

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій машинобудування верстатів та інструментів
(повна назва кафедри, (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
24.62.137-1 шляхом інтенсифікації операції контролю площинності»

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-01
спеціальності:

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Костянтин ГЕРАСЬКО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Іван ДЕГТЯРЬОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i>
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i>
Освітня програма	<i>(шифр і назва) «Технології машинобудування» (шифр і назва)</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Герасько Костянтин Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
24.62.137-1 шляхом інтенсифікації операції контролю площинності*

керівник проекту *Дегтярьов Іван Михайлович, канд. техн. наук, ст. викладач*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «1» *листопада* 2021 року № *0523-III*

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «10» *грудня* 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____
Креслення деталі – «Корпус 24.62.137-1»

річний обсяг випуску деталей – 2500 шт.

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

1. Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус».

2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус».

3. Науково-дослідна частина.

4. Охорона праці та безпеки. Нещасні випадки, що пов'язані з виробництвом. Порядок їх розслідування, спеціальне розслідування.

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

5.5 Креслення контрольно-вимірювального приладу

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі «Корпус»

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання <<__>> _____ 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	01.09.2021	
2	Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	05.09.2021	
3	Науково-дослідна частина	01.10.2021	
4	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки	01.11.2021	
5	Формулювання загальних висновків	01.12.2021	
6	Підготовка доповіді	10.12.2021	
7	Підготовка презентації	12.12.2021	
8	Оформлення роботи	14.12.2021	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Костянтин ГЕРАСЬКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«___» грудня 2021 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
КОРПУСУ 24.62.137-1 ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОПЕРАЦІЇ
КОНТРОЛЮ ПЛОЩИННОСТІ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Костянтин ГЕРАСЬКО

Керівник

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Нормоконтроль

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Суми - 2021

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка роботи магістра складається з 115 сторінок, 24 рисунків, 33 таблиць, 30 літературних джерел.

Мета роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 24.62.137-1 шляхом інтенсифікації операції контролю площинності.

В даній роботі було проаналізовано технологічний процес виготовлення корпусу, зокрема його службове призначення, технологічні вимоги, що пред'являються до деталі, обґрунтовано тип виробництва та досліджено деталь на технологічність.

Було створено верстатне пристосування для встановлення та закріплення заготовки на одній з операцій та спроектовано, досліджено і удосконалено контрольно-вимірювальний пристрій для контролю однієї з операцій.

У додатку про охорону праці розглянуто тему нещасних випадків, що пов'язані з виробництвом та порядок їх розслідування.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення деталі типу корпус та операція контролю.

Предмет дослідження: фрезерно-розточувальна операція, фрезерна операція та операція контролю.

Наукова новизна: удосконалення операції контролю площинності за допомогою спроектованого контрольно-вимірювального пристрою. Створено модель та досліджено напружено-деформований стан пристрою, проведено його модальний та гармонічний аналіз.

КОРПУС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕВОЛЬВЕРНИЙ СУПОРТ, ЛИТТЯ В КОКІЛЬ, БАЗУВАННЯ, РІЗЕЦЬ, НОРМИ ЧАСУ, ПРИПУСКИ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ.

РЕФЕРАТ

Объяснительная записка работы магистра состоит из 115 страниц, 24 рисунков, 33 таблиц, 30 литературных источников.

Цель работы. Усовершенствование технологического процесса изготовления корпуса 24.62.137-1 путем интенсификации операции контроля плоскостности.

В данной работе был проанализирован технологический процесс изготовления корпуса, в частности его служебное назначение, предъявляемые к детали технологические требования, обоснован тип производства и исследована деталь на технологичность.

Было создано станочное приспособление для установки и закрепления заготовки на одной из операций и спроектировано, исследовано и усовершенствовано контрольно-измерительное устройство контроля одной из операций.

В приложении об охране труда рассмотрена тема несчастных случаев, связанных с производством и порядок их расследования.

Объект исследования: технологический процесс изготовления детали типа корпус и операция контроля.

Предмет исследования: фрезерно-расточные операции, фрезерная операция и операция контроля.

Научная новизна: усовершенствование операции контроля плоскостности с помощью спроектированного контрольно-измерительного устройства. Создана модель и исследовано напряженно-деформированное состояние устройства, проведен его модальный и гармонический анализ.

КОРПУС, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, РЕВОЛЬВЕРНЫЙ СУПОРТ, ЛИТЬЕ В КОКИЛЬ, БАЗОВАНИЕ, РЕЗЕЦ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ПРИПУСКИ, РЕЖИМ РЕЗАНИЯ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, КИП.

ABSTRACT

The explanatory note of the master's work consists of 115 pages, 24 figures, 33 tables, 30 references.

The purpose of the work. Improving the technological process of manufacturing the housing 24.62.137-1 by intensifying the operation of control of flatness.

In this paper, the technological process of manufacturing the case was analyzed, in particular its official purpose, technological requirements for the part, the type of production is substantiated and the part is studied for manufacturability.

A machine tool for installation and securing the workpiece in one of the operations was created and a control and measuring device for monitoring one of the operations was designed, researched and improved.

The appendix on labor protection deals with the topic of accidents related to production and the procedure for their investigation.

Object of research: technological process of manufacturing corps part and control operation.

Subject of research: milling and boring operation, milling operation and control operation.

Scientific novelty: improvement of flatness control operation with the help of designed control and measuring device. The model is created and the stress-strain state of the device is investigated, its modal and harmonic analysis is carried out.

CORPS, TECHNOLOGICAL PROCESS, REVOLVER SUPPORT, CASTING IN A DIGGING, BASE, CUTTER, TIME STANDARDS, ALLOWANCES, CUTTING MODE, TOOLING, CONTROL AND MEASURING DEVICE.

ЗМІСТ

Вступ	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС 24.62.137-1»	10
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	10
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	17
1.3 Визначення типу виробництва, такту випуску та партії запуску	20
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	26
1.5 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу	32
РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСА	34
2.1 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї	
2.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	46
2.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	52
2.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	56
2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку	58
2.6 Розрахунок режимів різання	61
2.7 Технічне нормування операцій	77
2.8 Проектування верстатного пристрою для установаження і закріплення заготовки	82
2.9 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	89
2.10 Висновки	94

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ПЛОЩИННОСТІ	95
3.1 Методики та галузь дослідження оптимізації конструкції контрольно- вимірювальних пристроїв	95
3.2 Дослідження напружено-деформованого стану контрольно- вимірювального пристрою для контролю відхилення від площинності	101
3.3 Модальний аналіз контрольно-вимірювального пристрою для контролю відхилення від площинності	106
3.4 Гармонічний аналіз контрольно-вимірювального пристрою	109
3.5 Висновки проведеного дослідження	111
Список літератури	112
Додатки	116

ВСТУП

Машинобудування є провідним комплексом серед галузей в промисловості. Рівень його розвитку визначає можливість подальшого прогресу народного господарства в цілому.

Розвиток машинобудування робить можливим появу нових проблем, які стосуються покращення якості виготовлюваних виробів та покликані забезпечити високу продуктивність праці. Це призводить до виникнення потреби у вирішенні таких проблем. Виробництво машин сьогодні охоплює практично всі сфери людської діяльності та досягло небувалих успіхів у підвищенні їх ефективності. Це спричинило перетворення промисловості у технологічному плані та впливає на розвиток всієї країни в цілому.

