

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Циклова комісія машинобудівних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
фахового молодшого бакалавра

на тему:

Розробка і техніко-економічне обґрунтування
технологічного процесу механічної обробки деталі
«Корпус» 26.КВР.400.13.00.000

Виконав: студент IV курсу, групи МГ-400
спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”
Тихого Андрія Ярославовича

Керівник: _____ Оксана КОБЕЛЬНИК

Рецензент: _____

Тернопіль – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення _____ транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія _____ машинобудівних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ фаховий молодший бакалавр
Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії

Ігор ГЕНИК

(прізвище, ім'я, по батькові)

“ _____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Тихому Андрію Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розробка і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» 26.КВР.400.13.00.000

Керівник роботи _____ Кобельник Оксана Степанівна _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від “ _____ ” _____ 2026 року № _____ .

Термін подання студентом роботи _____ 15.06.2026р.

Вихідні дані до роботи креслення деталі, річний випуск деталей 10000 штук

Зміст розрахунково-пояснювальної записки _____

1 Загальна частина

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь

1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

1.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

2 Технологічна частина

2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу

2.1.1 Вибір технологічних операцій

2.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання

2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів

2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП

2.2.1 Вибір технологічних переходів

2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту)

2.2.3 Розрахунок режимів різання

2.2.4 Розрахунок технічних норм часу

3 Вибір та обґрунтування пристосування на операцію

3.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

3.2 Схема базування та розрахунок похибки базування

3.3 Розрахунок зусиль затиску

4 Економічна частина

4.1 Обсяг інвестицій для реалізації проекту технологічного процесу

4.2 Розрахунок собівартості обробки заданої деталі

4.3 Визначення економічної ефективності впровадження розробленого проекту технологічного процесу

5 Охорона праці та безпеки життєдіяльності

5.1 Характеристика виробничої ділянки з точки охорони праці

5.2 Заходи з покращення умов праці на виробничій ділянці

Перелік графічного матеріалу:

1. Креслення заготовки - 1 лист А2;
2. Креслення деталі - 1 лист А2;
3. Карта наладки - 1 лист А1;
4. Креслення пристосування - 1 лист А1;
5. РТК - 1 лист А1;

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Оксана КУЩАК, викладач	_____ (підпис) _____ (дата)	_____ (підпис) _____ (дата)
Охорона праці	Ігор ОКІПНИЙ	_____ (підпис) _____ (дата)	_____ (підпис) _____ (дата)

Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	20.05.2026	
2	Технологічна частина	27.05.2026	
3	Економічна частина	05.06.2026	
4	Охорона праці	10.06.2026	
5	Графічна частина	15.06.2026	

Студент

(підпис)

Андрій ТИХИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Оксана КОБЕЛЬНИК

АНОТАЦІЯ

Тихий А. Я. Розробка і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» 26.КВР.400.13.00.000: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026, ___ с.

У роботі розглянуто розробку технологічного процесу виготовлення деталі з використанням сучасних засобів автоматизованого виробництва. Проведено аналіз конструкції деталі, виконано вибір матеріалу та визначено характеристики заготовки. Технологічний процес передбачає застосування верстатів з програмним керуванням.

Ключові слова: кваліфікаційна робота, верстати з програмним керуванням, технологічний процес виготовлення деталі, заготовка, машинобудування.

ANNOTATION

Tykhyy A. Development and feasibility study of the technological process of mechanical processing of the part "Casing" 26.KVR.400.13.00.000: qualification work for obtaining the educational and professional degree of a professional junior bachelor in the specialty 133 Industrial mechanical engineering. Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026, ___ p.

The work considers the development of a technological process for manufacturing a part using modern automated production equipment. The analysis of the part design was carried out, the material was selected, and the characteristics of the workpiece were determined. The technological process involves the use of software-controlled machines.

Keywords: qualification work, CNC machines, technological process of manufacturing parts, workpiece, mechanical engineering.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі	8
1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь	8
1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей	12
1.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу	19
2.1.1 Вибір технологічних операцій	19
2.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання	20
2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів	20
2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП	22
2.2.1 Вибір технологічних переходів	22
2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірною інструменту	23
2.2.3 Розрахунок режимів різання	30
2.2.4 Розрахунок технічних норм часу	37
3 ВИБІР ТА ОБґРУНТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ НА ОПЕРАЦІЮ	44
3.1 Призначення, будова та принцип роботи пристосування	44
3.2 Схема базування та розрахунок похибки базування	45
3.3 Розрахунок зусиль затиску	46
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	50
4.1 Обсяг інвестиції та реалізації проекту технологічного процесу	50
4.2 Розрахунок собівартості обробки заданої деталі	54

					26.КВР.400.13.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» 26.КВР.400.13.00.000 Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Тихий						5	
Перевір.	Кобельник							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								ВСП ТФК ТНТУ МГ-400 м. Тернопіль

4.3 Визначення економічної ефективності впровадження розробленого проекту технологічного процесу	57
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	61
5.1 Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці	61
5.2 Заходи покращення умов праці на виробничій дільниці	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
Специфікація на пристосування	
Додатки	

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Деталі типу «Корпус» належать до відповідальних елементів машин і механізмів, які виконують функцію базових та несучих конструкцій. Вони забезпечують точне розміщення робочих вузлів, сприймають механічні навантаження та впливають на стабільність роботи обладнання в цілому. Характерною особливістю корпусних деталей є складна форма, наявність великої кількості поверхонь різного призначення, отворів, базових площин та підвищені вимоги до точності їх обробки. Це обумовлює необхідність раціонального вибору заготовки, технологічних баз, способів механічної обробки, ріжучого інструменту та оснащення.

Основною метою кваліфікаційної роботи є проектування раціонального технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» для умов середньосерійного виробництва. Розроблений процес повинен забезпечувати необхідну точність виготовлення, високу якість оброблених поверхонь, продуктивність праці та економічну доцільність виробництва.

Для реалізації поставленої мети у роботі проведено аналіз конструкції та технологічності деталі, визначено тип виробництва і обґрунтовано вибір способу отримання заготовки. На основі виконаного аналізу сформовано маршрут механічної обробки, підібрано металорізальне обладнання, ріжучий, допоміжний та контрольно-вимірювальний інструмент. Також виконано розрахунок режимів різання та технічних норм часу для основних технологічних операцій.

У процесі розроблення технологічного процесу особлива увага приділялась забезпеченню стабільної точності обробки, скороченню тривалості виробничого циклу, підвищенню продуктивності праці та ефективному використанню виробничих ресурсів. Запропоновані технологічні рішення можуть бути використані на машинобудівних підприємствах під час виготовлення корпусних деталей аналогічного призначення та сприятимуть підвищенню ефективності виробництва.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі.

Дана деталь «Корпус» у відповідності із класифікатором ЄСКД відноситься до класу 73 – не тіла обертання: корпусні, опорні, ємкісні.

До основних поверхонь даної деталі відносяться наступні поверхні: зовнішні торцеві поверхні 39; 40; Rz 50; зовнішні поверхні 100; 300; Rz 50 – призначені для правильного взаємного розміщення, суміщення та встановлення елементів конструкції виробу; криволінійний торцевий паз $b=4H14(+0,3)$; $4\pm 0,1$; Ra 12,5 – призначений для встановлення в ньому ущільнювача; різевий наскрізний отвір M4-7H; $l=10\pm 1$; $9,5\pm 0,2$; Ra 6,3; два різевих глухих отвори M4-7H; $l=10\text{min}$; $7\pm 0,1$; Ra 6,3 – для кріплення світлорозсіювача та гвинта заземлення. Різовий глухий отвір M4-7H; $l=5\text{min}$; $35\pm 0,2$; Ra 6,3 – для кріплення клемної колодки. Два наскрізних отвори $\varnothing 6,4\pm 0,36$; $l=4$; $180\pm 0,5$; Ra 12,5 – для кріплення світильника на опорну поверхню гвинтами, болтами; чотири різевих глухих отвори M4-7H; $l=5\text{min}$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; Ra 6,3 – для кріплення блоку управління (драйвера); шість глухих отворів $\varnothing 3,7\pm 0,16$; $l=6,5\pm 1$; $142\pm 0,5$; $36\pm 0,2$; Ra 12,5; різевий глухий отвір M3-7H; $l=5\text{min}$; $21,25\pm 0,2$; Ra 6,3 – для кріплення плати світлодіодів; боковий наскрізний отвір $\varnothing 16,5\pm 0,018$; $27,5\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$; Ra 2,5 – для кріплення сальника; ступінчастий отвір $\varnothing 20\pm 0,52$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$; отвір наскрізний $\varnothing 14\pm 0,43$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$; Ra 12,5 – для встановлення заглушки.

Всі решта поверхонь є другорядними.

1.2 Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.

Провівши технологічний контроль креслення з точки зору точності і шорсткості поверхонь, точності форми та розташування поверхонь, присвоюємо поверхням деталі номера (рисунок 1.1) та виконуємо аналіз технічних вимог на її виготовлення. Результати аналізу зводимо в таблицю 1.1.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

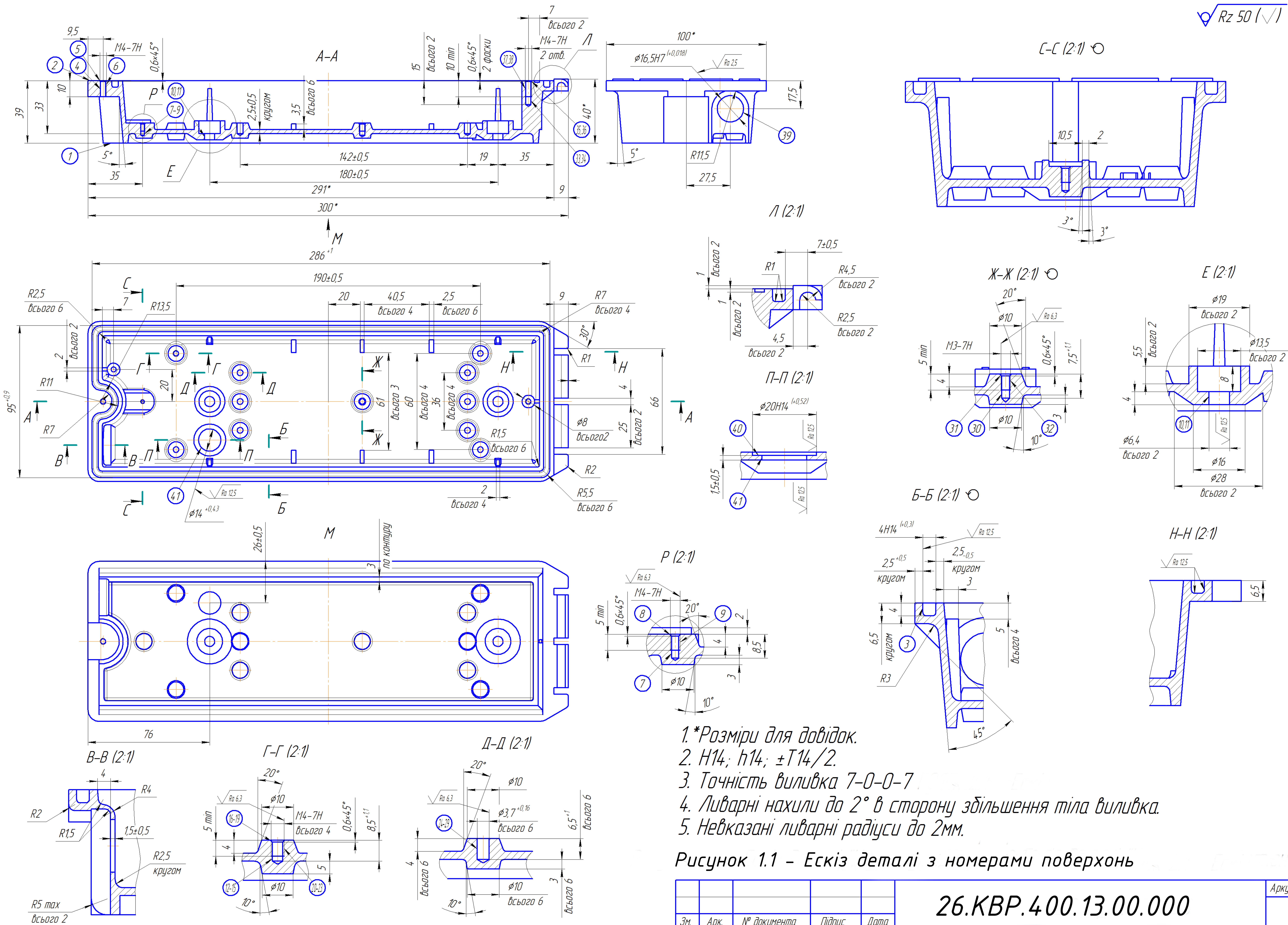
Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхонь	Зміст технічних вимог	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1, 2	Зовнішні торцеві поверхні 39; 40; 100; 300	7 клас точності розмірів і мас	Rz 50
3	Криволінійний торцевий паз $b=4H14^{(+0,3)}$; $4\pm 0,1$	14	Ra 12,5
4	Наскрізний отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10^{+1}$; $9,5\pm 0,2$	13	Ra 6,3
5	Внутрішня фаска $0,6\times 45^\circ$; $9,5\pm 0,2$	14	Ra 12,5
6	Різовий наскрізний отвір М4-7Н; $l=10^{+1}$; $9,5\pm 0,2$	(7)	Ra 6,3
7	Глухий отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $35\pm 0,2$	13	Ra 6,3
8	Внутрішня фаска $0,6\times 45^\circ$; $35\pm 0,2$	14	Ra 12,5
9	Різовий глухий отвір М4-7Н; $l=5\text{ min}$; $35\pm 0,2$	(7)	Ra 6,3
10, 11	Два наскрізних отвори $\varnothing 6,4^{+0,36}$; $l=4$; $180\pm 0,5$	14	Ra 12,5
12, 13, 14, 15	Чотири глухі отвори під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$	13	Ra 6,3
16, 17, 18, 19	Чотири внутрішні фаски $0,6\times 45^\circ$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$	14	Ra 12,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
20, 21, 22, 23	Чотири різевих глухих отвори М4-7Н; l=5min; 190±0,5; 60±0,2	(7)	Ra 6,3
24, 25, 26, 27, 28, 29	Шість глухих отворів Ø3,7 ^{+0,16} ; l=6,5 ⁺¹ ; 142±0,5; 36±0,2	13	Ra 6,3
30	Глухий отвір Ø2,5 ^{+0,14} ; l=7,5 ^{+1,1} ; 21,25±0,2 під різь М3-7Н	13	Ra 6,3
31	Внутрішня фаска 0,6×45°; 21,25±0,2	14	Ra 12,5
32	Різовий глухий отвір М3-7Н; l=5min; 21,25±0,2	(7)	Ra 6,3
33,34	Два глухих отвори під різь М4-7Н Ø3,3 ^{+0,16} ; l=15 ⁺¹ ; 7±0,1	13	Ra 6,3
35, 36	Дві внутрішні фаски 0,6×45°; 7±0,1	14	Ra 12,5
37, 38	Два різевих глухих отвори М4-7Н; l=10min; 7±0,1	(7)	Ra 6,3
39	Боковий наскрізний отвір Ø16,5 ^{+0,018} ; 27,5±0,2; 17,5±0,2	7	Ra 2,5
40	Отвір Ø20 ^{+0,52} ; 26±0,5; 76±0,5	14	Ra 12,5
41	Отвір наскрізний Ø14 ^{+0,43} ; 26±0,5; 76±0,5	7	Ra 1,6

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



1. *Розміри для довідок.
2. H14; h14; ±T14/2.
3. Точність виливка 7-0-0-7.
4. Ливарні нахили до 2° в сторону збільшення тіла виливка.
5. Невказані ливарні радіуси до 2мм.

Рисунок 1.1 - Ескіз деталі з номерами поверхонь

26.KBP.400.13.00.000					Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

1.3 Визначення типу виробництва і величини партії деталей

Тип виробництва встановлюємо виходячи із річної програми випуску передбаченої завданням $N = 10\ 000$ шт. і маси деталі $m = 0,47$ кг

Отже, попередній тип виробництва – середньосерійний.

Організаційно-технологічні характеристики середньосерійного типу виробництва:

- форма організації виробничого процесу – предметно-потокова;
- повторюваність партій (серій) – по ходу технологічних процесів;
- ступінь деталізації технологічних процесів – більш детальні технологічні розробки (маршрутно-операційні і операційні технологічні процеси).

Для верстатів з ЧПК – докладні;

- технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване, спеціальне, верстати з ЧПК;
- технологічне оснащення – універсально-налагоджувальні, спеціалізовані налагоджувальні і збірно-розбірні пристрої;
- різальний інструмент – універсальний і спеціальний;
- вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент;

види заготовок – прокат, виливки за металевими моделями, штампування.

