8-84
	Фреза торцева з вставними ножами, оснащеними твердим сплавом Т15К6; Т5К10: 2214-0153 ГОСТ 6469-69	Оправка ГОСТ 26538-85: 6222-0116 ($D=32\text{мм}$)
030 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Свердло сталеве (Р6М5) ГОСТ 12121-77: 2301-3254 ($d=17\text{мм}$, $l=165\text{мм}$, Морзе №2), 2301-3329 ($d=14\text{мм}$, $l=150\text{мм}$, Морзе №1), 2301-3393 ($d=9,8\text{мм}$, $l=120\text{мм}$, Морзе №1). Заготовка ($\alpha=90^\circ$) (Р6М5) 2353-0135 ($D=25\text{мм}$, $d_0=7\text{мм}$, $l=29\text{мм}$, Морзе №2), 2353-0133 ($D=16\text{мм}$, $d_0=3,2\text{мм}$, $l=18\text{мм}$, Морзе №1) 2353-0134 ($D=20\text{мм}$, $d_0=4\text{мм}$, $l=20\text{мм}$, Морзе №2).	Втулка перехідна ГОСТ 13598-85: 6100-0221 (внутрішній Морзе №1); 6100-0144 (внутрішній Морзе №2); 6100-0145 (внутрішній Морзе №2).
	Розвертка ГОСТ 1672-80 (Р6М5): 2363-3423 №2 ($D=9,96\text{мм}$); 2363-3423Н8 ($D=10\text{мм}$).	Патрон плаваючий 6156-0073 МН5752-85
	Мітчик ГОСТ 3266-81 2621-1619 (Р6М5 (16-6Н))	Патрон для мітчиків 6163-1009 ГОСТ 18253-75

Продовження таблиці 1.15

1	2	3
035 Вертикально-свердлильна ЧПК	з Свердло спіральне ($d=42\text{мм}$) 2301-01419 ГОСТ 10903-71. Свердло спіральне ($d=18\text{мм}$) 2301-3459 ГОСТ 12121-77. Зенковка 2353-0133 (P6M5) ГОСТ 14953-80. Зенкер 2320-2071 №1 ГОСТ 12489-71 ($d=19,88$, P6M5)	Втулка перехідна ГОСТ 13598-85: 6100-0144 (Морзе№2) 6100-0257 (Морзе№2)
040 Вертикально-свердлильна ЧПК	з Свердло спіральне (P6M5) ГОСТ 12121-77: 2301-3159 ($d=6,8\text{мм}$, $l=90\text{мм}$, Морзе №1) Заготовка ($\alpha=90^\circ$) (P6M5) 2353-0133 ($D=16\text{мм}$, $d_0=3,2\text{мм}$, $l=20\text{мм}$, Морзе №1)	Втулка перехідна ГОСТ 13598-85: 6100-0221 (внутрішній Морзе№1)
045 Токарна з ЧПК	Різець розточувальний відігнутий з 3-х гранною пластиною (непереточуваною) з кутом в плані $\varphi=90^\circ$ T5K10, T15K6, T30K4 2145-0551 ($D=26\text{мм}$) ГОСТ 20874-75. Різець для обробки внутрішніх канавок (T15K6) 035-2128-0631 ГОСТ 2Ц10-8-84 ($D=26\text{мм}$)	Патрон плаваючий 6156-0073 МН5752-65
		Патрон для мітчиків 6163-0006 ГОСТ 18253-75

1.5.2.2 Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним і нормативним методом

Визначаємо режими різання для свердління отвору $\varnothing 18$ на вертикально-свердлильній операції 035.

Вихідні дані:

верстат – 2P135Ф2,

інструмент – свердло спіральне 2301-3459 ГОСТ 12121-77 ($d=418\text{мм}$,

$\alpha=11^\circ\pm 3^\circ$, $\varpi=25^\circ$, $\psi=45^\circ$, $2\varphi=118^\circ$,

корпус Морзе №2, Р6М5),

довжина свердління – $L=12\text{мм}$.

Визначаємо режими різання.

Глибину різання визначаємо за формулою

$$t = \frac{D}{2} \quad (1.37)$$

де D – діаметр свердла, $D = 18\text{мм}$.

$$t = \frac{18}{2} = 9,0\text{мм}$$

Подача, S_0 . При свердліннях в деталях під послідууючу обробку зенкером $S_0 = 0,4 \cdot 0,75 = 0,3\text{мм/об}$ (2, с.427).

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_0^{y_v}} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (1.38)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 9,8$ (2, с.34, табл.28);

q_v, m, x_v, y_v – показники степені, $q_v = 0,4$; $m = 0,2$; $x_v = 0$; $y_v = 0,5$ (2, с.434, табл.28)

T – період стійкості інструмента, $T = 45$ хв (2, с.435, табл.29);

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (1.39)$$

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

K_{uv} – коефіцієнт на матеріали інструмента, $K_{uv} = 1,0$ (2, с.426, табл.15);

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину отвору, $K_{lv} = 1,0$ (2, с. 436, табл.30);

$$K_{mv} = C_M \left(\frac{75}{\sigma_b} \right)^{n_v}; \quad (1.40)$$

де C_M – коефіцієнт, $C_M = 1,0$ (2, с.424, табл.10);

σ_b – границя міцності матеріалу деталі, $\sigma_b = 61$ кГ/мм²;

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Π_v – показник степеня, $\Pi_v=0,9$ (2, с.424, табл.10)

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{75}{61} \right)^{0,9} = 1,2;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,2;$$

Тоді
$$V = \frac{9,8 \cdot 18^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 9^0 \cdot 0,3^{0,5}} \cdot 1,2 = 31,86 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою

$$\Pi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,86}{\pi \cdot 18} = 563 \text{ хв}^{-1}. \quad (1.41)$$

Приймаємо по паспорту верстата: $\Pi_\phi=500 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання визначаємо за формулою

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot \Pi}{1000} = \frac{\pi \cdot 18 \cdot 500}{1000} = 28,27 \text{ м/хв}$$

Уточнюємо подачу за формулою:

$$S_{x\phi} = S_0 \cdot \Pi_\phi = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/хв.} \quad (1.43)$$

Приймаємо по паспорту верстата $S_{x\phi}^{\text{факт}} = 160 \text{ мм/хв.}$

Фактичну подачу на оберт знаходимо за формулою

$$S_0^\phi = \frac{S_{x\phi}^\phi}{\Pi_\phi} = \frac{160}{500} = 0,32 \text{ мм/об} \quad (1.44)$$

Крутний момент і осьову силу при свердлінні визначаємо за формулами

$$M = C_M \cdot D^{q_M} \cdot S_0^{q_M} \cdot K_p, \text{ кГ м} \quad (1.45)$$

$$P_0 = C_p \cdot D^{q_p} \cdot S_0^{q_p} \cdot K_p, \text{ кГ} \quad (1.46)$$

де C_M і C_p – постійні коефіцієнти, $C_M=0,0345$, $C_p=68$ (2, с.436, табл.31);

q_M , u_M , q_p , u_p – показники степені, $q_M=2,0$; $u_M=0,8$; $q_p=1,0$; $u_p=0,7$ (2, с.436, табл.31);

K_p – коефіцієнт поправочний.

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{75} \right)^{\Pi_p}; \quad (1.47)$$

де Π_p – показник степеня, $\Pi_p=0,75$ (2, с.430, табл.22)

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{61}{75} \right)^{0,75} = 0,856$$

Тоді
$$M = 0,0345 \cdot 18^{2,0} \cdot 0,32^{0,8} \cdot 0,856 = 3,846 \text{ кГм} = 38,46 \text{ Нм}$$

$$P_0 = 68 \cdot 18^{1,0} \cdot 0,32^{0,7} \cdot 0,856 = 471,9 \text{ кГ} = 4719 \text{ Н}$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність різання при свердлінні визначаємо за формулою:

$$N_p = \frac{M \cdot \Pi_\phi}{975} = \frac{38,46 \cdot 500}{975} = 1,97 \text{ кВт} \quad (1.48)$$

Перевіряємо умову

$$N_p \leq N_b \cdot \eta_b, \quad (1.49)$$

де N_b – потужність верстата, $N_b = 4 \text{ кВт}$ (5, с.436, табл.47);

η_b – к.к.д. верстата, $\eta_b = 0,85$ (3, с.75).

$$1,97 \leq 4 \cdot 0,85;$$

$$1,97 < 3,4 \text{ кВт.}$$

Основний час на обробку визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{l_{p.x} \cdot i}{S_{xg}^\phi}, \text{ хв} \quad (1.50)$$

де $l_{p.x}$ – довжина робочого ходу, мм;

i – число робочих ходів, $i=1$.

$$l_{p.x} = l + l_1 + l_2, \text{ мм} \quad (1.51)$$

де l – довжина різання, $l=12$ мм,

$l_1 + l_2$ – довжина врізання і перебігу інструмента,

$$l_1 + l_2 = 7 \text{ мм (6, с.620, табл.3)}$$

$$l_{p.x} = 12 + 7 = 19 \text{ мм.}$$

Тоді
$$T_0 = \frac{19 \cdot 1}{160} = 0,12 \text{ хв.}$$

Визначаємо режими різання на фрезерування поверхні 2 на вертикально-фрезерній операції 005.

Вихідні дані: верстат – 6Р11Ф3, інструмент фреза торцева з вставними ножами з твердого сплаву Т5К10. 2214-0159 ГОСТ 9473-80 (D=200мм, z=20)

Визначаємо режим різання.

Глибина різання: $t=Z_{max}=1,9$ мм.

Подача на зуб: $S_z=0,13$ мм/зуб (2, с.438, таб.32).

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку з великою шириною оброблюваної поверхні (153 мм), розбиваємо її на три частини, які будемо послідовно фрезерувати, тоді ширина фрезерування буде $B=51$ мм, а число робочих ходів $i=3$.

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$V = \frac{K_v \cdot C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S_z^{y_v} \cdot t^{x_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}}, \text{ м/хв} \quad (1.52)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 332$ (2, с.441, табл.37);

$q_v, m, x_v, y_v, u_v, p_v$ – показники степені, $q_v=0,2$; $m=0,2$; $x_v=0,1$; $y_v=0,4$; $u_v=0,2$; $p_v=0$;

D – діаметр фрези, $D = 200$ мм;

T – період стійкості інструмента, $T=240$ хв (2,с.442, табл.38);

B – ширина фрезерування, $B=51$ мм;;

z – кількість зубів, $z=20$;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (1.53)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (2, с.424, табл.9);

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv}=0,8$ (2,с. 426, табл.14);

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{uv}=0,65$ (2, с.426, табл.15);

$$K_{mv} = \frac{75}{\sigma_b} = \frac{75}{61} = 1,23; \quad (1.54)$$

$$K_v = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,64;$$

$$\text{Тоді } V = \frac{0,64 \cdot 332 \cdot 200^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 0,13^{0,4} \cdot 1,9^{0,1} \cdot 51^{0,2} \cdot 20^0} = 124,3; \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.41)

$$n = \frac{1000 \cdot 124,4}{\pi \cdot 200} = 197,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_{\phi}=200 \text{ хв}^{-1}$.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою (1.42)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 200}{1000} = 125,7 \text{ м/хв}$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактична хвилинна подача: $S_{x\phi}^{\phi} = 500$ мм/хв.

Силу різання при фрезеруванні визначаємо за формулою

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot Z}{D^{qp} \cdot P_{\phi}^{op}} \cdot K_p, \text{кГ}, \quad (1.55)$$

де C_p – коефіцієнт (2, с.445, табл.39), $C_p = 823$;

$q_p, x_p, y_p, u_p, \omega_p$ – показники степені, $q_p = 1,3$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,7$; $u_p = 1,1$; $\omega_p = 0,2$ (2, с.445, табл.39);

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання,

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{75}\right)^{P_p} = \left(\frac{61}{75}\right)^{0,3} = 0,94, \quad (1.56)$$

де P_p – показник степеня, $P_p = 0,3$ (2, с.430, табл.22).

$$\text{Тоді } P_z = \frac{823 \cdot 1,9^{1,0} \cdot 0,13^{0,75} \cdot 51^{1,1} \cdot 20}{200^{1,3} \cdot 200^{0,2}} \cdot 0,94 = 170 \text{кГ} = 1700 \text{Н}.$$

Крутний момент визначаємо за формулою

$$M = \frac{P_z \cdot D}{1000 \cdot 2} = \frac{1700 \cdot 200}{1000 \cdot 2} = 146,9 \text{Нм} \quad (1.57)$$

Потужність різання визначаємо за формулою

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{102 \cdot 60} = \frac{170 \cdot 125,7}{102 \cdot 60} = 3,49 \text{кВт} \quad (1.58)$$

Перевіримо умову (1.49), де $N_b = 5,5$ кВт (6, с.58, табл.16), $\eta_b = 0,8$ (3, с.95):

$$3,49 \leq 5,5 \cdot 0,8;$$

$$3,49 < 4,4 \text{кВт}.$$

Основний час на обробку визначаємо за формулою (1.50). Довжина робочого ходу згідно формули (1.51), де $l = 153,2$ мм, $l_1 + l_2 = 34$ мм, тоді

$$l_{px} = 153,2 + 34 = 187,2 \text{мм};$$

$$T_0 = \frac{187,2 \cdot 3}{500} = 1,12 \text{хв}.$$

Визначаємо режим різання для чорнового розточування отвору $\varnothing 62\text{H}8$ в розмірі $61,06^{+0,46}$ мм на токарній операції 045.

Вихідні дані: верстат – РТ725Ф2, інструмент – розточний відігнутий різець з 3-х гранною непереточуваною пластиною твердого сплаву Т5К10 ($\alpha = 4^\circ, j = 12^\circ, \varphi = 90^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$) 2145-0551 ГОСТ 20874-75.

Визначаємо режим різання.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо глибину різання на формулою:

$$t = \frac{2Z_{\max}}{2}, \text{мм} \quad (1.59)$$

де $2Z_{\max}$ – припуск на чорнове розточування (див. п. 1.5.1)

$$t = \frac{6,837}{2} = 3,418 \text{ мм.}$$

Подача: $S_0 = 0,3$ мм/об (2, с.419, табл.3).

Швидкість різання визначаємо за формулою

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v}} K_v, \text{м/хв} \quad (1.60)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 420$ (2, с.422, табл.1);

m, x_v, y_v – показники степені, $m=0,2$; $x_v=0,15$; $y_v=0,2$ (2, с.422, табл.8);

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{ov}, \quad (1.61)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу. Згідно формули (1.54) $K_{mv} = 1,23$;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8$ (2, с.426, табл.14);

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{uv} = 0,65$ (2, с.426, табл.14);

$K_{\phi v}, K_{\phi 1v}, K_{rv}, K_{qv}$ – коефіцієнти, що враховують параметри різця, $K_{\phi v} = 0,7$ (2, с.427, табл.16). Коефіцієнти $K_{\phi 1v}, K_{rv}, K_{qv}$ не враховуються, так як різальна частина з твердого сплаву (2, с.421);

K_{ov} – коефіцієнт, що вказує вид обробки, $K_{ov} = 1,0$ (2, с.427, табл.17)

$$K_v = 1,23 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 0,448;$$

Тоді

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 3,418^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,448 = 17,72 \text{ м/хв.}$$

З врахуванням (2, с.423, табл.8, примітка 1) при розточуванні треба ввести поправку – коефіцієнт 0,9, тоді

$$V = 0,9 \cdot 17,72 = 15,95 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання визначаємо за формулою (1.41)

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = \frac{1000 \cdot 78,95}{\pi \cdot 61,06} = 411,57 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо по паспорту верстата: $P_{\phi}=400 \text{ хв}^{-1}$.

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою (1.42)

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 61,06 \cdot 400}{1000} = 76,73 \text{ м/хв}$$

Силу різання визначаємо по формулі

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot V^{P_p} \cdot K_p, \text{ кГ}, \quad (1.62)$$

де C_p – коефіцієнт, $C_p=300$ (2, с.429, табл.20);

x_p, y_p, P_p – показники степені, $x_p=1,0$; $y_p=0,75$; $P_p=-0,15$ (2, с.429, табл.20);

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{jv} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{rv},$$

де K_{mp} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки (2, с.43, табл.21);

$K_{\phi p}, K_{jv}, K_{rp}, K_{\lambda p}$ – коефіцієнти, що враховують геометричні параметри різця частини інструмента, $K_{\phi p}=0,89$; $K_{jv}=1,0$; $K_{\lambda p}=1,0$.

Коефіцієнт K_{rp} для різців з твердого сплаву не враховується (2, с.431, табл.24).

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{75} \right)^{P_p}, \quad (1.63)$$

де P_p – показник степеня, $P_p = 0,75$ (2, с.430, табл.22).

$$K_{mp} = \left(\frac{61}{75} \right)^{0,75} = 0,856$$

$$K_p = 0,856 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,762$$

Тоді $P_z = 300 \cdot 3,418^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 76,73^{-0,15} \cdot 0,762 = 165,14 \text{ кГ} = 1651,4 \text{ Н}$.

Визначаємо потужність різання визначаємо за формулою (1.58)

$$N_p = \frac{165,14 \cdot 76,73}{102 \cdot 60} = 2,07 \text{ кВт}$$

Перевіримо умову (1.49), де $N_b=13 \text{ кВт}$ (5, с.429), $\eta_b=0,8$ (3, с.95):

$$2,07 \leq 13 \cdot 0,8;$$

$$2,07 < 10,4 \text{ кВт}.$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо довжину робочого ходу за формулою (1.51), де $l=21$ мм, $l_1+l_2=3$ мм (6, с.620, табл.2)

$$l_{px} = 21 + 3 = 24 \text{ мм};$$

Основний час на обробку визначаємо за формулою (1.5), де $S_{x6}=120$ мм/хв.

$$T_0 = \frac{24 \cdot 1}{120} = 0,2 \text{ хв.}$$

Для інших переходів розрахунок режимів різання проводимо досвідно-статистичним методом, згідно (8), користуючись рекомендаціями по розрахунку режимів різання: для фрезерних операцій – (8, Карта 1, с.73-83), для свердлильних операцій – (8, Карта С1, с.104-110), для токарних операцій – (8, Карта Т1, с.13-15).

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.16

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2.3 Оптимізація режимів різання

Оптимізація режимів різання пов'язана насамперед з обґрунтуванням вибору економічної стійкості інструментів. Вона потрібна для одночасного затуплення всіх інструментів у наладці. Як приклад виконаємо оптимізацію режимів різання для вертикально-свердлильної операції 035 (верстат мод.2P135Ф2) за методикою викладеною в (9, с.17-19).

Визначаємо стійкість інструментів у кількості оброблених деталей за формулою:

$$Q'_i = \frac{T_{H_i}}{T_{O_i}}, \text{шт.}; \quad (1.64)$$

де T_{H_i} – нормативна стійкість і-того інструмента, хв (див. табл.1.16, графа 22);

T_{O_i} – основний час обробки і-тим інструментом, хв (див. табл.1.16, графа 22);

Стійкість свердла Ø42

$$Q'_1 = \frac{70}{0,19} = 368,4 \text{ шт.};$$

Стійкість зенковки

$$Q'_5 = \frac{40}{0,1} = 400 \text{ шт.};$$

Стійкість розвертки Ø20H9

$$Q'_4 = \frac{40}{0,82} = 48,8 \text{ шт.}$$

Стійкість свердла Ø18

$$Q'_2 = \frac{45}{0,12} = 375 \text{ шт.};$$

Стійкість зенкера Ø20№1

$$Q'_3 = \frac{30}{0,1} = 300 \text{ шт.};$$

Оптимізацію не будемо проводити для розвертання, так як швидкість різання тут встановлена виходячи з вимог точності і якості поверхні.

Період стійкості багато інструментальної наладки визначаємо за формулою:

$$T_H = K_{MH} \sum_{i=1}^k T_{H_i}, \text{хв.}; \quad (1.65)$$

де K_{MH} – коефіцієнт багато інструментальності (для чотирьох інструментів), $K_{MH}=0,6$ (9, с.17);

$$T_H = 0,6(70+45+30+40)=111 \text{ хв.}$$

Визначаємо коефіцієнт часу роботи інструмента за формулою:

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda'_i = \frac{T'_{o_i}}{\sum T'_{o_i}}, \quad (1.66)$$

де $\sum T'_{o_i}$ – сумарний час обробки, $\sum T'_{o_i} = 0,51$ хв.

$$\lambda'_1 = \frac{0,19}{0,51} = 0,372; \quad \lambda'_2 = \frac{0,12}{0,51} = 0,235;$$

$$\lambda'_5 = \frac{0,1}{0,51} = 0,196; \quad \lambda'_3 = \frac{0,1}{0,51} = 0,196.$$

Уточнює економічну стійкість інструментів за формулою:

$$T_{e_i} = \lambda'_i \cdot T_H, \text{ хв.} \quad (1.67)$$

$$T_{e_1} = 0,372 \cdot 111 = 41,292 \text{ хв.}; \quad T_{e_2} = 0,235 \cdot 111 = 26,085 \text{ хв.};$$

$$T_{e_5} = 0,196 \cdot 111 = 21,756 \text{ хв.}; \quad T_{e_3} = 21,756 \text{ хв.}$$

Уточнює основний час обробки для інструментів за формулою:

$$T_{o_i} = T'_{o_i} \left(\frac{T_{e_i}}{T_{H_i}} \right)^m, \quad (1.68)$$

де m – показник степеня, $m_1=0,2$; $m_2=0,2$; $m_3=0,3$; $m_4=0,3$ (2, с.434, табл.28)

$$T_{o_1} = 0,19 \left(\frac{41,292}{70} \right)^{0,2} = 0,171 \text{ хв.}; \quad T_{o_2} = 0,12 \left(\frac{26,085}{45} \right)^{0,2} = 0,108 \text{ хв.};$$

$$T_{o_5} = 0,1 \left(\frac{21,756}{40} \right)^{0,3} = 0,083 \text{ хв.}; \quad T_{o_3} = 0,1 \left(\frac{21,756}{30} \right)^{0,3} = 0,091 \text{ хв.}$$

Проводимо наступний етап оптимізації за попереднім алгоритмом.

Коефіцієнти часу роботи інструмента визначаємо за формулою (1.66), де $\sum T'_{o_i} = 0,453$ хв.

$$\lambda_1 = \frac{0,171}{0,453} = 0,378; \quad \lambda_2 = \frac{0,108}{0,453} = 0,238;$$

$$\lambda_5 = \frac{0,083}{0,453} = 0,183; \quad \lambda_3 = \frac{0,091}{0,453} = 0,201.$$

Уточнюємо економічну стійкість інструментів за формулою (1.67):

$$T_{e_1} = 0,378 \cdot 111 = 41,958 \text{ хв.}; \quad T_{e_2} = 0,238 \cdot 111 = 26,418 \text{ хв.};$$

$$T_{e_5} = 0,183 \cdot 111 = 20,313 \text{ хв.}; \quad T_{e_3} = 0,201 \cdot 111 = 22,311 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уточнюємо основний час обробки для інструментів за формулою (1.68):

$$T_{o_1} = 0,19 \left(\frac{41,958}{70} \right)^{0,2} = 0,1715 \text{ хв.}; \quad T_{o_2} = 0,12 \left(\frac{26,418}{45} \right)^{0,2} = 0,1078 \text{ хв.};$$

$$T_{o_5} = 0,1 \left(\frac{20,313}{40} \right)^{0,3} = 0,0816 \text{ хв.}; \quad T_{o_3} = 0,1 \left(\frac{22,311}{30} \right)^{0,3} = 0,0915 \text{ хв.}$$

Проводимо наступний етап оптимізації:

$$\lambda_1 = \frac{0,1715}{0,4524} = 0,3791; \quad \lambda_2 = \frac{0,1071}{0,4524} = 0,2383;$$

$$\lambda_5 = \frac{0,0816}{0,4524} = 0,1804; \quad \lambda_3 = \frac{0,0915}{0,4524} = 0,2022.$$

Уточнюємо економічну стійкість за формулою (1.67):

$$T_{e_1} = 0,3791 \cdot 111 = 42,0801 \text{ хв.}; \quad T_{e_2} = 0,2385 \cdot 111 = 26,4513 \text{ хв.};$$

$$T_{e_5} = 0,1804 \cdot 111 = 20,0244 \text{ хв.}; \quad T_{e_3} = 0,2022 \cdot 111 = 22,4442 \text{ хв.}$$

Уточнюємо основний час обробки за формулою (1.68):

$$T_{o_1} = 0,19 \left(\frac{42,0801}{70} \right)^{0,2} = 0,1716 \text{ хв.}; \quad T_{o_2} = 0,12 \left(\frac{26,4513}{45} \right)^{0,2} = 0,10784 \text{ хв.};$$

$$T_{o_5} = 0,1 \left(\frac{20,0244}{40} \right)^{0,3} = 0,08126 \text{ хв.}; \quad T_{o_3} = 0,1 \left(\frac{22,4442}{30} \right)^{0,3} = 0,0917 \text{ хв.}$$

Проводимо остаточний етап оптимізації.

Коефіцієнт часу роботи інструмента за формулою (1.66)

$$\lambda_1 = \frac{0,1716}{0,4524} = 0,3793; \quad \lambda_2 = \frac{0,10784}{0,4524} = 0,2385;$$

$$\lambda_5 = \frac{0,08126}{0,4524} = 0,1795; \quad \lambda_3 = \frac{0,0917}{0,4524} = 0,2027.$$

Уточнюємо економічну стійкість за формулою (1.67):

$$T_{e_1} = 0,3793 \cdot 111 = 42,1023 \text{ хв.}; \quad T_{e_2} = 0,2385 \cdot 111 = 26,4735 \text{ хв.};$$

$$T_{e_5} = 0,1795 \cdot 111 = 19,9245 \text{ хв.}; \quad T_{e_3} = 0,2027 \cdot 111 = 22,5 \text{ хв.}$$

Уточнюємо основний час обробки за формулою (1.68):

$$T_{o_1} = 0,19 \left(\frac{42,1023}{70} \right)^{0,2} = 0,17163 \text{ хв.}; \quad T_{o_2} = 0,12 \left(\frac{26,4735}{45} \right)^{0,2} = 0,10792 \text{ хв.};$$

$$T_{o_5} = 0,1 \left(\frac{19,9245}{40} \right)^{0,3} = 0,08123 \text{ хв.}; \quad T_{o_3} = 0,1 \left(\frac{22,5}{30} \right)^{0,3} = 0,09173 \text{ хв.}$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіримо умову

$$\frac{T_{e_1}}{T_{o_1}} = \frac{T_{e_2}}{T_{o_2}} = \frac{T_{e_3}}{T_{o_3}} = \frac{T_{e_5}}{T_{o_5}} = Q, \text{ шт.} \quad (1.69)$$

$$\frac{42,1023}{0,17163} = \frac{26,4735}{0,10792} = \frac{19,9245}{0,08123} = \frac{22,5}{0,09173} = 245,3 \text{ шт.}$$

Остаточні значення швидкостей і частоти обертання визначаємо за формулами.

$$V_i = V_i' \cdot \left(\frac{T_{H_i}}{T_{e_i}} \right)^{m_i}, \text{ м/хв;} \quad (1.70)$$

$$\Pi_i = \Pi_i' \cdot \left(\frac{T_{H_i}}{T_{e_i}} \right)^{m_i}, \text{ м/хв}^{-1}, \quad (1.71)$$

де V_i' , Π_i' – швидкість різання і частота обертання визначається розрахунковим методом (див. табл.1.16).

$$V_1 = 32,98 \cdot \left(\frac{70}{42,1023} \right)^{0,2} = 36,51, \text{ м/хв.}; \quad V_2 = 28,27 \cdot \left(\frac{45}{26,4735} \right)^{0,2} = 31,43, \text{ м/хв.};$$

$$V_5 = 23,7 \cdot \left(\frac{40}{19,9245} \right)^{0,3} = 29,21, \text{ м/хв.}; \quad V_3 = 22,48 \cdot \left(\frac{30}{22,5} \right)^{0,3} = 22,51, \text{ м/хв.};$$

$$\Pi_1 = 250 \cdot \left(\frac{70}{42,1023} \right)^{0,2} = 276,8, \text{ м/хв}^{-1}; \quad \Pi_2 = 500 \cdot \left(\frac{45}{26,4735} \right)^{0,2} = 560, \text{ м/хв}^{-1};$$

$$\Pi_5 = 360 \cdot \left(\frac{40}{19,9245} \right)^{0,3} = 443,7, \text{ м/хв}^{-1}; \quad \Pi_3 = 360 \cdot \left(\frac{30}{22,5} \right)^{0,3} = 392,45, \text{ м/хв}^{-1}.$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.17 – Оптимізація режимів різання для операції 035, модель верстата 2P135Ф2

№ п/п	Зміст переходу і інструмент	Вихідні дані						Проміжні результати			Кінцеві результати				
		V'_i м/хв	Π'_i хв ⁻¹	T_{Mi} хв	T_{oi} хв	m_i	Q'_i шт	T'_{oi_1} хв	T'_{oi_2} хв	T'_{oi_3} хв	T_{oi} хв	T_{ei} хв	Q_i шт	V_i м/хв	Π хв ⁻¹
1	Розсвердливати отвір 22 до $\varnothing 42^{+0,25}$ мм (спіральне свердло $\varnothing 42$, P6M5)	32,98	250	70	0,19	0,2	368,4	0,171	0,1715	0,1716	0,17163	42,1023	245,3	36,51	276,8
2	Свердливати $\varnothing 18$ мм (спіральне свердло $\varnothing 18$, P6M5)	28,27	500	45	0,12	0,2	375	0,108	0,1078	0,10784	0,10792	26,4735	245,3	31,43	560
3	Зенкерувати отвір 16 до $\varnothing 19,88$ мм (зенкер $\varnothing 20$ №1, P6M5)	22,48	360	30	0,1	0,3	300	0,091	0,0915	0,0917	0,09173	22,5	245,3	22,51	392,45
4	Розвертати отвір 16 до $\varnothing 20H9$ (розвертка $\varnothing 20H9$, P6M5)	7,85	125	40	0,82	0,35	48,8	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Зенкувати дві фаски $0,5 \times 45^\circ$ (зенковка $\varnothing 25$, P6M5)	23,7	360	40	0,1	0,3	400	0,08	0,0816	0,0812	0,08123	19,9245	245,3	29,21	443,7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.5.3 Аналіз точності обробки

Проведемо аналіз точності обробки поверхні 14: $\varnothing 42^{+0,046}$ мм. Остаточну точність поверхні отримується тонким розточуванням від $\varnothing 61,82^{+0,12}$ до $\varnothing 62^{+0,046}$ мм на токарному верстаті РТ725Ф3. точність верстату – П. Деталь кріпиться в спеціалізованому патроні з пневмозатиском Г-подібними прихватами, базами служать поверхні 2, 1 і 7. Інструмент – токарний розточувальний відігнутий різець з 3-х-гранною непереточною пластиною твердого сплаву Т30К4, так 2145-0051 ГОСТ 20874-75. Геометрія різальної кромки: $\alpha=4^\circ$, $j=12^\circ$, $\varphi=90^\circ$, $\varphi_1=10^\circ$. Розміри державки: $D=26$ мм, $L=170$ мм. Обробка ведеться на заздалегідь налагодженому верстаті по програмі.