Машинобудування, як технологія сьогодні, піддається постійному розвитку з дотриманням курсу по багатьом різноманітним напрямкам. Серед них можна відмітити такі: прагнення до автоматизації виробництв, створення нових матеріально-технічних баз для покращення умов виробництва та праці людини, роботизація, робота над удосконаленням технологічних процесів та винайдення кардинально нових підходів обробки матеріалів, уніфікація інструментальної та технічної баз, інтенсифікація існуючих засобів контролю та комп'ютеризація виробництва загалом.

Безперервне удосконалення матеріально-технічної бази призвело до необхідності постійного покращення показнику продуктивності праці. Це стало причиною тому, що представники машинобудування у наш час повсякчас повинні вирішувати цілий ряд ключових задач. Серед них можна підкреслити наступні: зведення до мінімуму часу на підготовку виробничих потужностей під нові об'єкти, зменшення ціни виготовлення виробів, витрат матеріалів для їх створення та скорочення часу і праці, що потрібні для якісного виробництва продукції, необхідне постійне оновлення засобів виготовлення та транспортування виробів за допомогою автоматизації, роботизації, механізації та комп'ютеризації. Також необхідно постійно переналаштовувати підприємство

під передові технології сучасності, але тільки у тому разі, коли це буде економічно доцільним та достатньо ефективним для конкретного підприємства та задоволення його потреб за рахунок поліпшення конструкцій машин та удосконалення технологій.

Невпинний зріст вимог до виготовлення якісної продукції, конкурентне переналаштування підприємства під нову номенклатуру виробу та здорова конкуренція на ринку є найбільш вагомими чинниками для появи нових проблем. На сьогоднішній день від технолога вимагається виконання обсягу роботи, що постійно збільшується та на більш якісному рівні, ніж це можливо за даних умов. Вирішенням проблеми може стати автоматизація праці такого робітника. Це спричиняє бурхливий поштовх у напрямку переосмислення та удосконалення наукової бази машинобудування. Перелічені фактори спонукають до поглибленого вивчення способів організації переобладнання виробництв, використання методів математичного аналізу, пошуку більш ефективних способів аналізу результатів досліджень та реалізацій вже існуючих ідей з удосконалення виробництва за допомогою наявного матеріально-технічного забезпечення, яке можна використовувати набагато ефективніше.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС 24.62.137-1»

1.1 Аналіз службового призначення деталі, вузла, машини. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Деталь корпус 24.62.137-1 є однією з найбільш важливих частин приводу поздовжніх подач револьверного супорту верстату 1В340Ф30.

Верстат підвищеної точності типу токарно-револьверний призначений для здійснення різнопланових токарних робіт, що обмежені певною потужністю, що у більшості випадків спричинено обробкою деталей з вигнутим профілем та деталей зі специфічним профілем у вигляді ступенів. Цей верстат розрахований на роботу в умовах дрібно- та середньосерійного виробництва.

Можна виділити такі позитивні відмінності цього верстату у порівнянні з аналогами:

- супорт хрестового типу з віссю у вертикальному напрямку головки револьверної дає змогу досягти виконання токарної обробки всіх видів з використанням дуже невеликого переліку інструментів;

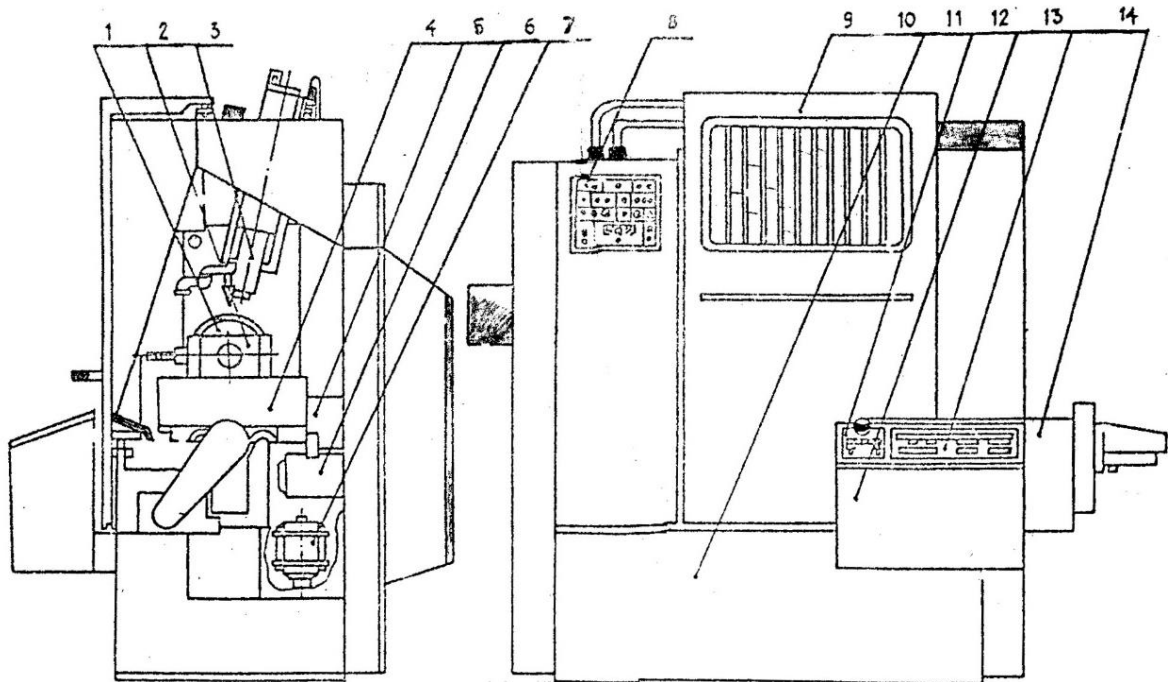
- обробка деталі в автоматичному циклі. Це стало можливим завдяки присутності системи управління оперативного типу. Поєднуючи ручне налаштування верстата з автоматичним, можна створювати необхідні програми керування;

- наявність револьверної головки з вісьма позиціями для завантаження інструментів дозволяє досягти високої жорсткості (головка зафіксована за допомогою плоских зубчастих коліс) та швидкого реагування верстата при переналаштуванні під наступну операцію;

- діапазон нарізання різьби є достатньо широким та містить у собі навіть багатозаходні;

– деталі, що виробляються з прутка, можуть оброблятися за допомогою автоматичного циклу.

Конструкція верстата показана на рисунку 1.1.



- 1 - шпиндельна бабка; 2 - револьверна головка; 3 - супорт відрізний;
4 - супорт револьверний; 5 - привод поперечної подачі; 6 - насос системи охолодження; 7 - гідростанція; 8 - пульт управління верстата (основний);
9 - щит огорожі; 10 - станина; 11 - пульт управління (додатковий);
12 - оперативна система управління "Електроніка НЦ-31";
13 - пульт оператора; 14 - привод поздовжньої подачі супорта

Рисунок 1.1 - Основні вузли верстата моделі 1B340Ф30

Технічні характеристики верстата представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата 1В340Ф30

Назва параметру	Значення
Габаритні розміри станка з ЧПК (довжина, ширина, висота), мм	2840/1770/1670
Найбільший діаметр оброблюваної деталі над станиною, мм	400
Найбільший діаметр оброблюваного прутка на передньому затиску, мм	50
Потужність двигуна головного руху, кВт	6
Кількість робочих швидкостей шпинделя	12
Межі обертів шпинделя, об\хв	45 - 2000
Межі обертів шпинделя (зворотній напрям), об\хв	45 - 250
Найбільший момент обертання на шпинделі, Нм	40
Найбільше переміщення револьверного супорту: поздовжнє ()/ поперечне (), мм	3120/110
Діапазон швидкостей поздовжніх і поперечних подач револьверного супорту, мм\хв	1 - 2500
Кількість інструментів в револьверній головці	8
Кількість електродвигунів на станку	6
Електродвигун головних подач, кВт	6
Маса станка з ЧПК, кг	3600

Корпусна деталь, що наразі розглядається, було створено для використання у закріпленні гвितової пари кулькового типу, що знаходиться у механізмі, який відповідає за рух супорту верстата у поздовжньому напрямку.