Величину оптимальної партії деталей визначаємо за формулою [1] С.16:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \text{ (шт.) ;} \quad (1.1)$$

де a – необхідний запас деталей на склад для безперебійної роботи складального цеху. Для середніх деталей $a=5$; для дрібних деталей $a=10-12$ днів.

N – річна програма випуску, шт. $N_{\text{річ}} = 10000$ шт.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

F – число робочих днів у році ; $F = 250$ днів (при двох днях відпочинку)

$$n = \frac{10000 \cdot 5}{250} = 200 \text{ штук.}$$

Отже величина партії деталей становить $n=200$ шт. при роботі в одну зміну.

1.4 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Приймаємо метод отримання заготовки з урахуванням конструктивних особливостей деталі, її форми, габаритних розмірів, матеріалу та службового призначення. При виборі способу виготовлення враховуються також вимоги до точності геометричних параметрів, шорсткості поверхні та мінімізації припусків на механічну обробку.

З огляду на умови середньосерійного типу виробництва доцільно застосувати лиття під тиском, яке забезпечує високу точність вилівка, хорошу повторюваність розмірів, зменшення товщини стінок і маси деталі, а також скорочення трудомісткості подальшої механічної обробки. Такий метод сприяє підвищенню економічної ефективності виготовлення та покращенню якості готової продукції.

Встановлюємо клас точності розмірів і мас, ряд припусків на механічну обробку вилівоків по ДСТУ 8981:2020 згідно таблиці [7] С. 57, табл. Е 8.2.

Для отримання заготовки – лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1.

Для проведення розрахунку маси заготовки необхідно визначити її розміри, для цього назначаємо табличним методом загальні припуски на механічну обробку її поверхонь. Встановлені загальні табличні припуски заносимо в таблицю 1.2.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.2 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) лиття під тиском: клас точності розмірів і мас – 7 клас; ряд припусків на механічну обробку – 1				
Зовнішня торцева поверхня 300	Rz50	1,6	Не підлягає механічній обробці	300±0,8
Зовнішня торцева поверхня 40	Rz50	0,9	Не підлягає механічній обробці	40±0,45
Зовнішня торцева поверхня 100	Rz50	1,1	Не підлягає механічній обробці	100±0,55
Зовнішня торцева поверхня 291	Rz50	1,6	Не підлягає механічній обробці	291±0,8
Наскрізний отвір Ø16,5H7(+0,018); l=1,5; 27,5±0,26; 17,5±0,22	Ra2,5	0,8	1,4 × 2 = 2,8	Ø13,7±0,4
Отвір наскрізний Ø14 ^{+0,43}	Ra 12,5	0,7	1,0 × 2 = 2,0	Ø12±0,35

Згідно отриманих даних, зазначених в таблиці 1.2, викреслюємо ескіз заготовки (рисунок 1.2).

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} \quad (1.4)$$

$$V_{\text{пр}} = B \cdot L \cdot H, \quad (1.5)$$

де D – діаметральний розмір, мм;

B – ширина, мм;

L – довжина, мм;

H – висота припуску, мм.

Визначаємо об'єм припусків

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (16,5^2 - 13,7^2) \cdot 1,5}{4} = 0,1 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (14^2 - 12^2) \cdot 1,5}{4} = 0,061 \text{ см}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot (20^2 - 12^2) \cdot 1}{4} = 0,311 \text{ см}^3$$

$$V_4 = 2 \cdot (\pi \cdot 6,4^2 \cdot 1,5) / 4 = 0,26 \text{ см}^3$$

$$V_5 = 5 \cdot (\pi \cdot 4^2 \cdot 8,5) / 4 = 0,534 \text{ см}^3$$

$$V_6 = 2 \cdot (\pi \cdot 6^2 \cdot 15) / 4 = 0,377 \text{ см}^3$$

$$V_7 = (\pi \cdot 4^2 \cdot 10) / 4 = 0,126 \text{ см}^3$$

$$V_8 = 6 \cdot (\pi \cdot 3,7^2 \cdot 6,5) / 4 = 0,42$$

$$V_9 = (\pi \cdot 3^2 \cdot 7,5) / 4 = 0,053 \text{ см}^3$$

$$V_{10} = 4 \cdot 4 \cdot 766,8 = 12269,23 \text{ мм}^3 = 12,27 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр1}} = \sum V_{\text{прi}};$$

$$\sum V_{\text{пр1}} = 0,1 + 0,061 + 0,311 + 0,26 + 0,534 + 0,377 + 0,126 + 0,42 + 0,053 + 12,27 = 14,51 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$m_{\text{пр1}} = 14,51 \cdot 2,6 = 37,73 \text{ г} = 0,04 \text{ кг};$$

$$\text{Визначаємо масу заготовки: } Q = 0,47 + 0,04 = 0,51 \text{ кг};$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q} \quad (1.6)$$

де $q = 0,47$ кг – маса деталі;

Q – маса заготовки, кг;

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{0,47}{0,51} = 0,92$$

Визначаємо собівартість виливка за формулою:

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{C_6 \cdot Q_i \cdot K_{\Pi}}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000} \quad (1.7)$$

де $C_6 = 250\,000$ грн. – базова ціна 1 т. виливок згідно [4] С. 357;

$S_{\text{відх.}} = 8285$ – базова ціна 1 т. відходів згідно [4] С. 357;

Q_i – маса заготовки, кг;

$q = 0,47$ кг – маса деталі;

K_{Π} – загальний поправочний коефіцієнт на собівартість виливка;

$$K_{\Pi} = K_{\text{ТВ}} \cdot K_{\text{СВ}} \cdot K_{\text{МВ}} \cdot K_{\text{ПМВ}} \cdot K_{\text{СТ}}, \quad (1.8)$$

де $K_{\text{ТВ}}$ – коефіцієнт точності розмірів; $K_{\text{ТВ}} = 1,32$

$K_{\text{СВ}}$ – коефіцієнт конструктивної та технологічної складності виливка; $K_{\text{СВ}} = 1,0$

$K_{\text{МВ}}$ – коефіцієнт марки матеріалу; $K_{\text{МВ}} = 4,36$

$K_{\text{ПМВ}}$ – коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення та маси виливка;

$K_{\text{ПМВ}} = 1,13$

$K_{\text{СТ}}$ – коефіцієнт відносного потоншення стінок виливка; $K_{\text{СТ}} = 1,0$

Тоді загальний поправочний коефіцієнт на собівартість виливка буде становити:

$$K_{\Pi} = 1,32 \cdot 1,0 \cdot 4,36 \cdot 1,13 \cdot 1,0 = 6,5$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Знайдені числові значення підставляємо у формулу (1.7) та отримаємо собівартість виливку

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{250000 \cdot 0,51 \cdot 6,5}{1000} \right) - (0,51 - 0,47) \cdot \frac{8285}{1000} = 825 \text{ грн}$$

Визначаємо технологічну собівартість деталі як суму технологічної собівартості заготовки $C_{\text{заг.і}}$ і технологічної собівартості механічної обробки $C_{\text{м.о.}}$:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{заг.}} + C_{\text{м.о.}}, \quad (1.9)$$

де $C_{\text{д}}$ – технологічна собівартість деталі, грн.;

$C_{\text{заг}}$ – собівартість заготовки, грн.;

$C_{\text{м.о.}}$ – собівартості механічної обробки, грн.

Визначення собівартості механічної обробки за даним методом зводиться до визначення затрат на перетворення в стружку припуску на механічну обробку даної заготовки:

$$C_{\text{м.о.}} = C_{\text{стр.}} \cdot (Q - q), \quad (1.10)$$

де $C_{\text{стр.}}$ – затрати на механічну обробку, віднесені до 1кг стружки у відповідності із галуззю машинобудування, для якої проектується технологічний процес. Враховуючи інфляційні процеси табличне значення витрат на механічну обробку $C_{\text{стр.}} = 495 \text{ грн/т} = 0,495 \text{ грн/кг}$ для загального машинобудування згідно таблиці [1] С.19, табл. 3.3.1.1 необхідно помножити на коефіцієнт інфляції $k = 20$.

Тоді, затрати на механічну обробку для загального машинобудування будуть складати: $C_{\text{стр.}} = 4,95 \cdot 20 = 99 \text{ грн/кг}$.

Визначаємо собівартість механічної обробки для першого типу заготовки, підставляючи числові значення у формулу (1.10):

$$C_{\text{м.о.}} = 99 \cdot (0,51 - 0,47) = 4 \text{ грн.}$$

Визначаємо технологічну собівартість деталі згідно формули (1.9):

$$C_{\text{д}} = 825 + 4 = 829 \text{ грн;}$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка маршрутного технологічного процесу

2.1.1. Вибір технологічних операцій

Враховуючи середньосерійний тип виробництва, технічні вимоги до оброблюваної деталі, а також керуючись основними принципами технологічного проектування — сталості та суміщення баз, послідовності обробки поверхонь і технологічної сумісності операцій — розробляється маршрут виготовлення деталі «Корпус».

Цей маршрут передбачає раціональне поєднання технологічних операцій, вибір оптимальних методів обробки та закріплення деталі, що забезпечує необхідну точність геометричних параметрів, високу якість оброблених поверхонь і стабільність розмірів у процесі серійного виготовлення. Особливу увагу приділено вибору технологічних баз, які визначають точність взаємного розташування елементів корпусу та спрощують його подальше складання у виробі.

Операція 005. Програмна з ЧПК

Операція 010. Свердлильна з ЧПК

2.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання та оснащення

Попередній вибір обладнання проводимо паралельно при розробці маршруту обробки деталі відповідно до типу виробництва – середньосерійного згідно таблиць [4] С.46, табл. 10; [4] С.20, табл. 11. Вибір здійснюємо використовуючи дані, наведені в літературі [4] С.66.

Результати роботи по даному пункту оформляємо у вигляді таблиці 2.1.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.1 – Вибір обладнання і оснащення

№ операції	Назва операції	Назва і модель верстату	Пристосування
1	2	3	4
005	Програмна з ЧПК	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПК мод. 21105Н7Ф4	Спеціальне пристосування з пневмозатиском з базуванням деталі по зовнішньому торцю 1 та зовнішній поверхні
010	Свердлильний з ЧПК	Свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2	Спеціальне пристосування з пневмозатиском двома прихватами з базуванням деталі по зовнішньо-му торцю 1 та зовнішній поверхні
015	Контроль		Стіл контролера

2.1.3 Визначення міжопераційних припусків і проміжних розмірів табличним методом

Проміжні припуски та розміри визначаємо починаючи від фінішного переходу до чорнового або заготовки в напрямленні зворотного ходу технологічного процесу обробки.

Припуски визначають дуже важливі в технології параметри проміжні розміри і залежно від яких приймаються різальні та вимірювальні інструменти, проектується оснащення, визначаються режими різання і норми часу.

Даний пункт виконуємо заповнюючи таблицю 2.2.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.2 – Розрахунок проміжних припусків і розмірів за таблицями

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Криволінійний торцевий паз $b=4H14^{(+0,3)}$; $4\pm 0,1$					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	Ra12,5	0,3	4	$4^{+0,3}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	–	–	Суцільний матеріал
Отвір наскрізний $\varnothing 14^{+0,43}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,43	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 14^{+0,43}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	0,7	–	$\varnothing 12\pm 0,35$
Отвір $\varnothing 20^{+0,52}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$					
Цекування	14	Ra12,5	0,52	$3,0 \times 2 = 6,0$	$\varnothing 20^{+0,52}$
Заготовка (попередньо оброблена поверхня)	14	Ra12,5	0,43	–	$\varnothing 14^{+0,43}$
Глухий отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$					
Свердління	13	Ra 6,3	0,16	$1,65 \times 2 = 3,3$	$\varnothing 3,3^{+0,16}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	–	–	Суцільний матеріал
Шість глухих отворів $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $l=6,5^{+1}$; $142\pm 0,5$; $36\pm 0,2$					
Свердління	13	Ra 6,3	0,16	$1,85 \times 2 = 3,7$	$\varnothing 3,7^{+0,16}$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	-	-	Суцільний матеріал
Глухий отвір $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=7,5^{+1,1}$; $21,25 \pm 0,2$ під різь М3-7Н					
Свердління	13	Ra 6,3	0,14	$1,25 \times 2 = 2,5$	$\varnothing 2,5^{+0,14}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	-	-	Суцільний матеріал
Наскрізний отвір $\varnothing 16,5H7^{(+0,018)}$					
Розвертання чистове	H7	Rz10	0,018	$0,05 \times 2 = 0,1$	$\varnothing 16,5^{+0,018}$
Розвертання чорнове	H9	Rz 12,8	0,043	$0,15 \times 2 = 0,3$	$\varnothing 16,4^{+0,043}$
Зенкерування	H12	Rz 40	0,18	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 16,1^{+0,18}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	Rz50	0,8	$1,4 \times 2 = 2,8$	$\varnothing 13,7 \pm 0,4$

2.2 Розробка операційної технології з використанням САПР ТП

2.2.1 Вибір технологічних переходів

У програмному середовищі технологічні переходи формуються на основі конструктивних особливостей деталі та вимог до точності й якості поверхонь. Система дозволяє автоматизовано призначати допуски та підбирати способи обробки залежно від типу поверхні й умов виробництва, що значно спрощує технологічне проектування. Основна увага приділяється раціональному формуванню послідовності основних і допоміжних переходів для забезпечення необхідної точності та продуктивності обробки (рисунок 2.1).

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

6. Свердлими послідовно вісім отворів 4, 7, 12-15, 33, 34 під різь М4-7Н по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10^{+1}$; $9,5\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15^{+1}$; $7\pm 0,1$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $35\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15^{+1}$; $7\pm 0,1$.
7. Свердлими послідовно два наскрізних отвори 10, 11 по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 6,4^{+0,36}$; $l=4$; $180\pm 0,5$.
8. Свердлими послідовно шість глухих отворів 24-29 по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $l=6,5^{+1}$; $142\pm 0,5$; $36\pm 0,2$.
9. Свердлими глухий отвір 30 під різь М3-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=7,5^{+1,1}$; $21,25\pm 0,2$.
10. Розсвердлими наскрізний отвір 41, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$.
11. Цекувати отвір 40, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,52}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$.
12. Зенкувати послідовно дев'ять фасок 5, 8, 16-19, 31, 35, 36 по програмі, витримуючи розміри $0,6\times 45^\circ$; $9,5\pm 0,1$; $35\pm 0,2$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; $36\pm 0,2$; $3,52\pm 0,1$; $180\pm 0,5$.
13. Нарізати різь 6, 9, 20-23, 37, 38 послідовно у восьми отворах по програмі, витримуючи розміри М4-7Н; $l=10^{+1}$; $9,5\pm 0,2$; $l=5\text{min}$; $35\pm 0,2$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$.
14. Нарізати різь 32 в отворі 30, витримуючи розміри М3-7Н; $l=5\text{min}$; $21,25\pm 0,2$.
15. Розкріпити деталь, зняти.
16. Перевірити розміри: $4^{+0,3}$; $4\pm 0,1$; $286^{+1,0}$; $95^{+0,9}$; $\varnothing 6,4^{+0,36}$; $180\pm 0,5$; $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $142\pm 0,5$; $36\pm 0,2$; $\varnothing 14^{+0,43}$; $\varnothing 20^{+0,52}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$; М4-7Н; $9,5\pm 0,2$; $35\pm 0,2$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; $60\pm 0,2$; М3-7Н; $21,25\pm 0,2$.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.2.2 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту

У програмному середовищі ADEM вибір ріжучого інструменту здійснюється за допомогою вбудованих бібліотек, у яких інструменти згруповані за видами обробки та призначенням. Система дозволяє швидко підбирати необхідне оснащення, а також створювати й зберігати власні інструменти із заданими параметрами. Це спрощує підготовку технологічного процесу та підвищує зручність роботи. Приклад вибору інструменту в середовищі ADEM наведено на рисунку 2.2.

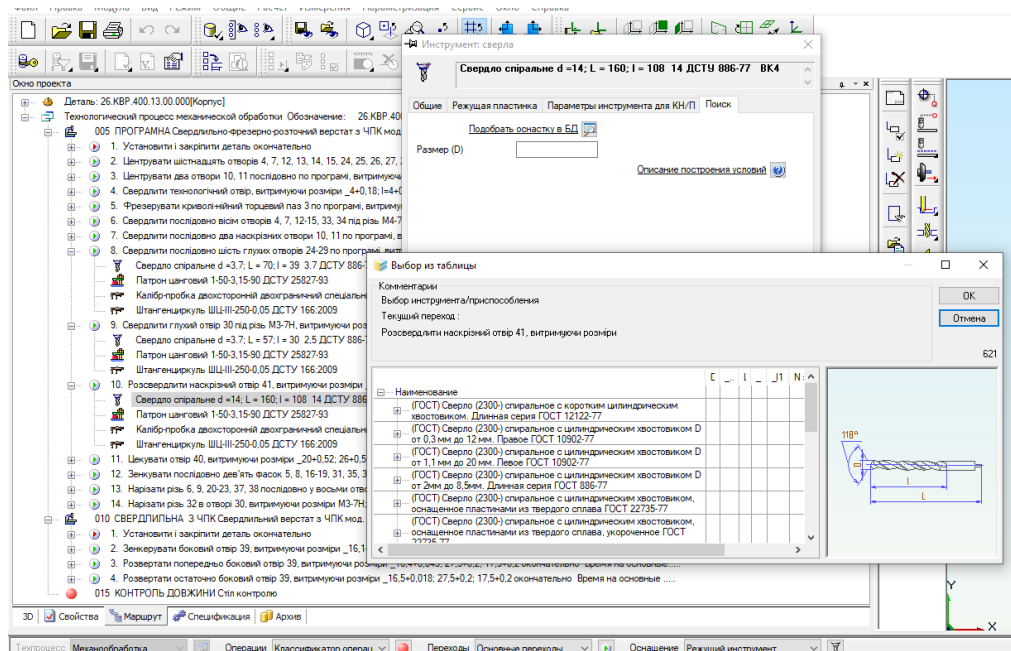


Рисунок 2.2 Вигляд вікна вибору інструменту у середовищі САПР ТП

Проаналізувавши попередні пункти та враховуючи, що тип виробництва є середньосерійним, проводимо вибір необхідних різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів, які забезпечують виконання операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус». Вибрані інструменти зведено у таблицю 2.3.