Визначаємо основні похибки, що визначають при розточуванні поверхні $\varnothing 42^{+0,046}$

1. похибки:

а) похибка від геометричної неточності верстата Δ_b

$$\Delta_b^D = \Delta_b' + \Delta_b'', \text{мм} \quad (1.72)$$

де Δ_b' – похибка форми, зумовлена радіальним биттям шпинделя, $\Delta_b' = 10 \cdot 0,6 = 6$ мм (12, с.58, табл.35);

мм і впливають на точність:

Елементарні Δ_b'' – похибка форми, зумовлена непаралельністю напрямних верстата до осі шпинделя, $\Delta_b'' = \left(\frac{10}{100} \cdot 21 \right) 0,6 = 1,26$ мм (12, с.58, табл.35)

$$\Delta_b^D = 6 + 1,26 = 7,26 \text{ мм};$$

$$\Delta_b^R = \frac{7,26}{2} = 3,63 \text{ мм}.$$

б) похибка настоювання Δ_H : $\Delta_H^R = 6$ мм (1, с.66, табл.36);

в) динамічна похибка:

$$\Delta_y^R = 10 \cdot C_p \cdot S^{y_{p_y}} \cdot V^{P_{p_y}} \cdot K_{p_y} \cdot (t_{\max}^{x_{p_y}} - t_{\min}^{x_{p_y}}) \cdot \omega, \quad (1.73)$$

де C_p – коефіцієнт, $C_p = 243$ (2, с.429, табл.20);

y_{p_y} , P_{p_y} , x_{p_y} – показники степені, $y_{p_y} = 0,6$; $P_{p_y} = -0,3$; $x_{p_y} = 0,9$ (2, с.429, табл.20)

S – подача, $S = 0,1$ мм/об (див. табл.1.16);

V – швидкість різання, $V = 243,5$ м/хв. (див. табл.1.16);

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_{max} – максимальна глибина різання при тонкому розточуванні,

$$t_{max} = \frac{2Z_{max}}{2} = \frac{0,173}{2} = 0,0865 \text{ мм (див. пункт 1.5.1);}$$

t_{min} – мінімальна глибина різання при тонкому розточуванні,

$$t_{min} = \frac{2Z_{min}}{2} = \frac{0,099}{2} = 0,0495 \text{ мм (див. пункт 1.5.1);}$$

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання.

$$K_{p_y} = K_{m_{p_y}} \cdot K_{\varphi_{p_y}} \cdot K_{j_{p_y}} \cdot K_{\lambda_{p_y}}, \quad (1.74)$$

де K_{m_p} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки (2, с.430, табл.21);

$K_{\varphi_{p_y}}$, $K_{j_{p_y}}$, $K_{\lambda_{p_y}}$ – коефіцієнт, що враховують геометричні параметри різця,
 $K_{\varphi_{p_y}} = 0,5$, $K_{j_{p_y}} = 1,0$, $K_{\lambda_{p_y}} = 1,0$ (2, с.431, табл.24);

$$K_{m_{p_y}} = \left(\frac{\sigma_b}{75} \right)^{P_p}, \quad (1.75)$$

де P_p – показник степеня, $P_p = 1,35$ (2, с.430, табл.22).

$$K_{m_{p_y}} = \left(\frac{61}{75} \right)^{1,35} = 0,757;$$

$$K_{p_y} = 0,757 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,378;$$

Визначаємо податливість ω за формулою

$$\omega = \frac{y}{p} \text{ мкм/Н}, \quad (1.77)$$

де y – максимальне значення під дією сили p , $y=25$ мм (12, с.29, табл.11);

p – сила прикладання, $p=544$ Н (12, с.29, табл.11).

$$\omega = \frac{25}{544} = 0,04596 \text{ мкм/Н}$$

Тоді

$$\begin{aligned} \Delta_y^R &= 10 \cdot 243 \cdot 0,1^{0,6} \cdot 243,5^{-0,3} \cdot 0,378 \cdot (0,0863^{0,9} - 0,0495^{0,9}) \cdot 0,04596 = \\ &= 0,089 \text{ мкм} \approx 0,09 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Похибка миттєвого настроювання:

$$\Delta_{mH}^R = 1,2 \sqrt{\Delta_H^{R^2} + \Delta_y^{R^2}} + \Delta_b^R; \quad (1.78)$$

$$\Delta_{mH}^R = 1,2 \sqrt{6^2 + 0,09^2} + 3,63 = 10,83 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{mH}^D = 2 \cdot 10,83 = 21,66 \text{ мкм}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ				

2. Систематичні похибки:

а) похибка від розмірного спрощення різця:

$$\Delta_i^R = U_0 \left(1 + \frac{V \cdot \tau}{1000} \right) \text{ мкм}, \quad (1.79)$$

де U_0 – відносне розмірне спрощування різця, $U_0 = 3$ мкм/км (1, с.75, табл.46)

τ – біжучий час, хв.

$$\Delta_i^R = 3 \left(1 + \frac{243\tau}{1000} \right) \text{ мкм}$$

б) температурна похибка обробки:

$$\Delta_T = 120 \cdot \frac{L_p}{F} \cdot V^{0,23} \cdot S^{0,45} \cdot t^{0,7} \frac{T_0}{T_0 + T_{пер}} \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{\tau_m}} \right) \quad (1.80)$$

де L_p – виліт різця, $L_p = 100$ мм;

F – площа поперечного січення державки різця, $F = 530,23$ мм²;

T_0 – основний час обробки, $T_0 = 0,19$ хв. (див. табл.1.16);

$T_{пер}$ – час перерв між обробкою, $T_{пер} = 0,64$ хв. (9, с.20);

τ_m – константа, змінюється в межах від 12 до 24 хв., приймаємо $\tau_m = 16$ хв. (9, с.21)

$$\Delta_T = 120 \cdot \frac{100}{530,23} \cdot 24,35^{0,23} \cdot 0,1^{0,45} \cdot 0,0865 \frac{0,19}{0,19 + 0,64} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4\tau}{16}} \right) = 1,172 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{4}} \right), \text{ мкм}$$

Результати розрахунку систематичної похибки зводимо в таблицю 1.18.

Таблиця 1.18 – Результати розрахунку систематичної похибки

τ , хв	0,25	0,5	1,0	1,5	2	4	6	8	10	12	14	16	20	40	60	80
Δ_i^R	3,183	3,365	3,73	4,196	4,46	5,92	7,38	8,84	10,3	11,76	13,23	14,69	17,61	32,22	46,83	61,49
Δ_T^R	0,071	0,138	0,259	0,366	0,46	0,74	0,91	1,01	1,08	1,11	1,137	1,15	1,16	1,17	1,17	1,17
$\Delta_{сис}^D = 2(\Delta_T^R - \Delta_i^R)$	-6,224	-6,454	-7,66	-6,22	-8	-10,36	-12,94	-15,66	-18,44	-21,3	-24,18	-27,08	-32,9	-62,1	-94,3	-120,6

Діаграма точності побудована на аркуші.

Технологічна стійкість – $T_{техн.} = 14,22$ хв.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата												

Економічна стійкість – $T_{екон.} = 16$ хв.

Оскільки $T_{техн.} < T_{екон.}$, то $\Delta_{сум} = T = 0,046$ мм.

Настояваний розмір визначаємо за формулою

$$D_{настр} = D_{max} - \frac{\Delta_{MH}^D}{2}, \quad (1.81)$$

де D_{max} – максимальний діаметр отвору, $D_{max} = 62,046$ мм

$$D_{настр} = 62,046 - \frac{0,0216}{2} = 62,0352 \text{ мм}$$

Тривалість обробки до вимушеного змінювання інструменту визначаємо за формулою

$$N = \frac{T_{техн.}}{T_0} = \frac{14,22}{0,19} = 74,8 \text{ деталі}; \quad (1.82)$$

$$T_{зм} = \frac{T_{техн.}(T_0 + T_{пер})}{T_0} = \frac{14,22(0,19 + 0,64)}{0,19} = 62,12 \text{ хв.} \quad (1.83)$$

Питомий вплив C_j первинних похибок обробки в загальному похибку визначаємо за формулою

$$C_j = \frac{\Delta_j}{\Delta_{сум}}, \quad (1.84)$$

Δ_j – величина j -ої похибки.

Результати зведені в таблицю 1.19, на основі яких побудована гістограма похибок (див. акр.№3)

Таблиця 1.19 – Результати розрахунку первинних похибок.

Δ_j	Δ_b	Δ_H	Δ_y	$\Delta_{пен}$	Δ_i	Δ_T	$\Delta_{сум}$
Значення Δ_j , мм	7,26	12	0,18	21,66	26,62	2,28	24,34
C_j , %	15,8	26,1	0,4	47,1	57,9	5	52,9

З гістограми похибок встановлено, що домінуючою похибкою обробки є похибка від розмірного спрацювання.

Можливі основні заходи по підвищенню надійності забезпечення точності обробки – використання МОР і інструмента з вищою стійкістю.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.4 Розрахунки пов'язані з підготовкою карти наладки і програмної операційної карти

Карту наладки і програмну операційну карту розробляємо для операції 035, на якій проводиться обробка отвору $\varnothing 42^{+0,25}$, $\varnothing 20^{+0,052}$ мм на вертикально-свердлильному верстаті мод. 2P135Ф2. верстат має 6-ти позиційну револьверну головку. Деталь закріплюється в пристрій з пневмозатиском (див. акр.1). Допоміжний і різальний інструмент вибрані в пункті 1.5.2.1.

Процес програмування виконуємо в послідовності:

- 1) на основі креслення деталі складають операційний ескіз (див. арк.2), по якому складають геометричні дані її плану;
- 2) складають програмно-операційну карту на операцію.

Таблиця 1.20 – Програмно-операційна карта на операцію 035

№ отвору	Номер кадра	Підготовча функція	Координата x			Координата y			Код подачі, F		Код частоти обертання, S		Код зміни інструменту, T		Допоміжний код M	Кінець кадру
			Адреса	Напрямок	Величина переміщення	Адреса	Напрямок	Величина переміщення	Адреса	Число	Адреса	Число	Адреса	Число		
22	001	G61	X	+	0500	Y	-	0610	F	13	S	07	T	01	M06	ПС
16	002		X	+	1300				F	13	S	09	T	02		ПС
16	003								F	13	S	08	T	03		ПС
16	004								F	06	S	05	T	04		ПС
16	005								F	08	S	08	T	05		ПС

Таблиця 1.21 – Таблиця кодів різальних інструментів

	Назва реального інструменту				
	Свердло $\varnothing 42$	Свердло $\varnothing 18$	Зенкер. $\varnothing 19,88$	Розвертка $\varnothing 20H9$	Зенковка $\varnothing 25$
Код T	T01	T02	T03	T04	T05

Розрахунки по підготовці карти наладки і програмної операційної карти виконані згідно (5, с.170-196).

																			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ														

1.5.5 Проектування керуючої програми обробки отворів для верстата з ЧПК

На операції 030 виконується обробка серії отворів на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК мод.6P135Ф2. Для даної обробки необхідно розробити керуючу програму.

Для цієї мети була використана комп'ютерна САМ-система SprutCAM 2007. Вона дозволяє проектувати обробку на верстатах з ЧПК токарної та фрезерної груп.

Початковими даними для проектування керуючої програми в даній системі є тривимірна твердотільна модель оброблюваної деталі та технологічний процес її обробки на проектованій операції.

Створення 3-D моделі деталі «Корпус» проводили в системі твердотільного моделювання Компас-3D. На відміну від тіл обертання корпусні деталі потребують значно більше зусиль для створення твердотільної комп'ютерної моделі. При створенні такої моделі буває необхідним додатково до основних координатних площин створювати допоміжні площини для побудови ескізів операцій.

На рис.1.4-1.13 показано послідовність створення тривимірної моделі деталі.

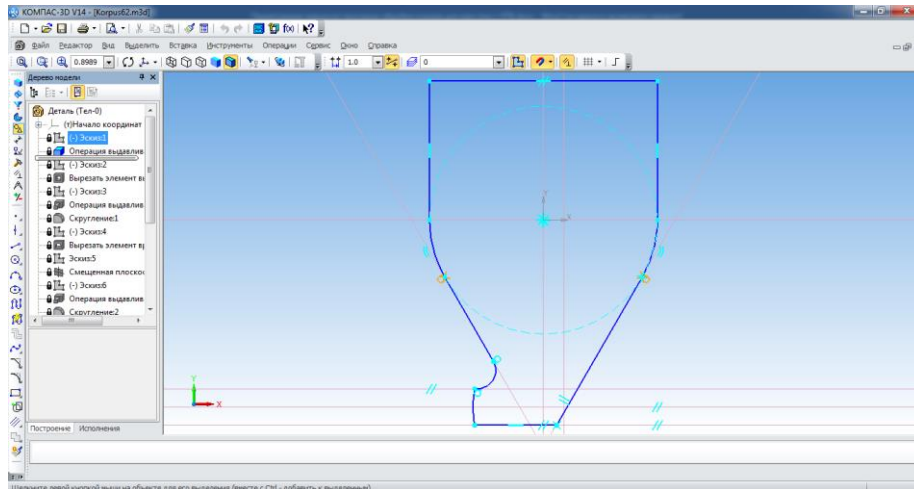


Рисунок 1.4 – Ескіз основи деталі

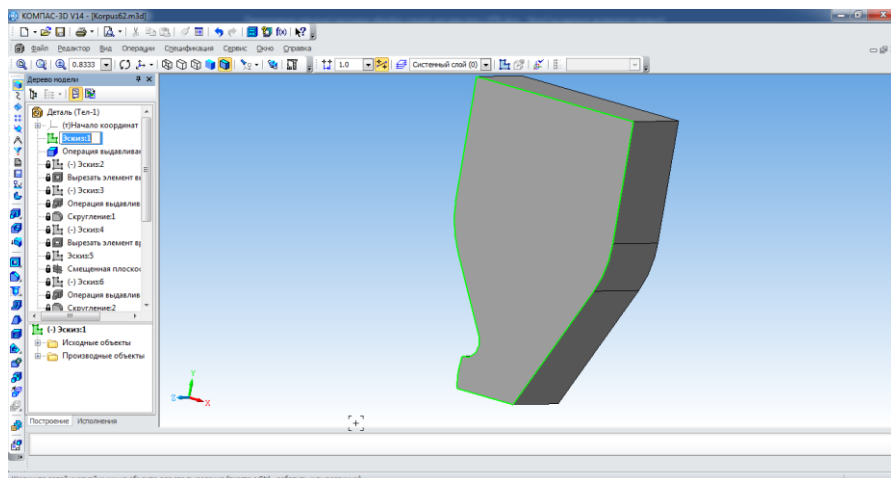


Рисунок 1.5 – Операція видавлювання

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

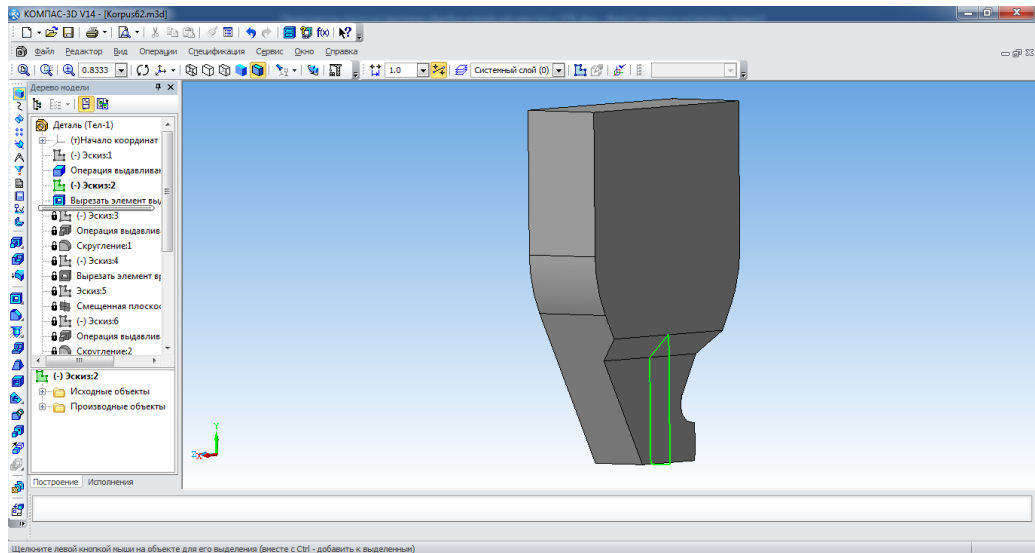


Рисунок 1.6 – Вирізання паза

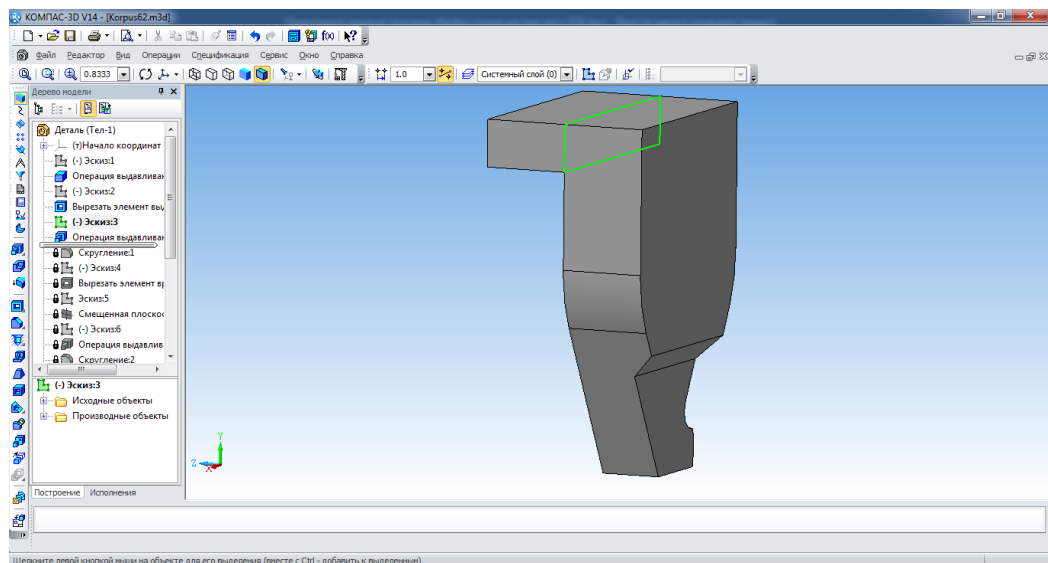


Рисунок 1.7 – Видавлювання «полички»

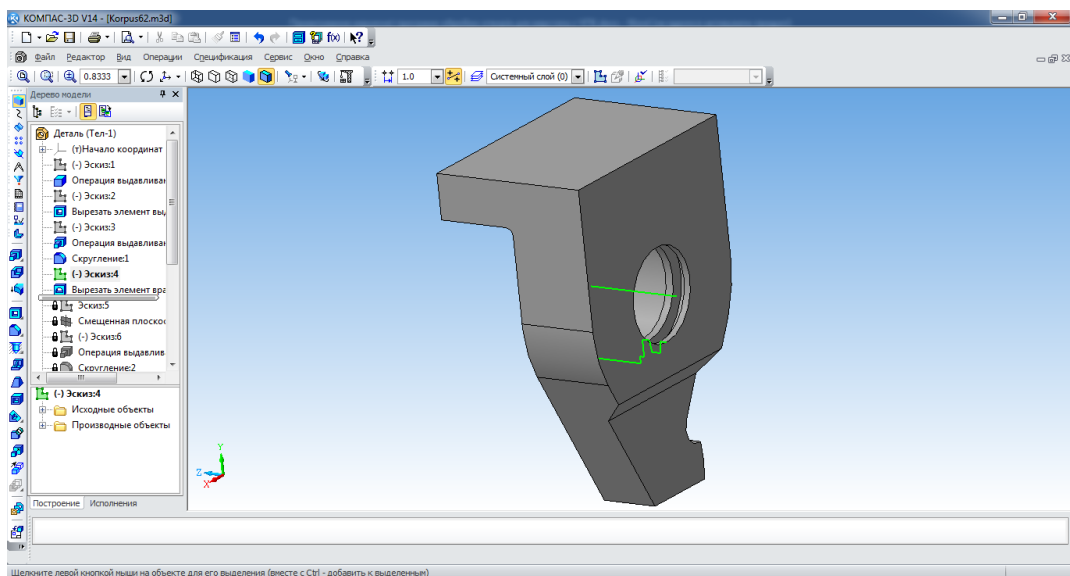


Рисунок 1.8 – Вирізання обертанням фасонного отвору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

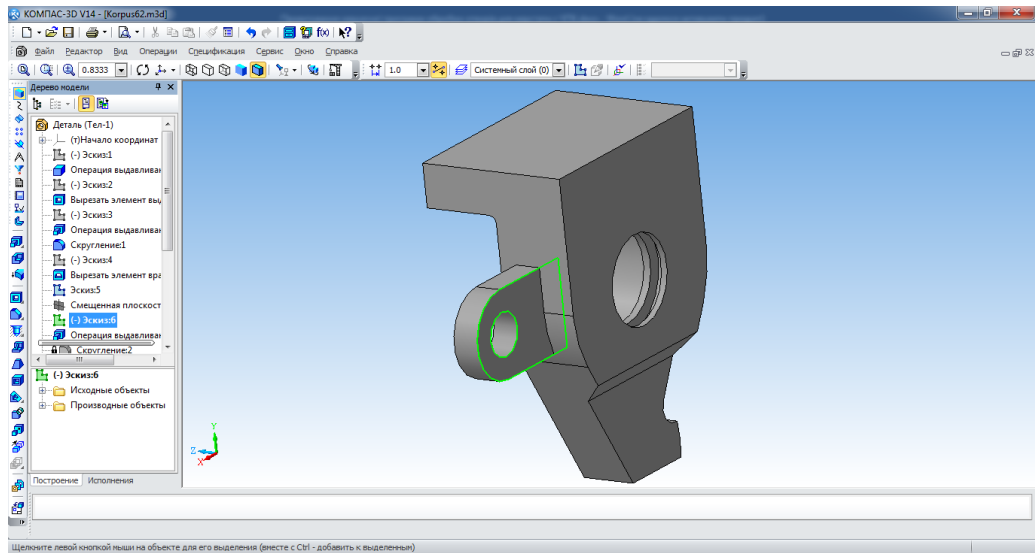


Рисунок 1.9 – Видавлювання «лапи»

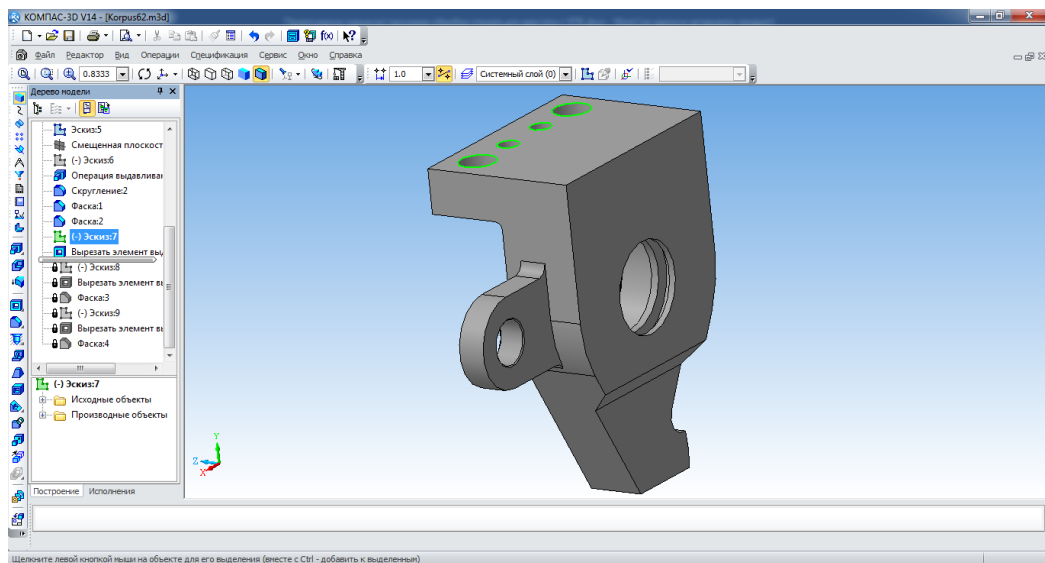


Рисунок 1.10 – Вирізання наскрізних отворів

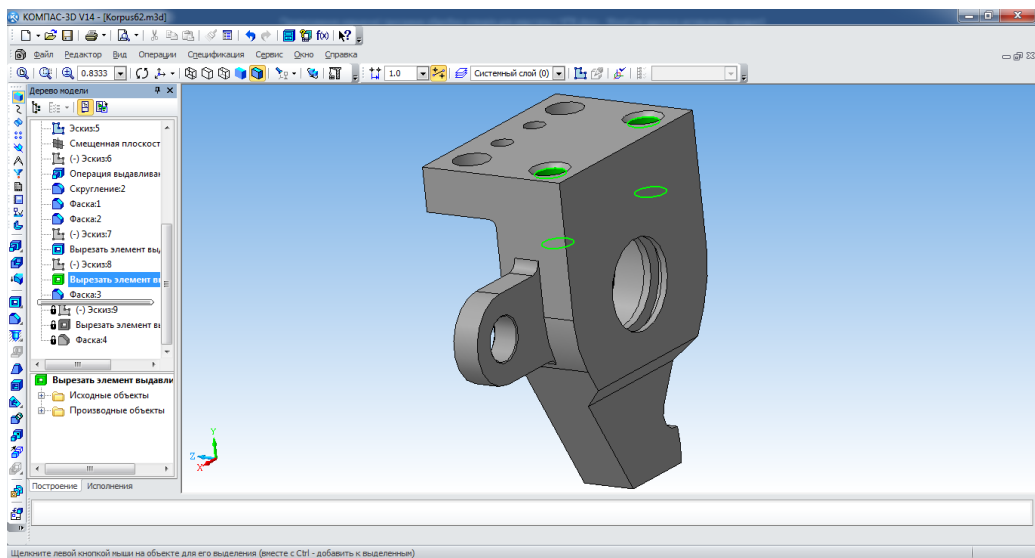


Рисунок 1.11 – Вирізання глухих отворів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

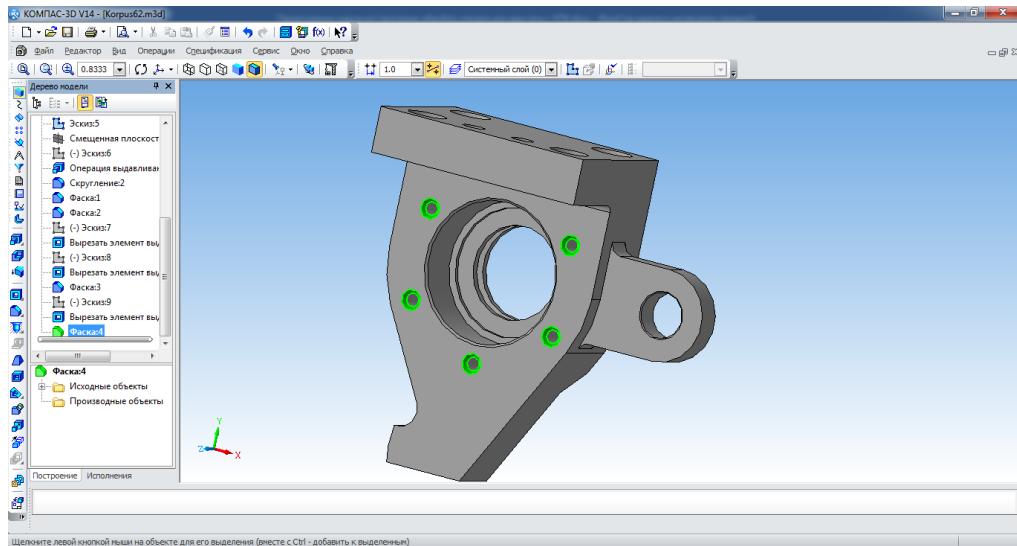


Рисунок 1.12 – Вирізання масиву отворів по колу

Після побудови 3D- моделі деталі вона була записана в універсальному графічному форматі *. Igs , який використовується для передачі інформації між різними системами проектування. Цей файл був імпортований у систему Sprut-CAM (рис.1.13).