Високомоментний електродвигун дозволяє переміщатись револьверному супорту у поздовжньому напрямку. Його встановлено на кронштейні, що, в свою чергу, закріплений до торцю станини з правого боку. Зубчаста пасова передача

передає обертання двигуна на гвинто-гайкову пару кочення. Встановлені в корпус (деталь, що розглядається) підшипники слугують опорою для гвинта. Корпусу кріпиться жорстко до торцю станини з правого боку. У конструкції верстата передбачно датчик зворотного зв'язку. Пара кочення типу гвинт-гайка цього датчика поєднана з валом завдяки спеціальній муфті. Переміщення кронштейну у вертикальному напрямку (за віссю Z) забезпечує натягування зубчастого пасу.

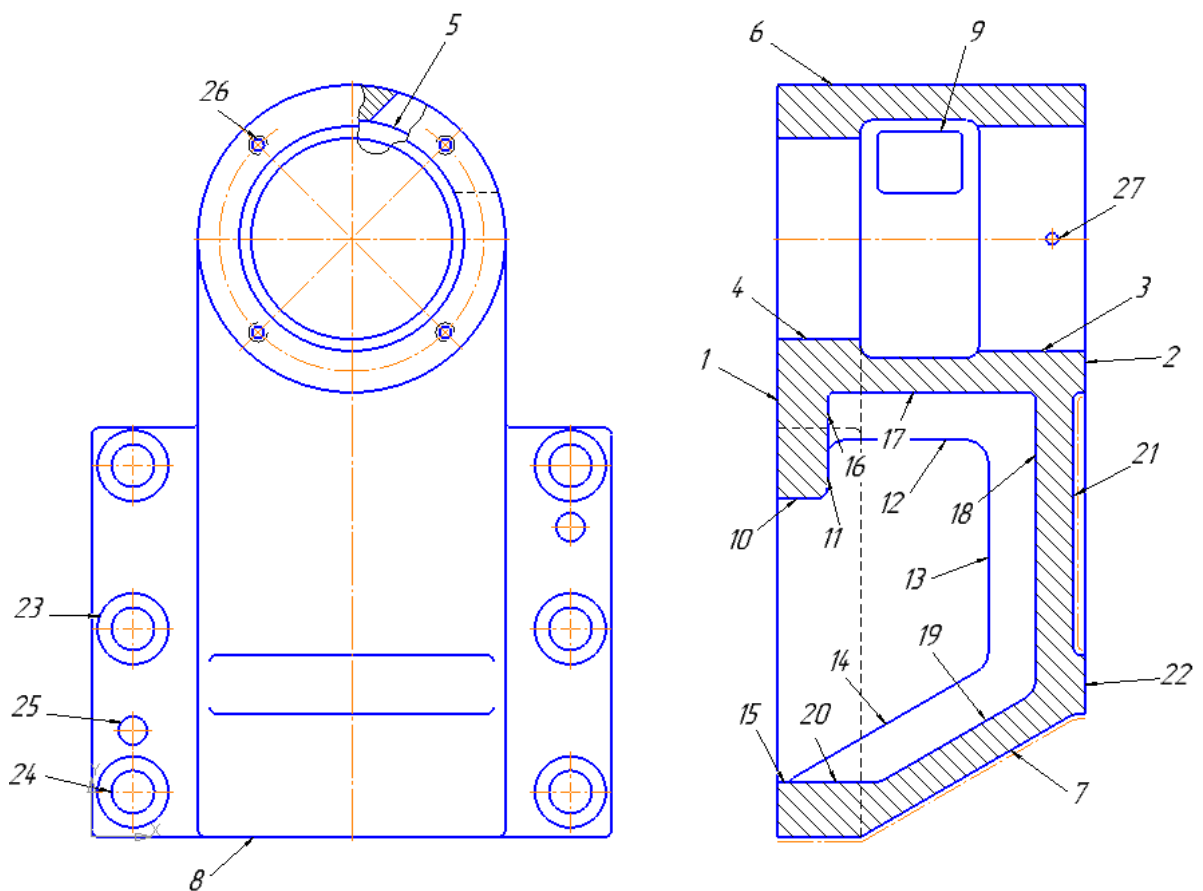


Рисунок 1.2 – Класифікація поверхонь корпусу

Класифікація поверхонь на основі складального креслення (рисунок 1.2) та їх службового призначення представлена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

№	Вид поверхностей	Номера поверхонь
1	Виконавчі	3, 4, 5
2	Основні конструкційні бази (ОКБ)	1, 2, 6, 22
3	Допоміжні конструкторські бази (ДКБ)	9, 21, 23, 24, 25, 26, 27
4	Вільні	7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

До виконавчих поверхонь віднесемо поверхню 3 діаметром 95 мм довжиною 45 мм, поверхню 4 діаметром 85 мм довжиною 35 мм, поверхню 5 діаметром 100 мм довжиною 50 мм. Вони виконують функціональне призначення даної деталі.

Основними конструкційними базами є поверхні 1, 2, 6 і 22. Основними поверхнями деталі є поверхні, які визначають її положення у виробі. До них відноситься торець довжиною 318 мм, торець з розміром 130 мм, зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130$ мм та торець 35 мм.

До допоміжних конструкторських баз відносяться поверхні, які визначають положення приєднувальних деталей. До них належать поверхні 9, 21, 23, 24, 25, 26, 27. Паз 26x36 мм вказує на точне розташування деталі у вузлі. Отвори $\varnothing 5$ мм слугують для встановлення кришки, що буде кріпитись. Отвори $\varnothing 30$ мм та $\varnothing 12$ мм слугують для закріплення деталі у вузлі.

Вільними є решта поверхонь, вони формують загальну конфігурацію корпусу і є перехідними ділянками.

Розглядаючи деталь у вузлі та аналізуючи складальні бази, можна стверджувати, що деталь позбавлена шести ступенів вільності (схема базування під час складання представлена на рисунку 1.3).

Схема базування, що була спроектована, дозволяє позбавити заготовку шести ступенів вільності. Це призводить до того, що заготовка має повне базування. За наших умов було використано цілий набір технологічних баз: встановлювальна, напрямна і опорна.

Встановлювальною базою представлено площину А, що має три опорні точки (1, 2, 3) та покликана позбавити заготовку такої ж кількості ступенів вільності. Це обертання навколо двох координатних осей та переміщення вздовж іншої.

За напрямну базу відповідає поверхня отвору В, що має дві опорні точки (4, 5) та покликана позбавити заготовку такої ж кількості ступенів вільності. Це обертання навколо однієї з координатних осей та переміщення вздовж іншої.

За опорну базу відповідає поверхня торця деталі С, що має одну опорну точку (6) та покликана позбавити заготовку один ступінь вільності. Це переміщення вздовж координатної осі.