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	

Таблиця 2.3 - Вибір різального, допоміжного і вимірювального інструменту

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Ріжучий	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
Операція 005. Програмна з ЧПК			
Перехід 2 Центрувати шістнадцять отворів 4, 7, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, у тому числі технологічний послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $9,5 \pm 0,1$; $35 \pm 0,2$; $142 \pm 0,5$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$; $36 \pm 0,2$.	Свердло центрувальне $d = 1,0$; $D = 3,15$; $L = 33,5$; 60° ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий 1-50-3,15-90 ДСТУ 7713:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ДСТУ 166:2009
Перехід 3 Центрувати два отвори 10, 11 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52 \pm 0,1$; $180 \pm 0,5$	Свердло центрувальне $d = 1,6$; $D = 4,0$; $L = 37,5$; ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий 1-50-4-90 ДСТУ 7713:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ДСТУ 166:2009
Перехід 4 Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,18}$; $l = 4 \pm 0,1$; $17,5 \pm 0,2$	Свердло спіральне $d = 4$; $L = 75$; $l = 43$ ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий 1-50-4-90 ДСТУ 7713:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ 166:2009
Перехід 5 Фрезерувати криволінійний торцевий паз 3 по програмі, витримуючи розміри $b = 4^{+0,3}$; $4 \pm 0,1$; $286^{+1,0}$; $95^{+0,9}$; R6; R2	Фреза кінцева $D = 4$; $L = 32$; $l = 10$; $z = 4$ BK8 ДСТУ 2233-93	Патрон цанговий 1-50-4-90 DIN 69871	Шаблон пазовий спеціальний ($b = 4^{+0,3}$; $4 \pm 0,1$) Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ДСТУ 166:2009

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Розсвердлити наскрізний отвір 41, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $26 \pm 0,5$; $76 \pm 0,5$	Свердло спіральне $d = 14$; $L = 160$; $l = 108$ ДСТУ ISO 235:2018	Патрон цанговий 1-50-14-100 ДСТУ 7713:2015	Калібр-пробка двохсторонній двохграничний $\varnothing 14$ 8133- 0928H14 ДСТУ 2234-93 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ 166:2009
Перехід 11			
Цекувати отвір 40, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,52}$; $26 \pm 0,5$; $76 \pm 0,5$	Цеківка цилінд- рична 2350-0704 $d=20$; $d_{ц}=14$; $L=100$; $l=22$ ДСТУ 2233-93	Патрон цанговий 1-50-20-100 ДСТУ 7713:2015	Калібр-пробка двохсторонній двохграничний $\varnothing 20$ 8133-0934 H14 ДСТУ 2234-93 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ 166:2009
Перехід 12			
Зенкувати послідовно дев'ять фасок 5, 8, 16- 19, 31, 35,36 по програ- мі, витримуючи розміри $0,6 \times 45^\circ$; $9,5 \pm 0,1$; $35 \pm 0,2$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$; $36 \pm 0,2$; $3,52 \pm 0,1$;	Зенківка конічна $1,6 \times 90^\circ$; $\varnothing 8$; $L = 44$ ДСТУ 2233-93	Патрон цанговий 1-50-8-90 ДСТУ 7713:2015	Кутомір універсальний тип 4-10 ДСТУ 21339:2009
Перехід 13			
Нарізати різь 6, 9, 20- 23, 37, 38 послідовно у восьми отворах по програмі, витримуючи розміри M4-7H; $l=10^{+1}$; $9,5 \pm 0,2$; $l=5\text{min}$; $35 \pm 0,2$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$	Мітчик M4; $P=0,7$; $L=53$; $l=13$ ДСТУ 2233-93	Патрон регульо- ваний різенаріз- ний 191221029A $d = 28$; $L = 250$; $D = 65$; $l = 167$ ДСТУ 7713:2015 Мітчикотримач 191221029A/020 (M4) $D = 27$; $d = 19$; $L = 46$ ДСТУ 2233-93	Калібр-пробка різевий 8221- 3028 7H ДСТУ 2234-93 Штангенциркуль ШЦ-III-160-0,05 ДСТУ 166:2009

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

2.2.3 Розрахунок режимів різання табличним методом

Програмне середовище ADEM дозволяє автоматизовано визначати режими різання з урахуванням матеріалу заготовки, параметрів обробки, типу інструменту та умов виконання операції. Це забезпечує точність розрахунків і скорочує час технологічної підготовки виробництва. Приклад розрахунку режимів різання в середовищі ADEM наведено на рисунку 2.3.

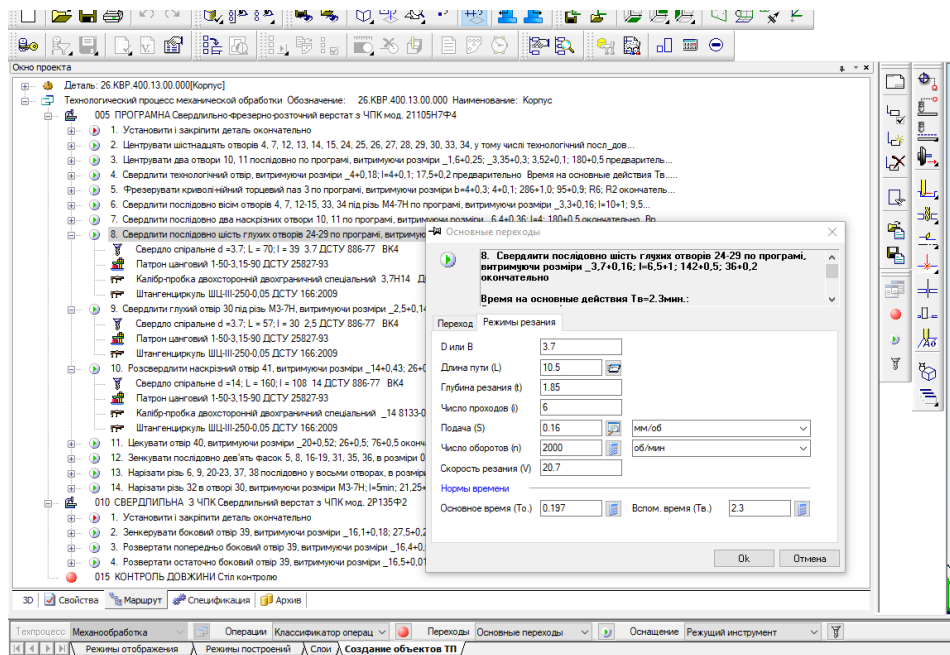


Рисунок 2.3 Вигляд вікна вибору режимів різання у САПР ТП

Розрахунок режимів різання виконуємо табличним методом. Представимо розрахунок для переходу 2 операції 005.

Операція 005. Програмна з ЧПК Перехід 2

Центрувати шістнадцяти отворів 4, 7, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, у тому числі технологічний послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $9,5 \pm 0,1$; $35 \pm 0,2$; $142 \pm 0,5$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$; $36 \pm 0,2$.

Інструмент – свердло центрувальне $d = 1,0$; $D = 3,15$; $L = 33,5$; 60°
ДСТУ ISO 235:2018

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ				

1. Визначаємо глибину різання для свердління за формулою:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (2.1)$$

де D – діаметр свердла, мм;

$$t = 0,5 \cdot 1,0 = 0,5 \text{ мм.}$$

2. Визначаємо довжину робочого ходу інструменту за формулою:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер.}}, \quad (2.2)$$

де $l_{\text{різ.}}$ – довжина різання на даному переході, мм;

$l_{\text{підв.}}$ – довжина підводу, мм;

$l_{\text{вріз.}}$ – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{\text{пер.}}$ – довжина перебігу інструменту, мм;

$l_{\text{різ.}} = 2,27$ мм; $l_{\text{підв., вріз.}} = 3$ мм [5] С. 295; $l_{\text{пер.}} = 0$;

$$L_{\text{р.х.}} = 2,27 + 3 + 0 = 5,27 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо подачу інструмента на оберт шпинделя за формулою [4] С. 142, карта 52:

$$S = S_{\text{от}} \cdot K_{\text{см}}, \quad (2.3)$$

де $S_{\text{от}} = 0,09$ мм/об – табличне значення подачі [4] С. 128, карта 46;

$K_{\text{см}} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт на подачу, який враховує вплив матеріалу заготовки [11] С. 143, карта 53.

$$S_0 = 0,09 \cdot 1,3 = 0,12 \text{ мм/об.}$$

4. Визначаємо період стійкості інструменту: $T_M = 15$ хв. [4] С. 279.

5. Визначаємо швидкість різання [4] С. 142, карта 52 за формулою:

$$V = V_T \cdot K_{\text{vm}} \cdot K_{\text{vж}} \cdot K_{\text{vз}} \cdot K_{\text{vt}} \cdot K_{\text{vn}} \cdot K_{\text{vl}} \cdot K_{\text{vw}}, \quad (2.4)$$

де $V_T = 27,3$ м/хв – табличне значення швидкості різання;

$K_{\text{mv}} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки;

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$K_{vж} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує застосування МОР;
 $K_{vw} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;
 $K_{vи} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує матеріал;
 $K_{vз} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує форму заточки інструменту;
 $K_{vл} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує довжину робочої частини свердла;
 $K_{vт} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує стійкість інструменту;
 $K_{vi} = 0,84$ – поправочний коефіцієнт, який враховує послідовність переходів.

$$V = 27,3 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 26,8 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.5)$$

де $V = 26,8$ м/хв – швидкість різання, м/хв;

$D = 3,15$ мм – діаметр свердла, мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 26,8}{\pi \cdot 3,15} = 2710 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо частоту обертання верстата мод. 21105Н7Ф4: $n_{\text{дmax}} = 2500$ об/хв.

7. Коректуємо швидкість різання за формулою:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_D}{1000} \quad (2.6)$$

$$V_D = \frac{\pi \cdot 3,15 \cdot 2500}{1000} = 24,73 \text{ м/хв}$$

8. Визначаємо силу різання за формулою [4] С. 142, карта 52:

$$P = \frac{P_T}{K_{рм}} \quad (2.7)$$

де $P_T = 580$ Н – табличне значення сили різання [4] С. 128, карта 46;

$K_{рм} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт на силу різання, який враховує вплив матеріалу заготовки $K_{рм}$ [4] С. 128, карта 46.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$P = \frac{580}{1,3} = 446\text{Н}$$

9. Визначаємо потужність різання за формулою [4] С. 142, карта 52:

$$N = \frac{N_T}{K_{NM}} \quad (2.8)$$

де N_T – табличне значення потужності різання; $N_T = 0,19$ кВт.

$K_{PM} = 1,3$ – поправочний коефіцієнт на потужність різання, який враховує вплив матеріалу заготовки [4] С. 128, карта 46.

$$N = \frac{0,19}{1,3} = 0,15\text{кВт}$$

10. Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстата для обробки деталі на даній позиції. Необхідно, щоб:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}} , \quad (2.9)$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність шпинделя верстата, кВт; Потужність шпинделя верстата визначаємо за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta , \quad (2.10)$$

де N_d – потужність приводу головного руху багатоцільового верстату з ЧПК мод. 21105Н7Ф4 – 13 кВт;

η – к.к.д. верстата, $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 13 \cdot 0,8 = 10,4 \text{ кВт} ; \quad N_{\text{різ}} = 0,15 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 10,4 \text{ кВт} .$$

Відповідно, режими різання назначені правильно, обробка можлива.

11. Визначаємо основний час за формулою:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_{0-n}} \cdot i \quad (2.11)$$

де $i = 16$ – число проходів (отворів).

$$T_0 = \frac{5,27}{0,12 \cdot 2500} \cdot 16 = 0,28 \text{хв}$$

Результати розрахунків режимів різання оформляємо у вигляді таблиці 2.4.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця режимів різання

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _m , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _m , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 005. Програмна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати шістнадцяти отворів 4, 7, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, у тому числі технологічний послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $9,5 \pm 0,1$; $35 \pm 0,2$; $142 \pm 0,5$; $190 \pm 0,5$; $60 \pm 0,2$; $36 \pm 0,2$.	0,5	5,27	16	15	0,12	2500	$\frac{24,7}{3}$	300	0,28	0,15
Перехід 3 Центрувати два отвори 10, 11 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52 \pm 0,1$; $180 \pm 0,5$	0,8	6,52	2	15	0,12	2000	25	240	0,054	0,15
Перехід 4 Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,18}$; $l=4 \pm 0,1$; $17,5 \pm 0,2$	2	8	1	15	0,14	1400	17,6	196	0,04	0,04
Перехід 5 Фрезерувати криволінійний торцевий паз 3 по програмі, витримуючи розміри $b=4^{+0,3}$; $4 \pm 0,1$; $286^{+1,0}$; $95^{+0,9}$; R6; R2	4	675,83	1	40	$\frac{0,03}{\text{мм/зуб}}$	2500	31,4	300	2,25	0,06

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p>Перехід 6</p> <p>Свердлити послідовно вісім отворів 4, 7, 12-15, 33, 34 під різь М4-7Н по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=10^{+1}$; $9,5\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15^{+1}$; $7\pm 0,1$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $35\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=8,5^{+1}$; $190\pm 0,5$; $60\pm 0,2$; $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15^{+1}$; $7\pm 0,1$</p>	1,65	14 12,5 18,5 18,5	8	15	0,16	2000	20,7	320	0,35	0,03
<p>Перехід 7</p> <p>Свердлити послідовно два наскрізних отвори 10, 11 по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 6,4^{+0,36}$; $l=4$; $180\pm 0,5$</p>	3,2	10	2	20	0,13	1400	29,5	182	0,11	1,85
<p>Перехід 8</p> <p>Свердлити послідовно шість глухих отворів 24-29 по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $l=6,5^{+1}$; $142\pm 0,5$; $36\pm 0,2$</p>	1,85	10,5	6	15	0,16	2000	20,7	320	0,2	0,03
<p>Перехід 9</p> <p>Свердлити глухий отвір 30 під різь М3-7Н, витримуючи розміри $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=7,5^{+1,1}$; $21,25\pm 0,2$</p>	1,25	10,5	1	10	0,12	2000	15,7	240	0,044	0,02
<p>Перехід 10</p> <p>Розсвердлити наскрізний отвір 41, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$</p>	1,0	12,5	1	20	0,3	1400	61,5	420	0,03	0,02
<p>Цекувати отвір 40, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,52}$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$</p>	3,0	5	1	30	0,1	1300	81,6	130	0,04	0,06

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 12 Зенкувати послідовно дев'ять фасок 5, 8, 16-19, 31, 35, 36, в розміри 0,6×45°; 9,5±0,1; 35±0,2; 190±0,5; 60±0,2; 36±0,2; 3,52±0,1; 180±0,5	0,6	2,5	9	15	0,1	1400	35,2	140	0,16	0,08
Перехід 13 Нарізати різь 6, 9, 20-23, 37, 38 послідовно у восьми отворах, в розміри М4-7Н; l=10 ⁺¹ ; 9,5±0,2; l=5min; 35±0,2; 190±0,5; 60±0,2; 190±0,5; 60±0,2	0,606	18,2 14,1 ×7	8	10	0,7	640	8	448	0,26	0,05
Перехід 14 Нарізати різь 32 в отворі 30, витримуючи розміри М3-7Н; l=5min; 21,25±0,2	0,433	13,5	1	10	0,5	850	8	425	0,032	0,05
Операція 010. Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Зенкерувати боковий отвір 39, витримуючи розміри Ø16,1 ^{+0,18} ; 27,5±0,2; 17,5±0,2	1,2	8,5	1	25	0,35	500	25,3	175	0,05	0,06
Перехід 3 Розвертати попередньо боковий отвір 39, витримуючи розміри Ø16,4+0,043; 27,5±0,2; 17,5±0,2	0,15	18,5	1	25	0,9	220	11,3	198	0,093	0,04
Перехід 4 Розвертати остаточно боковий отвір 39, витримуючи розміри Ø16,5 ^{+0,018} ; 27,5±0,2; 17,5±0,2	0,05	18,5	1	25	0,6	300	15,54	180	0,103	0,01

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ

Арк.