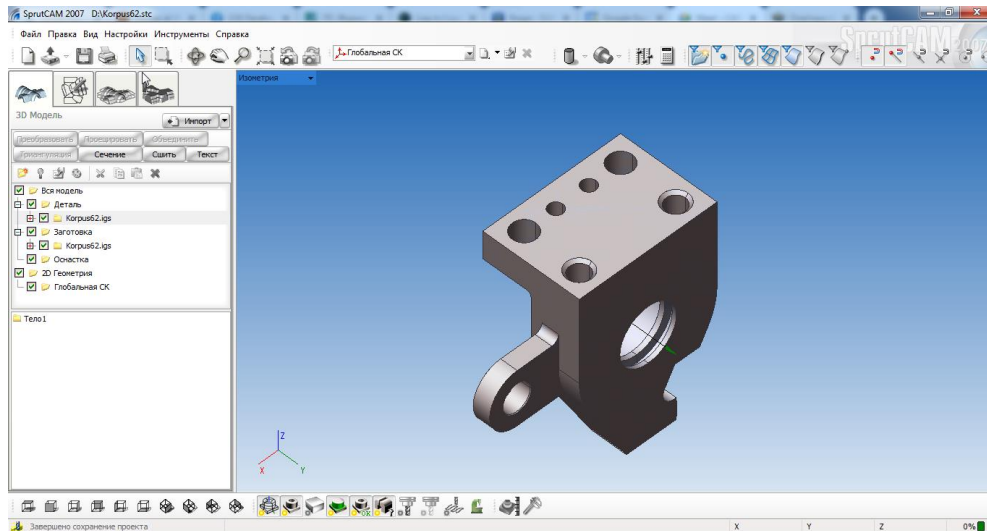


Рисунок 1.13 – 3D-модель деталі, імпортована у систему Sprut-CAM

Так як ми будемо проектувати операцію обробки отворів, то в якості заготовки також імпортуємо цей самий файл моделі.

На вкладці «Технологія» вибираємо верстат, на якому буде проводитись обробка з ЧПК. Далі необхідно спроектувати всі переходи обробки отворів на заданій операції 030. При цьому враховуємо розроблений технологічний процес, задаючи відповідні параметри у робочих завданнях кожного виду робіт (рис.1.14-1.30).

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

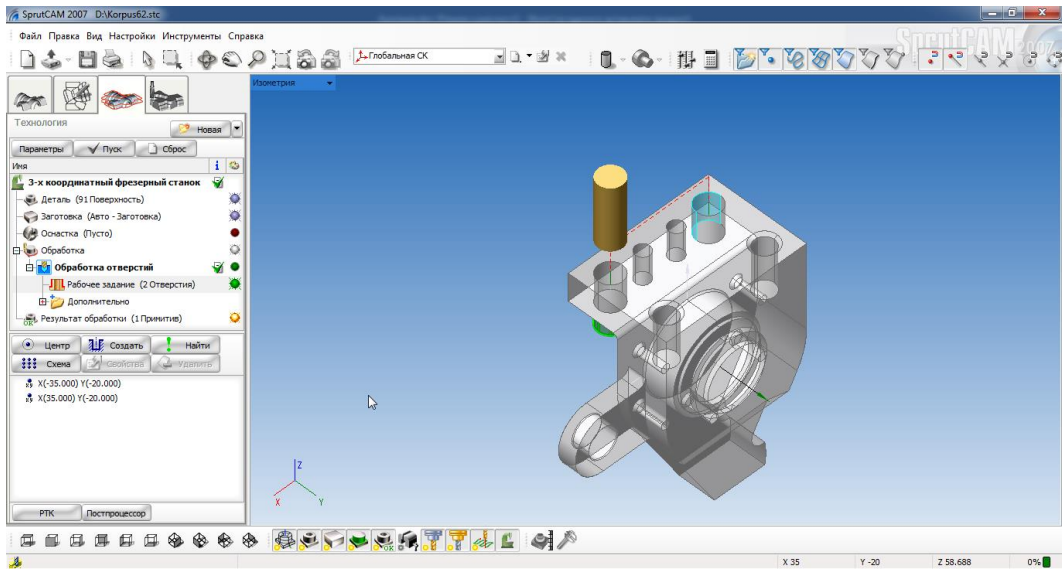


Рисунок 1.14 – Проектування свердління отворів $\varnothing 17$

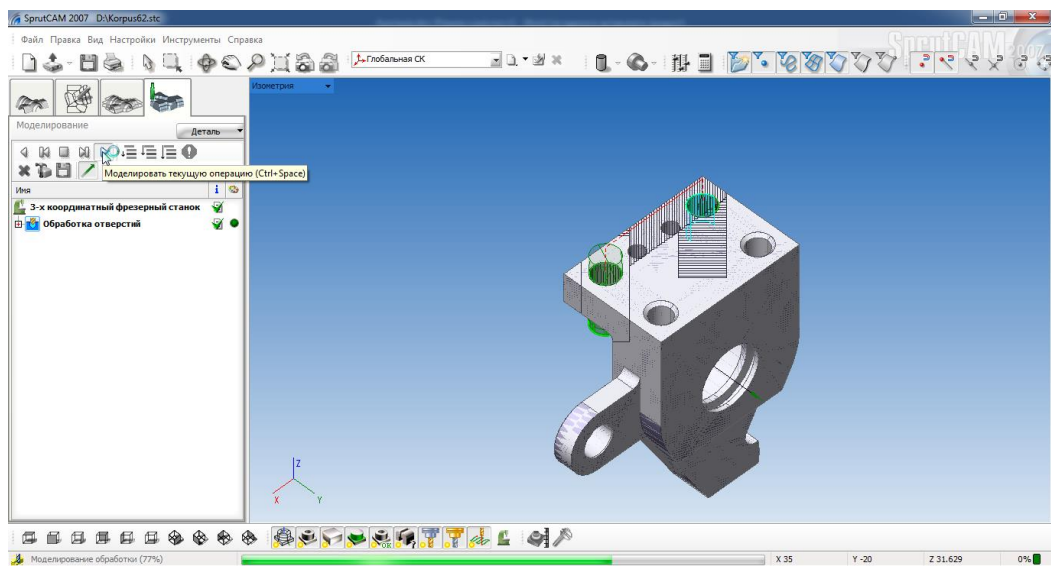


Рисунок 1.15 – Моделювання свердління отворів $\varnothing 17$

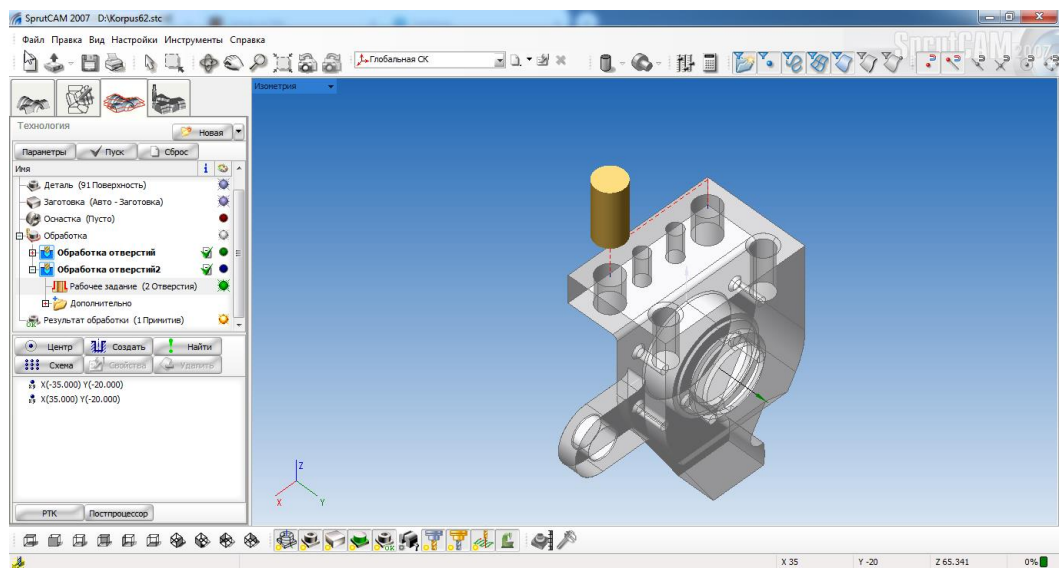


Рисунок 1.16 – Проектування обробки фаски

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

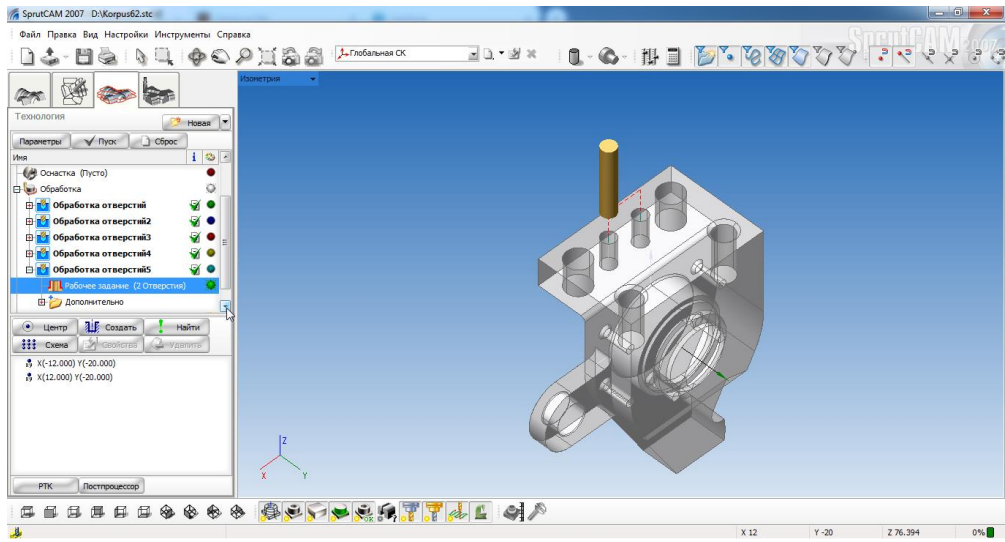


Рисунок 1.20 – Проектування розвірчування отворів

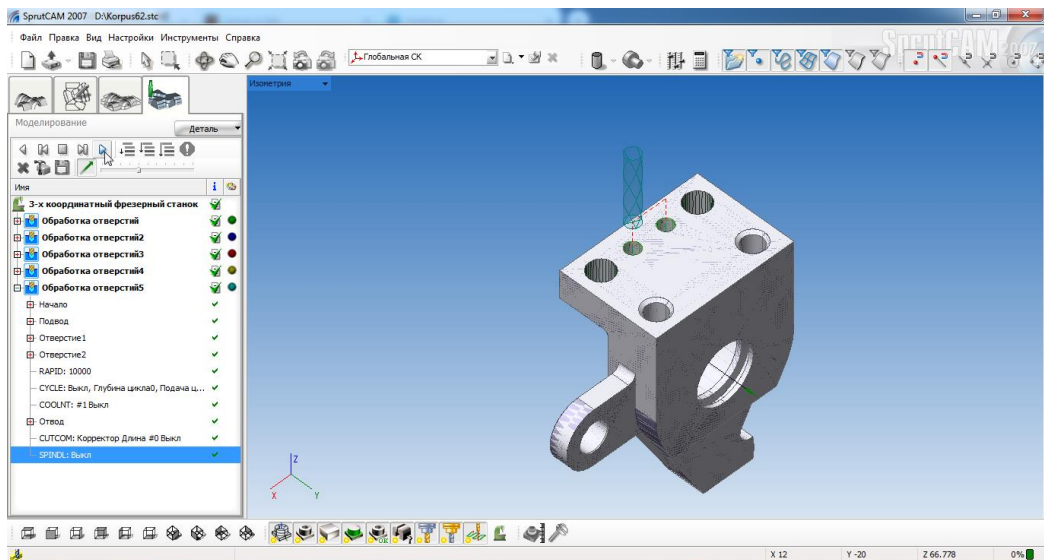


Рисунок 1.21 – Моделювання розвірчування отворів

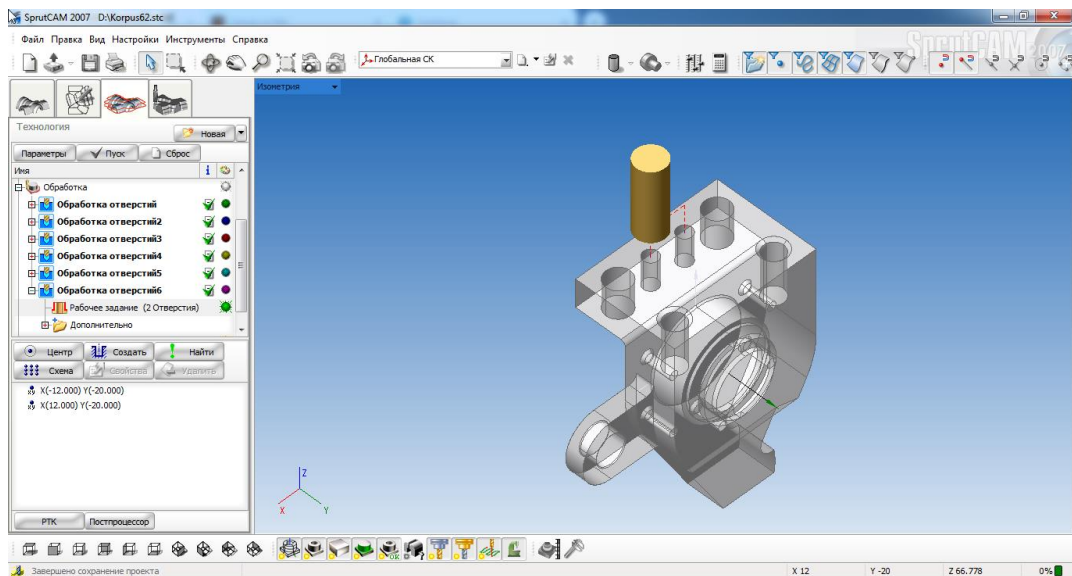


Рисунок 1.22 – Проектування обробки фаски

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

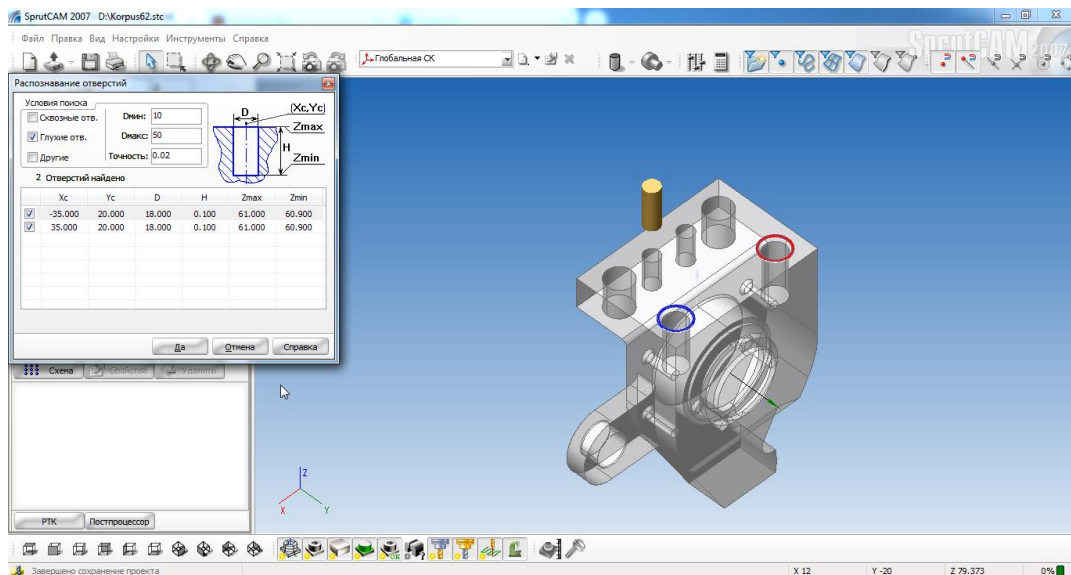


Рисунок 1.23 – Визначення положення глухих різьбових отворів

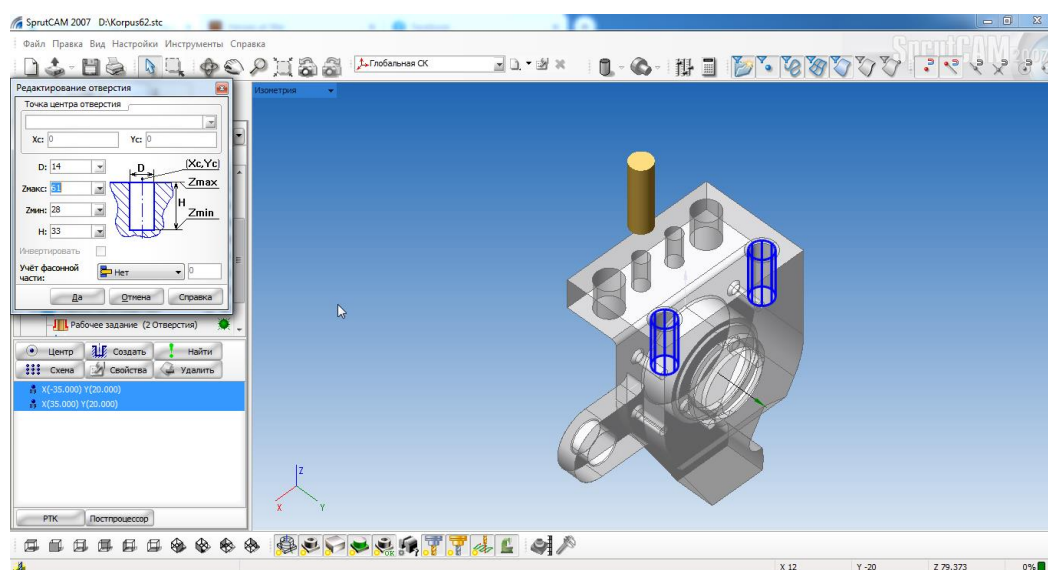


Рисунок 1.24 – Завдання глибини обробки отворів

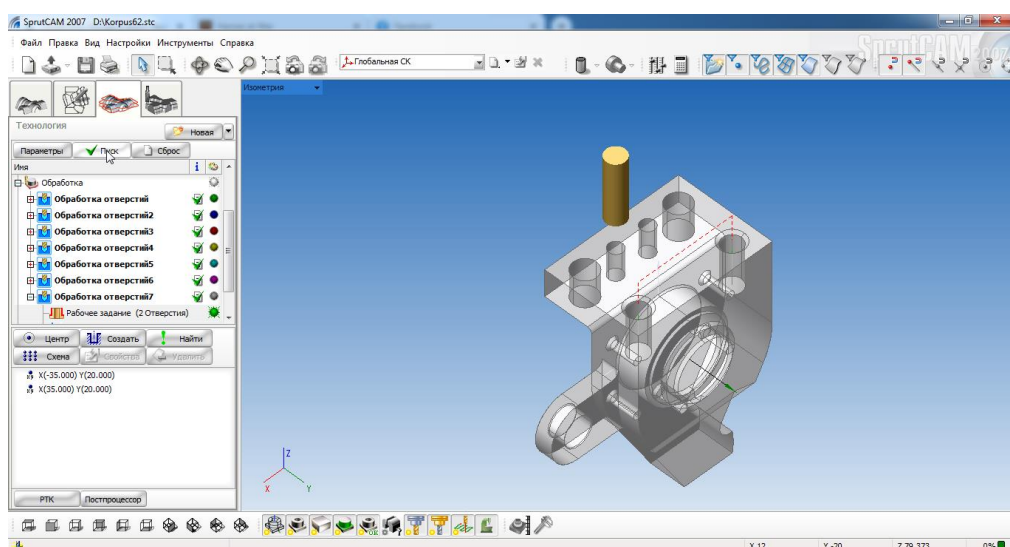


Рисунок 1.25 – Проектування свердління отворів $\varnothing 14$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