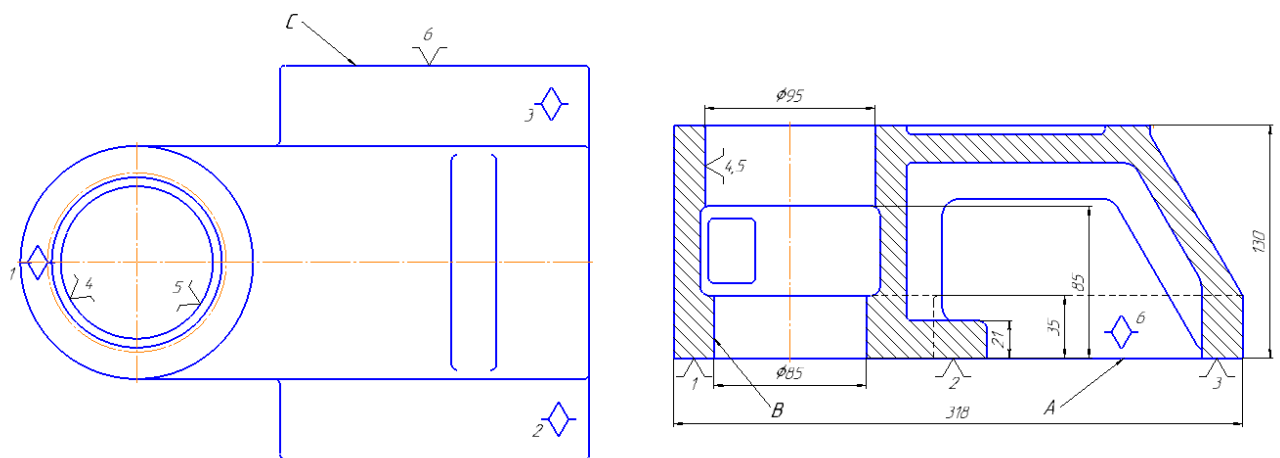


Рисунок 1.3 – Схема базування деталі в вузлі

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	III, IV, V	Встановлювальна
4,5	II, VI	Напрямна
6	I	Опорна

Таблиця 1.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	0	1	Встановлювальна база
α	1	1	0	
L	0	1	0	Напрямна база
α	0	0	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	

1.2 Аналіз технічних вимог та виготовлення деталі

Деталь корпус 24.62.137-1 виготовляється з сірого чавуну шляхом лиття в піщано-глиняні форми. Це дозволяє отримати заготовку с потрібною нам конфігурацією поверхонь всередині та ззовні. Для можливості отримання необхідних нам порожнин, що знаходяться всередині заготовки, при відливанні потрібно використовувати стержневу формовку, а для отримання необхідних отворів, що знаходяться всередині, потрібно застосовувати збірні стержні.

Більша частина поверхонь деталі не оброблюються та можуть бути отримані за допомогою лиття.

Матеріал деталі - сірий чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85. Хімічний склад чавуну СЧ20 взято з ГОСТ 1412-85 [1] та наведено у таблиці 1.5. Сірий чавун відноситься до технологічних матеріалів, адже від володіє достатньо чудовою рідкотекучістю, якщо порівнювати з іншими чавунами, то він вкрай мало схильний до появи дефектів, що пов'язані з усадкою. З сірого чавуну такої марки є можливість виготовлювати виливки найскладнішої конфігурації, що мають товщину своїх стінок в діапазоні з 2 до 500 міліметрів. Після попередньої термічної обробки або під час лиття забезпечуються основні механічні властивості (див. табл. 1.6).

Таблиця 1.5 - Хімічний склад чавуну СЧ 20 ГОСТ 1412-85, %

C	Mn	Si	P	S
3,3 – 3,5	0,7 – 1,0	1,4 – 2,4	до 0,2	до 0,15

Таблиця 1.6 Механічні властивості чавуну СЧ 20 ГОСТ 1412-85

Сортамент	Розмір	σ_b	σ_T	σ_5	Ψ	КСУ
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
Відливки, ГОСТ 1412-85	-	200	-	-	-	-

Фізичні властивості чавуну СЧ 20 наведені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Фізичні властивості чавуну СЧ 20 ГОСТ 1412-85

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг · град)	Ом · м
20	1,0	-	54	7100	-	-
100	-	9,5	-	-	480	-

На основі аналізу робочого креслення можна сказати, що креслення виконано згідно існуючих стандартів ЄСКД, на всіх оброблюваних поверхнях вказані необхідні вихідні дані, зокрема, квалітети точності, вимоги щодо їх шорсткості, допуски форми та розташування.

На кресленні деталі проставлені всі необхідні розміри та технічні вимоги для її виготовлення. Найточнішими є дві внутрішні циліндричні поверхні $\varnothing 95H7^0_{-0,035}$ мм та $\varnothing 85H7^0_{-0,035}$ мм. Більшість зазначених відхилень на розмір, точність форми та точність розташування відповідають стандартним значенням. До деталі ставлять такі вимоги щодо точності форми та розташування поверхонь:

- допуск співвісності для отворів $\varnothing 95$ і $\varnothing 85$ мм: R 0,006 мм
- допуск паралельності для торців 318мм і 266 мм: 0,03 мм
- допуск площинності для торця 318 мм: 0,016 мм
- допуск циліндричності для отворів $\varnothing 95$ і $\varnothing 85$ мм: R 0,005 мм
- допуск перпендикулярності для вісі центральних отворів: R 0,02 мм

На поверхнях деталі проставлена шорсткість поверхонь, значення параметрів шорсткості відповідають умовам експлуатації заданої деталі. Для поверхонь, на яких не вказані вимоги щодо шорсткості, приймаємо значення Ra 50.

Допуск на розміри та поверхні, на яких не вказано граничні відхилення, приймається за 14-м квалітететом.

Креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Матеріал деталі задовольняє всім висунутим вимогам та забезпечує нормальну працездатність деталі у вузлі.

Аналіз технічних вимог, що пред'являються конструктором до деталі:

- вимоги до виливка за ГОСТ 26645-86 (виливка 2 класу групи «а»; категорія необроблених поверхонь Ж, 3 та И - 1, решти 3);
- невказані ливарні радіуси 3-5 мм;
- невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$;
- шорсткість поверхонь фасок Ra 6,3;
- покриття механічно необроблюваних поверхонь: зовнішніх – емаль НЦ-256 сіро-срібляста ТУ 6-10-1191-73 III 6-УХЛ-4; внутрішніх – емаль НЦ-132П кремова ГОСТ 6631-74 VII 6-Л ;
- Маркирувати 30.05.025 і дату виготовлення виливка.

1.3 Визначення типу та форми організації виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних на протязі місяця до кількості робочих місць. Розрахунок типу виробництва проводимо за методичними вказівками [2].

$$K_{з.о.} = \Sigma O / \Sigma P \quad (1.1)$$

де ΣO – сумарне число різноманітних операцій;

ΣP – число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучного $T_{шт-к}$ на всіх операціях.