36

2.2.4 Розрахунок технічних норм часу

У середовищі САПР технологічних процесів норми часу для технологічних операцій визначаються автоматично з урахуванням основного та допоміжного часу. Це забезпечує точніше планування виробництва та підвищує ефективність технологічної підготовки. Приклад вікна операції з розрахованими нормами часу наведено на рисунку 2.4.

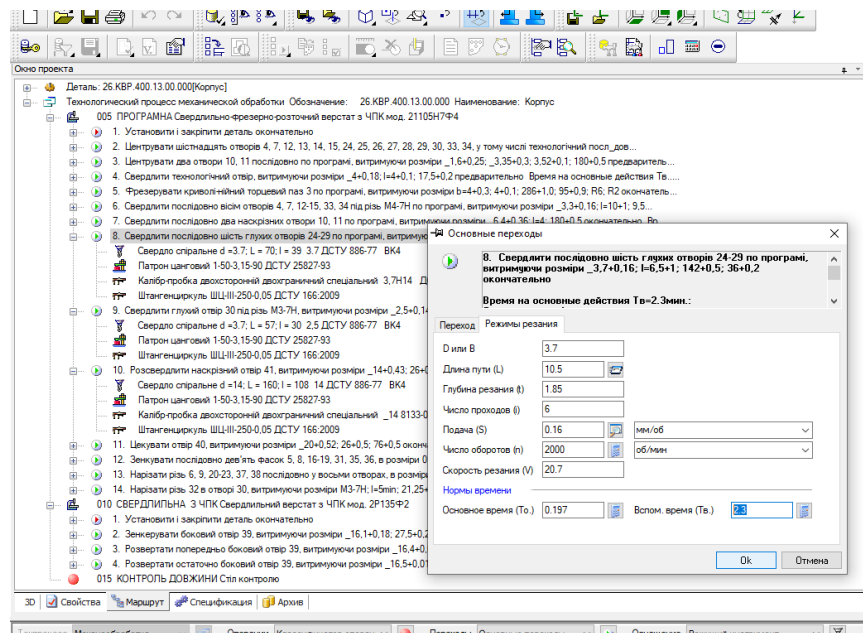


Рисунок 2.4 Вигляд вікна розрахунку технічних норм часу у САПР ТП

Представимо розрахунок штучно-калькуляційного часу на 005 операцію Програмна з ЧПК. На іншу операцію розраховуємо час по наближеним формулам [1] С. 86, табл. Д2.

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп}} \cdot 1 + \frac{K}{100} \quad (2.12)$$

Де $T_{\text{шт}}$ – норма штучного часу;

$T_{\text{ц.а.}}$ – час циклу автоматичної роботи верстата по програмі;

						26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк. 37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$T_{ц.а.} = T_{о.а.} + T_{доп.а.}, \quad (2.13)$$

де $T_{о.а.}$ – основний час автоматичної роботи верстата ;

$$T_{о.а.} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_{хв.i}} \quad (2.14)$$

де L_i – довжина обробки i -тої технологічної ділянки з розрахунком врізання і перебігу, мм;

$S_{хв.i}$ – хвилинна подача на даній ділянці, мм/хв;

$T_{доп.а.}$ – допоміжний автоматичний час (підвід, відвід прискорений інструменту, переміщення механізмів верстата);

$$T_{доп.а.} = T_{доп.а.х.х.}, \quad (2.15)$$

де $T_{доп.а.х.х.}$ – час на виконання автоматичних допоміжних ходів (підвід деталі або інструмента від “нуля програми”, технологічні паузи), хв;

$$T_{доп.а.х.х.} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{х.х.i}}{S_{хв.приск}} \quad (2.16)$$

де $L_{х.х.i}$ – довжина автоматичного допоміжного ходу, мм, яка визначається по РТК (траєкторії);

$S_{хв.прискор.}$ – хвилинна подача прискореного ходу, мм/хв;

Згідно паспорту верстата мод. 21105Н7Ф4 $S_{хв.прискор.}$ по координатах x, y, z складає 10000 мм/хв.

$T_{доп.}$ – допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною;

$$T_{доп.} = T_{доп.уст.} + T_{доп.пер.} + T_{доп.вим.}, \quad (2.17)$$

де $T_{доп.уст.}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{доп.пер.}$ – час, пов’язаний з операцією (переключення, регулювання тощо), хв;

$T_{доп.вим.}$ – час на контрольні виміри, хв;

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$K = \alpha_{\text{тех.обсл.}} + \beta_{\text{орг.обсл.}} + \gamma_{\text{відп.}}, \quad (2.18)$$

де $\alpha_{\text{тех.обсл.}}$ – час технічного обслуговування робочого місця в %; $\beta_{\text{орг.обсл.}}$ – час організаційного обслуговування робочого місця в %; $\gamma_{\text{відп.}}$ – час на відпочинок в %.

005 Програмна з ЧПК

1. Визначаємо основний час автоматичної роботи верстата згідно проведених раніше розрахунків, враховуючи те, що обробка поверхонь послідовна:

$$T_{\text{о.а.}} = 0,28 + 0,054 + 0,04 + 2,25 + 0,35 + 0,11 + 0,2 + 0,044 + 0,03 + 0,04 + 0,1 + 0,26 + 0,032 = 3,79 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час на виконання автоматичних допоміжних ходів (2.16):

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \frac{7764}{10000} = 0,78 \text{ хв}$$

де $L_{\text{х.х.і}}$ – довжина автоматичного допоміжного ходу інструмента по переходам згідно РТК;

$S_{\text{хв.прискор.}} = 10000 \text{ мм/хв}$ – хвилинна подача прискореного ходу;

3. Тоді час циклу автоматичної роботи верстата по програмі складатиме згідно формули (2.13):

$$T_{\text{ц.а.}} = 3,79 + 0,78 = 4,57 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною за формулою (2.17):

4.1. Час на установку і зняття деталі $T_{\text{доп.уст.}} = 0,13 \text{ хв.}$ [4] С.76, карта 13.

4.2. Час, пов'язаний з операцією визначаємо згідно таблиці [4] С.79, карта 14.:

- встановлення заданого взаємного положення деталі та інструмента по координатах x, y, z і при необхідності проведення підналагодження: $t_1 = 0,6 \text{ хв.}$

- перевірити прихід інструменту в задану точку після обробки: $t_2 = 0,2 \text{ хв.}$

- встановити і зняти щиток від забризкування емульсією: $t_3 = 0,04 \text{ хв.}$

$$T_{\text{доп.пер}} = 0,6 + 0,2 + 0,04 = 0,84 \text{ хв.}$$

4.3. Час на контрольні виміри $T_{\text{доп.вим.}}$:

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Вимірювання штангенциркулями ШЦ-III-160-0,05; ШЦ-III-250-0,05; ШЦ-III-500-0,1:

– $95^{+0,9}$; $36\pm 0,2$; $26\pm 0,5$; $76\pm 0,5$; $9,5\pm 0,2$; $35\pm 0,2$; $60\pm 0,2$; $60\pm 0,2$; $21,25\pm 0,2$ –

$t_{1В} = 0,12 \cdot 9 = 1,08$ хв.;

– $180\pm 0,5$; $142\pm 0,5$; $190\pm 0,5$; – $t_{2В} = 0,13 \cdot 3 = 0,39$ хв.;

– $286\pm 1,0$ – $t_{3В} = 0,16$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою різевим 8221-3028 7Н

– М4-7Н – $t_{4В} = 0,31 \cdot 8 = 2,48$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою різевим 8221-3026 7Н :

– М3-7Н – $t_{5В} = 0,31$ хв.

Вимірювання кутоміром універсальним типу 4-10 :

– $0,6 \times 45^\circ$ – $t_{6В} = 0,08 \cdot 9 = 0,72$ хв.

Вимірювання шаблоном пазовим спеціальним ($b=4^{+0,3}$; $4\pm 0,1$):

– $4^{+0,3}$; $4\pm 0,1$ – $t_{7В} = 0,1$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою двохстороннім двохграничним $\varnothing 6,4$ Н14 спеціальним:

– $\varnothing 6,4^{+0,36}$ – $t_{8В} = 0,05 \cdot 2 = 0,1$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою двохстороннім двохграничним $\varnothing 3,7$ Н14 спеціальним:

– $\varnothing 3,7^{+0,16}$ – $t_{9В} = 0,035 \cdot 6 = 0,07$ хв.

– Вимірювання калібр-пробкою двохстороннім двохграничним $\varnothing 14$

8133-0928Н14:

– $\varnothing 14^{+0,43}$ – $t_{10В} = 0,07$ хв.

Вимірювання калібр-пробкою двохстороннім двохграничним $\varnothing 20$ 8133-0934Н14:

– $\varnothing 20^{+0,52}$ – $t_{11В} = 0,07$ хв.

$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{iВ} = 1,08 + 0,39 + 0,16 + 2,48 + 0,31 + 0,72 + 0,1 + 0,1 + 0,07 + 0,07 = 5,48$ хв.

Дійсний час вимірювання при контролі 30% складе:

$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 5,48 \cdot 0,3 = 1,64$ хв.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Тоді, допоміжний час складе: $T_{\text{доп.}} = 0,13 + 0,84 + 1,64 = 2,61$ хв.

5. Оперативний час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп.}}, \quad (2.19)$$

$$T_{\text{оп.}} = 4,57 + 2,61 = 7,18 \text{ хв.}$$

6. Визначаємо час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби:

$k = 14\%$ – час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби в % від $T_{\text{оп.}}$ для багатоцільових верстатів [4] С.90, карта 16;

7. Визначаємо норму штучного часу за формулою (2.12):

$$T_{\text{шт}} = 7,18 \cdot 1 + \frac{k}{100} = 8,19 \text{ хв}$$

8. Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \quad (2.20)$$

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

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

$n = 200$ шт. – величина оптимальної партії деталей.

Визначаємо підготовчо-заключний час за формулою згідно [4] С.8:

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{п.з.1}} + T_{\text{п.з.2}} + T_{\text{пробн.}}, \quad (2.21)$$

де $T_{\text{п.з.}}$ – норма часу на наладку і настройку верстата, хв.;

$T_{\text{п.з.1}}$ – норма часу на організаційну підготовку, хв.;

$T_{\text{п.з.2}}$ – норма часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв.;

$T_{\text{пробн.}}$ – норма часу на пробну обробку, хв. Для верстатів типу «оброблюваний центр» та інших, на яких після обробки першої деталі проводять корекцію інструмента на задані розміри, цей час включений в нормативи на технічне обслуговування верстата.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Норму часу на організаційну підготовку визначаємо за формулою згідно [4] С.102, карта 26:

$$T_{п.з.1} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.22)$$

де $t_1 = 8$ хв. – отримати наряд, креслення, технологічну документацію, програмоносій, допоміжний інструмент, заготовки [4] С.102, карта 26;

$t_2 = 2$ хв. – ознайомитися з роботою, кресленням, технологічною документацією, оглянути заготовку [4] С.102, карта 26;

$t_3 = 2$ хв. – інструктаж майстра [3] С.102, карта 26.

$$T_{п.з.1} = 8 + 2 + 2 = 12 \text{ хв.}$$

Норму часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв визначаємо за формулою згідно [4] С.102, карта 26:

$$T_{п.з.2} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11}, \quad (2.23)$$

де $t_1 = 10$ хв. – встановити і зняти пристосування [4] С.12, карта 26;

$t_2 = 2,2$ хв. – зорієнтувати пристосування на столі верстата [4] С.12, карта 26;

$t_3 = 0,6$ хв. – перемістити стіл верстата в зону, зручну для наладки [4] С.12, карта 26;

$t_4 = 0,3$ хв. – встановити вихідні режими роботи верстата [4] С.12, карта 26;

$t_5 = 0,23 \times 13 = 2,99$ хв. – встановити і зняти інструментальний блок [4] С.12, карта 26;

$t_6 = 1,0$ хв. – зняти програмоносій в зчитуючий пристрій [4] С.102, карта 26;

$t_7 = 0,7$ хв. – перевірити роботоздатність зчитуючого пристрою і перфострічки [4] С.12, карта 26;

$t_8 = 0,5$ хв. – ввести програму в пам'ять системи ЧПК з програмоносія [4] С.12, карта 26;

$t_9 = 3,5$ хв – встановити вихідні координати x, y (нульове положення) [4] С.12, карта 26;

$t_{10} = 1,3 \times 13 = 16,9$ хв – встановити інструмент на довжину обробки (по вісі z) [4] С.12, карта 26;

$t_{11} = 3,5$ хв – встановити вихідні координати x, y [4] С.12, карта 26;

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$t_{11} = 0,4$ хв. – налаштувати пристрій для подачі МОР [4] С.102, карта 26.

$T_{п.з.2} = 10,0+2,2+0,6+0,3+2,99+1,0+0,7+0,5+3,5+16,9+3,5+0,4=42,59$ хв.

Норму часу на пробну обробку визначаємо за формулою:

$$T_{пр.обр.} = \sum_{i=1}^n t_{пр.обр.} \cdot n \cdot K_M, \quad (2.24)$$

де $t_{пр.обр.} = 3,9$ хв. – час на пробну обробку отворів [4] С.110, карта 32;

$n = 6$ – число груп отворів;

$K_M = 0,65$ – поправочний коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу. Для алюмінієвого сплаву [4] С.110, карта 32;

$$T_{пр.обр.} = 3,9 \cdot 6 \cdot 0,65 = 15,21.$$

Отже, підготовчо-заклучний час буде становити:

$$T_{п.з.} = 12 + 42,59 + 15,21 = 69,8 \text{ хв.}$$

Підставляючи отримані дані у формулу (2.20) отримаємо значення штучно-калькюляційного часу на 005 операцію:

$$T_{шт.к.} = 8,19 + \frac{69,8}{200} = 8,44 \text{ хв}$$

Результати розрахунку даного пункту зводимо в таблицю таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв				$T_{оп}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n, шт	$T_{шт.к.}$, хв
		$T_{х.х.}$	T_y	$T_{пер}$	$T_{ви м}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005Програма на з ЧПК	3,79	0,78	0,13	0,84	1,64	7,18	1,01			8,19	69,8	200	8,44
010Свердлильна з ЧПК	0,196	–	–	–	–	–	–			–	–		0,98
Разом:													9,42

3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ НА ОПЕРАЦІЮ

3.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування

Пристосування 26.КВР.400.13.00.00.05.000 СК спроектоване для виконання 005 операції – програмної з ЧПК при обробці деталі «Корпус». Пристосування встановлюється на столі свердлильно-фрезерно-розточного верстата з ЧПК мод. 21105Н7Ф4.

Деталь «Корпус» базується в пристосуванні по зовнішніх площинах на плиту 20, пластину 19 з упором в пальці 17.

Пристосування складається з наступних елементів: зварного складного корпусу 1, плити 20, до якої за допомогою гвинтів 26 приєднано упор 18 із пластиною 19 та напрямні 14, 15 гвинтами 29. В центральному отворі корпусу розміщено шток 8, один кінець якого з'єднаний із поршнем 2 пневмоциліндра, а другий кінець штока з'єднаний з важелем 11. Важіль 11 має можливість коливного руху відносно вісі 12.

Притискач 16 вільно встановлено на сферичну поверхню важеля 11 з можливістю зворотно-поступального руху вздовж напрямних 14 і 15.

Принцип роботи даного пристосування полягає в наступному: із пневмосистеми стиснуте повітря подається в штокову частину пневмоциліндра, внаслідок чого поршень 2 разом із штоком 8 переміщується вниз. Це призводить до провертання важеля 11 навколо вісі 12 та передавання зусилля на притискач 16. При переміщенні притискача 16 вправо здійснюється затиск заготовки. Після завершення циклу обробки для розтискання заготовки стиснуте повітря подається в поршневу частину пневмоциліндра, поршень зі штоком переміщується вгору; важіль 12 переміщує притискач 16 вліво, тим самим розтискаючи заготовку.