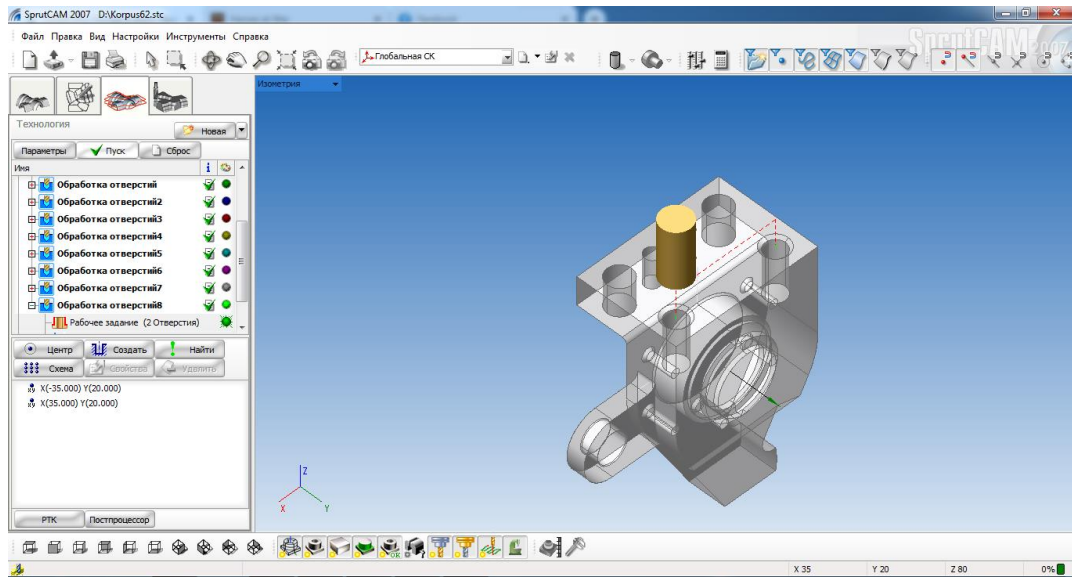


Рисунок 1.26 – Проектування обробки фасок

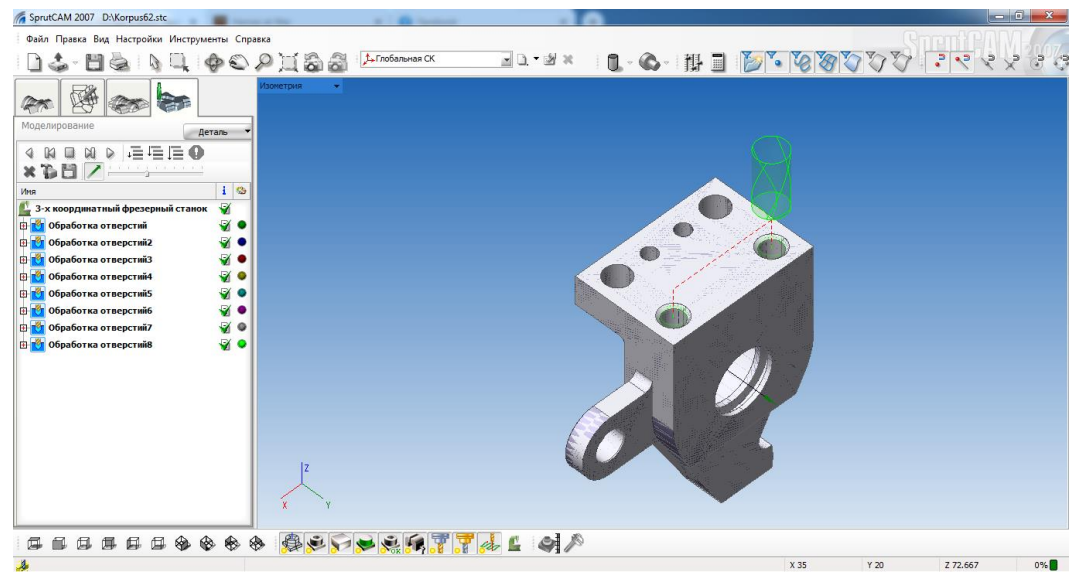


Рисунок 1.27 – Моделювання обробки фасок

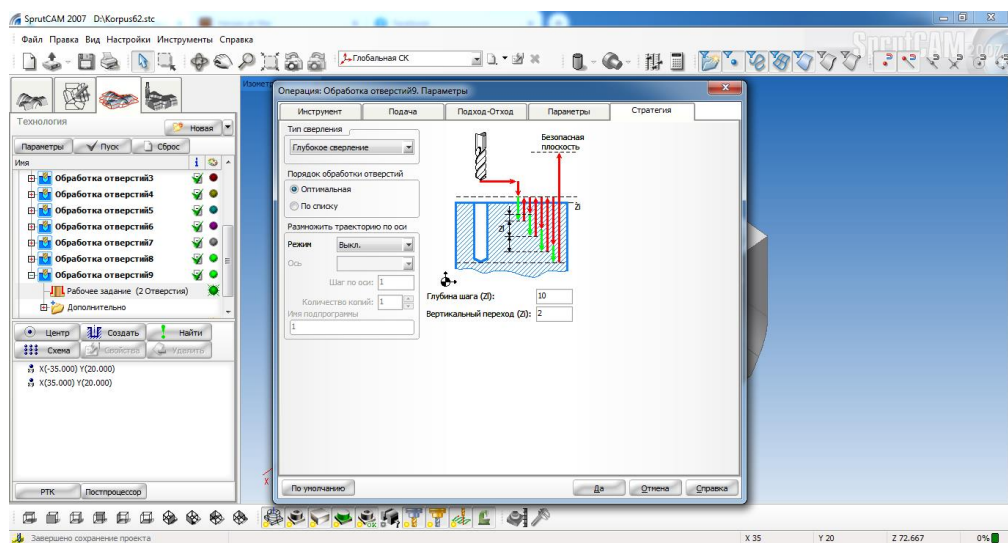


Рисунок 1.28 25 – Завдання параметрів нарізання різьби

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

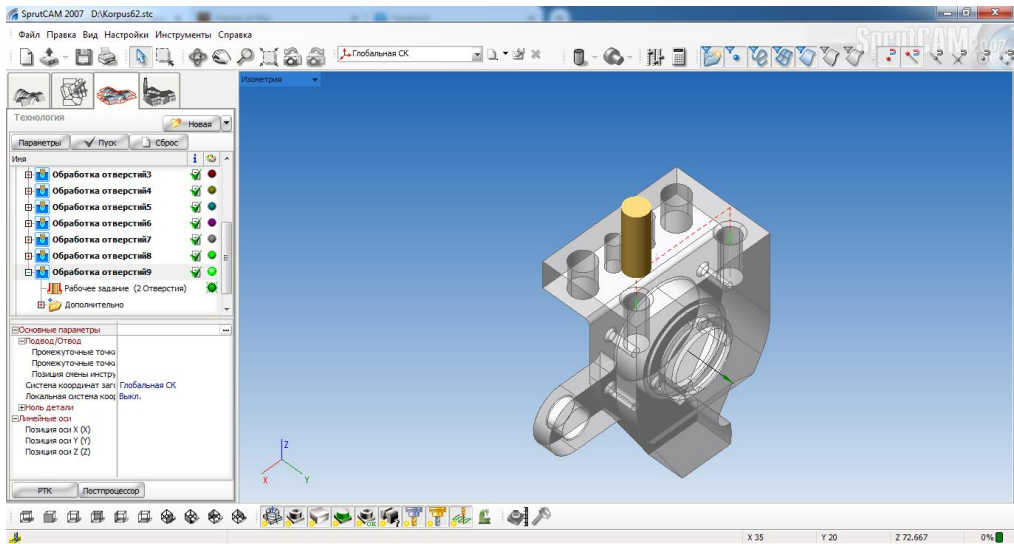


Рисунок 1. 28 – Проектування нарізання різьби

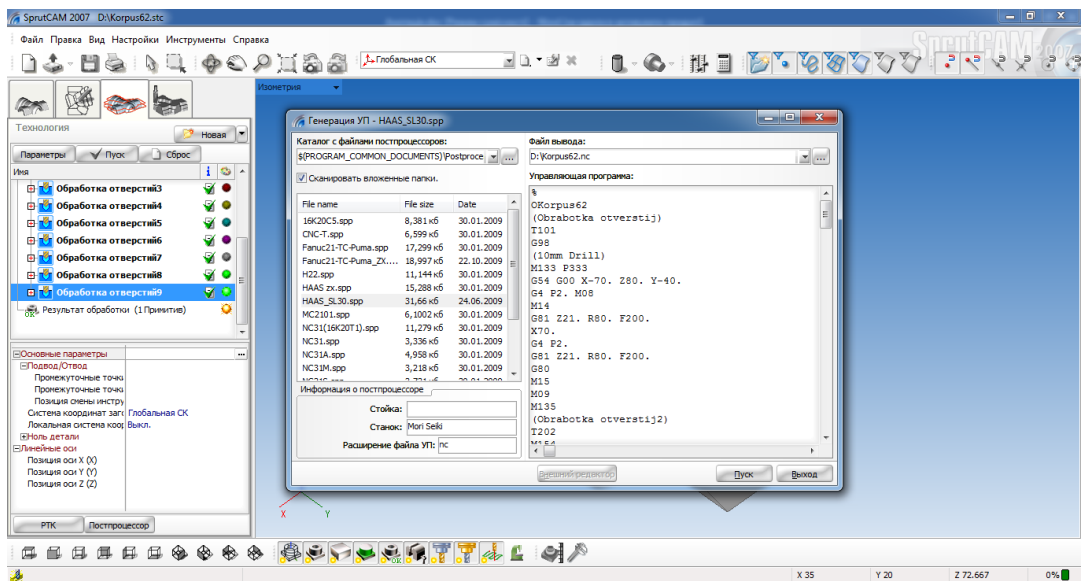


Рисунок 1.30 – Генерування керуючої програми для ЧПК

Текст керуючої програми для ЧПК подано у Додатку.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.5.6 Нормування технологічного процесу

Опишемо досконально процедуру нормування вертикально-свердильної операції 035.

Вихідні дані:

– на даній операції проводиться розсвердлення отвору з $\varnothing 22$ до $\varnothing 42^{+0,25}$ мм, свердління отвору 16 до $\varnothing 18$ мм, зенкерування його до $\varnothing 19,88$ мм і розвертання до $\varnothing 20H9$, також проводиться нарізання двох фасок $0,5 \times 45^\circ$ з двох сторін отвору $\varnothing 20H9$;

- в процесі обробки деталей перевстановлюють, так як фаски потрібно нарізати з двох протилежних сторін;
- тип виробництва – серійний, розмір партії 129 штук;
- основний час обробки – $T_0 = 1,33$ хв.

Розрахунок часу.

Розрахуємо штучно-калькуляційний час для серійного виробництва за формулою (3, с.122).

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{П} + T_0 + (T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{вим}) \cdot K + T_{об.от} \text{ хв.}, \quad (1.85)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$T_{ус} + T_{зо}$ – час на установку і зняття деталі, закріплення її і відкріплення, хв.;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління, хв.;

$T_{вим}$ – час затрачений на вимірювання, хв.;

K – поправочний коефіцієнт на допоміжний час, $K = 1,85$ (3, с.101);

$T_{об.от}$ – час на обслуговування робочого місця і відпочинок, хв.

Підготовчо-заключний час $T_{п.з}$ складається з часу на установку пристрою і кріплення його 4-ма болтами – 9 хв. (3, с.217) і часу на отримання інструментів і пристрою до початку роботи і здачі їх після роботи – 5 хв. (3, с.217), тоді $T_{п.з} = 9 + 5 = 14$ хв.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ

Час встановлення, зняття, закріплення і відкріплення деталі становить 0,1 хв. (3, с.199, табл.5.5), але оскільки під час операції ми перевстановлюємо деталь, то

$$T_{yc} + T_{zo} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв.}$$

Час на управління верстатом T_{yn} включає такі етапи: включити і виключити верстат – 0,01 хв. (3, с.202), поворот револьверної головки в наступну позицію $0,015 \cdot 5 = 0,075$ хв. (5 позицій) (3, с.202), підведення і відведення інструменту до деталі при обробці – $0,01 \cdot 5 = 0,05$ хв. (5 інструментів) (3, с.203), тоді

$$T_{yn} = 0,01 + 0,075 + 0,05 = 0,135 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання $T_{вим}$ складається з часу на вимірювання калібром-пробкою отвору $\varnothing 42H12$ – 0,07 хв. (3, с.206) і часу на вимірювання отвору $\varnothing 20H9$ – 0,09 хв. (3, с.206). Тоді $T_{вим}$ при 30% контрольованих деталей (3, с.104)

$$T_{вим} = 0,3(0,07 + 0,09) = 0,048 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою

$$T_{\delta} = (T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{вим}) \cdot K = \\ = (0,2 + 0,135 + 0,048) \cdot 1,85 = 0,709 \text{ хв.} \quad (1.86)$$

Визначаємо операційний час за формулою

$$T_{on} = T_0 + T_{\delta} = 1,33 + 0,709 = 2,039 \text{ хв.} \quad (1.86)$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок згідно (3, с.214) рівний 6% від операційного часу T_0 :

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 2,039 = 0,122 \text{ хв.}$$

Тоді штучно-калькуляційний час на вертикально-свердлильну операцію 035 рівний

$$T_{шт.к} = \frac{14}{129} + 1,33 + (0,2 + 0,135 + 0,048) \cdot 1,85 + 0,122 = 2,27 \text{ хв.}$$

На інші операції норми часу вибираємо згідно (3, с.197-217) і заносимо в таблицю 1.22.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.22 – Нормування технологічного процесу

Номер операції	Назва операції	T_0 , хв.	T_∂ , хв.	$T_{оп}$, хв.	$T_{об.оп}$, хв.	$\frac{T_{н.з}}{П}$, хв.	$T_{шт.к}$, хв.
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,52	0,77	2,29	0,182	0,178	2,65
015	Горизонтально-фрезерна	2,39	1,51	3,9	0,29	0,21	4,4
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,44	1,0	2,44	0,183	0,178	2,8
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	4,41	2,92	7,33	0,553	0,217	8,1
030	Вертикально-свердлильна з ЧПК	7,21	2,4	9,61	0,61	0,13	10,35
035	Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,33	0,71	2,04	0,122	0,108	2,27
040	Вертикально-свердлильна з ЧПК	5,33	1,72	7,05	0,423	0,108	7,6
045	Токарна з ЧПК	0,92	0,78	1,7	0,11	0,18	1,99

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Конструкторська частина

2.1 Розробка токарного пристрою

2.1.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

Пристрій призначений для розточування поверхонь 14, 23, 15, 24 на операції 045. Пристрій одномісний, оснащений пневматичним приводом затиску.

Вихідні дані. Верстат: токарний модель РТ725Ф3, максимальний діаметр оброблюваної деталі 630 мм, діаметр різьб. отворів для кріплення патронів М24, кількість кріпильних отворів для болтів – 12.

Максимальна сила різання виникає при чорновому розточуванні отвору 14 в розмір $\varnothing 61,06^{+0,46}$ мм і становить: $P_z=1651,4$ Н, $P_x=1064,1$ Н, $P_y=654,8$ Н (див. пункт 1.5.2).

Схема установки заготовки показана на рис.2.1. Бази заготовки мають твердість НВ200, шорсткість: поверхні 2, 7 – R_z80 , поверхня 1 – R_z40 .

Інструмент: розточений відігнутий різець з 3-ох-гранною (непереточуваною) пластиною твердого сплаву Т5К10 2145-0551 ГОСТ 20874-75.

Будова і принцип роботи пристрою.

Пристрій складається з корпусу 2, кришки 3, в кришці 3 встановлені втулки 5, в яких рухається прихвати 6. Прихвати 6 з'єднані між собою коромислом 4, яке кріпиться до штока 8 за допомогою двох гайок 18. Для регулювання рівномірності сили затиску кожного прихвату передбачено комплект сферичної 25 і конічної 23 шайб.

Зусилля затиску здійснюється за допомогою обертового пневмоциліндра двохсторонньої дії 12, який кріпиться до заднього кінця шпинделя 1 верстата, за допомогою гвинтів 14. Повітря в пневмоциліндр 12 подається за допомогою повітропровідної муфти. Корпус 2 кріпиться до шпинделя 1 за допомогою болтів 13.

При подачі стиснутого повітря в праву порожнину пневмоциліндра 12 поршень переміщується в крайнє ліве положення, перемішуючи при цьому штоки 10 і 8, та коромисло 4. При переміщенні коромисла 4 разом з прихватом 6, за рахунок того, що в прихватах профрезеровані гвинтові канавки, а в втулках 5 загвинчено гвинти 17, прихвати провертаються навколо своєї осі, і в кінці переміщення затискають деталь. В кінці гвинтової канавки передбачена прямолінійна ділянка, для того щоб затиск заготовки відбувався без провертання прихвата 6.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ					

При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 12 поршень переміщує в крайнє праве положення штоки 10 і 8, коромисло 4, прихвати , які при цьому повертаються навколо своєї осі; відбувається розтиск заготовки.

Деталь на кришці 3 базується відносно осі обертання за допомогою постійних опор 27.

2.1.2 Розрахунок сили затиску

Найбільш небезпечним положенням під час обертання заготовки, при якому найбільш вірогідніше зміщення заготовки, є положення коли опори 4 і 5 (див. рис.2.9) розміщені в верхньому положенні, а опори 6 – в нижньому лівому положенні. Сили різання P_z , P_y при якому намагаються повернути заготовку навколо т.б. Цьому протидіють сили тертя:

- F_{T_1} , F_{T_2} , F_{T_3} – між затиском і заготовкою;
- F'_{T_1} , F'_{T_2} , F'_{T_3} – між заготовкою і установчою площиною.

Осьова сила P_x діє в одному напрямку з силою затиску і також притискає заготовку до установчої площини.

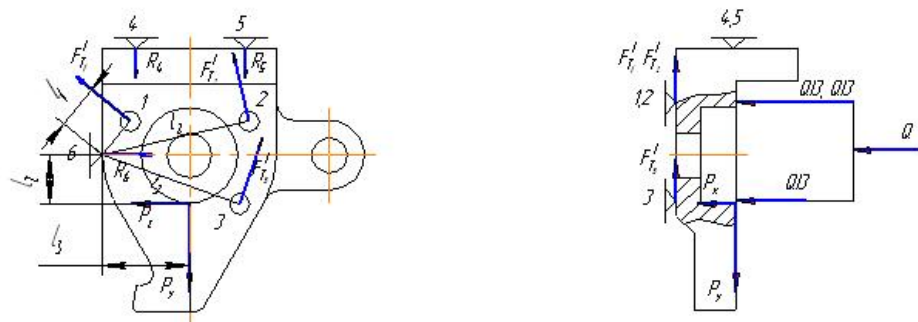


Рисунок 2.1 – Схема закріплення заготовки.

В граничному випадку сили протидіючі повороту заготовки мінімальні, а реакції опор R_4 , R_5 рівні нулю (при відриву заготовки від опор). Силою ваги заготовки нехтуємо.

Запишемо рівняння рівноваги

$$\sum M_6 = 0; \quad (2.1)$$

$$P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - F_{T_1} \cdot l_3 - F_{T_2} \cdot l_4 - F_{T_3} \cdot l_5 - F'_{T_1} \cdot l_3 - F'_{T_2} \cdot l_4 - F'_{T_3} \cdot l_5 = 0; \quad (2.2)$$

де $l_1=50$ мм, $l_2=30,53$ мм, $l_4=91,8$ мм, $l_5=77,9$ мм, $l_3=25$ мм (див. арк.№8)

Тут $F_{T_1} = F_{T_2} = F_{T_3} = \frac{Q}{3} \cdot f_1,$

						Арк.
					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F'_{T_1} = F'_{T_2} = F'_{T_3} = \left(\frac{Q + P_x}{3} \right) \cdot f_2 \quad (2.3)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою і прихватами, $f_1=0,18$ (5, с. 275);

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою і установочною площиною, приймаємо, $f_2=0,18$ (5, с. 275);

$\frac{1}{3}$ – тому, що сила закріплення рівномірно розподіляється між трьома при хватами.

Підставляємо формули (2.34) в формулу (2.33) і робимо перетворення:

$$\begin{aligned} & P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_3 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_4 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_5 - \\ & - \left(\frac{Q + P_x}{3} \right) \cdot f_2 \cdot l_3 - \left(\frac{Q + P_x}{3} \right) \cdot f_2 \cdot l_4 - \left(\frac{Q + P_x}{3} \right) \cdot f_2 \cdot l_5 = 0 ; \\ & P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_3 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_4 - \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot l_5 - \frac{Q}{3} \cdot f_2 \cdot l_3 - P_x \cdot f_2 \cdot l_3 - \\ & - \frac{Q}{3} \cdot f_2 \cdot l_4 - \frac{P_x}{3} \cdot f_2 \cdot l_4 - \frac{Q}{3} \cdot f_2 \cdot l_5 - \frac{P_x}{3} \cdot f_2 \cdot l_5 = 0 ; \\ & P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - \frac{Q}{3} \cdot (f_1 + f_2) \cdot (l_3 + l_4 + l_5) - \\ & - \frac{P_x}{3} \cdot f_2 \cdot (l_3 + l_4 + l_5) = 0 ; \\ & Q = \frac{P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - \frac{P_x}{3} \cdot f_2 \cdot (l_3 + l_4 + l_5)}{(f_1 + f_2) \cdot (l_3 + l_4 + l_5)} \cdot 3 . \end{aligned}$$

З врахуванням коефіцієнту запасу необхідну силу запасу визначаємо за формулою:

$$Q = K \cdot \frac{P_z \cdot l_2 + P_y \cdot l_1 - \frac{P_x}{3} \cdot f_2 \cdot (l_3 + l_4 + l_5)}{(f_1 + f_2) \cdot (l_3 + l_4 + l_5)} \cdot 3, H \quad (2.4)$$

де K – коефіцієнт запасу, його визначаємо за формулою (2.5):

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,98 ;$$

Тоді

$$\begin{aligned} Q^{\min} &= 1,98 \cdot \frac{1651,4 \cdot 30,53 + 654,8 \cdot 50 - \frac{1064,1}{3} \cdot 0,18 \cdot (25 + 91,8 + 77,9)}{(0,18 + 0,18) \cdot (25 + 91,8 + 77,9)} \cdot 3 = . \\ &= 7403,2H \end{aligned}$$

Визначимо необхідне зусилля на штоку пневмоциліндра.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

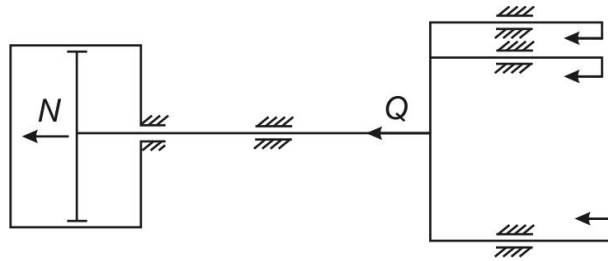


Рисунок 2.2 – Схема механізму затиску

Зусилля на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою

$$N = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta_u \cdot \eta_T, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, приймаємо $D=200$ мм (10, с.221);

d – діаметр штока, приймаємо $d=32$ мм (10, с.221);

p – тиск повітря, приймаємо $p=0,4$ МПа;

η_u – к.к.д. пневмоциліндра, $\eta_u=0,85$ (2, с.107);

η_T – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в напрямних, $\eta_T=0,8$ (10, с.200).

$$N = \frac{\pi}{4} (200^2 - 32^2) \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 8326,4 \text{ Н}$$

Перевіримо умову

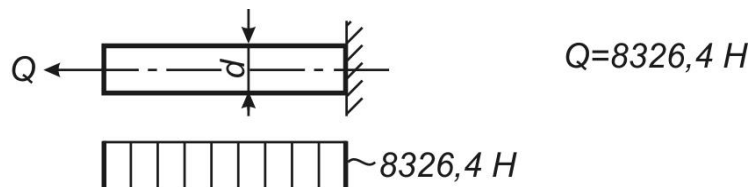
$$N \geq Q^{\min}, \quad (2.7)$$

$$8326,4 \text{ Н} > 7403,2 \text{ Н}.$$

Отже, надійний затиск заготовки забезпечений при $D=200$ мм, $d=32$ мм, дійсна сила затиску $Q=8326,4$ Н

2.1.3 Розрахунок слабких ланок механізмів затиску

Найбільш навантаженою ланкою в механізмі затиску є шток 8. Виконуємо перевірку його працездатності, перевіривши міцність штока на розтяг.



Мінімальну площину штока знайдемо за формулою

$$A \geq \frac{Q}{[\sigma]}, \quad (2.8)$$

де $[\sigma]$ – допустимі напруження на розтяг,

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ					

$$[\sigma]=220 \text{ МПа (3. с.32)}$$

$$A \geq \frac{8326,4}{220} \geq 37,847 \text{ мм}^2, \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2.9)$$

де d – діаметр штока, мм.

Звідси мінімальний діаметр штока.

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 37,847}{\pi}} \geq 6,94 \text{ мм}$$

Отже, мінімальний діаметр елементів механізму затиску, які працюють на розтяг становить 6,94 мм, діаметр штока 8 – 36 мм, отже міцність забезпечена, діаметр прихвату – 20 мм, міцність теж забезпечена.

Розрахуємо мінімальний діаметр різьби на штоку за формулою (2. 10):

$$d_p^{um} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 8326,7}{\pi \cdot 220}} \geq 10,41 \text{ мм.}$$

Діаметр різьби на штоку М20, отже міцність забезпечена.

Проведемо розрахунок гвинтових елементів прихватів. Даний гвинтовий елемент (гвинтова канавка) розміщений на прихваті і призначений для повертання навколо своєї осі при затиску заготовки, що полегшує встановлення заготовки в пристрій перед закріпленням.

Розраховуємо максимальну величину підняття (опускання) прихвата при повороті на 150° , тобто повздовжнє переміщення штампа пневмоциліндра.

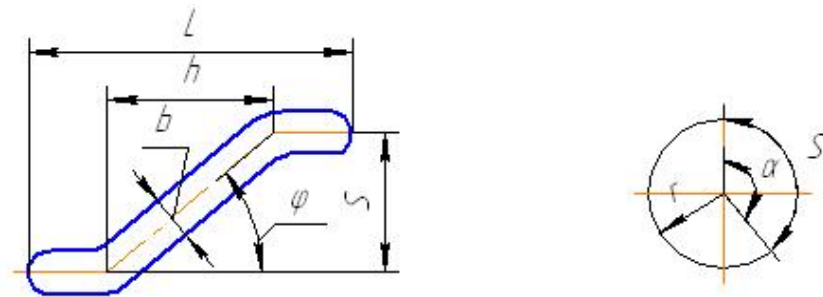


Рисунок 2.3 – Гвинтова канавка.

ψ – кут підйому гвинтової канавки, $\psi=40^\circ$;

S – довжина дуги повороту, мм;

h – лінійна довжина гвинтової канавки, мм;

α – кут повороту привата, $\alpha=150^\circ$;

r – радіус прихвата, $r=10$ мм;

L – повний хід штока поршня.

Визначаємо довжину дуги повороту:

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 2\pi \cdot r \cdot \frac{\alpha}{360}; \quad (2.10)$$

$$S = 2\pi \cdot 10 \cdot \frac{150}{360} = 26,18 \text{ мм}$$

Визначаємо лінійну довжину гвинтової канавки:

$$h = S \cdot \operatorname{ctg} \psi \quad (2.11)$$

$$h = 26,18 \cdot \operatorname{ctg} 40^\circ = 31,2 \text{ мм.}$$

Ширину гвинтової канавки приймаємо $b=4$ мм.

Повний хід штока поршня приймаємо $L=40$ мм.

2.1.4 Розрахунок на точність

При розточуванні поверхні 14 ($\varnothing 62^{+0,046}$) необхідно забезпечити вимогу паралельності осі отвору і поверхні 1. Розрахуємо пристрій на точність, визначивши допустиму похибку пристрою за формулою (2.17), де $T=0,1$ мм – допуск на паралельність осі отвору $\varnothing 62^{+0,046}$ і поверхні 1); $\varepsilon_6=0$ (так як при обробці поверхні 2 як і при обробці поверхні 14 за установчу базу прийняти поверхню 2, згідно принципу постійності баз); $\varepsilon_3=0$ мм (сила закріплення направлена перпендикулярно до установчої поверхні і змінюється незначно (пневмопривід)); $\omega=0,046$ мм (1, с.9) (для IT8).

Тоді

$$[\varepsilon_{np}] = \frac{T}{1,2} - \sqrt{(0,85\varepsilon_6)^2 + (\varepsilon_3)^2 + (0,85\omega)^2} = \frac{0,1}{1,2} - \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + (0)^2 + (0,85 \cdot 0,046)^2} = 0,044 \text{ мм}$$

Отже, для того щоб забезпечити паралельність осі отвору $\varnothing 62$ і поверхні 1 з допуском $T=0,1$ мм, допустима неточність виготовлення пристрою має становити 0,044 мм.

2.1.5 Рівень стандартизації

Коефіцієнт застосування стандартних деталей та вузлів визначаємо за формулою (2.12), де $\Sigma_{заг} = 26$ (див. додаток), $\Sigma_0 = 10$ (див. додаток).

Тоді

$$K_{np} = \frac{26-20}{26} \cdot 100 = 61,5\%$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка контрольного пристрою

2.2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

Контрольний пристрій призначений для контроль паралельності вісі отвору $\varnothing 62^{+0,046}$ мм до поверхні В (пов. 1)

Пристрій складається з плити 1 з двома опорами 7, на яку встановлюється деталь, забезпечуючи стійке положення. У внутрішній отвір деталі встановлюють цангову оправку 10 до упора. На плиті 1 розташовано штатив 3, на стійці якого переміщується індикаторна головка 11. Фіксування положення індикатора здійснюється за допомогою ручки 12 і шпильки 13. Для підняття головки ручку обертають за годинниковою стрілкою, для опускання – проти годинникової стрілки.

Для вимірювання допуску паралельності підводять щуп індикатора до контрольної поверхні цангової оправки, записуємо показ індикатора. Далі відсуваємо індикаторну головку на іншу сторону оправки 10 і теж фіксуємо показ індикатора. Різниця показів індикатора буде дорівнювати вісі отвору $\varnothing 62^{+0,046}$ і поверхні В.

2.2.2 Розрахунок на точність

Визначаємо сумарну похибку вимірювання за формулою

$$\Delta_{\text{вим}} = 1,2 \cdot \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \Delta_{\text{з.в.}}^2 + \Delta_n^2}, \quad (2.13)$$

де ε_{δ} – точність форми базової поверхні, $\varepsilon_{\delta} = 0,008$ мм (1, с.8, табл.3);

ε_3 – похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0$, так як в отвір встановлюється розтиснена цангова оправа;

$\Delta_{\text{з.в.}}$ – похибка засобу вимірювання, $\Delta_{\text{з.в.}} = 0,0095$ мм (2, с.530, табл.20);

Δ_M – неточність форми цангової оправки (частини, на якій встановлюється щуп індикатора для вимірювання паралельності), $\Delta_M = 0,005$ (1, с.9, табл.8)

$$\Delta_{\text{вим}}^{\text{np}} = 1,2 \sqrt{0,008^2 + 0,0095^2 + 0,005^2} = 0,016 \text{ мм}$$

Отримане значення $\Delta_{\text{вим}}^{\text{np}}$ співставляємо з допустимим T_{δ} на параметр точності, що перевіряється ($T_{\delta} = 0,1$ мм).

$$\Delta_{\text{вим}}^{\text{np}} \leq (0,1 \div 0,25) T_{\delta} \quad (2.14)$$

$$0,016 \leq (0,1 \div 0,25) 0,1$$

$$0,016 \leq 0,01 \div 0,025 \text{ мм}$$

Умова виконується, отже пристрій є придатний для контролю.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3 Рівень стандартизації

Коефіцієнт застосування стандартних або уніфікованих деталей та вузлів визначаємо за формулою (2.12),

де $\Sigma_{заг} = 12$ (див. додаток), $\Sigma_0 = 5$ (див. додаток)

Тоді

$$K_{np} = \frac{12-5}{12} \cdot 100 = 58,3\%$$

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.Науково-дослідна частина

4.1 Застосування системи KANBAN в технології механічної обробки деталі Корпус НПО-10.07.201962

Сучасне зовнішнє середовище господарювання підприємств вимагає адекватних підходів до управління системами, що реалізують операції по переміщенню і зберіганню в логістичному циклі. Інтерес до логістики обумовлений актуалізацією проблеми виживання та підвищення конкурентоспроможності в умовах ринку покупця, оскільки логістичний підхід є важливою складовою у забезпеченні адаптивності мікроекономічних систем. Обмеженість статистичного матеріалу не дає можливості повністю продемонструвати масштаби і значимість цього питання, проте синтезуючим підтвердженням актуальності впровадження теорії логістики на українських підприємствах можуть бути наступні тенденції, що виявлені в процесі аналізу офіційної статистичної звітності:

- скорочення обсягів прибутку на підприємствах України;
- висока питома вага збиткових підприємств та організацій;
- зростання на українських підприємствах питомої ваги втрат прибутку внаслідок існування матеріальних запасів у загальній сумі прибутку.