Штучний час беремо з базового технологічного процесу. Дані записуємо до таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	$T_{шт-к}$, хв	m_p , шт.	P , шт.	$\eta_{з.ф.}$	O
010	Фрезерна	3,38	0,04	1	0,04	20
015	Фрезерно-розточувальна	5,48	0,07	1	0,07	11
020	Фрезерна	5,71	0,07	1	0,07	11
025	Фрезерно-розточувальна	9,04	0,12	1	0,12	7
030	Свердлувальна	8	0,10	1	0,10	8
035	Свердлувальна	4,61	0,06	1	0,06	13
040	Свердлувальна	4,65	0,06	1	0,06	13
Разом		40,87	0,52	7	0,52	83

Розрахункову кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою:

$$m_p = \frac{N_{\text{річ}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{\text{з.н.ср.}}}, \text{ шт} \quad (1.2)$$

де $N_{\text{річ}}$ – річна програма випуску деталей, 2500 шт;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_d = 4029$ год;

$\eta_{\text{з.н.ср.}}$ – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$m_p = \frac{2500 \cdot 3,38}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,04 \text{ шт}$$

Число робочих місць P знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення m_p : $P=1$. Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 1.8.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою:

$$\eta_{\text{з.ф}} = \frac{m_p}{P} \quad (1.3)$$

$$\eta_{\text{з.ф}} = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{\text{з.н.ср.}}}{\eta_{\text{з.ф}}}, \text{ шт} \quad (1.4)$$

$$O = \frac{0,8}{0,04} = 20 \text{ шт}$$

Знаходимо ΣP , ΣO , $\Sigma T_{\text{шт.-к.}}$, результати розрахунків заносимо до таблиці 1.8.

Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} = \frac{83}{7} = 11,86$$

Розраховане значення коефіцієнта ($20 > K_{з.о.} > 10$) відповідає середньосерійному типу виробництва.

Визначення форми організації виробництва.

Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{річ}}}{c}, \text{ шт/день} \quad (1.5)$$

де c – кількість робочих днів у році, $c=251$ день.

$$N_{\text{доб}} = \frac{2500}{251} = 10 \text{ шт/день}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot F_d}{251}, \text{ хв} \quad (1.6)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot 4029}{251} = 963 \text{ хв}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к}}}{n}, \text{ хв.} \quad (1.7)$$

де n – число механічних операцій, $n=7$.

$$T_{\text{ср.}} = \frac{40,87}{7} = 5,84 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6, \text{ шт} \quad (1.8)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{963}{5,84} \cdot 0,6 = 98,94 \text{ шт}$$

При порівнянні $N_{\text{доб}}=10 < Q_{\text{доб}} = 98,94$ бачимо, що добовий випуск деталей набагато менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання однономенклатурної потокової лінії нераціонально, тому приймаємо групову форму організації праці.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

Для середньосерійного типу виробництва характерний випуск виробів досить великими серіями обмеженої номенклатури, виготовлених серіями, що повторюються з відомою регулярністю за періодом запуску і кількістю виробів у партії. Річна номенклатура ширша за номенклатуру випуску в кожному місяці. За робочими місцями закріплено більш вузьку номенклатуру операцій, Коефіцієнт закріплення операцій 10-20. Устаткування — універсальне і спеціальне, вид руху предметів праці — паралельно-послідовний.

Використовується універсальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК з поступовим підвищенням рівня автоматизації до напівавтоматів. Заготівельні цехи спеціалізуються за технологічним принципом, а в механоскладальних цехах устаткування розташоване по технологічних групах, з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам для виготовлення технологічно подібних деталей. Можливе застосування поточкових ліній.

Технологічне оснащення в основному універсальне. Велике поширення має універсально-збірне, переналагоджуване та спеціальне технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності середньосерійного виробництва.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів із частковим застосуванням розмітки для складних корпусних деталей.

Середня кваліфікація робітників вища, ніж у масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також наладчиками використовуються робітники-оператори, що працюють на налаштованих верстатах. Вимоги до робітників поступово знижуються, але зростає вимога до кваліфікації налагоджувальників та збільшується обсяг роботи для них.

Залежно від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується точність при механічній обробці за допомогою використання методу автоматичного досягнення точності з використанням жорстких упорів, лімбів, верстатів з ЧПК, автоматів та ін.

Методи досягнення точності замикаючої ланки при складанні – пригінка, регулювання, групова взаємозамінність, повна та не повна взаємозамінність.

Методами технічного нормування є дослідно-статистичний і розрахунково-аналітичний.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних та відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Використовується універсальний і спеціалізований ріжучі інструменти.

Вимірювальний інструмент – універсальний, граничні калібри, пробки, спеціальний вимірювальний інструмент.

У відповідності з даним типом виробництва та порядком виконання операцій, розташування технологічного обладнання встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення .

Середньосерійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Визначаємо кількість деталей в партії для одночасного запуску за спрощеною формулою:

$$n = \frac{N_{\text{річ}} \cdot a}{D_p}, \text{ шт} \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску в днях, $a = 24$ днів;

D_p – кількість робочих днів у році; приймаємо $D_p = 250$ дні;

$N_{\text{річ}}$ – річна програма випуску деталей, $N = 2500$ шт.

$$n = \frac{2500 \cdot 24}{250} = 240 \text{ шт}$$

1.4 Аналіз технологічності деталі

1.4.1 Якісний аналіз технологічності деталі

Задана деталь (корпус) призначена для закріплення кулькової гвинтової пари поздовжнього переміщення супорту токарно-револьверного верстата 1В340Ф30.

Деталь відноситься до класу корпусних. Корпусні деталі призначені для розміщення в них складальних одиниць і деталей. Вони повинні забезпечувати сталість точності відносного положення деталей і механізмів, як в статичному стані, так і при експлуатації машини, тому володіють достатньою жорсткістю.

Матеріал деталі - СЧ20 – марка сірого чавуна, що володіє гарними технологічними властивостями, адже цьому матеріалу притаманна прекрасна рідкотекучість, він вкрай мало схильний до появи дефектів, що пов'язані з усадкою, якщо порівнювати інші види чавунів. Після попередньої термічної обробки або під час лиття забезпечуються основні механічні властивості (табл. 1.6). Хімічний склад даної марки сірого чавуну наведений в таблиці 1.5.

Заготовку було виготовлено за допомогою технологій лиття, що дозволяє уникнути проблем, що модуть бути викликані складною конфігурацією поверхонь, які знаходяться всередині та ззовні. Щоправда, такий тип заготовки змішує використовувати стержневу формовку, адже без її застосування неможливо буде отримати необхідний контур внутрішніх порожнин. Для цього повинні бути застосовані збірні стрижні.

Так як, корпус є чавунною деталлю, то можливими методами отримання заготовки є лиття у піщано-глинисті або металеві форми. Аналізуючи конфігурацію деталі, її матеріал та тип виробництва, можемо зробити висновок, що найбільш раціональним способом отримання заготовки є відливка у металеві форми (кокіль), що зменшує трудомісткість виготовлення форм та забезпечує більш високу якість та точність поверхні заготовки.

Деталь має ступінчастий центральний отвір з діаметрами ступенів $\varnothing 95H7$, $\varnothing 100H14$, $\varnothing 85H7$; торці з розмірами $318h14$, $130h14$, $35h14$; зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 130h14$; паз 36×40 мм; отвори $\varnothing 30H7$, $\varnothing 5H7$, $\varnothing 12H14$, $\varnothing 8H7$, $\varnothing 18H14$, $\varnothing 12H7$; внутрішні торці $88h14$, $173h14$.