Обробка наступної заготовки здійснюється аналогічно.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3.2 Розрахунок похибки базування

Деталь «Корпус» установлюється в пристосуванні по площині та двох бокових поверхнях (по принципу базування в координатний кут – по трьох взаємно перпендикулярних площинах)

Схема базування має такий вигляд (рисунок 3.1):

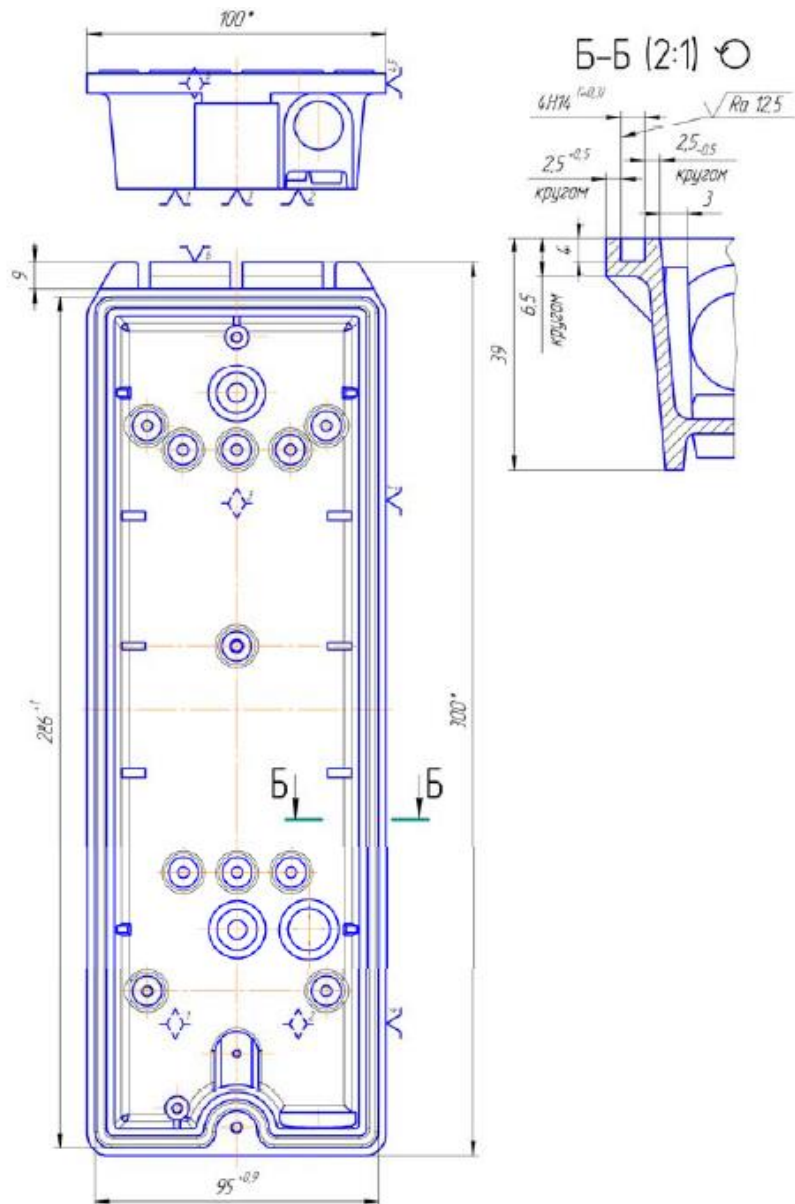


Рисунок 3.1 – Схема базування деталі «Корпус»

Розмір 39h14 – технологічна (налагодочна) база.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Похибка базування для всіх розмірів ($2,5^{+0,5}$; на глибину паза 4) $\varepsilon_y = 0$, так як суміщаються установочні та вимірювальні бази.

Похибка установки деталі в «координатний кут» визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (3.1)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення, яка виникає при затиску;

$\varepsilon_{пр}$ – похибка пристосування, пов'язана з виготовленням пристосування.

Похибка закріплення визначається з таблиці [7] С.82 і становить $\varepsilon_3 = 55$ мкм.

Похибка пристосування $\varepsilon_{пр} = 100$ мкм згідно літератури [7] С.82, табл. 40.

Підставивши отримані дані у формулу (3.1), отримаємо:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 55^2 + 100^2} = 114 \text{ мкм} = 0,114 \text{ мм}.$$

Допуск на витримуваний розмір згідно креслення становить 0,5 мм. Отже,

$$\varepsilon_y = 0,114 \text{ мм} < 0,5 \text{ мм}.$$

Обробка отворів з використанням даного пристосування із заданою точністю можлива.

3.3 Розрахунок сили затиску

Представимо схеми взаємодії сил різання та сил затиску на оброблювану деталь згідно [7] С.153 (рисунок 3.2):

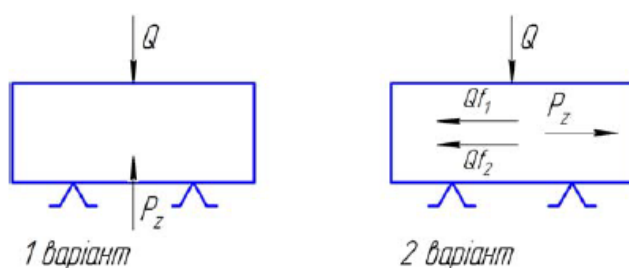


Рисунок 3.2 – Схема взаємодії сил різання та сил затиску на оброблювану деталь

Визначаємо силу різання при фрезеруванні паза кінцевою фрезою за формулою згідно [6] С. 282. Обробка проводиться фрезою кінцевою $D = 4$; $L = 32$; $l = 10$; $z = 4$ ВК8:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (3.2)$$

де $t = 4$ мм – глибина різання;

$S_z = 0,03$ мм/зуб – подача різання;

$D = 4$ мм – діаметр фрези;

$z = 4$ – число зубів фрези;

$B = 4$ мм – ширина фрезерування;

$V = 31,4$ м/хв – швидкість різання;

$n = 2500$ об/хв – частота обертання шпинделя;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки [6] С. 264, табл.9; $K_{mp}=1,0$

$C_p = 12,5$; $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 1,0$; $q = 0,73$; $w = -0,13$ [6] С. 291, табл.41.

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 4^{0,85} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 4^{1,0} \cdot 4}{4^{0,73} \cdot 2500^{-0,13}} \cdot 1,0 = 525 \text{ Н}$$

Розглянемо дію сили різання та сили затиску на оброблювану деталь по першому варіанту (рис. 3.2): дія сили затиску Q і сили різання P_z взаємно протилежні. Величина сили затиску визначається з рівняння:

$$Q = k \cdot P_z \quad (3.3)$$

де k – коефіцієнт запасу, $K = 1,5$ [6] С.73;

$$Q = 1,5 \cdot 525 = 787,5$$

Розглянемо дію сили різання та сили затиску на оброблювану деталь по другому варіанту (рис. 3.2): заготовка базується на установочні елементи пристосування і притискається до них силою затиску Q , а сила різання P_z діє в перпендикулярному напрямку.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Силі різання P_z протидіють сили тертя T між опорною поверхнею пристосування і нижньою базовою поверхнею деталі, а також між поверхнею деталі та поверхнею затиску. Величина сили затиску визначається з рівняння:

Сила затиску визначається за формулою:

$$Qf_1 + Qf_2 = k \cdot P_z, \quad (3.4)$$

Звідки:
$$Q = \frac{k \cdot P_z}{f_1 + f_2} \quad (3.5)$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя заготовок в місцях затиску і на опорах.

Приймаємо для $f_1 = f_2 = 0,1$ згідно [8] С.71, табл. 3.1; k – коефіцієнт запасу [8] С.73.

$$Q = \frac{1,5 \cdot 525}{0,1 + 0,1} = 3937,5 \text{ Н}$$

Для розрахунку приймаємо другий варіант дії сил при $Q = 3937,5 \text{ Н}$.

Силу тяги на штоці пневмоциліндра визначаємо з рівняння рівноваги моментів:

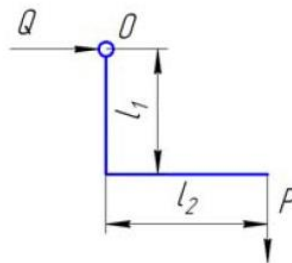


Рисунок 3.3 – Схема дії сил в пристосуванні для визначення рівняння рівноваги моментів

Отже:

$$\sum M_0 = Q \cdot l_1 \cdot P \cdot l_2 \quad (3.6)$$

Визначаємо силу на штоці циліндра за формулою:

$$P = \frac{Q \cdot l_1}{l_2} \quad (3.7)$$

Конструктивно довжина важелів: $l_1 = 60$ мм; $l_2 = 86$ мм.

$$P = \frac{3937,5 \cdot 60}{86} = 2747,1 \text{ Н}$$

Конструктивно визначаємо діаметр штока $d = 32$ мм.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою для тягнучої сили згідно [6]:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} \quad (3.8)$$

де $p = 0,4$ МПа – тиск повітря в магістралі [6] С.94, табл. 3.8;

$\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії приводу [6] С.94, табл. 3.8.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2747,1}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 32^2} = 106,4 \text{ мм}$$

По стандарту приймаємо діаметр циліндра $D_{ц} = 100$ мм.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обсяг інвестиції та реалізації проекту технологічного процесу

Визначення вартості будівлі (таблиця 4.1).

а) верстатну площу ділянки визначають за формулою [9]:

$$S_{верст} = S_{кор} K_{пл} \quad (4.1)$$

де $S_{кор}$ – корисна площа ділянки, тобто сума площ, які займають верстати згідно їх габаритних розмірів;

$K_{пл}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу.

Таблиця 4.1 – Опис обладнання

Назва обладнання	Тип обладнання	К-сть обладнання	Габаритні розміри, м ²	Корисна площа, м ²	Загальна площа, м ²
Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПК мод. 21105Н7Ф4	верстат	1	3,6×3,2	11,52	40,32
Свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2	верстат	1	1,8×2,2	3,96	17,82
Всього:					$S_{кор}$ 58

$$S_{зб} = S_{верст} \cdot 0,5 \quad (4.2)$$

$$S_{зб} = 58 \cdot 0,5 = 29 \text{ м}^2$$

в) визначення виробничої площі

$$S_{вир} = S_{верст} + S_{зб} \quad (4.3)$$

$$S_{вир} = 58 + 29 = 87 \text{ м}^2$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

г) визначення додаткової площі

$$S_{\text{доод}} = S_{\text{вир}} \cdot 0.4 \quad (4.4)$$

$$S_{\text{доод}} = 87 \cdot 0.4 = 35 \text{ м}^2$$

д) визначення загальної площі

$$S_{\text{бюд}} = S_{\text{вир}} + S_{\text{доод}} \quad (4.5)$$

$$S_{\text{бюд}} = 87 + 35 = 122 \text{ м}^2$$

е) визначення вартості будівлі

$$B_{\text{бюд}} = C_{\text{бюд}} S_{\text{бюд}} \quad (4.6)$$

де $C_{\text{бюд}}$ – вартість 1м² будівлі, грн./м²;

$$B_{\text{бюд}} = 1500 \times 122 = 183000 \text{ грн.}$$

Визначення вартості обладнання

Вартість придбаного обладнання із врахуванням витрат на його доставку (15% від його вартості) та монтаж (20% від його вартості) розраховується за формулою:

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^m (C_{\text{облі}} \cdot N_i) \cdot 1,35 \quad (4.7)$$

де $C_{\text{облі}}$ - вартість одиниці і-того виду обладнання, грн. (приймати за ринковими цінами на момент розрахунку);

N_i – кількість одиниць і-го виду обладнання;

m - кількість видів придбаного обладнання, $i = 1 \dots m$.

Результати розрахунку витрат на придбання та монтаж технологічного обладнання слід занести до таблиця 4.2.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 4.2 - Витрати на придбання і монтаж технологічного обладнання

Найменування та устаткування обладнання	К-сть один, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.	Повна вартість із врахуванням доставки та монтажу, грн.
Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПК мод. 21105Н7Ф4	1	1500000	1500000	2025000
Свердлильний верстат з ЧПК мод. 2Р135Ф2	1	1000000	1000000	1350000
Всього:	2		25000000	3375000

Визначення вартості інструменту.

Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

$$V_{\text{інстр}} = V_{\text{обл}} \times 0,02 \times 1,1$$

$$V_{\text{інстр}} = 3375000 \times 0,02 \times 1,1 = 74250 \text{ грн.}$$

Визначення вартості виробничого та господарського інвентарю

Вартість виробничого та господарського інвентарю ($V_{\text{інв}}$) складає 3% від вартості обладнання. При цьому витрати на його доставку приймають в розмірі 10% від його вартості. Таким чином, вартість інвентарю розраховується за формулою:

$$V_{\text{інв}} = V_{\text{обл}} \cdot 0,03 \cdot 1,1 \quad (4.8)$$

$$V_{\text{інв}} = 3375000 \times 0,03 \times 1,1 = 111375 \text{ грн.}$$

Загальна вартість основних фондів (обсяг виробничих інвестицій) розраховується за формулою:

$$ПІ = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}} \quad (4.9)$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\text{ПІ}=183000+3375000+74250+111375=3743625 \text{ грн.}$$

Визначення величини амортизаційних відрахувань

Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою [9]:

$$A = \frac{S_{\text{бал}} H_a}{100} \quad (4.10)$$

де $S_{\text{бал}}$ - балансова вартість основних фондів, грн.;

H_a - норма амортизації, % (величина норми амортизації встановлюється у відсотках до вартості кожної з груп основних фондів: для будівель – 5%, обладнання – 20%, інструментів та приладів – 25%, інвентарю – 25%). Якщо виробничі приміщення орендуються, то сума амортизації не нараховується, оскільки вона включена до орендної плати.

$$A_{\text{інстр1}} = \frac{74250 \times 25}{100} = 18563 \text{ грн.}$$

$$A_{\text{інв2}} = \frac{111375 \times 25}{100} = 27844 \text{ грн.}$$

$$A_{\text{обл3}} = \frac{3375000 \times 20}{100} = 675000 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку річної суми амортизаційних відрахувань слід звести в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн.
Будівлі	–	–
Обладнання	3375000	675000
Інструменти та прилади	74250	18563
Виробничий та господарський	111375	27844
Всього:	3560625	721407

4.2 Розрахунок собівартості продукції

1) Витрати матеріалу на одиницю продукції визначаємо за формулою [9]:

$$V_M = V_3 \times K_{TP} \quad (4.11)$$

$$V_M = 829 \times 1,04 = 862 \text{ грн}$$

де V_3 – вартість заготовки, (обчислено у п. 1.4);

K_{TP} – коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів (для розрахунку приймають в розмірі 4% від вартості матеріалів: $K_{TP} = 1,04$).

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів.

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($V_{o.z.pl}$) визначаємо розраховуючи відрядну розцінку за кожну операцію, виконану робітником, за формулою [9]:

$$P_{від} = \frac{t_{шт} C_r}{60} \quad (4.12)$$

де $t_{шт}$ – час виконання однієї операції, хв.;

C_r – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт, грн./год.

На операцію 005: $P_{від1} = \frac{8,44 \cdot 220}{60} = 31 \text{ грн}$

На операцію 010: $P_{від2} = \frac{0,98 \cdot 220}{60} = 4 \text{ грн}$

Дані розрахунків слід звести в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок основної заробітної плати

Назва операції	$T_{шт.}$, хв.	Розр яд	Годинна тари-фна ставка, грн.	Відрядна розцінка , грн.
005 Програмна з ЧПК	8,44	5	220	31
010 Свердлильна з ЧПК	0,98	5	220	4
Всього:	9,42			35

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників (Вдод.з.пл): приймають в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою [3]:

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{від}} \cdot 0,11 \quad (4.13)$$

де $P_{\text{від}}$ – відрядна розцінка по i -тій операції, грн.;

n – кількість операцій.

$$B_{\text{дод.з.пл.}} = 35 \times 0,11 = 4 \text{ грн.}$$

5) Сума відрахувань на соціальні заходи (Св.с.з.):

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{\alpha}{100} \cdot (\sum_{i=1}^n P_{\text{від.}i} + B_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (4.14)$$

де α – відсоток відрахувань на соціальні заходи (приймають 22%).

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (35 + 4) = 9 \text{ грн.}$$

6) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів розраховують за формулою [9]:

$$B_{\text{уео}} = \frac{\alpha_{\text{уео}}}{100} \cdot (\sum_{i=1}^n P_{\text{від.}i} + B_{\text{дод.з.пл.}}), \quad (4.15)$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ – відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (225%).

$$B_{\text{уео}} = \frac{225}{100} \times (35 + 4) = 88 \text{ грн.}$$

7) Витрати за статтею «Загальновиробничі витрати» розраховуються за формулою [9]:

$$B_{\text{зв}} = \frac{\alpha_{\text{зв}}}{100} \cdot (\sum_{i=1}^n P_{\text{від.}i} + B_{\text{дод.з.пл.}}), \quad (4.16)$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ – відсоток загальновиробничих витрат (320%).

$$B_{\text{зв}} = \frac{320}{100} \times (35 + 4) = 125 \text{ грн.}$$

8) Разом виробнича собівартість ($S_{\text{вир}}$) визначається як сума витрат за пунктами 1-7 за формулою [9]:

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{вир} = B_m + \sum_{i=1}^n P_{від.i} + B_{дод.з.пл.} + C_{в.с.з.} + B_{уое} + B_{зв},$$

$$S_{вир} = 862 + 35 + 4 + 9 + 88 + 125 = 1123 \text{ грн.}$$

9) Повна собівартість одиниці продукції визначається за формулою [9]:

$$S_{пов} = S_{вир} + \frac{\alpha_{ав}}{100} \cdot (\sum_{i=1}^n P_{від.i} + B_{дод.з.пл.}), \quad (4.17)$$

де $\alpha_{ав}$ – відсоток у позавиробничих витрат (12%).

$$S_{пов} = 1123 + \frac{12}{100} \times (35 + 4) = 1128 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зводимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Калькуляція собівартості виробу

Найменування статей витрат	На одиницю продукції
1. Витрати матеріалів	862
2. Основна заробітна плата виробничих робітників	35
3. Додаткова заробітна плата виробничих робітників	4
4. Відрахування на соціальні заходи	9
5. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	88
6. Загальновиробничі витрати	125
<i>Разом виробнича собівартість (сума 1-6)</i>	1123
7. Позавиробничі витрати	12
<i>Повна собівартість, (сума 1-7) у тому числі витрати:</i>	1128
– змінні (сума 1-4), $B_{зм.од}$	910
– умовно-постійні (сума 5-7), $B_{уп.од}$	225

10) Ціна одиниці продукції розраховується за формулою [9]:

$$Ц_{од.пр.} = S_{пов} \alpha_{пр} \quad (4.18)$$

де $\alpha_{пр}$ – відсоток запланованого прибутку (20%);

$$Ц_{од.пр.} = 1128 \times 1,2 = 1354 \text{ грн.}$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності випуску виробу проводиться за наступними показниками.