Будь-яке підприємство намагається адаптуватися до умов зовнішнього середовища. В залежності від здійснюваної логістичної політики підприємство самостійно встановлює певний стандарт якості технологічного процесу. Внаслідок того, що це середовище привносить постійні зміни, виникає проблема непевності тривалості логістичного циклу. У логістичній системі повинні використовуватися раціональні форми організації виробничого циклу .

Визначення потреби виробництва в матеріально-технічних ресурсах є початком, що служить основою для подальшої діяльності з їх постачання. Всі існуючі види потреб — на основне виробництво, ремонтно-експлуатаційні нужди, капітальне будівництво, дослідно-конструкторські роботи та ін. враховуються у специфікаціях. До розрахунку приймаються можливі зміни

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маси факторів — передусім, нормативної якості готової продукції, часу завантаження обладнання, стану інженерної підтримки (техніки, технології, конструкції), пропускної здатності складських потужностей. Глибоке знання виробничих потреб необхідно для визначення пріоритетів постачання і розробки критерію оцінки вибору постачальників.

Цикл підтримки виробництва — це відносна новація логістики. Він відіграє зв'язуючу роль між циклами постачання і фізичного розподілу. Якщо останні охоплюють частково невизначені зовнішні контакти з постачальниками і споживачами, то цикл підтримки виробництва має відношення до передбаченого графіком внутрішнього переміщення і зберігання сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, незавершеного виробництва, готової продукції в межах підприємства. Тому тут можливий відносно більший контроль матеріального потоку. Максимальне використання цього контролю є основним аргументом на користь розгляду підтримки виробництва як самостійної ділянки логістики. Таким чином, переміщення і зберігання матеріального потоку на самому підприємстві (внутрішня частина матеріального потоку) класифікується як підтримка виробництва. Система підтримки виробництва контролює: рух та зберігання сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів після оприбуткування на складі; незавершеного виробництва після початкового виготовлення; готової продукції аж до оприбуткування на відповідному складі підприємства.

В процесі виробництва всі матеріали повинні бути поставлені «точно вчасно». Складність циклу підтримки виробництва перевищує складність інших циклів. На промислових підприємствах здійснюється багато транспортно-переміщуючих операцій. Велика кількість найменувань матеріалів зі складів розподіляється на різні стадії виробництва, там відбувається «народження» продуктів праці, які переміщуються між робочими місцями, дільницями, цехами, складами. Рух у цьому циклі повинен бути підпорядкованим надходженню готової продукції на

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідний склад підприємства «точно вчасно». Ця точка є кінцем циклу підтримки виробництва і одночасно початком циклу фізичного розподілу.

Таким чином, існує головна особливість циклу підтримки виробництва у порівнянні з циклами фізичного розподілу і постачання — його операції обмежені рухом на самому підприємстві і знаходяться під постійним контролем. Диспетчеризація траєкторії переміщення проводиться більш ефективно, швидше перебираються можливі альтернативні варіанти, завчасно відвертаються і оперативно усуваються «нештатні ситуації».

Єдність логістики і виробництва полягає, передусім, у використанні раціональних процедур контролю для визначення, що, де, коли випускається. При цьому, розподіл відповідальності між логістикою і виробництвом абсолютно чіткий і ясний. Виробництво займається тим, як виготовляти продукцію і ці техніко-технологічні питання не є предметом розгляду логістики. Навпаки, підтримка виробництва — це функціональна сфера логістики, яка має відношення до внутрішньої частини матеріального потоку, до внутрішньо- заводського руху і зберігання матеріальних ресурсів.

Підтвердженням ефективності стратегії ринково орієнтованого виробництва є розповсюдження однієї із її форм — стратегії «точно вчасно».

Вперше ця модифікація «тягнучої» стратегії виробництва була апробована в Японії, де в 1950 р. фірма «Toyota Motor Company» впровадила систему «**Kanban**». Цей раціональний підхід до організації циклу підтримки виробництва дозволяє значно зменшити собівартість готової продукції переважно за рахунок мінімізації вкладених обігових коштів у матеріальні запаси (виробництво «з нульовим чи мінімальним запасом»). Його логіка — виробляти тільки тоді, коли потрібно і настільки ефективно, наскільки це можливо, виключивши надлишкові запаси, нераціональні втрати, дублювання функцій. Особливість філософії «точно вчасно» полягає в тому, що вона породжує впевненість, що запаси маскують проблеми, будучи тим «буфером», який дозволяє не тільки їх не вирішувати, але інколи і не помічати. З цієї точки зору, зменшення запасів об'єктивно сприяє виявленню

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«вузьких місць» виробництва. Тобто проблеми повинні усуватися раніше, ніж розпочинаються конкретні кроки, що направлені на мінімізацію «бездіючих ресурсів».

Першочергову увагу стратегія приділяє якості, яка забезпечує виробництво продуктів праці без браку («з нульовими дефектами») і дає змогу витримувати потрібну швидкість матеріального потоку. У сфері виробництва переміщуються тільки матеріали потрібної якості і для цього використовується певна система контролю матеріального потоку. Високопродуктивне, таке, що швидко переналагоджується, серійне виробництво може своєчасно реагувати на багаточисельні та різноманітні замовлення споживачів.

Зрозуміло, що розповсюдження системи «точно вчасно» у всьому світі приводить до її удосконалення в напрямку досягнення максимальної гнучкості та оперативності виробництва. Вдосконалення відбувається в результаті організації технології виробництва. В результаті в цей час система «точно вчасно» є конгломератом 5 відносно самостійних концепцій, що можуть використовуватись на всіх стадіях виробництва:

- мінімізації розмірів партій та беззаперечного виконання узгодженого графіку поставок;
- вирівнювання завантаження виробництва;
- раціонального розташування виробничого обладнання;
- статистичного контролю якості технологічного процесу;
- превентивного усунення проблем виробництва.

Практика свідчить, що реалізація даної концепції повсюдно стає каталізатором використання новаторських виробничих рішень і процедур. Відсталі, малоефективні технології замінюються прогресивними, високопродуктивні верстати з ЧПК використовуються всюди, зокрема, при здійсненні навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт. На відміну від застарілого виробництва, де поставка була рідшою (поквартальною, помісячною, подекадною), модернізоване — функціонує як

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

добре налагоджений «технологічний конвейер продуктопостачання», в якому часта (по добова, почасова, по хвилинна) поставка є єдино можливою формою існування. Разом з тим логістична система повинна мати такий же ступінь гнучкості, щоб забезпечувати виробництву достатню адаптивність до різних варіацій розмірів партій, що переміщуються і часових інтервалів поставок.

. Іншим способом скорочення запасів є вирівнювання завантаження виробництва таким чином, щоб синхронізувати роботу суміжних ділянок. Ідеальне балансування має місце тоді, коли з попередніх робочих місць на подальші надходить рівно стільки предметів праці, скільки потрібно на даний момент. Максимальна синхронізація свідчить про добре настроювання виробництва, вона звичайно підтримується завдяки раціональним процедурам оперативно-календарного планування.

В стратегії «точно вчасно» використовується процедура статистичного контролю технологічного процесу, яка ґрунтується на вибірковому тестуванні найбільш істотних операцій. Мова йде про те, що виробництво — це серія повторюваних технологічно-логістичних операцій, а даному контролю піддаються лиш деякі з них (одна, дві, більша кількість), що справляють домінуючий вплив на якість виробів. За допомогою індикаторів відсліджуються стани вказаних процесів, і якщо є відхилення від норм, то фіксуються і своєчасно усуваються недоліки

Практичне втілення ідеології «точно вчасно» можливе лише при умові максимальної гнучкості виробництва в рамках логістичної системи

Виробнича логістика закликає об'єднувати усі підрозділи підприємства в єдину систему. При цьому елементами логістичної системи на підприємстві вважають не лише склади, цехи, робочі ділянки, а також вантаж, тару, технологічний транспорт.

Логістичні системи в межах окремого підприємства можуть бути тягнучими, штовхаючими, комбінованими. Серед тягнучих заслуговують на увагу логістичні системи “*Kanban*” і “*ОПТ*”.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно цих систем кожний цех-виробник, не маючи остаточно завершеного план-графіка постачання сировиною, матеріалами або напівфабрикатами отримує необхідні предмети праці згідно з реальною потребою зі складу чи з попереднього по технологічному процесу цеха-постачальника. Обсяг і номенклатуру матеріалів внутрішньозаводські споживачі встановлюють самостійно і замовляють потрібні ресурси за допомогою карток.

Аналіз свідчить, що завдяки системі “ *Kanban* ” виробничі запаси на підприємствах скорочуються на 50%, збутові - на 10% при значному прискоренні обороту коштів.

Система *ОПТ (Optimized Production Technology)* розроблена американськими та ізраїльськими спеціалістами на початку 80-х років. Відома також під назвою “ізраїльський *Kanban* ”. Основним принципом системи є виявлення “вузьких місць”, або за термінологією - критичних ресурсів в запасах матеріалів, комплектуючих, обладнання, а також персоналу і надання необхідної допомоги засобами виробництва і робочою силою. Ефект функціонування системи в підвищенні виходу готової продукції, зменшенні виробничих витрат, скороченні виробничого циклу, зменшенні потреби у виробничих та складських площах, в підвищенні ритму відвантаження виготовленої продукції.

До штовхаючих належать логістичні системи *DRP, МРП, ЛРП, КАЛС*.

Система *DRP (Distribution Requirements planning)* базується на контролі за станом запасів, формуванні зв'язків між складами та цехами. Постачання здійснюється за графіком. Сучасна система *DRP* трансформувалась в систему *МРП (Material Requirements planning)*.

Система являє собою поєднання виробництва з постачанням. Основу системи становлять розрахунки потреби в матеріалах, деталях і вузлах на різних стадіях виробничого процесу.

Рух матеріальних ресурсів розраховується у просторі й часі відповідно до запланованих потреб наступної виробничої стадії, але здійснюється,

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

незважаючи на фактичний попит, в деталях чи вузлах, що є суттєвим недоліком. Проте, система *МРП* дає змогу зменшити запаси, прискорити їх зберігання, скоротити кількість випадків простоювання цехів та діляниць внаслідок несвоєчасного або неповного постачання.

Сьогодні система *DRP* широкого застосовується в комбінації з системою “*Kanban*” на відомих японських фірмах “Ямаха” і “Мітцубіші”.

Система *МРП-2 (Manufacturing Resource planning)* відрізняється від системи *МРП* не за рівнем розвитку технології, а за гнучкістю управління і змістом функцій. Вона включає до себе такі нові функції, як автоматизоване проектування, управління допоміжними процесами тощо. Досвід фірм США, що запровадили у себе таку систему свідчить про скорочення запасів в середньому на 17%, витрат на придбання матеріалів - на 17%.

Система *ЛРП (Logistic Requirements planning)* - це система планування і контролю вхідного, внутрішнього і вихідного матеріальних потоків на рівні підприємства. Вона забезпечує інтегрований підхід до: управління запасами в каналах сфер обігу, виробничими і збутовими запасами, а також запасами незавершеного виробництва, прогнозування потреби у транспорті, попиту на продукцію підприємства, визначенню оптимальної чисельності учасників логістичного ланцюгу тощо.

Система *КАЛС (Computer-aided Acquisition Logistic Support)* - автоматизована система контролю і управління науковими дослідженнями, розроблена для міністерства оборони США в середині 80-х років. Запровадження *КАЛС* скорочує строк розробки військової техніки і освоєння її виробництва.

Нарешті, в залежності від об’єктивних обставин на підприємстві можна застосовувати комбіновані логістичні системи. Наприклад в першій половині робочої зміни матеріальний потік переміщується в штовхаючому режимі (“Ефект доміно”), а якщо в одній з ланок виявлено збій в ритмі переробки ресурсів, то логістична система переходить на тягучий режим руху матеріальних потоків.

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для застосування системи *Kanban* технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус НПО- 10.07.201962» було необхідно його вдосконалити таким чином, щоб кількість операцій, по можливості, суттєво зменшити та їх тривалість врівноважити, тобто надати певної ритмічності.

Адже «тягнуча» стратегія передбачає, що подальші робочі місця у технологічному ланцюгу «витагують» необхідні деталі у необхідній кількості в потрібний час з попереднього робочого місця за відповідним маршрутом.

Цього вдалося досягнути за рахунок використання верстатного обладнання з ЧПК та використання якісних інструментів з обґрунтуванням вибору економічної стійкості для обробки корпусу. В результаті кількість операцій механічної обробки скоротилась з 16 до 8, а штучно - калькуляційний час з 97,72хв. до 40,16хв.

Опишемо досконально процедуру нормування вертикально-свердлильної операції 035.

Вихідні дані:

- на даній операції проводиться розсвердлення отвору з $\varnothing 22$ до $\varnothing 42^{+0,25}$ мм, свердління отвору 16 до $\varnothing 18$ мм, зенкерування його до $\varnothing 19,88$ мм і розвертання до $\varnothing 20H9$, також проводиться нарізання двох фасок $0,5 \times 45^\circ$ з двох сторін отвору $\varnothing 20H9$;
- в процесі обробки деталей перевстановлюють, так як фаски потрібно нарізати з двох протилежних сторін;
- тип виробництва – серійний, розмір партії 129 штук;
- основний час обробки – $T_0 = 1,33$ хв.

Розрахунок часу.

Розрахуємо штучно-калькуляційний час для серійного виробництва за формулою (3, с.122).

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{П} + T_0 + (T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{вим}) \cdot K + T_{об.от} \text{ хв.},$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{yc} + T_{zo}$ – час на установку і зняття деталі, закріплення її і відкріплення, хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, хв.;

$T_{вим}$ – час затрачений на вимірювання, хв.;

K – поправочний коефіцієнт на допоміжний час, $K=1,85$ (3, с.101);

$T_{об.от}$ – час на обслуговування робочого місця і відпочинок, хв.

Підготовчо-заклучний час $T_{п.з}$ складається з часу на установку пристрою і кріплення його 4-ма болтами – 9 хв. (3, с.217) і часу на отримання інструментів і пристрою до початку роботи і здачі їх після роботи – 5 хв. (3, с.217), тоді $T_{п.з}=9+5=14$ хв.

Час встановлення, зняття, закріплення і відкріплення деталі становить 0,1 хв. (3, с.199, табл.5.5), але оскільки під час операції ми перевстановлюємо деталь, то

$$T_{yc} + T_{zo} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв.}$$

Час на управління верстатом T_{yn} включає такі етапи: включити і виключити верстат – 0,01 хв. (3, с.202), поворот револьверної головки на наступну позицію $0,015 \cdot 5 = 0,075$ хв. (5 позицій) (3, с.202), підведення і відведення інструменту до деталі при обробці – $0,01 \cdot 5 = 0,05$ хв. (5 інструментів) (3, с.203), тоді

$$T_{yn} = 0,01 + 0,075 + 0,05 = 0,135 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання $T_{вим}$ складається з часу на вимірювання калібр-пробкою отвору $\varnothing 42H12$ – 0,07 хв. (3, с.206) і часу на вимірювання отвору $\varnothing 20H9$ – 0,09 хв. (3, с.206). Тоді $T_{вим}$ при 30% контрольованих деталей (3, с.104)

$$T_{вим} = 0,3(0,07 + 0,09) = 0,048 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою

$$\begin{aligned} T_{\partial} &= (T_{yc} + T_{zo} + T_{yn} + T_{вим}) \cdot K = \\ &= (0,2 + 0,135 + 0,048) \cdot 1,85 = 0,709 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Визначаємо операційний час за формулою

$$T_{on} = T_0 + T_{\partial} = 1,33 + 0,709 = 2,039 \text{ хв./}$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок згідно (3, с.214) рівний 6% від операційного часу T_0 :

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 2,039 = 0,122 \text{ хв.}$$

Тоді штучно-калькуляційний час на вертикально-свердлильну операцію 035 рівний

$$T_{шт.к} = \frac{14}{129} + 1,33 + (0,2 + 0,135 + 0,048) \cdot 1,85 + 0,122 = 2,27 \text{ хв.}$$

На інші операції норми часу вибираємо згідно (3, с.197-217) і заносимо в таблицю.

– Нормування технологічного процесу

Номер операції	Назва операції	T_0 , хв.	T_ϕ , хв.	$T_{оп}$, хв.	$T_{об.от}$, хв.	$\frac{T_{н.з}}{П}$, хв.	$T_{шт.к}$, хв.
010	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,52	0,77	2,29	0,182	0,178	2,65
015	Горизонтально-фрезерна	2,39	1,51	3,9	0,29	0,21	4,4
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,44	1,0	2,44	0,183	0,178	2,8
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК	4,41	2,92	7,33	0,553	0,217	8,1
030	Вертикально-свердлильна з ЧПК	7,21	2,4	9,61	0,61	0,13	10,35
035	Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,33	0,71	2,04	0,122	0,108	2,27
040	Вертикально-свердлильна з ЧПК	5,33	1,72	7,05	0,423	0,108	7,6
045	Токарна з ЧПК	0,92	0,78	1,7	0,11	0,18	1,99

					МР.ПМК-28.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список посилань на джерела

1. Панчук В. Г., Карпик Р. Т., Пітулей Л. Д., Лукань Т. В., Панчук А. Г. Магістерська робота П - 14. Магістерська робота: методичні вказівки. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. - 35 с.
2. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск: Высш. школа, 1985, 256 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т.. Т.2/ Под ред. А. П. Махова - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение. 1973. 568 с.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Под ред. А. А. Панова - М.: Машиностроение, 1988. 736 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
6. Руденко П. А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. - К.. Вища школа, 1993. - 247 с.
7. Анурьев В. И. справочник конструктора-машиностроителя. - М., Машиностроение, 1980. - Т.1 – 728 с, Т.2 – 559 с.
8. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
9. Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. - М.. Экономика, 1990 - 208 с.
10. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т. Розрахунок пристроїв на точність: навч. Посібник / Під ред. Карпика Р. Т. - Івано-Франківськ, «Факел», 1999. - 216 с., іл.
11. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. -Л.: Машиностроение, 1975 - 656 с.
12. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 1. Под ред. Н. Вардашкина, М: Машиностроение. 1984. - 592 с.

13. Станочные приспособления. Справочник в 2 томах. Том 2. Под ред. Н. Вардашкина, М.; машиностроение. 1984. - 592 с.
14. Кузнецов Ю. И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. - М.: Машиностроение. 1990. - 512 с.
15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов; Справоч. под. ред. В. И. Баракчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - 400 с.
16. Обработка материалов резанием: Справочник технолога / Под общ. ред. А.А. Панова – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
17. Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении – К.: Вища школа, 1981 – 247 с.
18. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 1999. – 187 с.
19. Локтева С.Е. Станки с программным управлением. Учебное пособие для машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
20. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордеев А.І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2014. – 230с.

Додатки

Додаток 1 – Керуюча програма для верстату з ЧПК на операцію 030

%

OKorpus62

(Obrabotka otverstij)

T101

G98

(17mm Drill)

M133 P333

G54 G00 X-70. Z80. Y-40.

G4 P2. M08

M14

G81 Z21. R80. F200.

X70.

G4 P2.

G81 Z21. R80. F200.

G80

M15

M09

M135

(Obrabotka otverstij2)

T202

M154

G00 C0.

(20mm Drill)

M133 P333

G00 X-70.

G4 P2. M08

M14

G81 Z59.4 R80. F200.

X70.

G4 P2.

G81 Z59.4 R80. F200.

G80

M15

M09

M135

M155

(Obrabotka otverstij3)

T303

(9,6mm Drill)

M133 P333

G00 X-24.

G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
(Obrabotka otverstij4)
T404
M154
G00 C0.
(9,96mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij5)
T505
M154
G00 C0.
(10mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15

M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij6)
T202
M154
G00 C0.
(20mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z60. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z60. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij7)
T606
(14mm Drill)
M133 P333
G00 X-70. Y40.
G4 P2. M08
M14
G81 Z28. R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z28. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
(Obrabotka otverstij8)
T202
(20mm Drill)
M133 P333
G00 X-70.
G4 P2. M08
M14

G81 Z59. R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z59. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
(Obrabotka otverstij9)
T707
M154
G00 C0.
(16mm Drill)
M133 P333
G00 X-70.
G4 P2. M08
M14
G83 Z26.381 R80. F200. J80. P0.5 Q2.
X70.
G4 P2.
G83 Z26.381 R80. F200. J80. P0.5 Q2.
G80
M15
M09
M135
M155
G28
M30
%

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1				Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Шпindelь	1	
				<u>Деталі</u>		
		2		Корпус	1	
		3		Кришка	1	
		4		Коромисло	1	
		5		Втулка	3	
		6		Прихват	3	
		7		Втулка	3	
		8		Шток	1	
		9		Втулка	1	
		10		Шток	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12		Пневмоциліндр 7020-0109 ГОСТ 21821-76	1	
				Болти ГОСТ 7798-70		
		13		M24x80. 66. 029	12	
		14		M10-8gx35. 66. 029	6	

MP.ПМК-28.00.00.000 СК				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розрад.		Захарія А.І.		
Перев.		Костюк Н.О.		
Реценз.				
Н.контр.		Костюк Н.О.		
Затв.		Панчук В.Г.		
Пристрій токальний			Літ.	Аркцш
			Н	1
			ІФНТУНГ ПМКМ-20-1	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1				Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Плита	1	
		2		Штатив	1	
		3		Гвинт	1	
		4		Деталь	1	
		5		Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Опора регульована		
				7035-0481 ГОСТ 4086-88	4	
		8		Гайка М10.5 ГОСТ 8361-83	4	
		9		Палець установочний		
				7030-0352 ГОСТ 12209-86	2	
		10		Цанга ГОСТ 1435-74	1	
		11		Індикатор 0410		
				ГОСТ 577-88	1	
		12		Ручка 7061-0282		
				ГОСТ 4742-88	1	
		13		Шпилька М6-6dх40. 58		
				ГОСТ 22034-86	1	

МР.ПМК-28.00.00.000 СК

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розраб.		Захарія А.І.					
Перев.		Костюк Н.О.	<i>JKO</i>				1
Реценз.							
Н.контр.		Костюк Н.О.					
Затв.		Панчук В.Г.					

Пристрій для контролю паралельності
осі отвору $\phi 62^{+0,046}$ до поверхні В

ІФНТУНГ
ПМКМ-20-1

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

І Ф Н Т У Н Г	НПО-10.07.201962					
	Корпус			П		

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

«Затверджую»

Зав.кафедрою КМВ
Проф. Панчук В.Г.

Технологічний процес
механічної обробки
Корпус НПО-10.07.201962

Розробив
ст.гр. ПМКм-20-1

Захарія А. І.

Перевірів

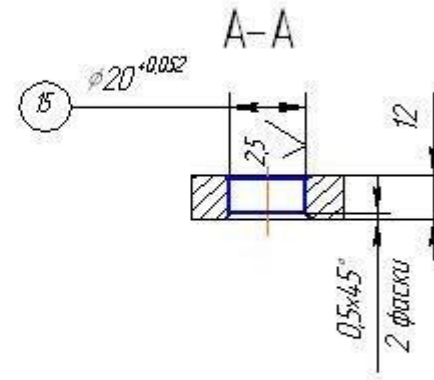
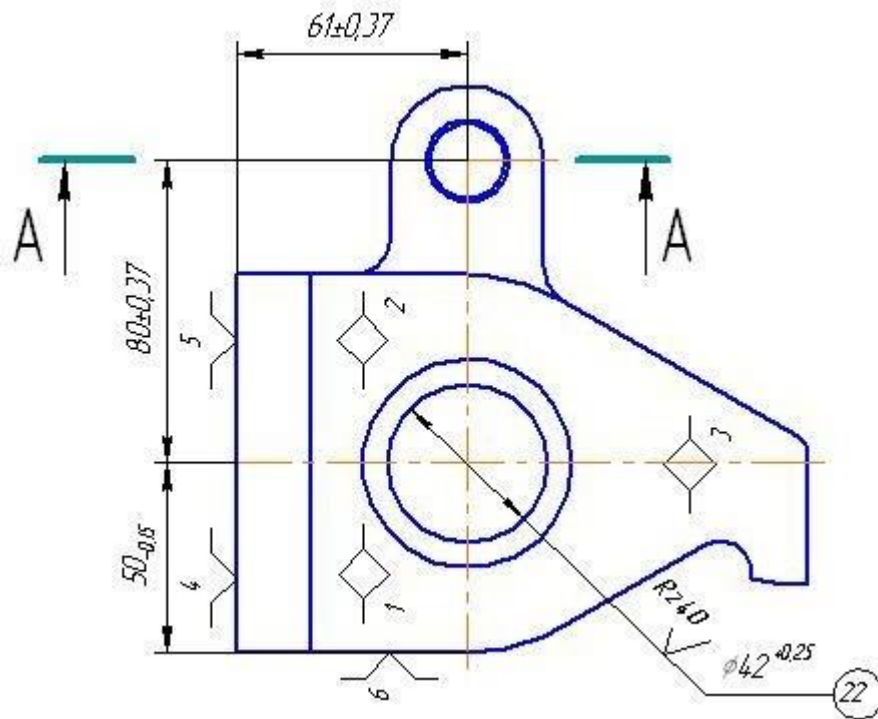
асист.