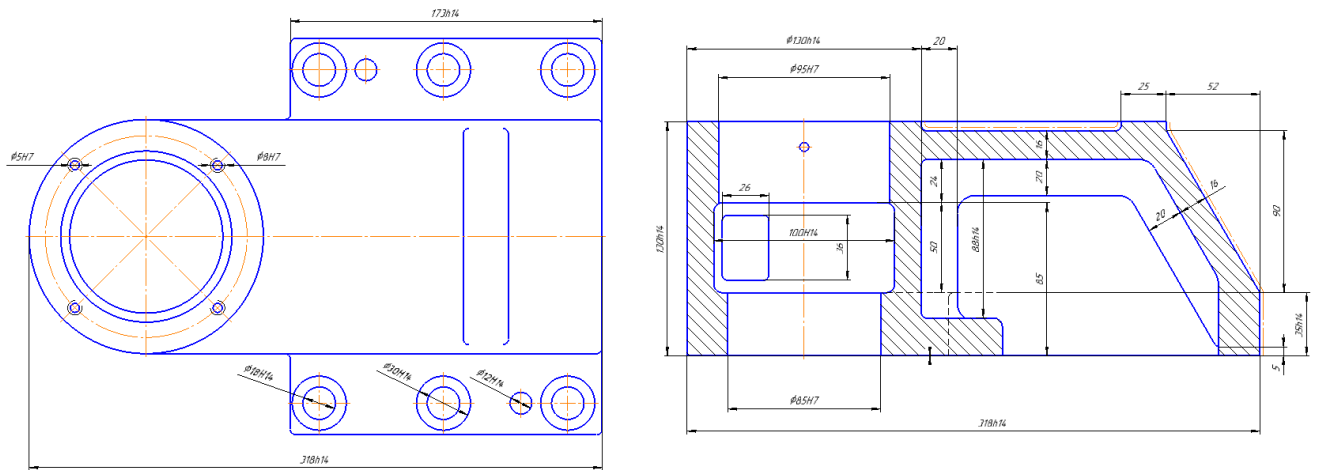


Рисунок 1.4 – Опис поверхонь деталі типу корпус

Технічні вимоги до деталі:

- вимоги до виливка за ГОСТ 26645-86 (виливок 2 класу групи «а»);
- невказані ливарні радіуси 3-5 мм;
- невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, $\pm IT/2$;
- шорсткість поверхонь фасок Ra 6,3;
- покриття механічно необроблюваних поверхонь: зовнішніх – емаль НЦ-256 сіро-срібляста ТУ 6-10-1191-73, 6-УХЛ-4; внутрішніх – емаль НЦ-132Л кремова ГОСТ 6631-78;
- маркувати 24.62.137-1 і дату виготовлення виливка.

Характеристика базових поверхонь [4].

Чорнові бази – це поверхні, які використовуються в якості технологічних баз на чорновій стадії обробки. До чорнових баз належать такі поверхні: торці $318h14$, $130h14$, $35h14$ та зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 130h14$.

Чистові бази – це поверхні, які використовуються в якості технологічних баз на чистових стадіях обробки. До чистових баз належать такі поверхні: отвори $\varnothing 95H7$ і $\varnothing 85H7$.

При даному способі базування і закріплення заготовки можливо використовувати, як принцип постійності баз, так і принцип суміщення баз.

Принцип постійності баз – у момент розробки ТП першочерговою задачею є пргнення використовувати одну технологічну базу, без допущення зміни технологічної бази, якщо не брати до уваги зміни, що стосуються чорнової бази.

Принцип суміщення баз - при визначенні технологічної бази для точної обробки заготовки, технологічною базою необхідно приймати поверхні, що одночасно є конструкторськими і вимірювальними базами, а також використовуються, як бази при складанні виробу.

Провівши аналіз деталі на технологічність, робимо висновки, що до нетехнологічних поверхонь можна віднести внутрішню частину корпуса, деякі отвори та паз.

Більшість поверхонь майбутньої деталі не оброблюються та можуть бути отримані за допомогою лиття.

Поверхні отворів $\varnothing 85H7$ та $\varnothing 95H7$ є внутрішніми оброблюваними, тому до них ставляться високі вимоги у точності та жорсткі вимоги до дотримання відхилення обробленої поверхні за критерієм співвісності. Зазначені вимоги забезпечуються шляхом обробки поверхонь за допомогою одної установки. Завдяки формі та вдалому розташуванню цих отворів, є можливість достатньо зручно обробити їх з однієї сторони виливка.

Поверхні, що є пласкими за своєю природою, теж повинні витримати досить жосткі вимоги у дотриманні відхилення обробленої поверхні від паралельності. Зазначена вимога забезпечується шляхом взаємного базування цих поверхонь. Завдяки вдалій конструкції деталі, нічого не стає на заваді для допущення обробки бажаних поверхонь на прохід.

У конструкції деталі було передбачено обробку цілого ряду отворів, які є глухими та в майбутньому будуть використані для закріплення деталі у механізмі. Через це є неможливим заміна таких отворів на наскрізні.

Достатньо складним буде оброблення отворів, які було розташовано на поверхні циліндричній, що знаходиться ззовні. Розташування таких отворів, з використанням технології похилого утворення під кутом до площини виходу-входу, при обробці буде вимагати пристрою зі спеціальним поворотним механізмом.

Загалом розглянуту деталь можна віднести до достатньо технологічних, адже за її обробки є можливість застосовувати режими обробки, що є високопродуктивними. Це стало можливим завдяки тому, що:

- конструкцією передбачена відсутність внутрішніх різьб діаметрів, що можна вважали завеликими для такої деталі;
- протяжність базових поверхонь є великою;
- завдяки вдало підібраній конструкції деталі, маємо доступ інструмента до поверхонь, які потрібно обробити, такий, що можна назвати вільним;
- площини, які потрібно обробити не розташовані під кутами, які можна віднести до гострих чи тупих;
- деталь є достатньо жорсткою, що дозволяє вільно обирати необхідні режими різання.

1.4.2 Кількісний аналіз технологічності деталі

Кількісна оцінка технологічності виконується згідно з ГОСТ 14.201-73 і містить наступні показники:

Коефіцієнт точності обробки $k_{Тч}$ визначається за формулою:

$$k_{Тч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}}, \quad (1.10)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності обробки.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.11)$$

де T_i – квалітет точності обробки;

n_i – число розмірів відповідного квалітету точності.

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 2 + 10 \cdot 16 + 14 \cdot 2}{20} = \frac{202}{20} = 10,1;$$

$$k_{TЧ} = 1 - \frac{1}{10,1} = 0,9;$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні $K_{ш}$ визначається за формулою:

$$k_{Ra} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}}, \quad (4.3)$$

де Ra_{cp} – середня шорсткість поверхонь виробу.

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.12)$$

де Ra_i – шорсткість поверхні;

n_i – число поверхонь відповідної шорсткості.

$$Ra_{cp} = \frac{2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 16 + 1,25 \cdot 2}{20} = \frac{108,3}{20} = 5,415 \text{ мкм}$$

$$k_{Ra} = 1 - \frac{1}{5,415} = 0,815$$

Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу визначаємо за формулою:

$$K_{p.m.} = \frac{K_{б.в.м.}}{K_{д.в.м.}}, \quad (1.13)$$

де $K_{б.в.м.}$ – базовий коефіцієнт використання матеріалу;

$K_{д.в.м.}$ – досягнутий коефіцієнт використання матеріалу;

Визначаємо базовий коефіцієнт використання матеріалу $K_{б.в.м.}$:

$$K_{б.в.м.} = \frac{m_{д.}}{m_{з.}} = \frac{16,142}{18,914} = 0,853$$

де $m_{д.}$ – маса деталі, кг;

$m_{з.}$ – маса заготовки, кг.

Визначаємо досягнутий коефіцієнт використання матеріалу $K_{д.в.м.}$:

$$K_{д.в.м.} = \frac{m_{д.}}{m_{з.}} = \frac{16,142}{17,416} = 0,927$$

Таким чином, рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу дорівнює:

$$K_{p.m.} = \frac{0,853}{0,927} = 0,92$$

На основі якісного та кількісного аналізу приходимо до висновку, що деталь є достатньо технологічною.