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою [9]:

$$Pr = (C_{од.пр.} - S_{пов.})N_p, \quad (4.19)$$

де Pr - річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

$C_{од.пр.}$ - ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{пов}$ - собівартість одиниці продукції, грн.;

N_p - річна виробнича програма, од.

$$Pr = (1354 - 1128) \times 10000 = 2260000 \text{ грн}$$

1) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою [9]:

$$ЧП = Pr - Pr \frac{Пп}{100} \quad (4.20)$$

де $ЧП$ - чистий прибуток від реалізації виробу, грн.;

$Пп$ - ставка податку на прибуток, % (приймається 18%).

$$ЧП = 2260000 - 2260000 \times \frac{18}{100} = 1853200 \text{ грн.}$$

Собівартість всього виробництва розраховується за формулою [9]:

$$S_{повq} = S_{пов.вир.} N_p \quad (4.21)$$

$$S_{повq} = 1128 \times 10000 = 11280000 \text{ грн.}$$

2) Рентабельність продукції визначається за формулою [9]:

$$Pn = \frac{Чп}{S_{повq}} 100\% \quad (4.22)$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

де P_n - рентабельність продукції, %;

$S_{новг}$ - собівартість всього виробництва, грн.

$$P_n = \frac{1853200}{11280000} \times 100\% = 16\%$$

3) Беззбитковий обсяг виробництва визначається за формулою [9]:

$$Q_{кр} = \frac{B_{ун}}{Цод.пр. - B_{зм.од.}} \quad (4.23)$$

де $Q_{кр}$ - беззбитковий обсяг виробництва продукції, од.;

$B_{ун}$ - умовно-постійні витрати на весь обсяг виробництва, грн. ($B_{ун} = B_{ун.од} Q_{пр}$);

$B_{зм.од}$ - змінні витрати, що припадають на одиницю продукції, грн.

$$Q_{кр} = \frac{2250000}{1354 - 910} = 5067 \text{ од.}$$

Беззбитковий обсяг виробництва у вартісному виразі розраховується за формулою [9]:

$$Q_{кр.в} = Цод.пр Q_{кр}, \quad (4.24)$$

$$Q_{кр.в} = 1354 \times 5067 = 6860718 \text{ грн.}$$

Чим менша величина беззбиткового обсягу виробництва продукції по відношенню до максимально - можливого, тим менш ризикованим є його інвестування, тим привабливішим є цей проект.

4) Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій. Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою [9]:

$$ГП = ЧП_t + A_t, \quad (4.25)$$

де $ГП_t$ - сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

A_t - величина амортизаційних відрахувань у t-му році, грн.

$$ГП = 1853200 + 721407 = 2574607 \text{ грн.}$$

5) Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою [9]:

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$ЧТВ = ТВ - П \quad (4.26)$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

ТВ - теперішня вартість майбутніх грошових потоків, грн.

б) Теперішню вартість майбутніх грошових потоків обчислюємо за формулою [9]:

$$ТВ = \sum_{i=1}^n \frac{ГП_t}{(1+r)^t} \quad (4.27)$$

де $ГП_t$ - грошовий потік, який очікується у t-му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ - коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків

(дисконтний множник);

r - норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу ($r = 0,1 \dots 0,2$);

n - кількість років інвестування, $t = 1, 2, \dots, n$.

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює нулю, то проект слід відхилити, оскільки його реалізація призведе до збитків або не принесе підприємству додаткового доходу на вкладений капітал.

$$ТВ = \frac{2574607}{(1+0,1)^1} + \frac{2574607}{(1+0,1)^2} = 4468326 \text{ грн}$$

$$ЧТВ = 4468326 - 3743625 = 724701 \text{ грн.}$$

7) Індекс прибутковості інвестицій порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями [9]:

$$ІП = \frac{ТВ}{П} \quad (4.28)$$

де $ІП$ - індекс прибутковості інвестицій.

$$ІП = \frac{4468326}{3743625} = 1,2$$

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

9) Дисконтований термін окупності інвестицій характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою [9]:

$$T_{окдиск} = \frac{П}{ГП_{диск}} \quad (4.29)$$

де $ГП_{диск}$ - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків [9]:

$$ГП_{диск} = \frac{ТВ}{t} \quad (4.30)$$

де t - кількість років інвестування.

$$ГП_{диск} = \frac{4468326}{2} = 2234163 \text{ грн.}$$

$$T_{окдиск} = \frac{3743625}{2234163} = 1,7 \text{ роки}$$

Підсумки вищенаведених розрахунків слід звести в таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 — Показники оцінки економічної ефективності виробництва

Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
Річний обсяг виробництва виробу	од.	10000
Собівартість виробу	грн./од.	1123
Ціна одиниці виробу	грн./од.	1354
Величина початкових інвестицій	грн.	3743625
Чистий прибуток	грн.	1853200
Рентабельність виробу	%	16
Беззбитковий обсяг виробництва виробу	од.	5067
	грн.	6860718
Чиста теперішня вартість проекту	грн.	724701
Індекс прибутковості	-	1,2
Дисконтований термін окупності інвестицій	років	1,7

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Характеристика виробничої ділянки з точки зору охорони праці

Виробнича ділянка з виготовлення деталі «Корпус» спроектована відповідно до вимог чинних будівельних норм України щодо виробничих будівель та споруд.

Планувальні рішення ділянки забезпечують можливість подальшої реконструкції, технічного переоснащення виробництва, удосконалення технологічних процесів і переходу на виготовлення нових видів продукції.

Будівля належить до категорії робіт Па відповідно до характеру виконуваних робіт. Конструктивні рішення будівлі забезпечують необхідний рівень вогнестійкості згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Ширина евакуаційного виходу становить 1,2 м, висота – 2,2 м. Ширина основних проходів усередині ділянки становить 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м. Двері, що ведуть безпосередньо назовні, обладнані тамбурами для запобігання втратам тепла та проникненню холодного повітря.

Для попередження виробничого травматизму застосовуються сигнальні кольори та знаки безпеки відповідно до ДСТУ ISO 3864 та ДСТУ EN ISO 7010.

Внутрішні поверхні приміщення захищені від впливу вологи шляхом нанесення вологостійких лакофарбових покриттів. Підлога виробничого приміщення виконана щільною, зносостійкою, вогнестійкою та стійкою до впливу мастильно-охолоджувальних рідин, що відповідає вимогам чинних будівельних норм.

Розташування технологічного обладнання визначене його габаритними розмірами, особливостями технологічного процесу та вимогами охорони праці. Для обслуговування обладнання передбачені вільні проходи шириною не менше 1,0 м із робочої сторони та не менше 0,6 м із неробочої сторони.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Під час розроблення планування виробничої дільниці враховано такі вимоги:

- Технологічне обладнання розміщене з урахуванням забезпечення потоковості виробничого процесу.
- Розташування обладнання, проходів і проїздів забезпечує безпечні умови праці, а також можливість монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.
- Обладнання розміщене відповідно до прийнятих підйомно-транспортних засобів.
- Робочі місця організовані згідно з вимогами наукової організації праці та забезпечені місцями для міжопераційного складування заготовок і напівфабрикатів.

На робочих місцях передбачено достатню площу для розміщення стелажів, тари, інструментальних шаф та робочих столів.

Параметри мікроклімату на дільниці відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99:

- температура повітря – 20–25 °С;
- відносна вологість повітря – 45–60 %;
- швидкість руху повітря – до 0,2 м/с у холодний період року та до 0,3 м/с у теплий період року;
- інтенсивність теплового опромінення – не більше 70 Вт/м².

У виробничих та допоміжних приміщеннях передбачена припливно-втяжна загальнообмінна вентиляція, яка забезпечує підтримання нормативних параметрів мікроклімату. Також використовується природна організована вентиляція.

Природне освітлення виробничого приміщення здійснюється через двостороннє бокове освітлення. Ширина вікон становить 4,5 м, висота підвіконня – 1,5 м. Штучне освітлення передбачене для забезпечення нормативної освітленості в темний період доби та за недостатнього природного освітлення. Освітленість робочих місць становить не менше 300 лк відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018. Евакуаційне освітлення забезпечує освітленість не менше 0,5 лк.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Джерелами штучного освітлення є сучасні енергоефективні світлодіодні світильники промислового виконання.

Під час роботи обладнання рівні шуму та вібрації на робочих місцях не перевищують допустимих значень, установлених ДСН 3.3.6.037-99 та ДСН 3.3.6.039-99, і становлять не більше 70 дБА.

Усе технологічне обладнання ділянки заземлене відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Захист від прямих ударів блискавки забезпечується системою блискавкозахисту будівлі відповідно до ДСТУ EN 62305.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою виробнича ділянка належить до категорії Д. Для забезпечення пожежної безпеки передбачені система протипожежного водопостачання, внутрішній протипожежний водогін та первинні засоби пожежогасіння.

Евакуація персоналу здійснюється через два розосереджені евакуаційні виходи.

Для своєчасного виявлення пожежі встановлена автоматична пожежна сигналізація з неадресними пожежними сповіщувачами.

Вимоги безпеки до технологічного обладнання, пристроїв та інструменту відповідають вимогам ДСТУ EN ISO 12100, НПАОП та чинних нормативно-правових актів з охорони праці.

5.2 Заходи покращення умов праці на виробничій ділянці

На спроектованій ділянці для покращення умов праці та підвищення рівня безпеки виробництва передбачено комплекс організаційно-технічних заходів:

– удосконалення технологічного процесу шляхом застосування сучасних методів механічної обробки, оптимізації маршрутів руху заготовок і скорочення допоміжного часу на виконання виробничих операцій;

– проведення ремонту та модернізації санітарно-побутових приміщень з метою забезпечення комфортних умов праці та відпочинку персоналу;

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– фарбування внутрішніх поверхонь виробничого приміщення світло-жовтою фарбою, що сприяє покращенню освітленості робочої зони, зменшенню втомлюваності працівників та створенню сприятливого психологічного мікроклімату;

– заміна застарілого обладнання сучасними високопродуктивними верстатами з числовим програмним керуванням, а саме свердлильно-фрезерно-розточувальним верстатом моделі 21105H7Ф4 та свердлильним верстатом моделі 2P135Ф2, що забезпечують підвищення точності обробки, скорочення тривалості виробничого циклу та зменшення фізичного навантаження на працівників;

– оснащення робочих місць необхідними засобами колективного та індивідуального захисту відповідно до вимог нормативно-правових актів з охорони праці;

– забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, освітлення, шуму та вібрації на робочих місцях шляхом застосування ефективних систем вентиляції, опалення та освітлення;

– удосконалення організації робочих місць відповідно до принципів ергономіки та наукової організації праці, що сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню ризику виробничого травматизму;

– забезпечення безпечного розміщення технологічного обладнання, проходів і проїздів, що створює належні умови для обслуговування, ремонту та евакуації працівників у разі виникнення аварійних ситуацій;

– підвищення рівня пожежної безпеки шляхом оснащення ділянки необхідними первинними засобами пожежогасіння, системою пожежної сигналізації та відповідними засобами оповіщення персоналу.

Реалізація зазначених заходів забезпечує створення безпечних і комфортних умов праці, підвищення продуктивності виробництва, зниження рівня професійних ризиків та відповідність виробничої ділянки вимогам чинного законодавства України у сфері охорони праці та пожежної безпеки.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано технологічний процес механічної обробки деталі типу «Корпус» для умов середньосерійного виробництва з урахуванням вимог щодо забезпечення необхідної точності, продуктивності та економічної ефективності виготовлення.

У роботі розроблено повний маршрутний та операційний технологічний процес виготовлення деталі. Визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій, здійснено вибір металорізального обладнання, різального, вимірювального та допоміжного інструменту. Виконано розрахунки припусків на обробку, міжопераційних розмірів, режимів різання та норм часу, що дало можливість встановити оптимальні параметри технологічного процесу.

В економічній частині проведено розрахунок витрат, пов'язаних із впровадженням розробленого технологічного процесу, а також визначено собівартість виготовлення деталі. Результати розрахунків підтвердили економічну доцільність запропонованих технічних рішень та їх ефективність щодо зниження виробничих витрат.

У розділі охорони праці виконано аналіз виробничих умов на дільниці механічної обробки. Передбачено вдосконалення систем вентиляції та освітлення, зниження рівнів шуму і вібрації, модернізацію обладнання та підвищення ступеня автоматизації виробничих процесів.

Отримані результати підтверджують, що розроблений технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус» є технічно обґрунтованим, забезпечує досягнення необхідних показників точності та продуктивності, відповідає сучасним вимогам виробництва і може бути рекомендований для практичного впровадження на машинобудівних підприємствах.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 7809:2015.
2. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
3. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни Технологія обробки спеціальних деталей для студентів спеціальності 131 розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок». Проектування та виробництво литих заготовок. К.:НТУУ «КПІ», 2011. 42 с.
4. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б. , Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
5. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
6. Основи технології машинобудування. Частина 1. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 116 с.
7. Основи технології машинобудування. Частина 2. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 90 с.
8. Технологія машинобудування: Посібник-довідник для виконання кваліфікованих робіт: Навч. посібник І.І. Юрчишин. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 528с.
9. Методичні вказівки для виконання економічної частини дипломного проекту. Укладач Кушак О.М. – Тернопіль. ТК ТНТУ 2018.
10. І.П. Пістун, Р.Є.Стець, І.О. Трунова. Охорона праці в галузі машинобудування. Суми : Університетська книга, 2023. 556 с.

					26.КВР.400.13.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ДОДАТКИ

Только для некоммерческого использования !