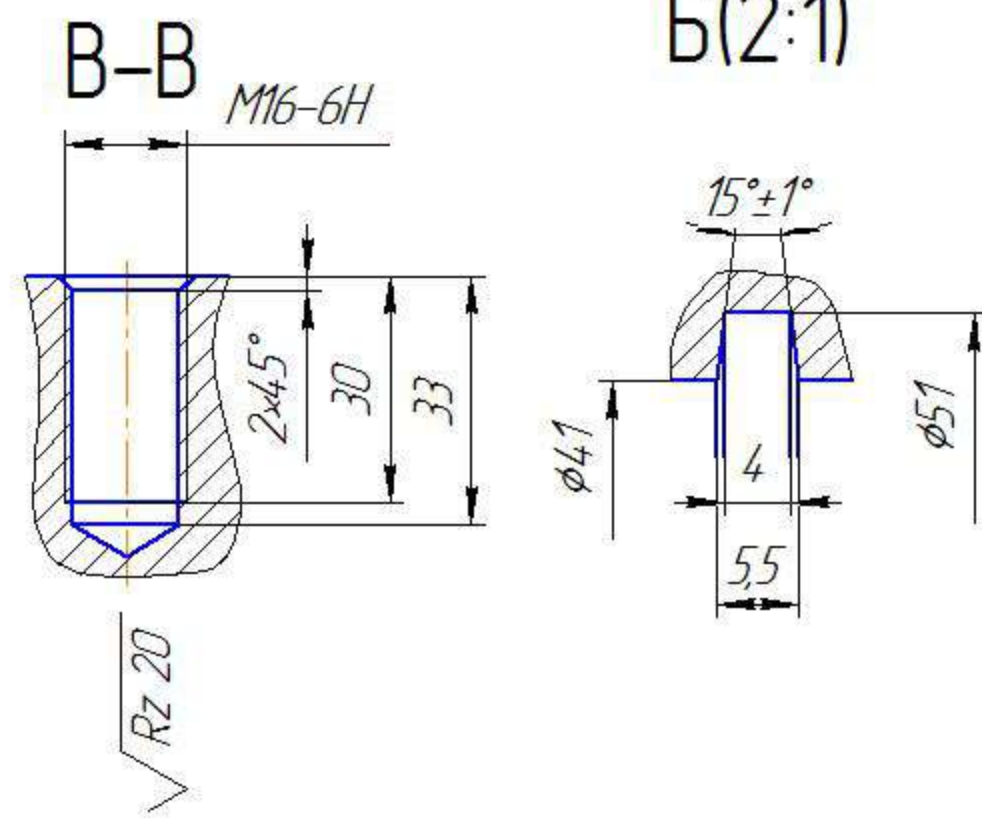
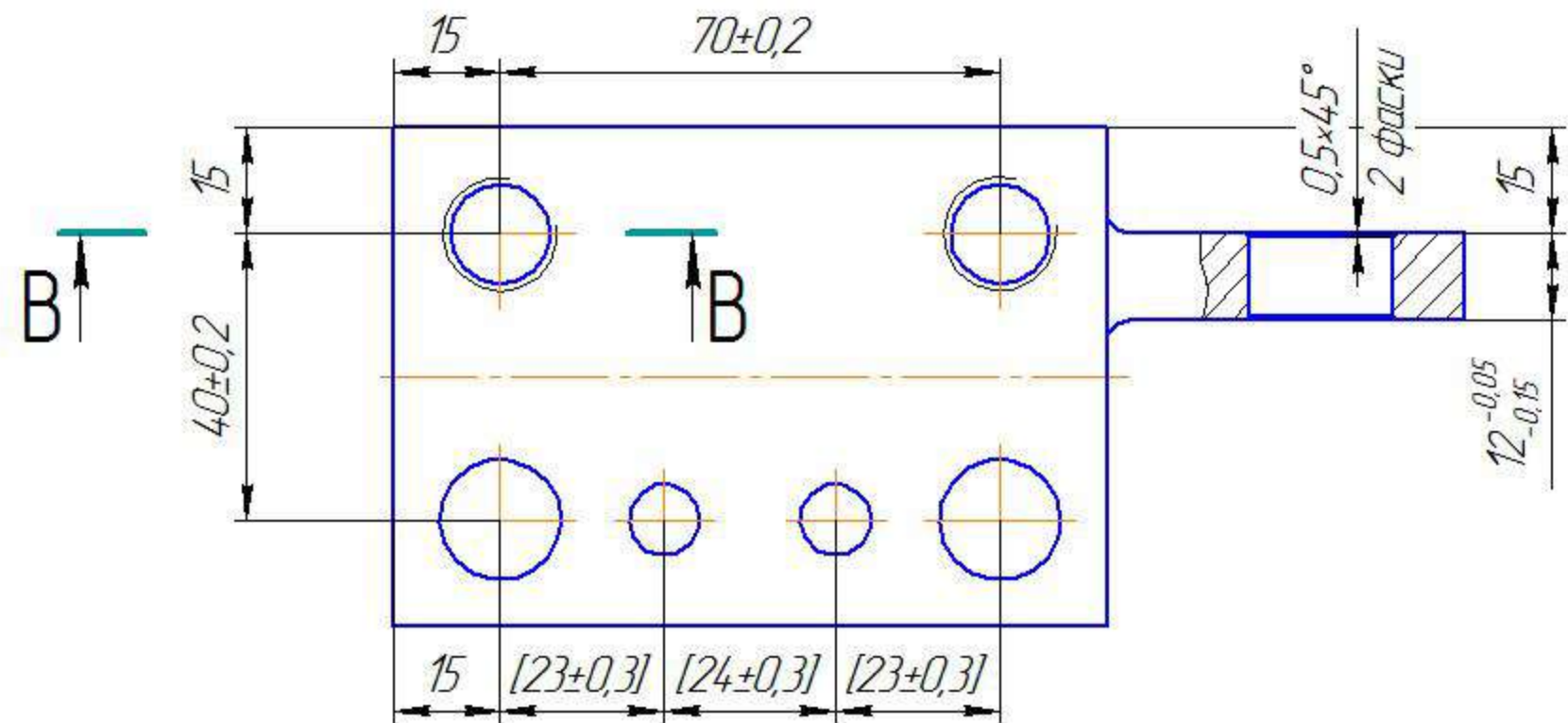
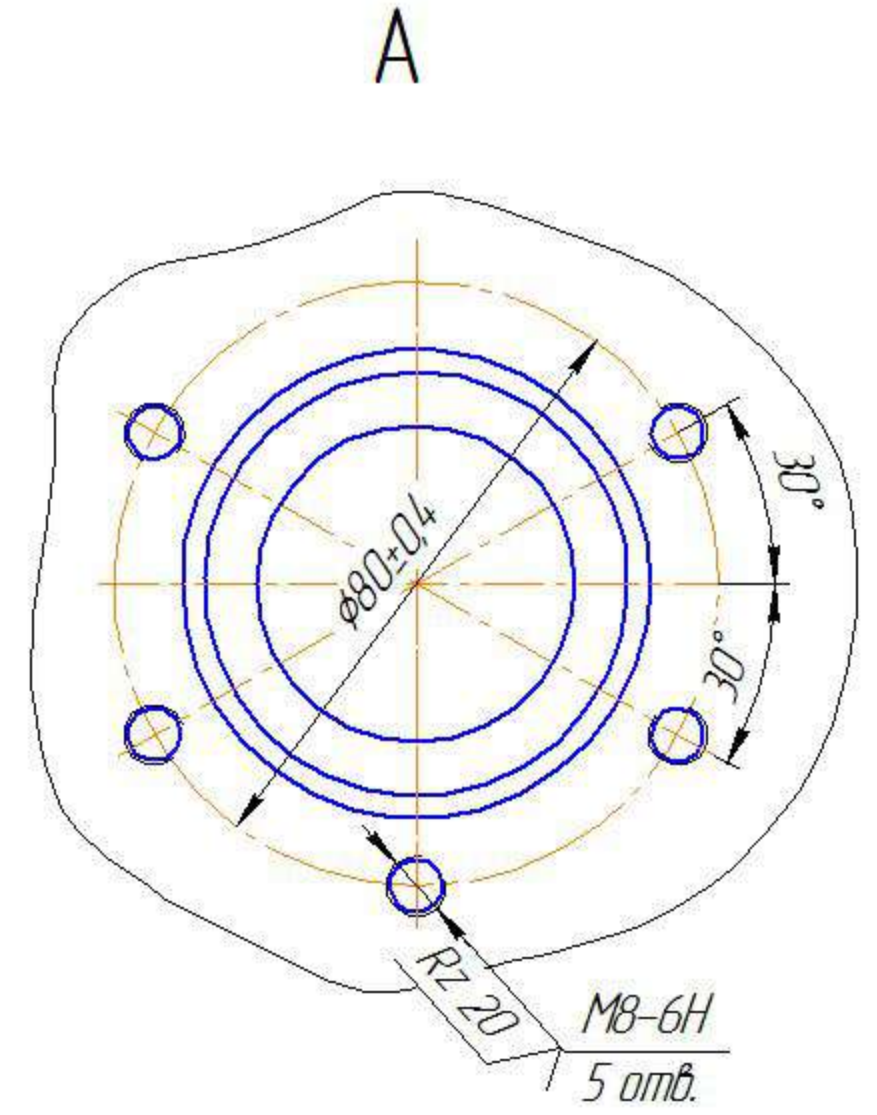
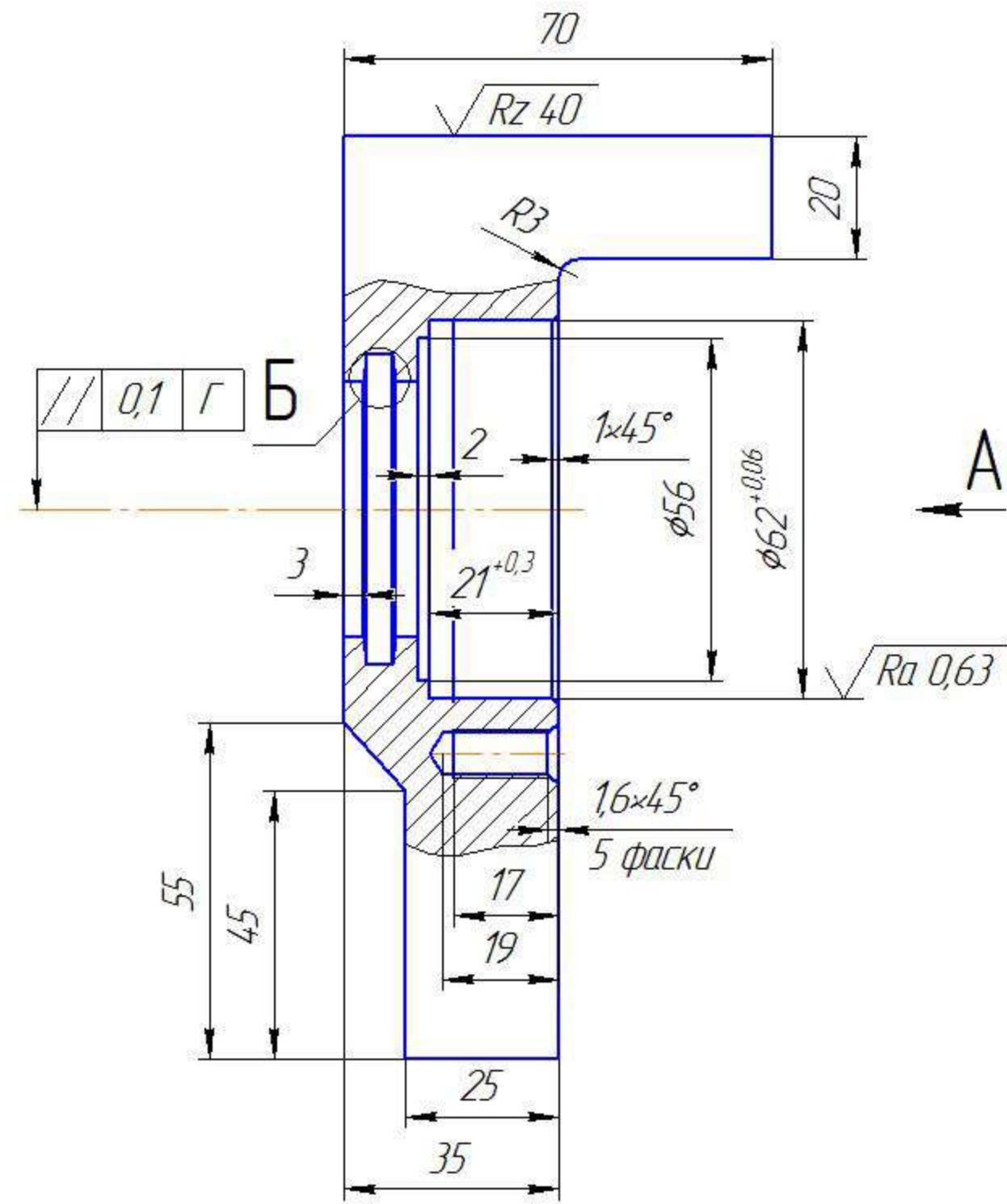
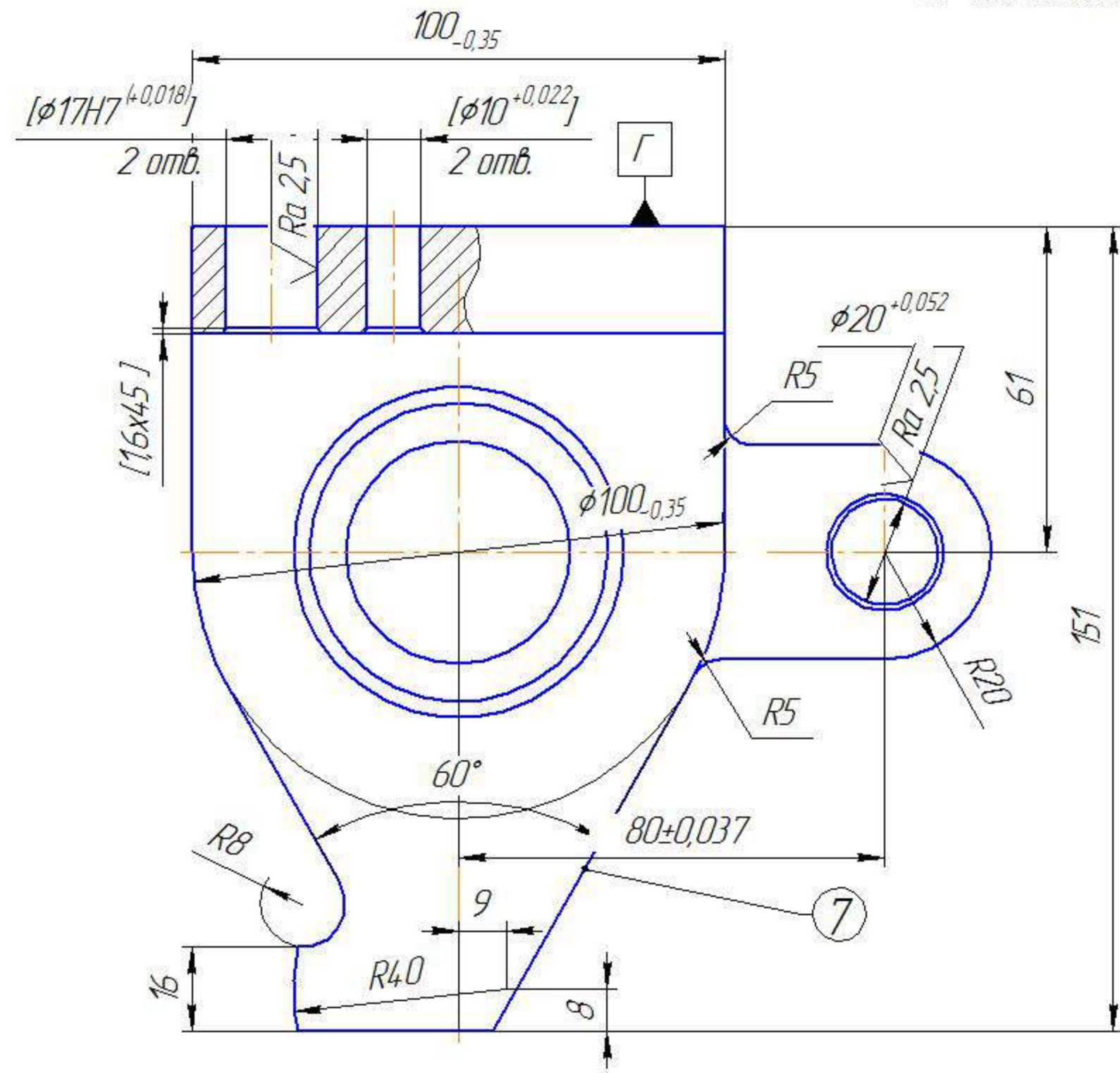


Костюк Н.О.

Акт № 223 від «08» жовтня 2021 р

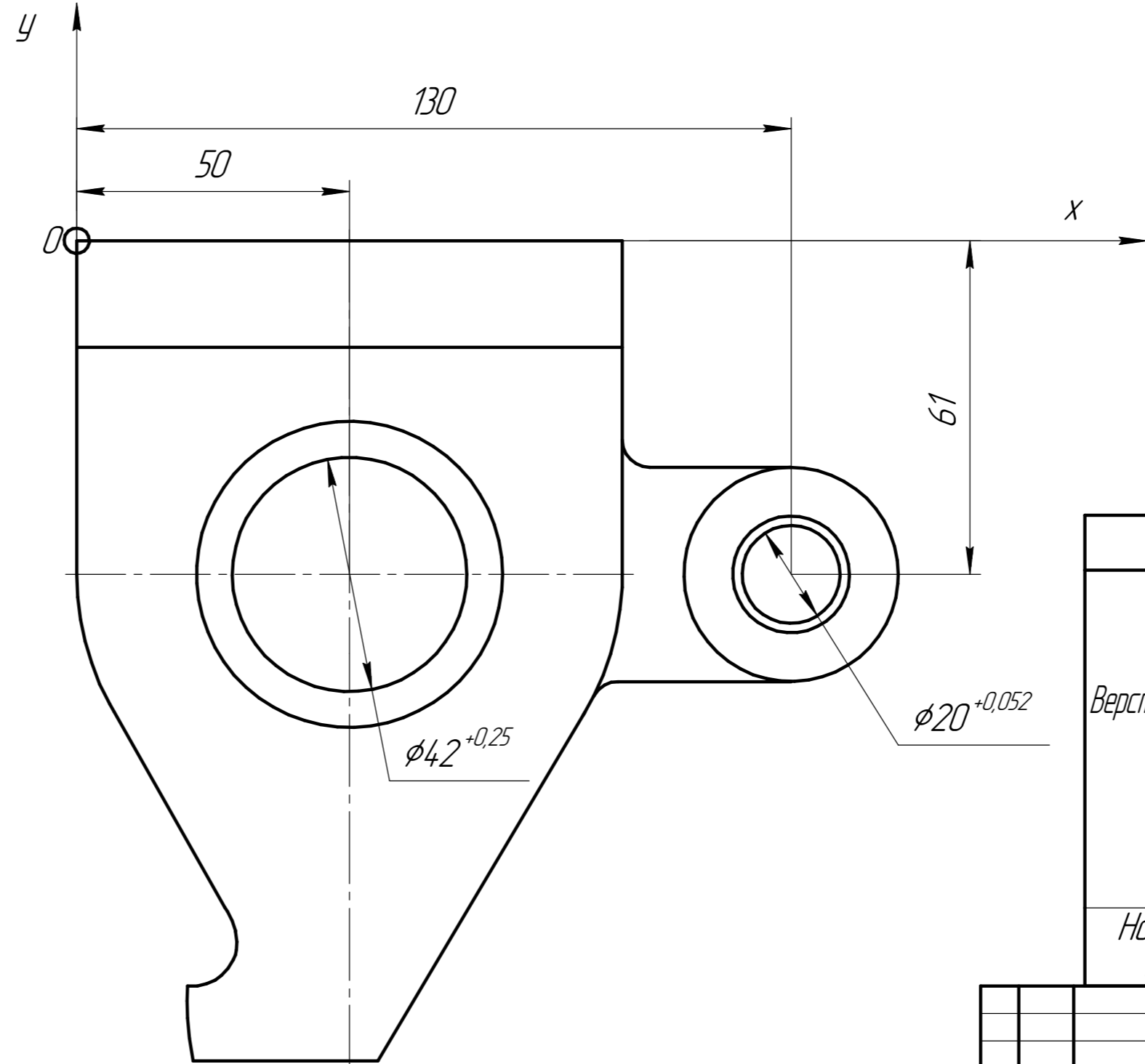
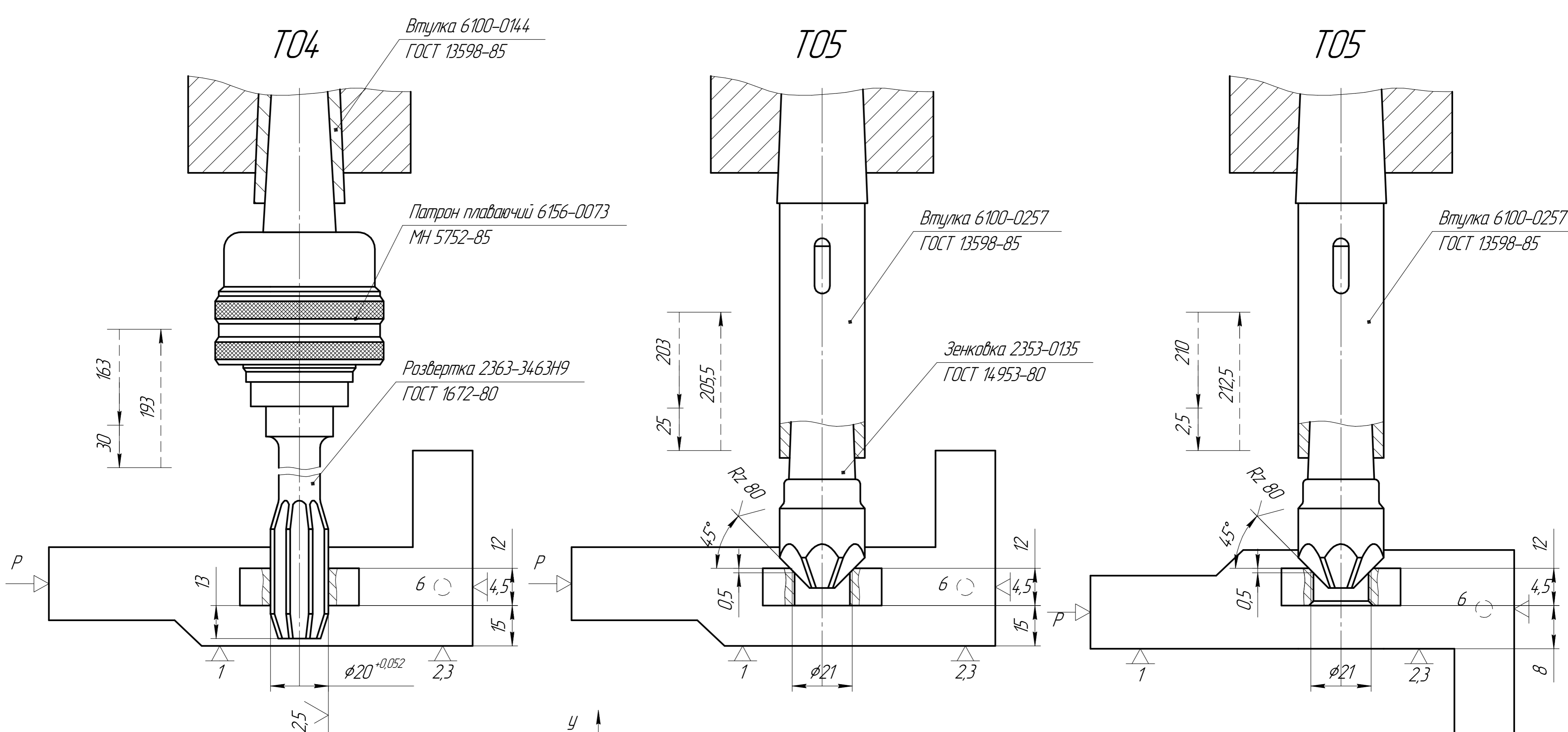
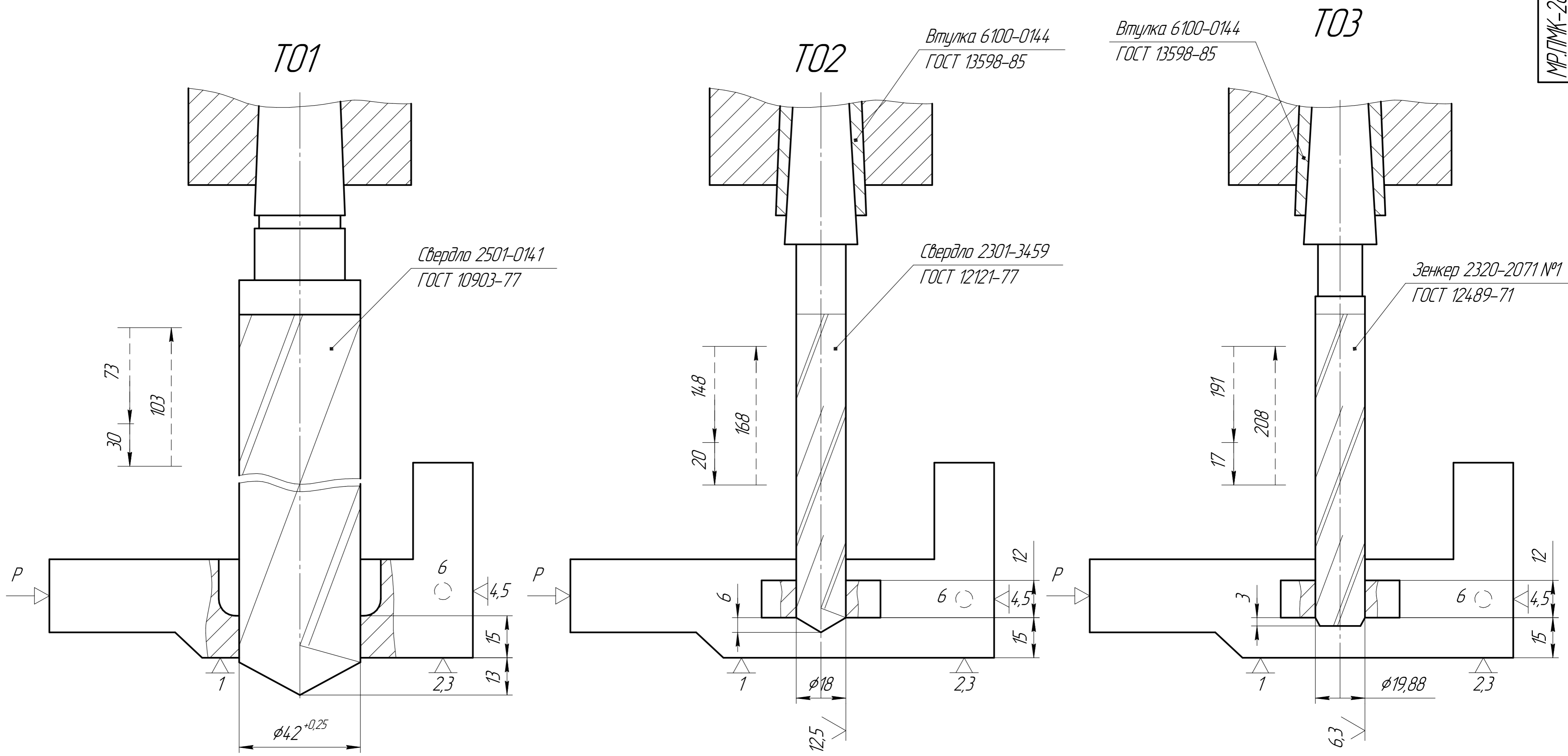
Дубл.																
Взамін.																
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата		
													1	1		
Розробив	Захарія А.І.															
Перевірив	Костюк Н.І.															
Н. контр.	Костюк Н.І.															
										І Ф Н Т У Н Г			НПО-10.07.201962		60146.03501	
													Корпус		Н	





1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
2. Обробку по розмірах вказаних в квадратних дужках проводити разом з НПО-10.07.2019.040

				НПО-10.07.201962			
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.	Захарія А.І.				Н	4,1	1:1
Перев.	Костюк Р.О.				Аркциш	Аркциш	1
Т.контр.							
Н.контр.							
Затв.							
					Сталь 35 ГОСТ 1050-88		



Операция 035

	T05	23,7	360	0,5	0,138	50		
	T04	7,8	125	,06	0,25	315		
	T03	22,5	360	0,94	0,44	160	1,33	2,24
	T02	28,3	500	9	0,32	160		
	T01	33	250	5,8	0,64	160		
Назва і модель верстата	№ інстр.	V, м/хв	n, об/хв	t, мм	S, мм/об	Sx, мм/хв	Ta, хв	Tшт, хв.