1.5 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу

Проаналізуємо базовий технологічний процес виготовлення копуса 24.62.137-1.

Технологічний процес виготовлення деталі розроблений відповідно до технічних вимог даної деталі та з урахуванням особливостей середньосерійного виробництва.

Детальний аналіз технологічного процесу з послідовністю операцій і обладнання представлений у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Базовий технологічний процес обробки корпусу 24.62.137-1

№ Оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
000	Заготівельна	Лиття під тиском	-	Ливарні машини
005	Розміточна	Встановити заготовку на плиту. Перевірити відливку на придатність. Розмітити торець, розміром 318 мм та протилежну йому поверхню розміром 130 мм	-	Плита розміточна
010	Фрезерна	Фрезерувати торець начорно, витримуючи розмір 132,8 мм	Торець 130 мм, торець 35 мм, центральний отвір Ø 95 мм	6Н13П
015	Фрезерно-розточувальна	Фрезерувати торець начорно, витримуючи розмір 132 мм. Розточити отвори до розмірів Ø93мм і Ø83 мм начорно	Торець 130 мм, торець 173 мм, циліндрична поверхня Ø130 мм	6Р13Ф3
020	Фрезерна	Фрезерувати торець напівчисто до розміру 131,5 мм. Фрезерувати торець начисто до розміру 131,2 мм	Торець 35 мм, торець 173 мм, циліндрична поверхня Ø130 мм	6Н13П

Продовження таблиці 1.9

025	Фрезерно-розточувальна	Фрезерувати торець напівчисто, витримуючи розмір 130,5 мм. Фрезерувати торець начисто, витримуючи розмір 130 мм. Розточуємо напівчисто отвори до розмірів $\varnothing 94,2$ і $\varnothing 84,2$ мм. Розточуємо начисто отвори до розмірів $\varnothing 95$ і $\varnothing 85$ мм	Торець 173 мм, торець 318 мм, циліндрична поверхня $\varnothing 130$ мм	6P13Ф3
030	Свердлувальна	Центрувати 4 отвори з $\varnothing 6,7$ мм до $\varnothing 10$ мм; 6 отворів витримуючи розмір $\varnothing 18$ мм; 2 отвори витримуючи розмір $\varnothing 13$ мм. Свердлувати 4 отвори з $\varnothing 6,7$ мм на глибину 20 мм. Свердлувати 6 отворів $\varnothing 18$ мм на прохід. Свердлувати 2 отвори $\varnothing 12$ мм на прохід. Ценкувати 6 отворів $\varnothing 18$ мм до $\varnothing 30$ мм на глибину 16 мм. Нарізати різь М8-7Н в 4 отворах, на глибину 16 мм	Торець 318 мм, торець 173 мм, циліндрична поверхня $\varnothing 130$ мм, центральний отвір $\varnothing 95$ мм	2P135Ф2
035	Свердлувальна	Центрувати 6 отв. $\varnothing 10,2$ мм до $\varnothing 12,5$ мм. Свердлувати 6 отв. $\varnothing 10,2$ мм на глибину 25 мм по $\varnothing 106 \pm 0,2$. Нарізати різь М12-7Н в 6 отв., на глибину 16 мм.	Торець 266 мм, торець 173 мм, циліндрична поверхня $\varnothing 130$ мм, центральний отвір $\varnothing 95$ мм	2P135Ф2
040	Свердлувальна	Свердлувати 2 отв. $\varnothing 4,2$ мм на глибину 16 мм. Засвердлити отв. 2 до $\varnothing 9$ мм. Свердлувати отв. 2 $\varnothing 8,6$ на глибину 10 мм. Свердлувати отв. 3 $\varnothing 5$ мм на прохід. Свердлувати 2 отв. 1 $\varnothing 4,2$ мм на глибину 16 мм.	Торець 266 мм, торець 173 мм, циліндрична поверхня $\varnothing 130$ мм, центральний отвір $\varnothing 95$ мм	2H55
045	Слюсарна	Нарізати різь М5-7Н в 4 отв., на глибину 13 мм. Нарізати різь К 1/8 " в 2 отв., на глибину 10 мм. Затупити гострі кромки.	-	Верстак
050	Мийна	Промити і висушити	-	ОСМ - 1
055	Технічний контроль	Провести контроль розмірів згідно креслення	-	2H118-1

РОЗДІЛ 2 ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСА

2.1 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї

Одним із основних принципів вибору методу отримання заготовки є забезпечення максимального наближення її форми, розмірів і якості поверхні до аналогічних характеристик отримуваної деталі. В цьому випадку істотно скорочується витрата матеріалу, об'єм механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі.

Правильно обраний спосіб отримання заготовки забезпечує визначення раціонального технологічного процесу для її виготовлення. Для цього потрібно враховувати матеріал деталі, серійність її випуску, характеристики при експлуатації, дотримання необхідної точності при виготовленні та технічні умови, що закладені підприємством.

В базовому технологічному процесі для виготовлення заготовки використовується лиття в піщано-глиняні форми. Аналізуючи конфігурацію деталі, її матеріал та тип виробництва, можемо зробити висновок, що найбільш раціональним методом отримання заготовки є відливка у металеві форми (кокіль), що зменшує трудоемність виготовлення форм та забезпечує більш високу точність поверхні заготовки та якість її виготовлення.

Вихідні дані:

Найменування – Корпус;

Маса деталі – 16,14 кг;

Матеріал – СЧ 20;

річна програма випуску – 500 шт.

Конструювання литої заготовки визначаємо за ГОСТ 26645-85.

Аналізуючи умови безперешкодного видалення заготовки з форми, ми повинні визначити площину рознімання та виключити можливість рознімання за складних умов (східчаста чи похила поверхня). Нижній торець корпусу було обрано за площину рознімання.

Розглянемо перший спосіб отримання заготовки, шляхом лиття у піщано-глинисті форми.

Визначаємо припуски і допуски на лінійні й діаметральні розміри:

– за встановлювану базу першої механічної операції беремо нижній торець корпусу;

– визначаємо положення виливка у формі нижнім торцем догори;

– визначаємо клас розмірної точності 10т (таблиця 9);

– визначаємо ступінь жолоблення елементів виливка (таблиця 10).

Співвідношення найменшого розміру до найбільшого дорівнює $16/318=0,05$ (одноразові форми, не термооброблювані відливки). Приймаємо шостий ступінь жолоблення;

– за таблицею 11 визначаємо ступінь точності поверхонь. Для заготовки масою менше 100кг, яка виготовляється литтям в сирі піщано-глиняні форми, приймаємо п'ятнадцятий ступінь точності;

– за таблицею 12 визначаємо шорсткість поверхні виливка $Ra = 50$ мкм;

– за таблицею 13 визначаємо клас точності маси виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми термооброблених чавунних виливків приймаємо десятий ступінь точності;

– визначаємо допуск зміщення виливка по площині рознімання (розділ 2.7). Для десятого ступеня точності при товщині стінки корпусу 20 мм, допуск зміщення складає 2,2 мм.

– за таблицею 14 визначаємо ряд припусків на обробку виливка, приймаємо восьмий ряд. Для нижньої площини корпусу (верх виливка) приймаємо ступінь точності на одиницю більший, тобто 9 ряд;

– подальші розрахунки розмірів виливка здійснюємо за таблицею 5.1.