ГОСТ 3.1404-86

Форма 1а

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				

A1.0214.100166

8

26.КВР.400.13.00.000

A1.5014.100166

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт
Б	Код.	наименование	оборудования				П	И	В	Л	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
Р																	

0 01 4. Розвертати остаточно доковий отвір 39, витримуючи розміри $\phi 16,5+0,018$; $27,5+0,2$; $17,5+0,2$ окончательнo 0.05 0.103

Т 02 ВИ. Плаваючий патрон для розверток з комплекту верстата

03 РИ. Розвертка спеціальна $\phi 16,5H9$; $L=175$; $L1=54$; $L1=52$; $Z=8$ НКХ, Морзе1 $\phi 16,5H9$ ВК4 ДСТУ 10081:2008

04 СИ. В133-0926 Н7 Калібр-пробка двохсторонній двохграничний ДСТУ ISO 1502:2006; Взірці шорсткості ϕ ДСТУ 9378-93

Р 05 16.5 18.5 0.05 1 0.6 300 15.54

06

07

А 08 015 0218 КОНТРОЛЬ ДОВЖИНИ

Б 09 Спін контроль

10

11

12

13

14

15

16

17

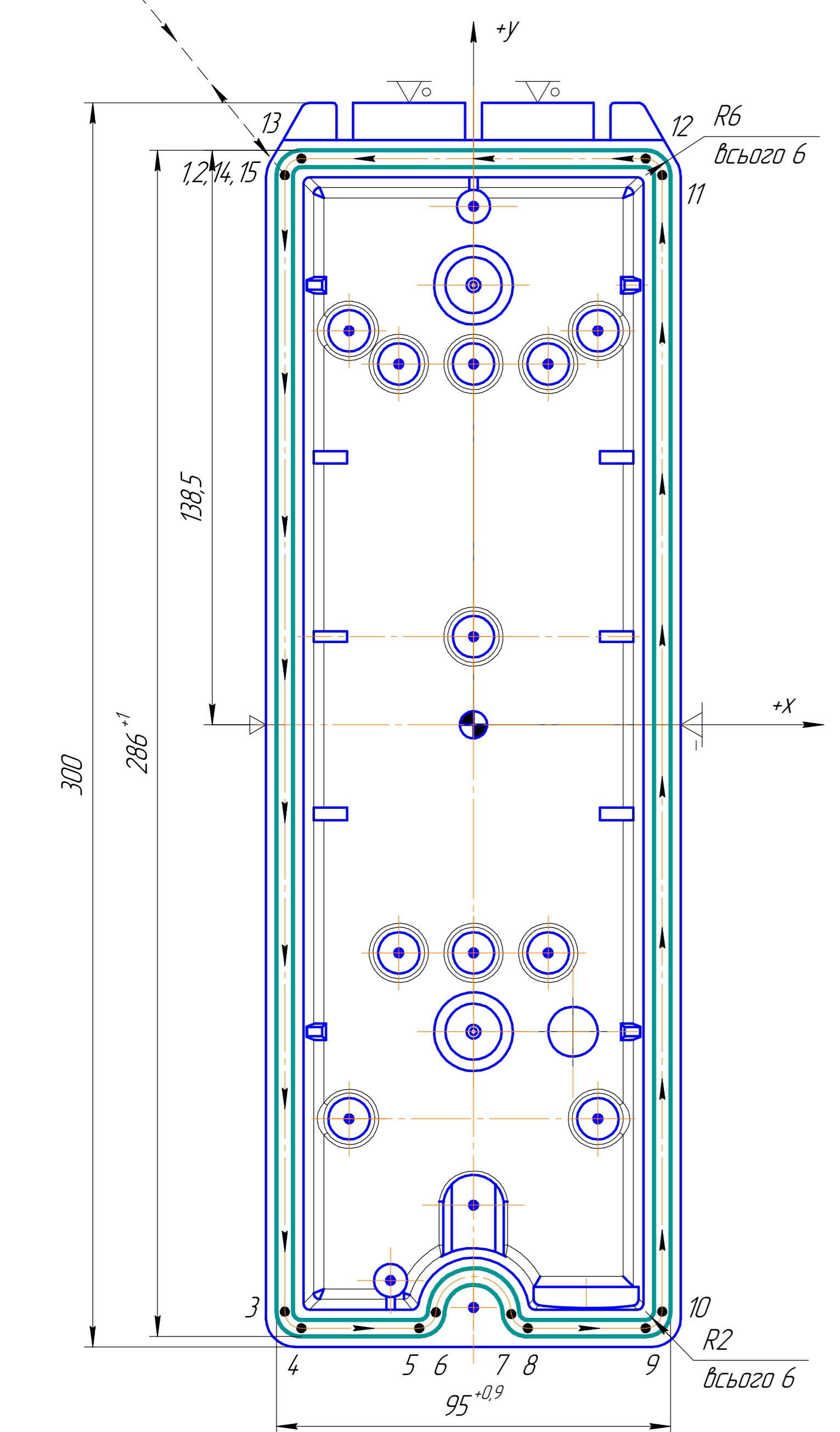
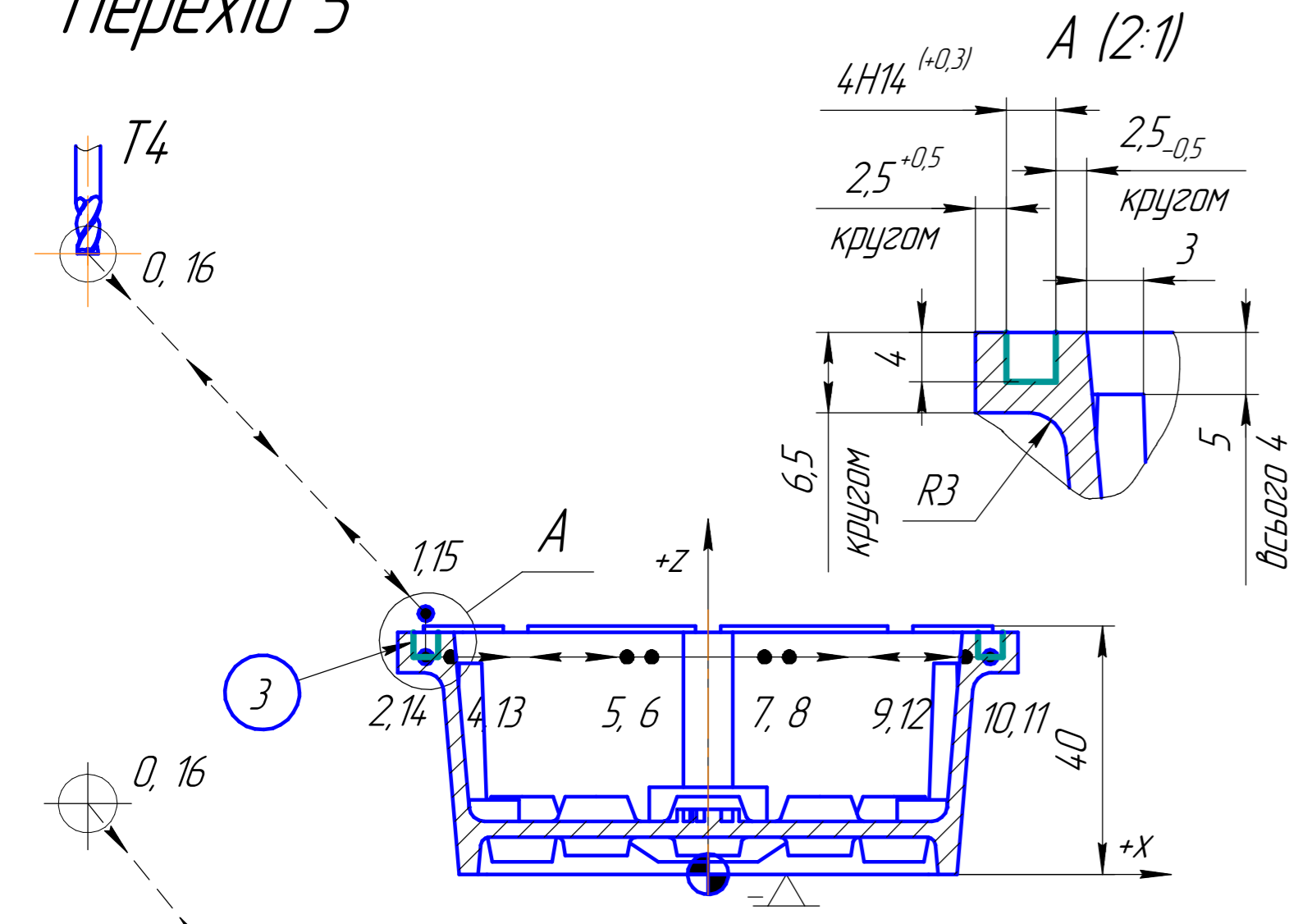
КТП Только для некоммерческого использования Карта технологического процесса Корпус 26.КВР.400.13.00.000.адп 9

Только для некоммерческого использования !

Перв. застосув.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка	
						<u>Документація</u>			
		A1			<u>26.КВР.400.13.00.000 СК</u>	<u>Складальне креслення</u>			
						<u>Складальні одиниці</u>			
		A1		<u>1</u>	<u>26.КВР.400.13.01.000</u>	<u>Корпус</u>	<u>1</u>		
		A2		<u>2</u>	<u>26.КВР.400.13.02.000</u>	<u>Поршень</u>	<u>1</u>		
						<u>Деталі</u>			
		A3		<u>5</u>	<u>26.КВР.400.13.00.001</u>	<u>Фланець</u>	<u>1</u>		
		A3		<u>6</u>	<u>26.КВР.400.13.00.002</u>	<u>Гільза</u>	<u>1</u>		
		A3		<u>7</u>	<u>26.КВР.400.13.00.003</u>	<u>Фланець</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>8</u>	<u>26.КВР.400.13.00.004</u>	<u>Шток</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>9</u>	<u>26.КВР.400.13.00.005</u>	<u>Кришка</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>10</u>	<u>26.КВР.400.13.00.006</u>	<u>Втулка</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>11</u>	<u>26.КВР.400.13.00.007</u>	<u>Важіль</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>12</u>	<u>26.КВР.400.13.00.008</u>	<u>Вісь</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>14</u>	<u>26.КВР.400.13.00.009</u>	<u>Напрямна ліва</u>	<u>1</u>		
		A3		<u>15</u>	<u>26.КВР.400.13.00.010</u>	<u>Напрямна права</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>16</u>	<u>26.КВР.400.13.00.011</u>	<u>Притискач</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>17</u>	<u>26.КВР.400.13.00.012</u>	<u>Палець</u>	<u>2</u>		
		A4		<u>18</u>	<u>26.КВР.400.13.00.013</u>	<u>Упор</u>	<u>1</u>		
		A4		<u>19</u>	<u>26.КВР.400.13.00.014</u>	<u>Пластина</u>	<u>2</u>		
		A3		<u>20</u>	<u>26.КВР.400.13.00.015</u>	<u>Плита</u>	<u>2</u>		
					26.КВР.400.13.00.000				
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	Тихий						
		Перев.	Кодельник						
		Реценз.							
		Н.контр.	Волошин						
		Затв.							
Інв. №орис.	Пристосування спеціальне для обробки паза та отворів в деталі "Корпус"						Літ.	Аркуш	Аркушів
							н	1	2
ВСП "ТФК ТНТУ", гр. МГ-400 м.Тернопіль									

Перехід 5

√Ra 12,5

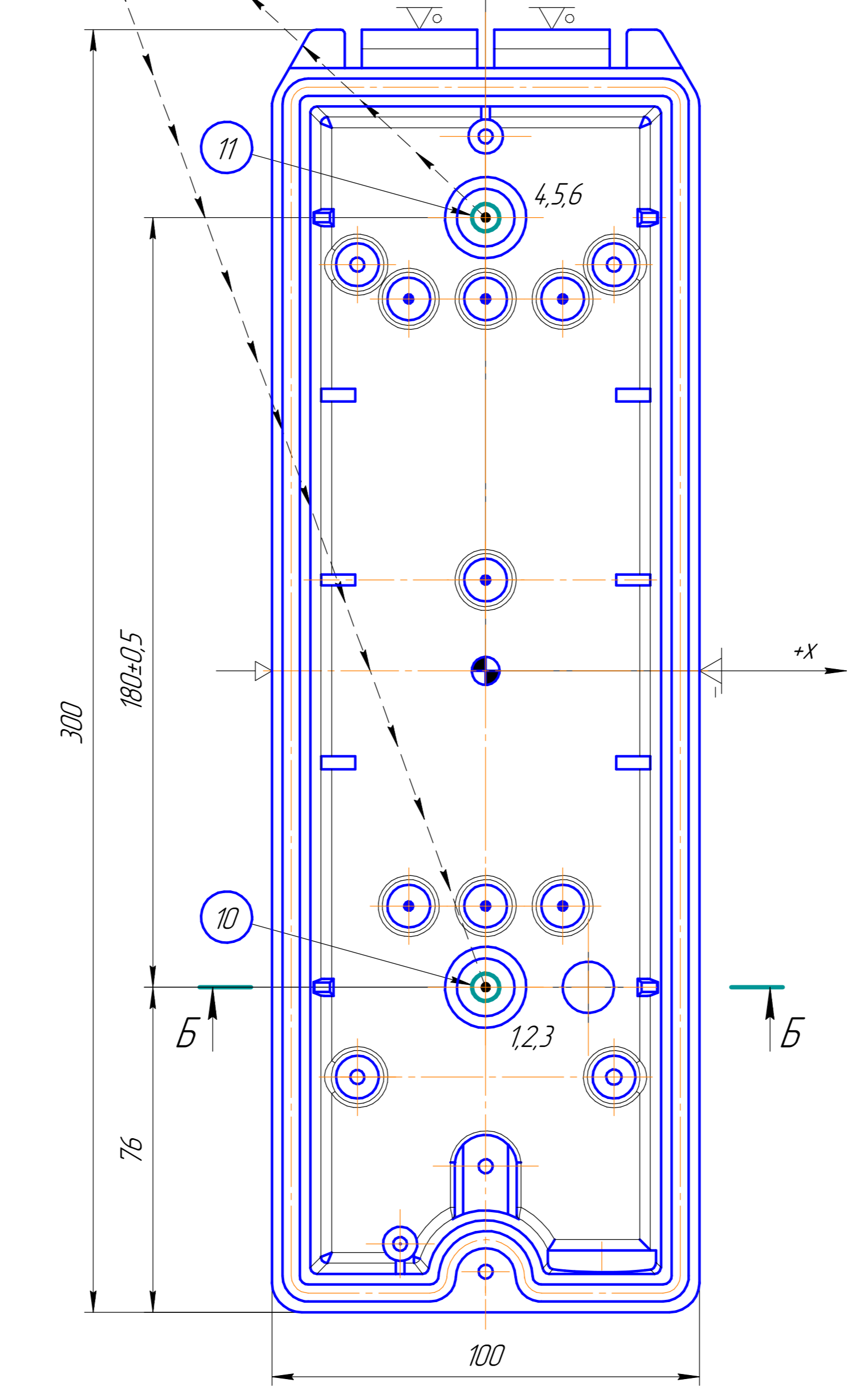
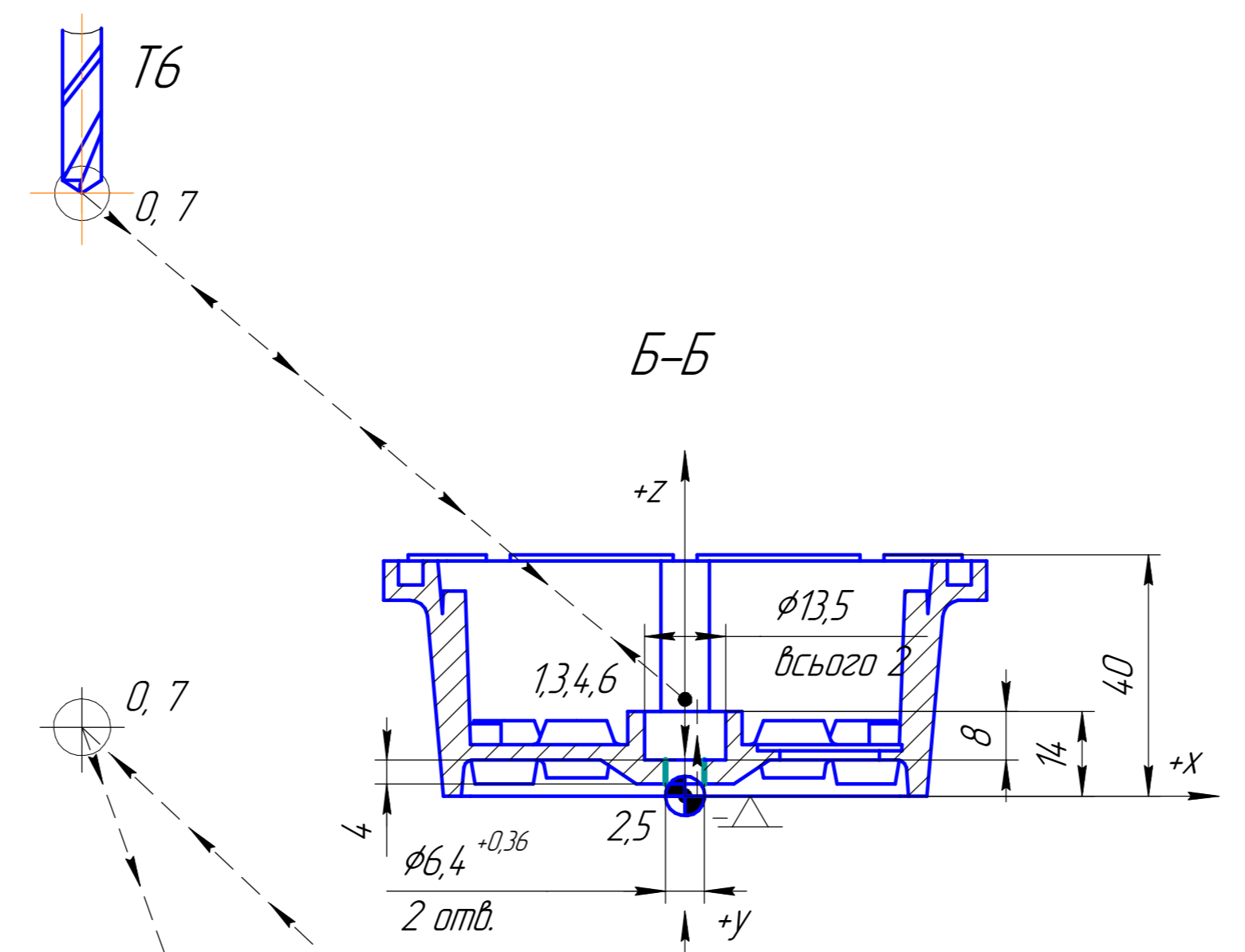


T4 Фреза кінцева D=4; L=32; l=10; z=4; BK8 ДСТУ ISO 240:2015

№ похи	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X	-100	-45,5	-45,5	-45,5	-41,5	-13,09	-9,09	9,09	13,09	41,5	45,5	45,5	41,5	-45,5	-45,5	-100	
Y	200	132,5	132,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	-14,5	132,5	136,5	136,5	132,5	200		
Z	100	4,2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,2	100	