МР.ПМК-28.00.00.000 СК

Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Зорян АІ						1:1
Перев.	Костяк НО						
Т.контр.	Костяк НО						
Н.контр.	Костяк НО						
Залп.	Панчик ВГ						

Карта налагодження

Архив 1
Архив 1
ІФНТЧНГ
ПМК-20-1

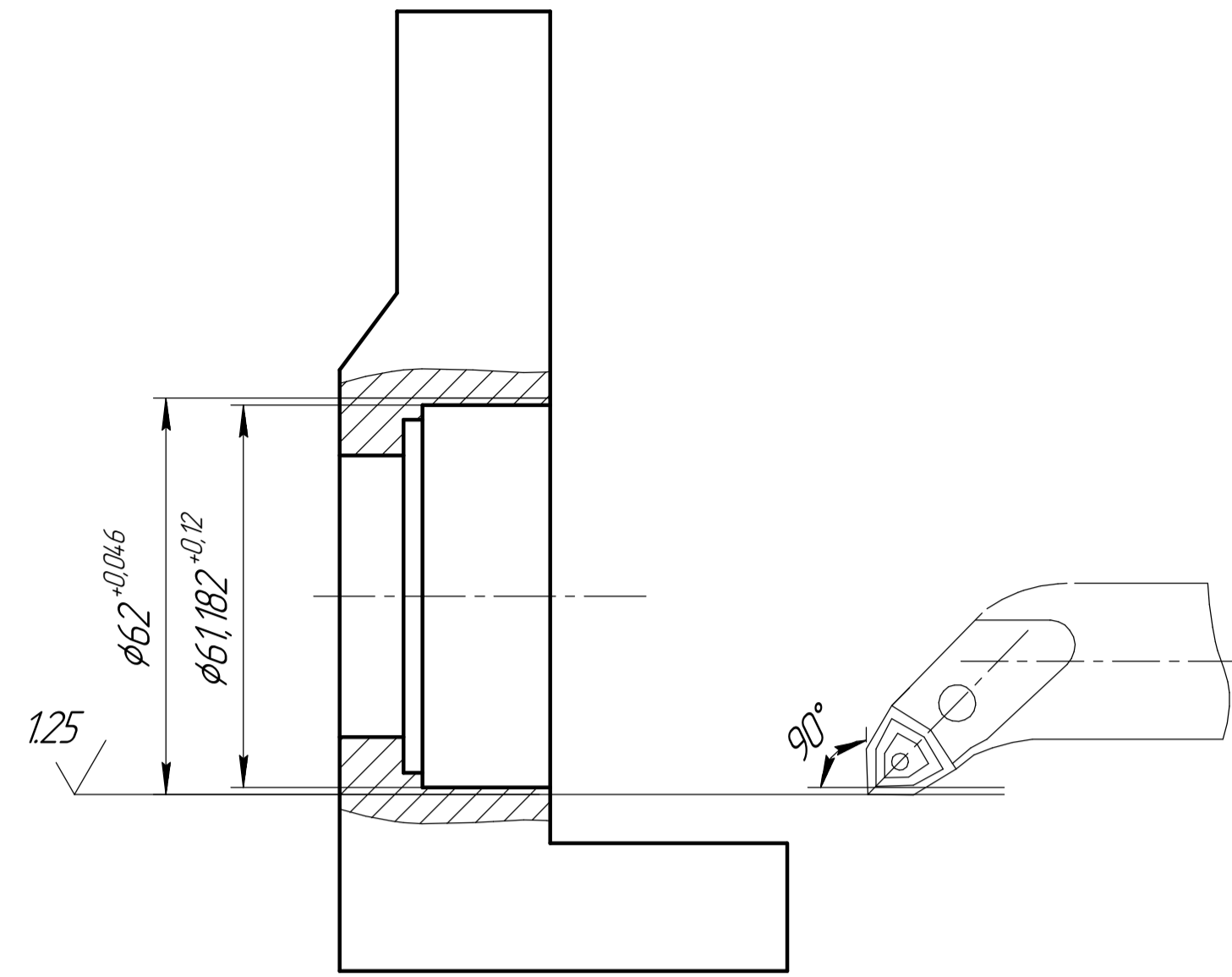


Рисунок 1 – Ескіз обробки
 Верстат – токарний півавтомат мод. РТ725Ф3
 Різець – токарний, розточний, відігнутий з трьохгранною
 непереточуваною пластиною твердого сплаву Т30К4
 Режими різання – $S=0,1$ мм/об, $V=243,5$ м/хв

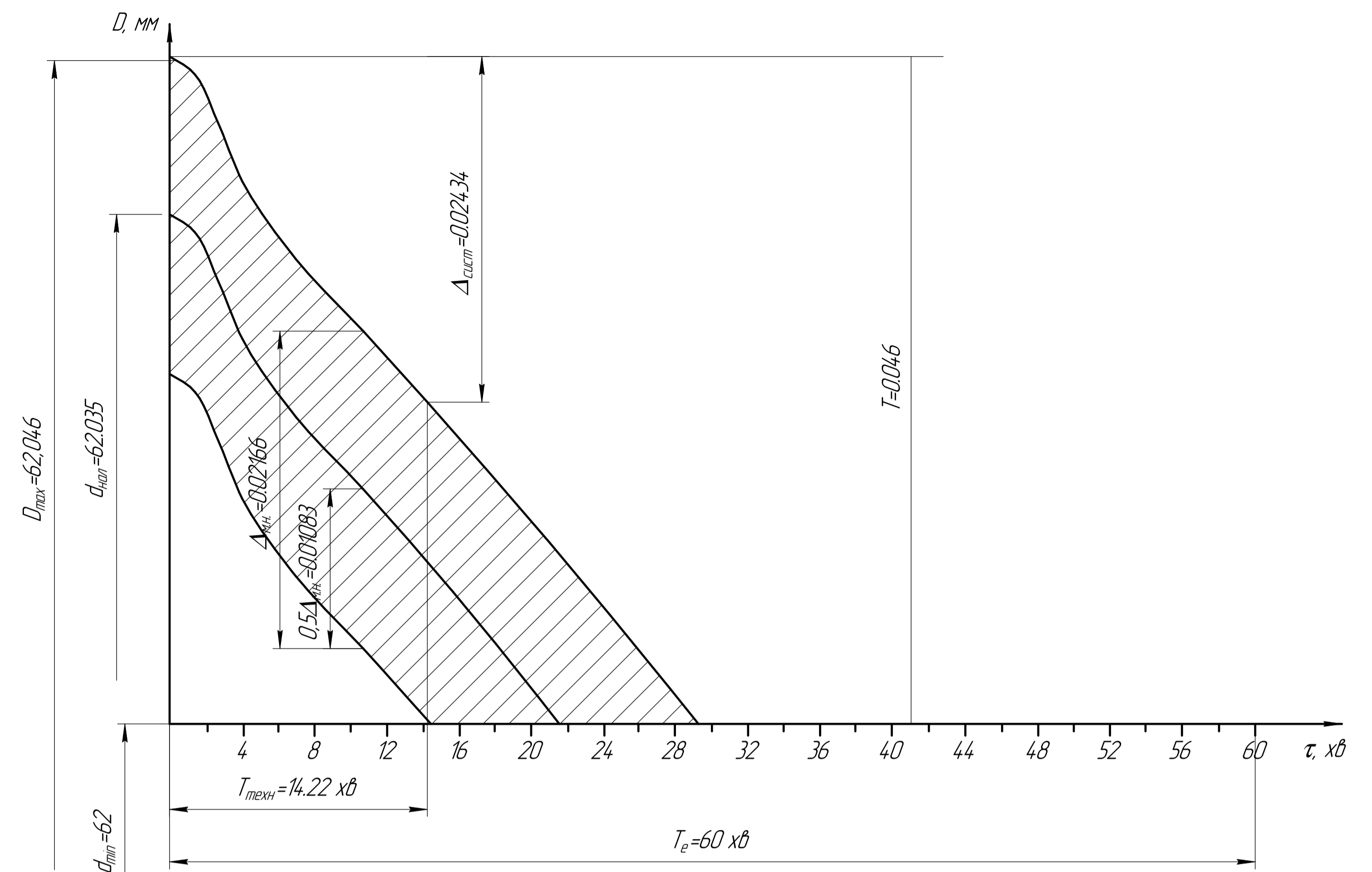


Рисунок 3 – Теоретична діаграма точності обробки

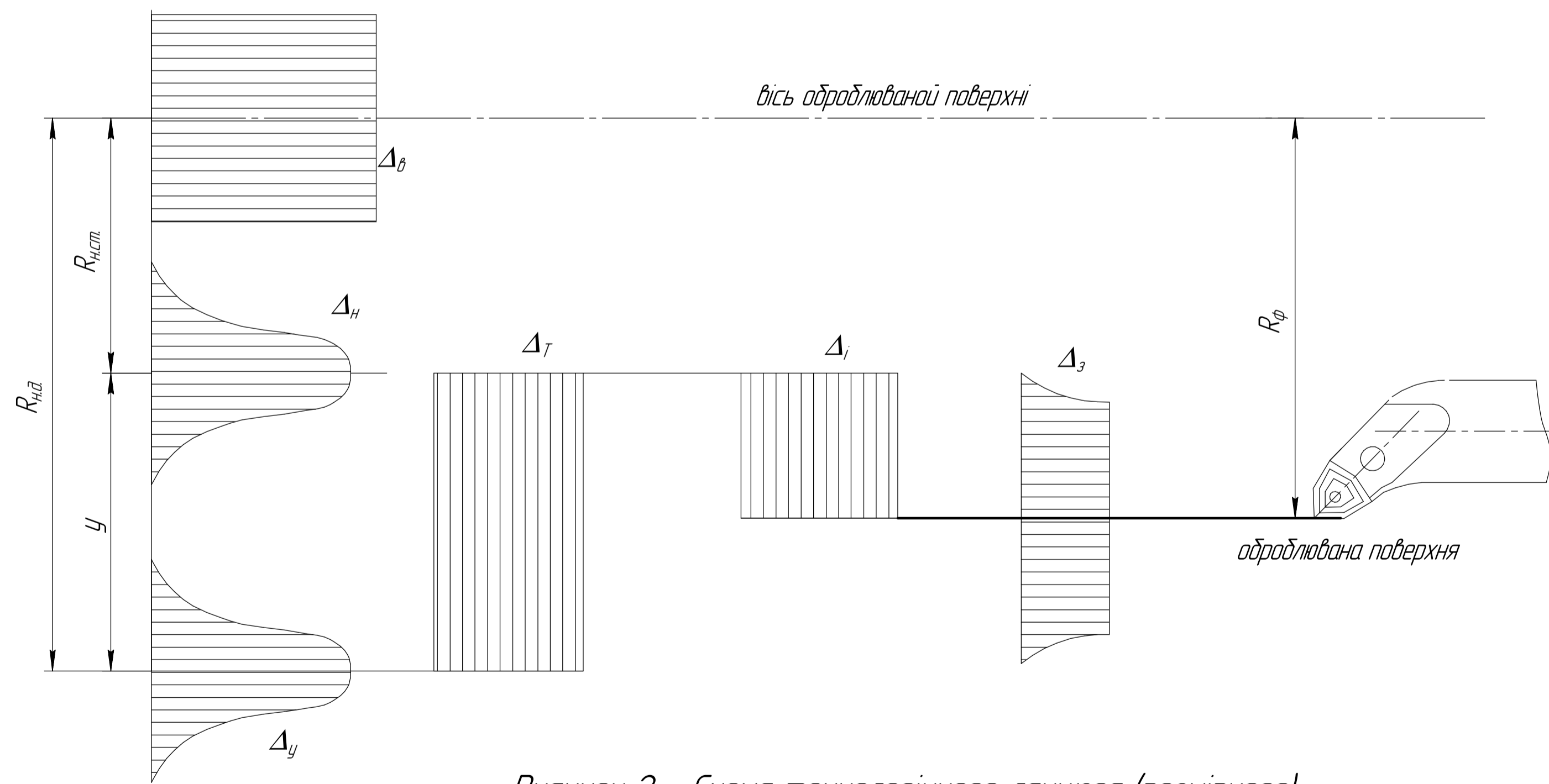


Рисунок 2 – Схема технологічного ланцюга (розмірного)
 R_ϕ , $R_{нст}$, $R_{нд}$ – відповідно радіус обробки (закриваюча ланка),
 статичного та динамічного настроювання
 y – постійна складова похибки від деформації системи ВПД
 під дією сил різання

Δ_b – похибки форми від геометричної неточності (в радіальному напрямі)
 Δ_y – похибка під дією сили різання; Δ_n – похибка налагодження і Δ_i – похибка розмірного
 спрацювання; Δ_m – похибка від теплової деформації

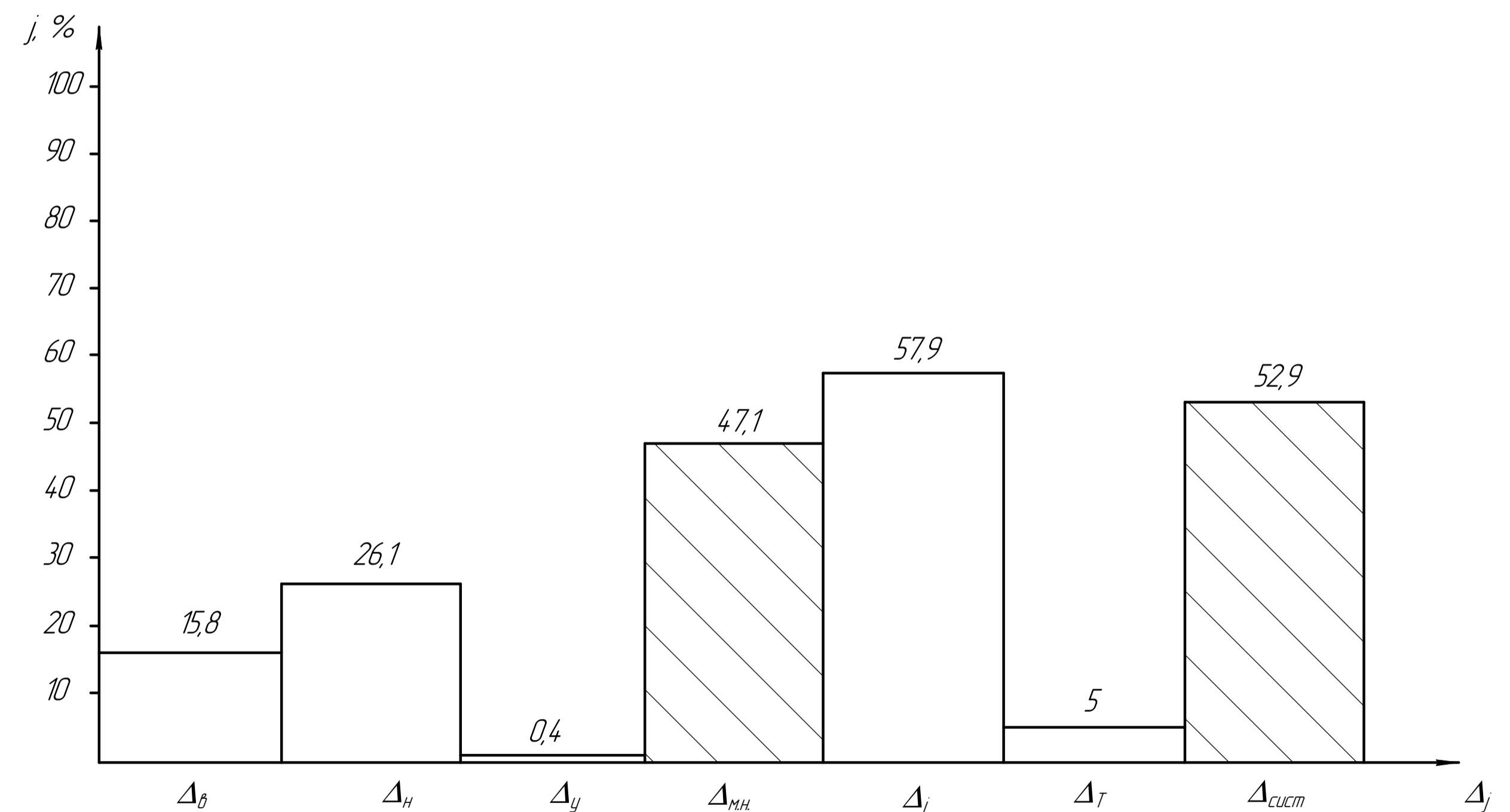
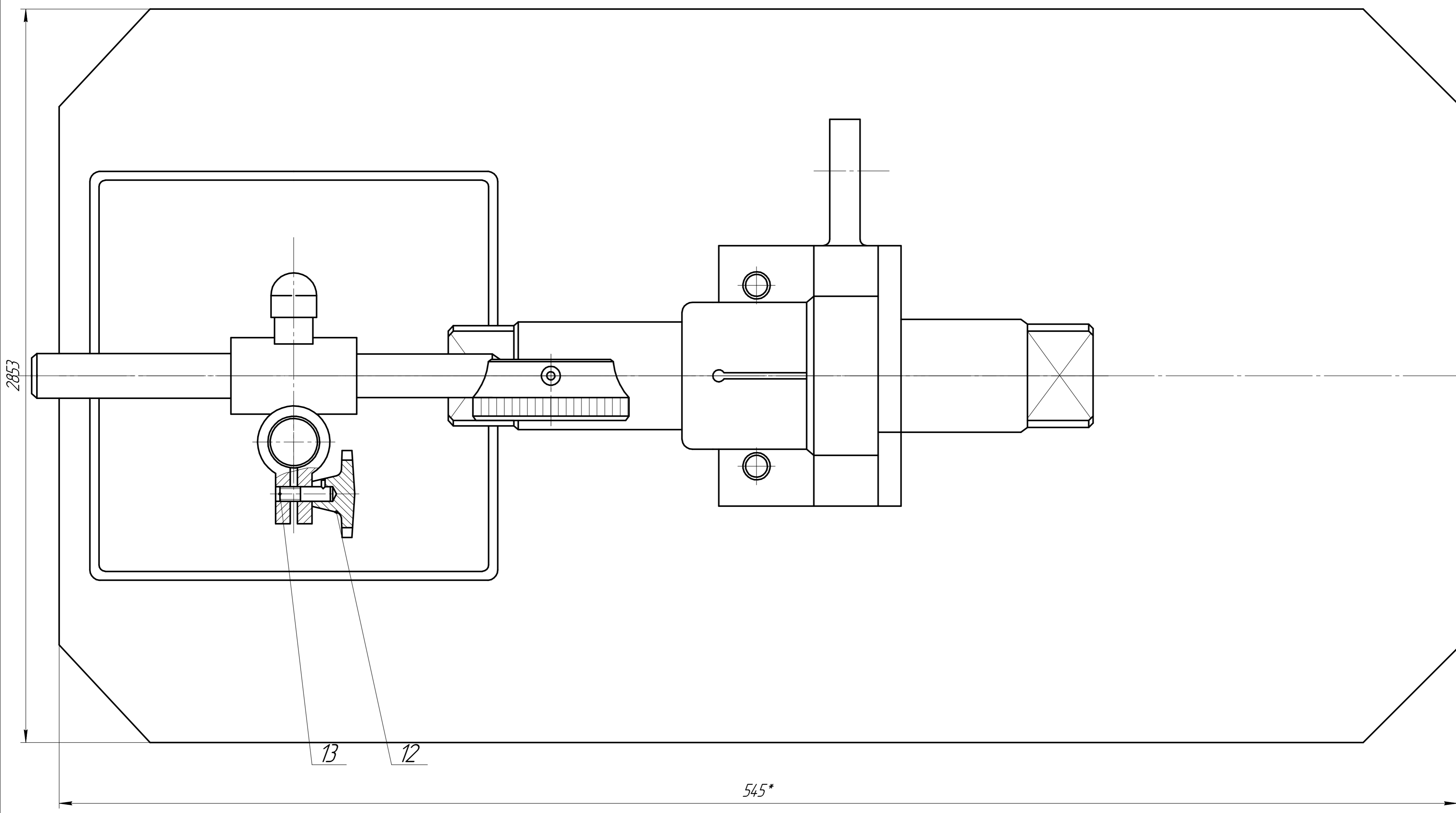
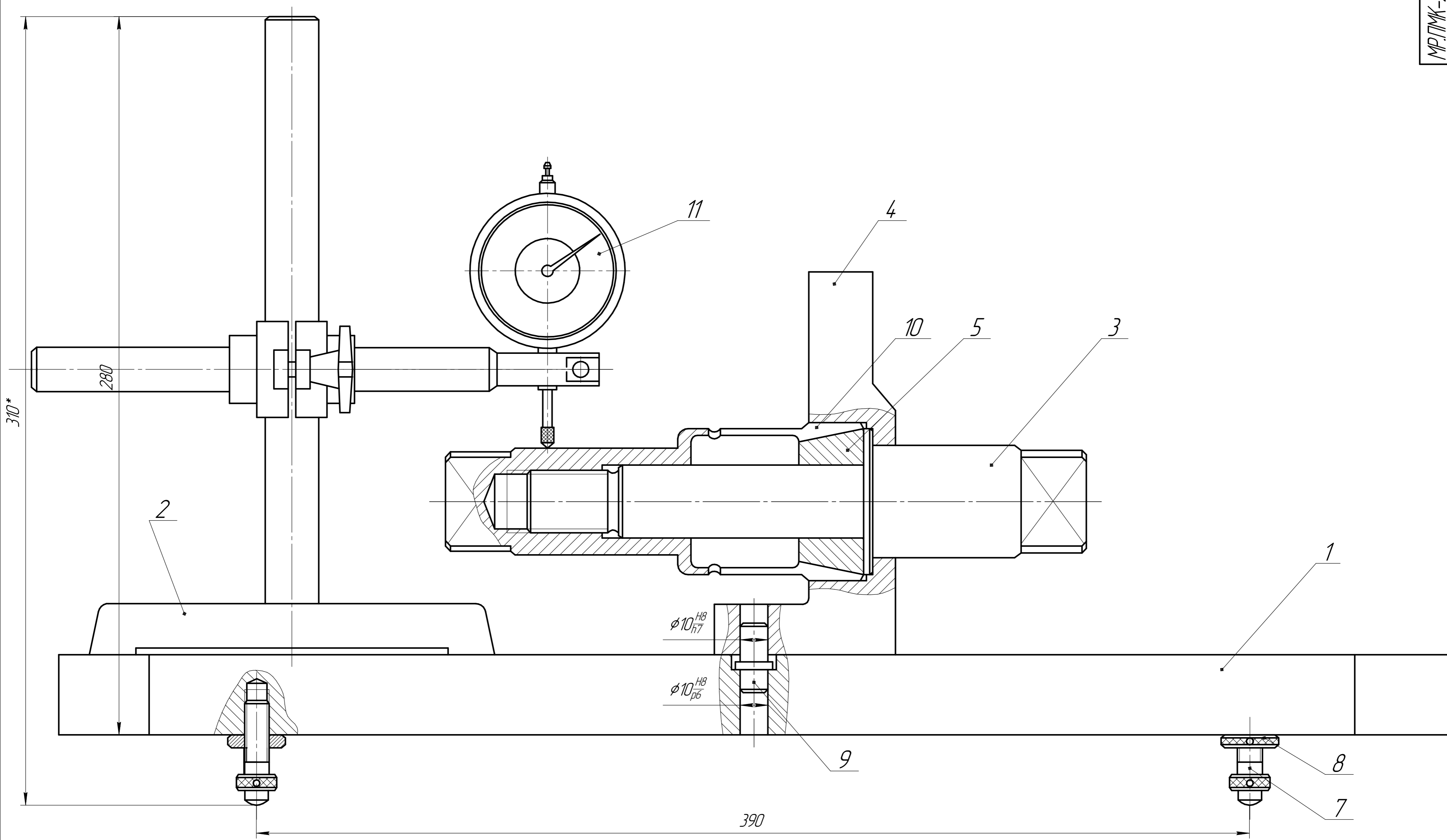


Рисунок 4 – Гістограма похибок обробки

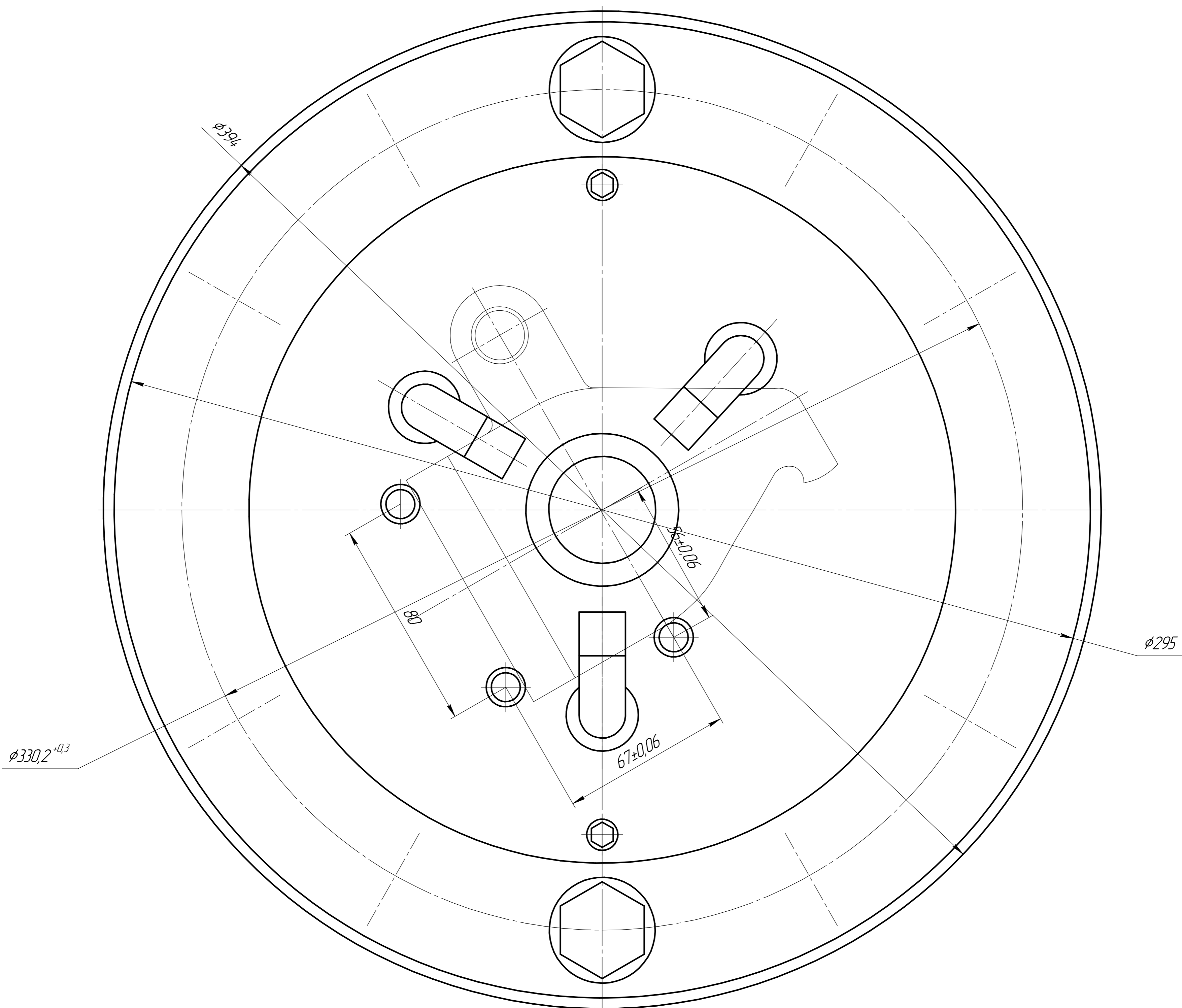
				МР.ПМК-28.00.00.000 СК		
Зм.	Арх.	№ док.м.	Підп.	Дата	Графічний аналіз точності обробки	
Розроб.	Заварія А.І.				Лист	Маса
Перев.	Костюк Н.О.					1:1
Т.контр.	Костюк Н.О.				Архив	Архив
Реценз.						1
Н.контр.	Костюк Н.О.				ІФНТУНГ	
Затв.	Ланчук В.Г.				ПМКМ-20-1	



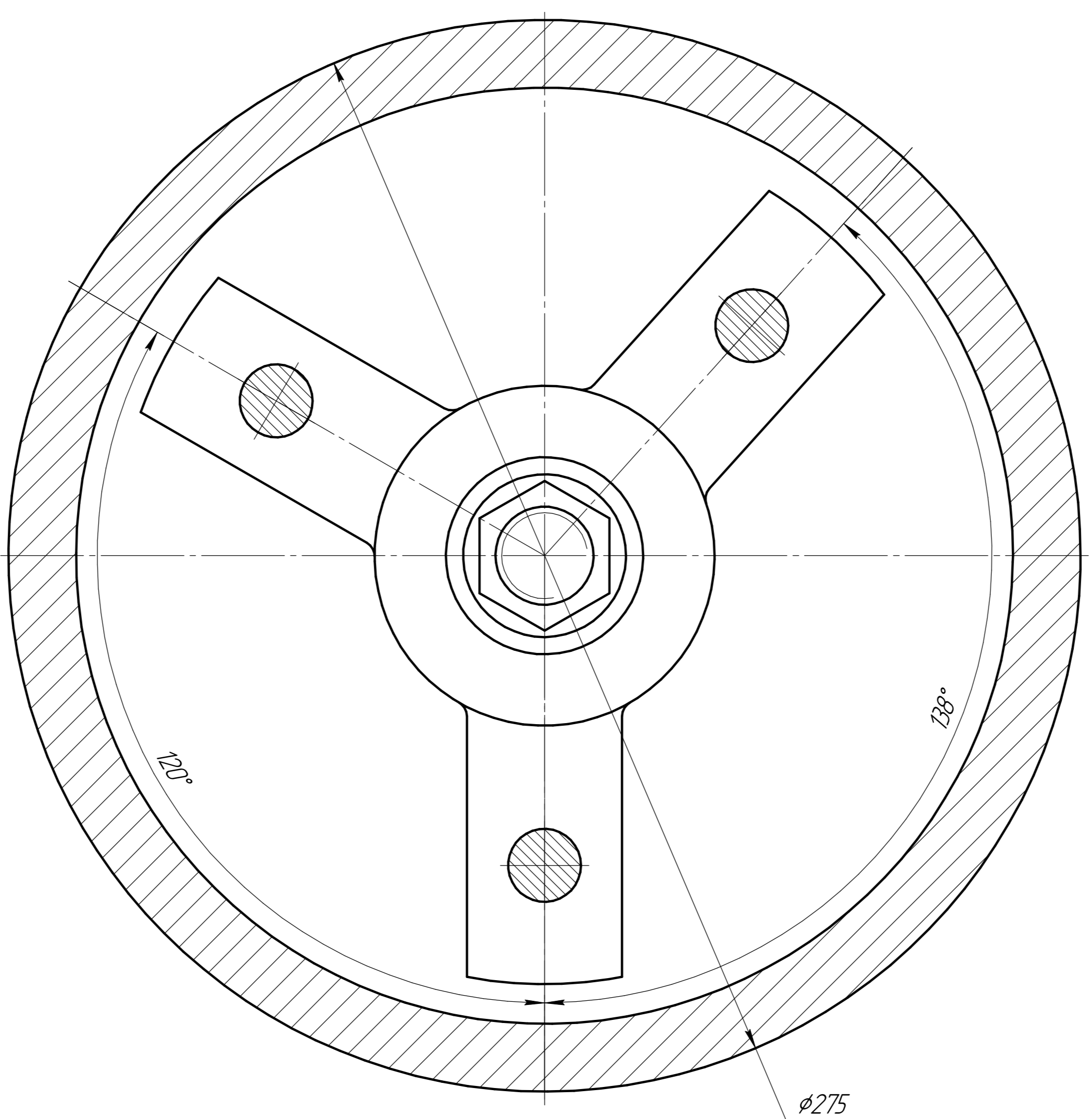
- 1. *Размери для довідок.
- 2. Похибка вимрювання: $\Delta=16\text{мкм}$.
- 3. Похибка індикатора: $\Delta=9,5\text{мкм}$.