Перехід 7

√Ra 12,5

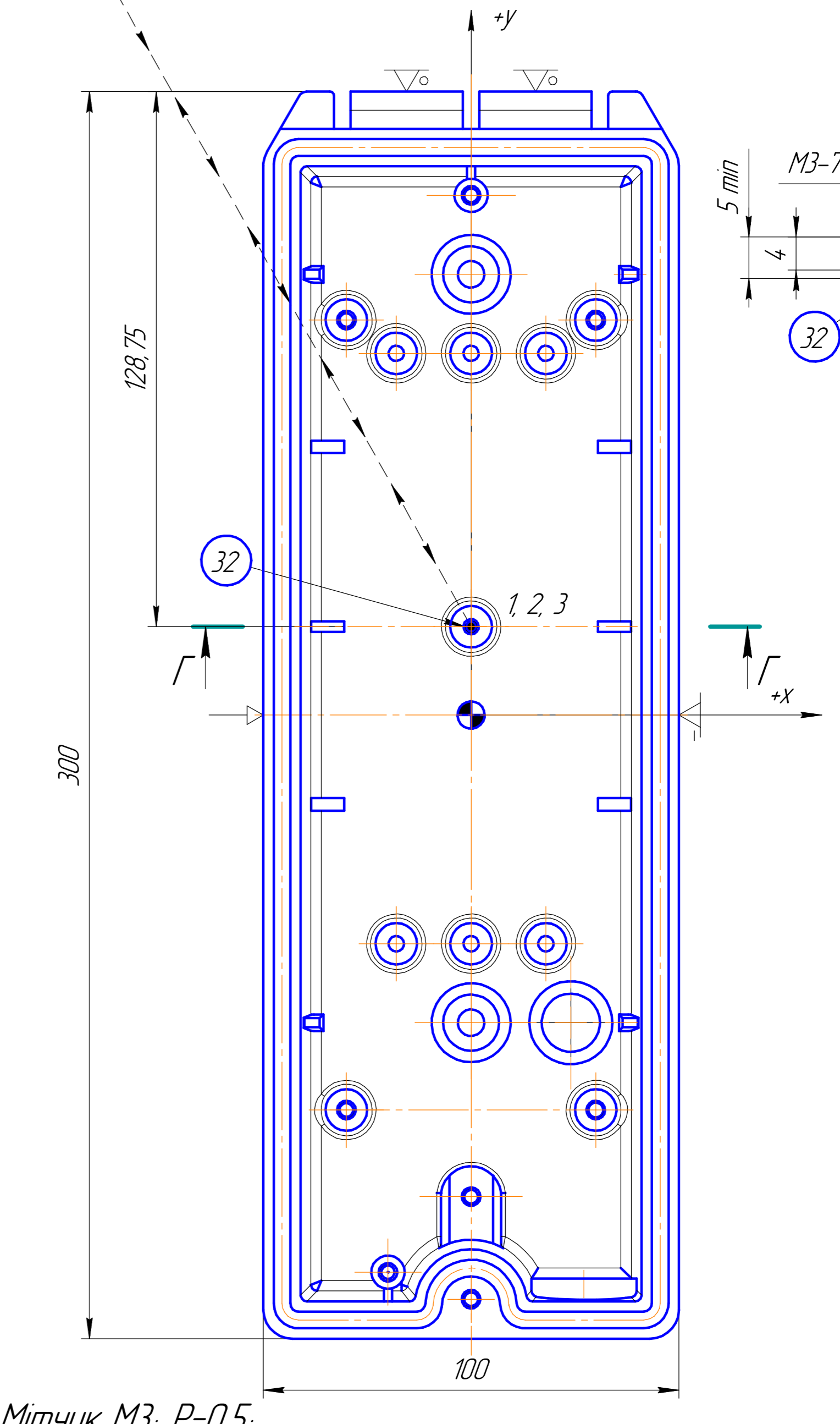
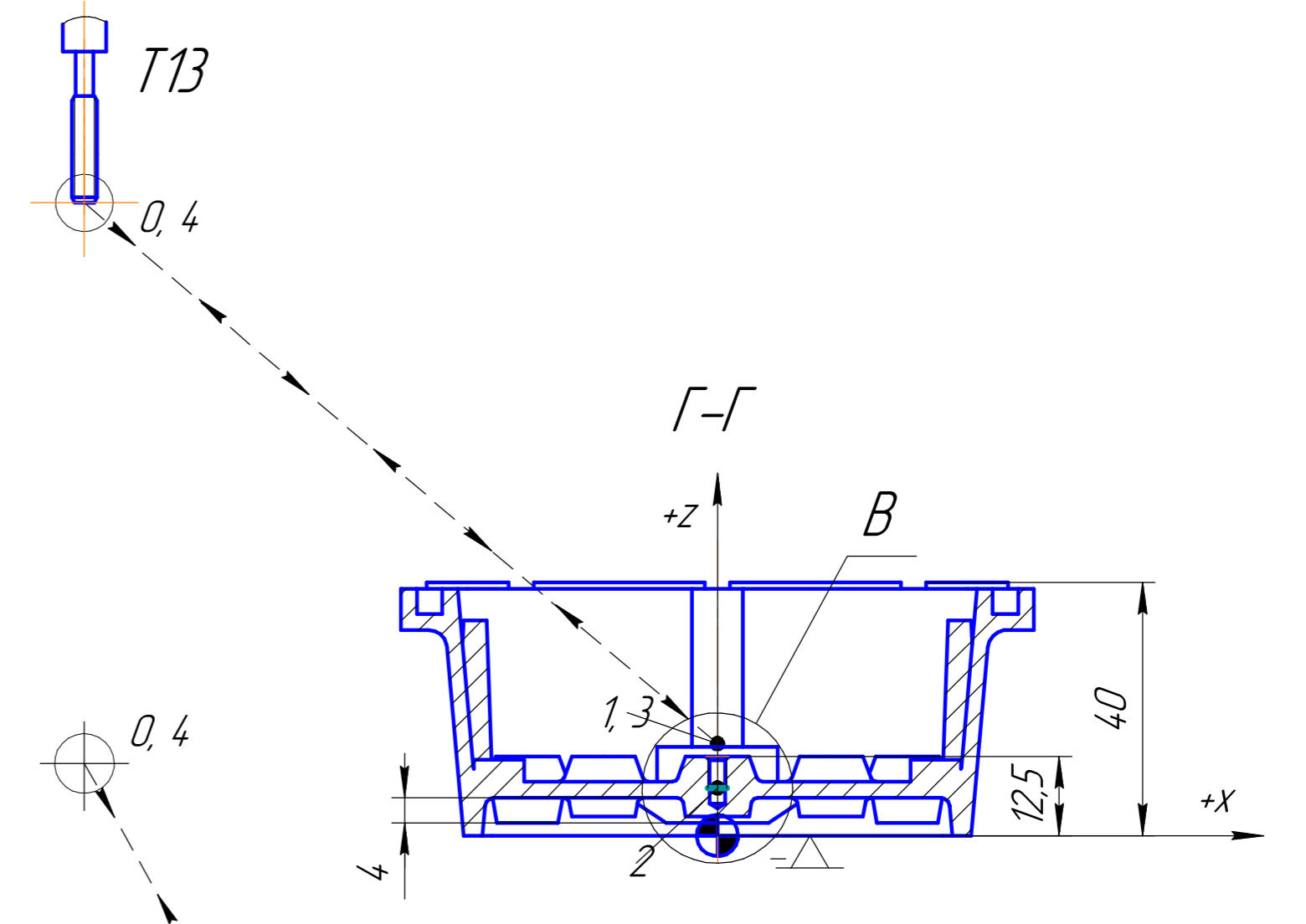


T6 Свердло спіральне d = 6,4; L = 101; l = 63 ДСТУ ISO 235:2018

№ похи	0	1	2	3	4	5	6	7
X	-100	0	0	0	0	0	0	-100
Y	200	-74	-74	-74	106	106	106	200
Z	100	16	0	16	16	0	16	100

Перехід 14

√Ra 6,3

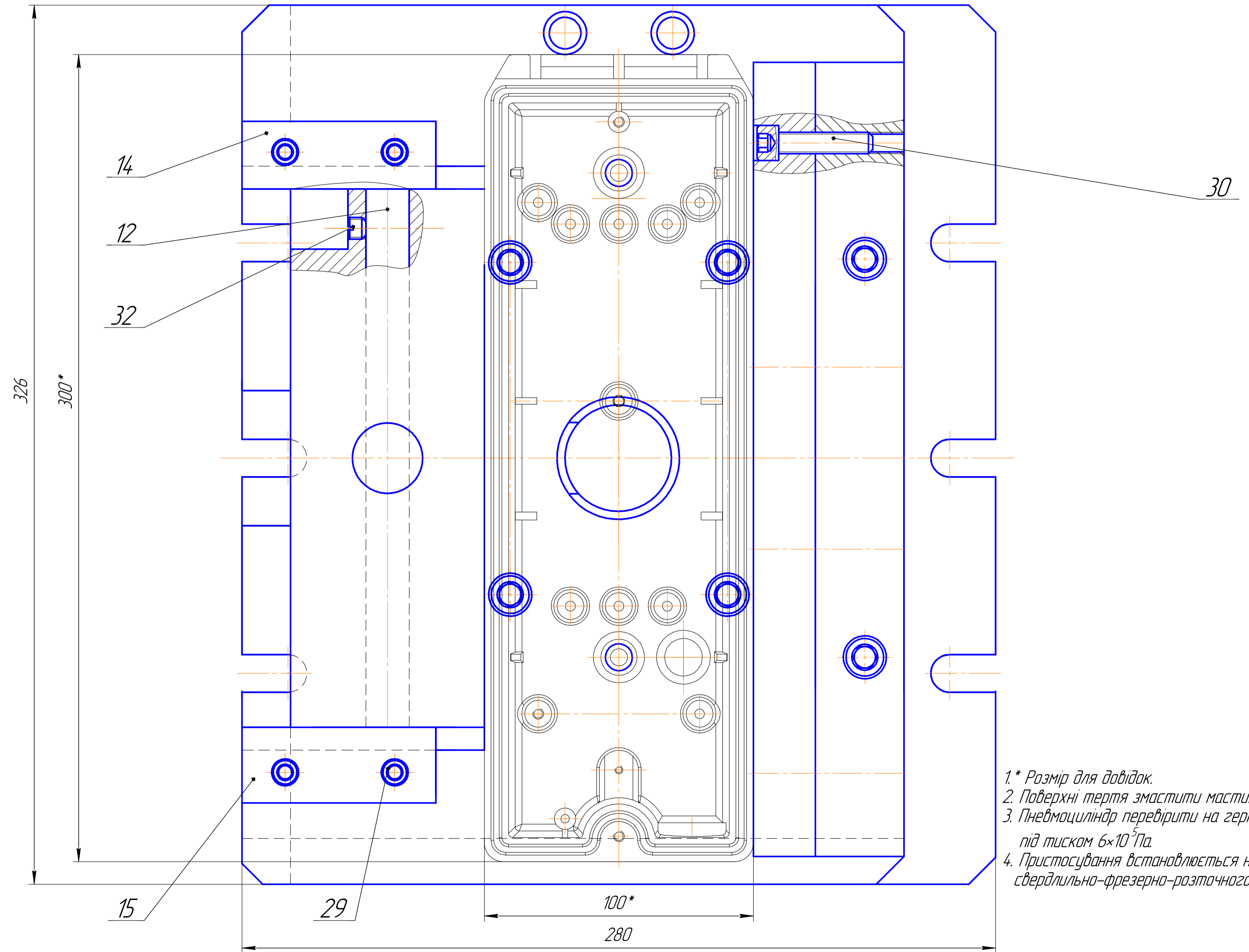
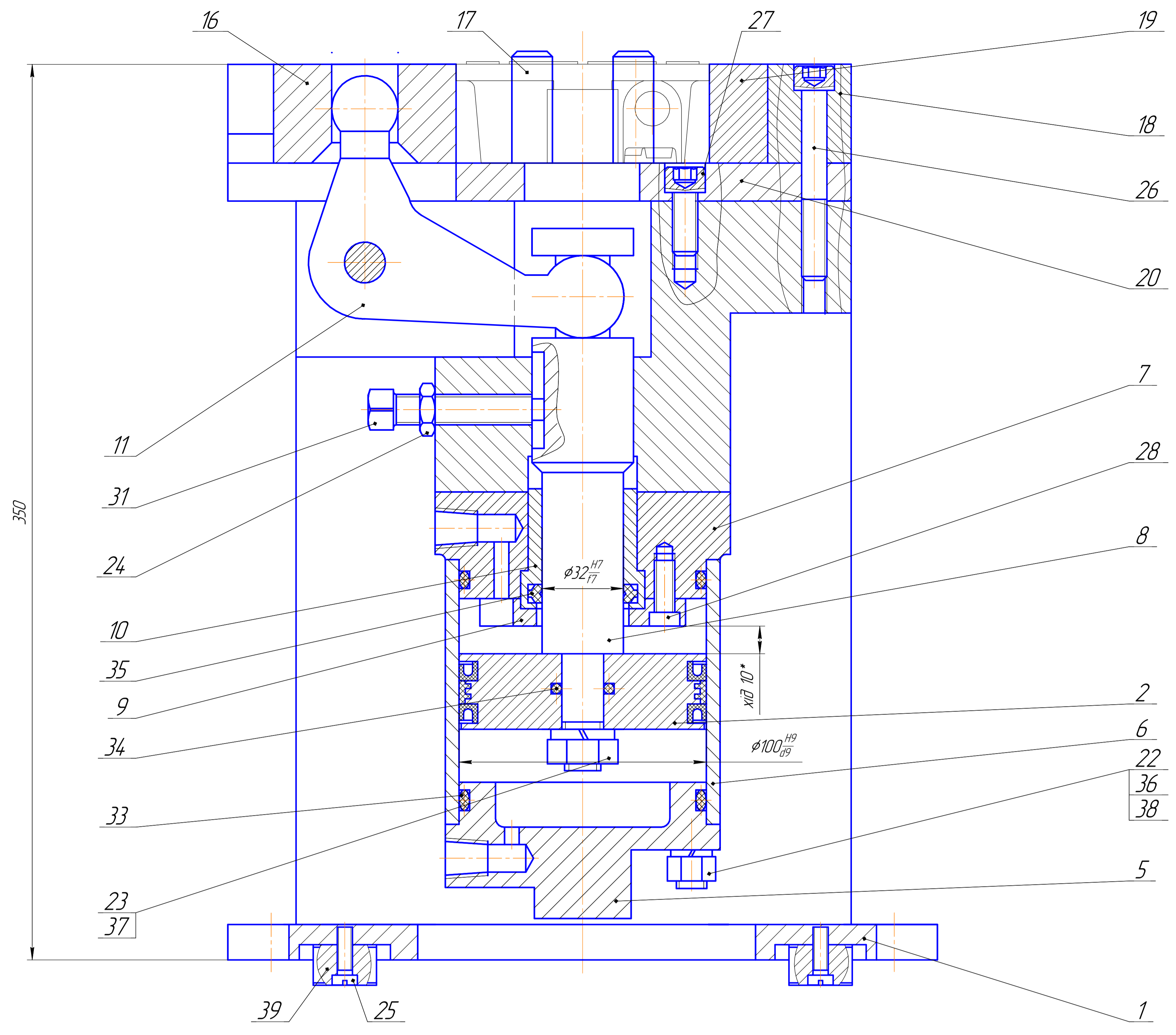


T13 Мітчик M3; P=0,5; L=48; l=11 ДСТУ 3266-81

№ похи	0	1	2	3	4
X	-100	0	0	0	-100
Y	200	21,25	21,25	21,25	200
Z	100	14,5	7,5	14,5	100

26.KBP.4.00.13.00.000 PTK				Лит	Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Н	-	1:1
Розроб.	Техні			Архив	Архив	1
Перев.	Кабельник			ВСП "Тех ТНТУ", гр. МГ-400 м. Тернопіль		
Т.контр.						
Реценз.						
Н.контр.	Волошин					
Затв.						

Лист заготовки
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



- 1* Розмір для довідок.
- 2. Поверхні тертя змастити мастилом ЦИАТИМ-201.
- 3. Пневмоциліндр перевірити на герметичність стиснутим повітрям під тиском 6×10^5 Па.
- 4. Пристосування встановлюється на столі свердильно-фрезерно-розточного верстата з ЧПК мод.21105Н7Ф4.

№№ аркушів	Підп. і дата	Зам. №№ аркушів	Підп. і дата	Листів №	Перед. заміни

26.KBP.4.00.13.00.000 СК					
Пристосування спеціальне для обробки паза та отворів в деталі "Корпус" Складальне креслення					
Лит	Маса	Масштаб			
Н	133	1:1			
Архш	Архш	1			
ВП "ТФК ТНТУ", гр. МГ-400 м. Тернопіль					