					МР.ПМК-28.00.00.000 СК			
Зм.	Арж.	№ док.	Підп.	Дата	Пристрій для контролю паралельності вісі	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Захаря АІ							-
Перев.	КостюкНО					Арж.	Архив	1
Т.контр.	КостюкНО					ІФНТЧНГ		
Рецензент	КостюкНО					ПМКМ-20-1		
Інж.контр.	КостюкНО							
Залтв.	Панчик ВГ							

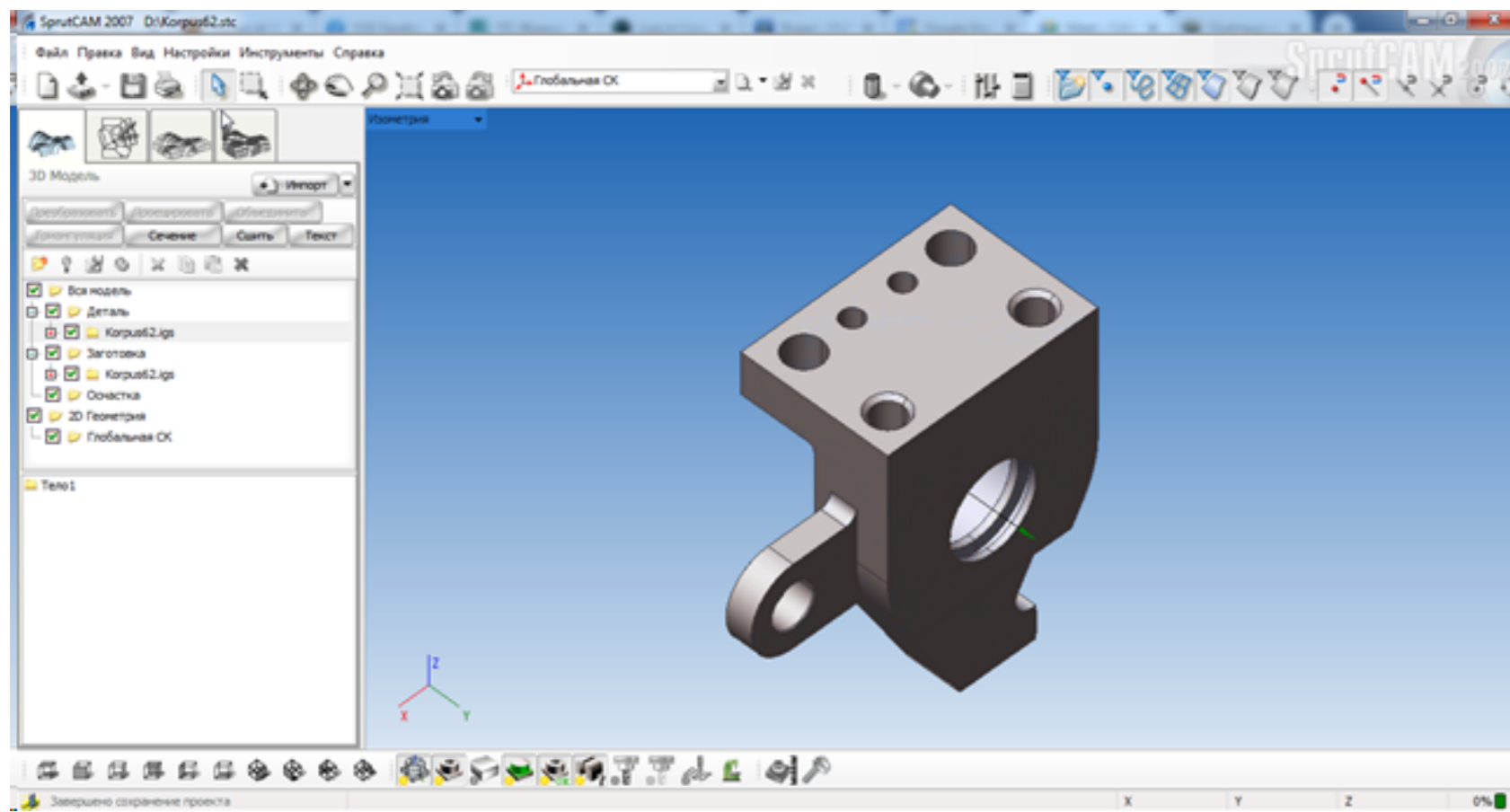
Вигляд Б



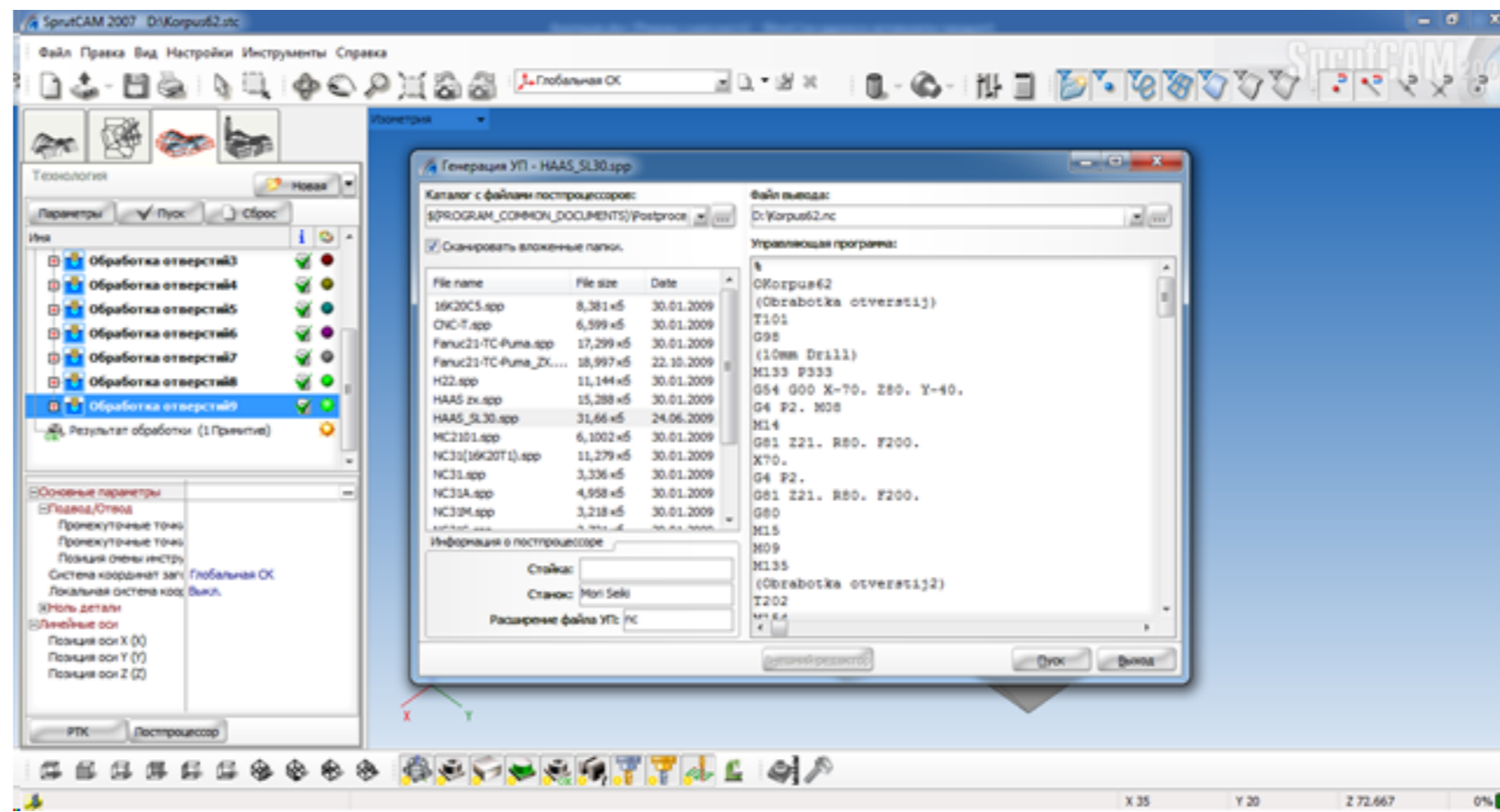
A-A



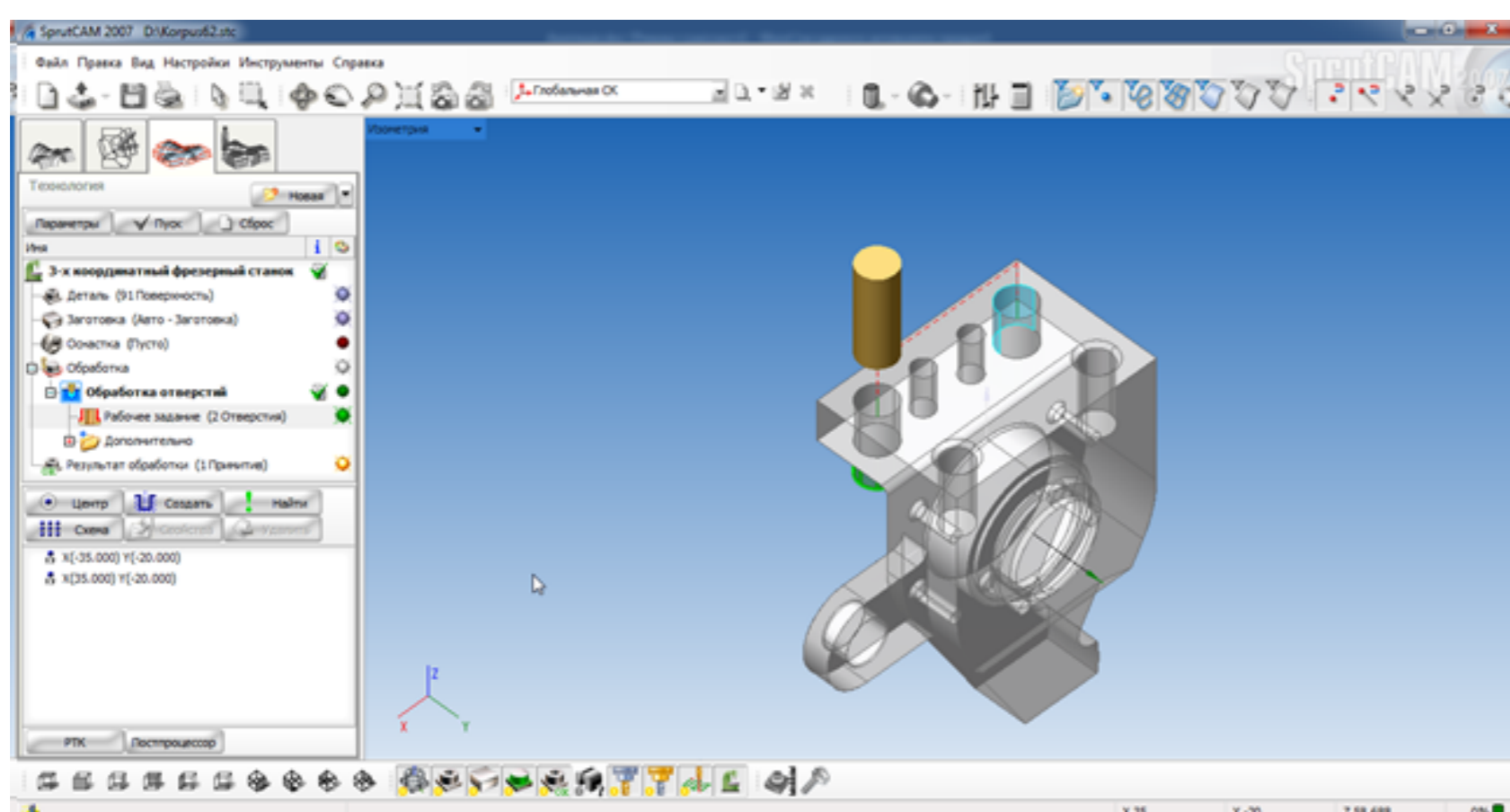
						МР.ПМК-28.00.00.000 СК				
Экз	Арх	№ док-м	Підп	Дата	Пристрій токальний			Лист	Маса	Масштаб
		Розроб	Захаря АІ							-
		Перев	Костюк НО					Архив	Архив	1
		Т.контр	Костюк НО					ІФНТЧНГ		
		Реценз	Костюк НО					ПМК-20-1		
		Ін-контр	Костюк НО							
		Затв	Панчик ВГ							



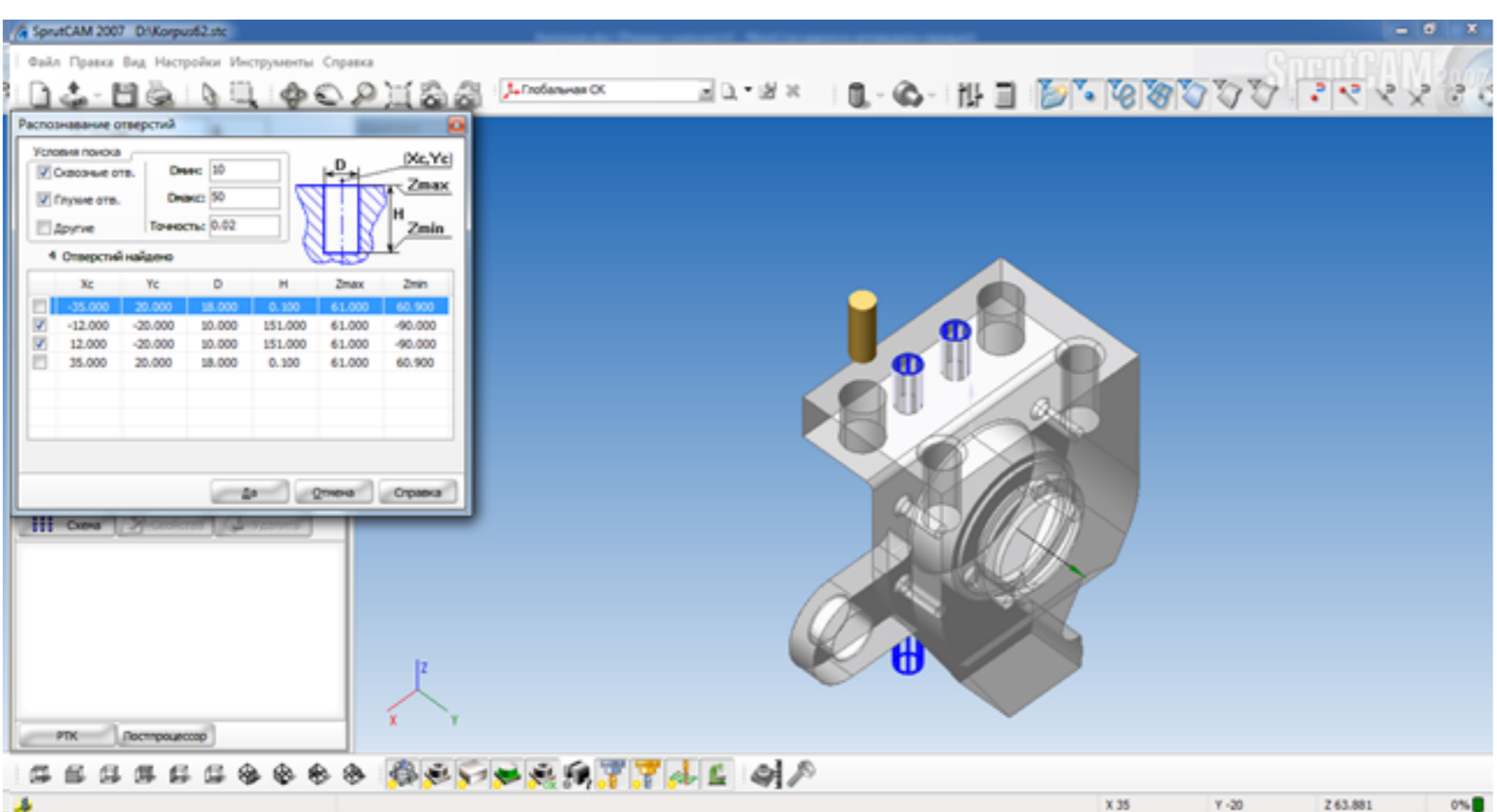
3D-модель деталі, імпортована у систему Sprut-CAM



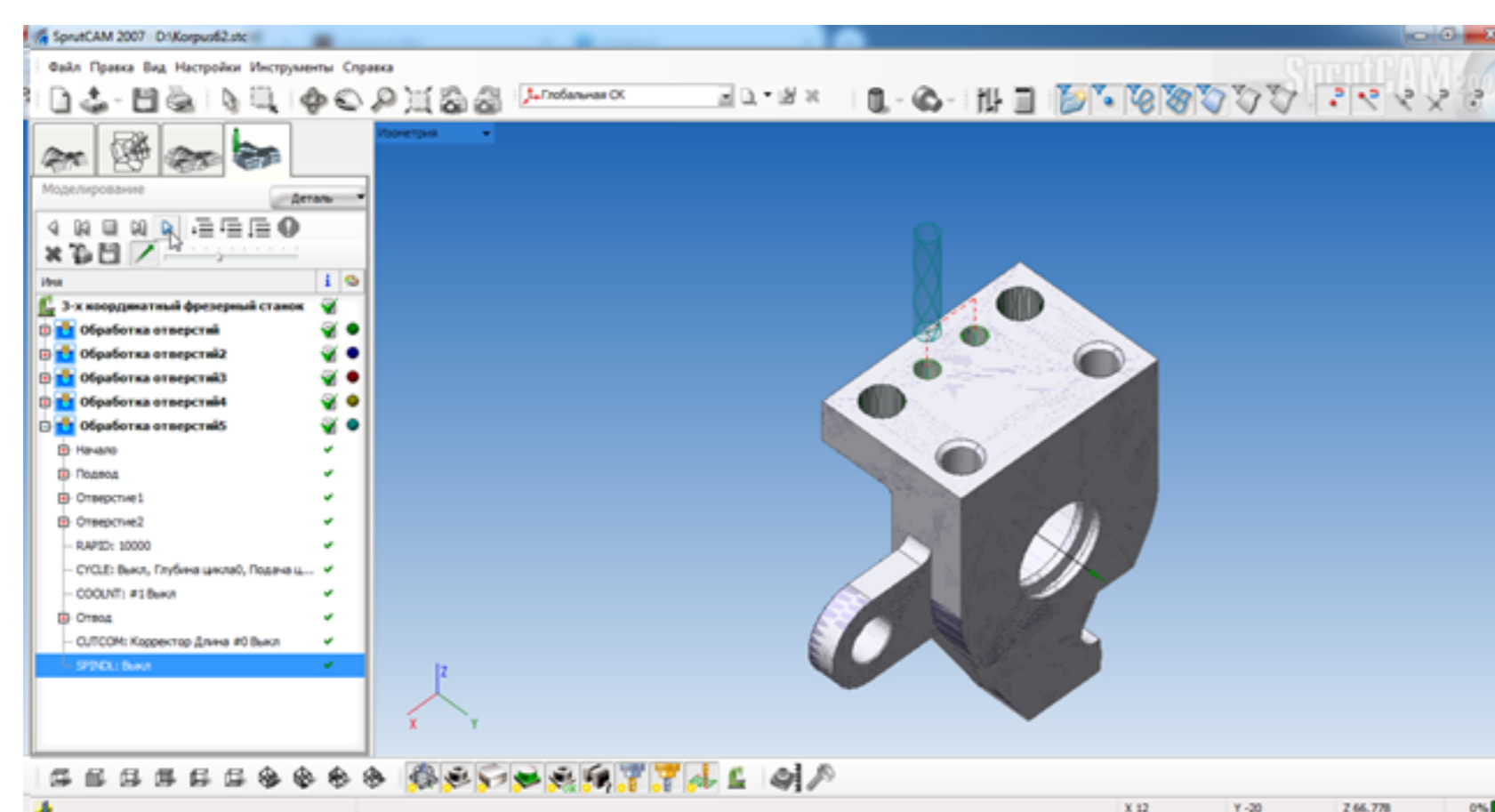
Генерування керуючої програми для ЧПК



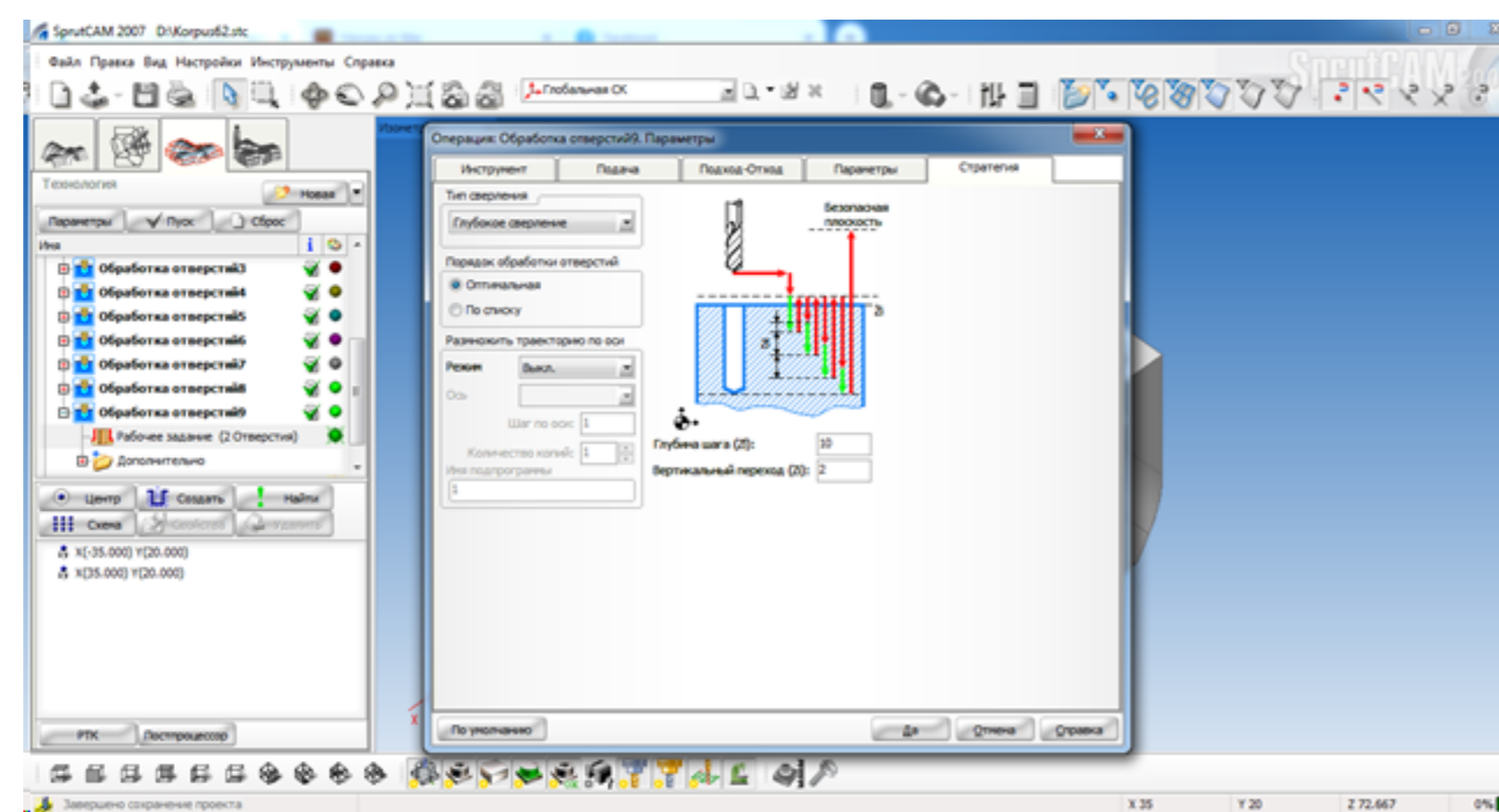
Проектування свердління отворів $\phi 17$



Програмне визначення координат отворів $\phi 9,8$



Моделювання розвірчування отворів



Задання параметрів нарізання різьби

Керуюча програма для ЧПК

```

%
OKorpus62
(Obrabotka otverstij)
T101
G98
(17mm Drill)
M133 P333
G54 G00 X-70. Z80. Y-40.
G4 P2. M08
M14
G81 Z21. R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z21. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M135
(Obrabotka otverstij2)
T202
M154
G00 C0.
(20mm Drill)
M133 P333
G00 X-70.
G4 P2. M08
M14
G81 Z59.4 R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z59.4 R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij3)
T303
(9,6mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M135
(Obrabotka otverstij4)
T404
M154
G00 C0.
(9,96mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij5)
T505
M154
G00 C0.
(10mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z25. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z25. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij6)
T202
M154
G00 C0.
(20mm Drill)
M133 P333
G00 X-24.
G4 P2. M08
M14
G81 Z60. R80. F200.
X24.
G4 P2.
G81 Z60. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij7)
T606
(14mm Drill)
M133 P333
G00 X-70. Y40.
G4 P2. M08
M14
G81 Z28. R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z28. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M135
(Obrabotka otverstij8)
T202
(20mm Drill)
M133 P333
G00 X-70.
G4 P2. M08
M14
G81 Z59. R80. F200.
X70.
G4 P2.
G81 Z59. R80. F200.
G80
M15
M09
M135
M155
(Obrabotka otverstij9)
T707
M154
G00 C0.
(16mm Drill)
M133 P333
G00 X-70.
G4 P2. M08
M14
G83 Z26.381 R80. F200. J80. P0.5 Q2.
X70.
G4 P2.
G83 Z26.381 R80. F200. J80. P0.5 Q2.
G80
M15
M09
M135
M155
G28
M30
%
    
```

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31
Лист № 32
Лист № 33
Лист № 34
Лист № 35
Лист № 36
Лист № 37
Лист № 38
Лист № 39
Лист № 40
Лист № 41
Лист № 42
Лист № 43
Лист № 44
Лист № 45
Лист № 46
Лист № 47
Лист № 48
Лист № 49
Лист № 50

				МР.ПМК-28.00.00.000 СК		
				Керуюча програма для верстату ЧПК		
Мен. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Захаря АІ					1:1
Проб.	КостякНІО					
Т.контр.	КостякНІО					
Інконтр.	КостякНІО					
Зна.	Панчук ВГ.					
				ІФНТУНГ ПМКН-20-1 Формат А1		

Копіювати