Таблиця 2.1 – Визначення розмірів литої заготовки способом лиття у піщано-глинисті форми

Номер поверхні	Номінальний розмір деталі	Допуск розміру	Допуск форми розміщення елементів виливок	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір
		Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16	Табл. 7	Пункт 4.2.1	Табл. 14	Табл. 6	
1					Чорнова			3,4	
	130	3,2	0,5	3,7		1,85	8		138,2±1,85
2					Напівчистова			4,8	
1	Ø95	2,8	0,4	3,2	Напівчистова	1,6	8	4,0	Ø87±1,6
2	Ø85	2,8	0,4	3,2	Напівчистова	1,6	8	4,0	Ø77±1,6

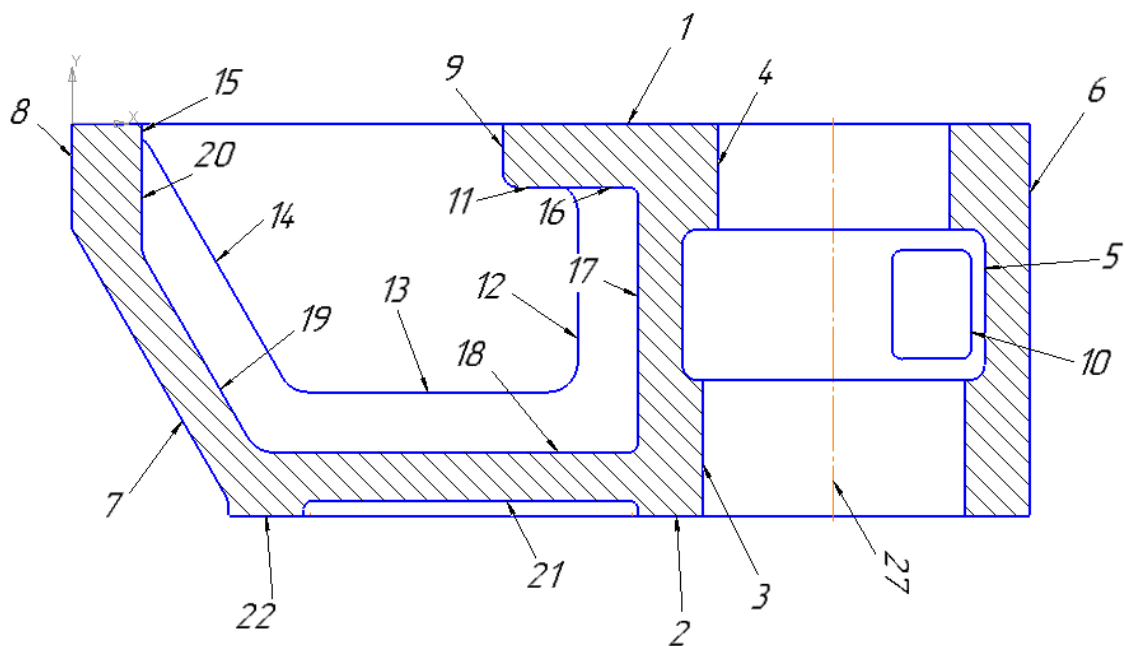


Рисунок 2.1 – Спрощений ескіз заготовки, отриманої шляхом лиття у піщано-глинисті форми

Розрахунок маси заготовки за формулою:

$$m_3 = V_3 \cdot \rho, \text{ кг} \quad (2.1)$$

де V_3 – об'єм заготовки;

ρ – питома вага матеріалу, для чавуну $\rho = 0,0071 \cdot \Gamma / \text{мм}^3$.

$$V_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_n - V_{n+1} \quad (2.2)$$

де $V_1 \dots V_n$ – об'єми зовнішніх поверхонь;

V_{n+1} – об'єми внутрішніх поверхонь.

Формули, за якими будуть знаходитись об'єми:

– для циліндру

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h, \text{ мм}^3 \quad (2.3)$$

де R – радіус, на який назначається допуск;

h – довжина даного діаметру

– для паралелепіпеда

$$V = a \cdot b \cdot h, \text{ мм}^3 \quad (2.4)$$

де a – довжина даної фігури

b – ширина даної фігури

$$V_1 = \pi \cdot R_1^2 \cdot h_1 = 3.14 \cdot 65^2 \cdot 138,2 = 1833430,300 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \pi \cdot R_2^2 \cdot h_2 = 3.14 \cdot 43,5^2 \cdot 49,1 = 291735,752 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \pi \cdot R_3^2 \cdot h_3 = 3.14 \cdot 38,5^2 \cdot 39,1 = 181981,762 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \pi \cdot R_4^2 \cdot h_4 = 3.14 \cdot 50^2 \cdot 50 = 392500 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \pi \cdot R_5^2 \cdot h_5 = 3.14 \cdot 15^2 \cdot 16 = 11304 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \pi \cdot R_6^2 \cdot h_6 = 3.14 \cdot 9^2 \cdot 19 = 4832,460 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = a_1 \cdot b_1 \cdot h_7 = 25,1 \cdot 220 \cdot 40 = 220880 \text{ мм}^3$$

$$V_8 = a_2 \cdot b_2 \cdot h_8 = 25,1 \cdot 220 \cdot 136 = 750992 \text{ мм}^3$$

$$V_9 = a_3 \cdot b_3 \cdot h_9 = 99,1 \cdot 220 \cdot 16 = 348832 \text{ мм}^3$$

$$V_{10} = a_4 \cdot b_4 \cdot h_{10} = 39,1 \cdot 220 \cdot 21 = 180642 \text{ мм}^3$$

$$V_{11} = a_5 \cdot b_5 \cdot h_{11} = 24 \cdot 88 \cdot 20 = 42240 \text{ мм}^3$$

$$V_{12} = a_6 \cdot b_6 \cdot h_{12} = 20 \cdot 22 \cdot 90 = 39600 \text{ мм}^3$$

$$V_{13} = a_7 \cdot b_7 \cdot h_{13} = 20 \cdot 22 \cdot 95 = 41800 \text{ мм}^3$$

$$V_{14} = a_8 \cdot b_8 \cdot h_{14} = 60 \cdot 65,2 \cdot 20 = 78240 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14} = \\ = 2663967,25 \text{ (см}^3\text{)}$$

$$m_3 = V_3 \cdot \rho = 2663967,25 \cdot 0,0071 = 18914,17 \text{ г} = 18,914 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} \quad (2.5)$$

де $m_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$m_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг

$$K_{\text{вм}} = \frac{16,142}{18,914} = 0,853$$

У зв'язку з тим, що у деталі багато поверхонь не потребують подальшої механічної обробки та їх точність і якість забезпечуються на стадії отримання заготовки, отримуємо високий коефіцієнт використання матеріалу.

Визначаємо вартість заготовки відливки за формулою:

$$S = m_{\text{з}} \cdot \text{Ц}_{\text{оз}} \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тз}}}{100}\right) - (m_{\text{з}} - m_{\text{д}}) \cdot \text{Ц}_{\text{відх}} \quad (2.6)$$

де $m_{\text{з}}$ – маса заготовки;

$m_{\text{д}}$ – маса деталі;

$\text{Ц}_{\text{оз}}$ – оптова ціна 1 кг заготовки;

$a_{\text{тз}}$ – транспортно-заготівельні витрати, зазвичай беруться 6%;

$\text{Ц}_{\text{відх}}$ – ціна 1кг відходів, $\text{Ц}_{\text{відх}} = 1$ грн.

Оптова ціна 1 кг заготовки:

$$\text{Ц}_{\text{оз}} = \frac{\text{Ц}_{\text{б}}}{1000} \cdot K_{\text{пор}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{скл}} \cdot K_{\text{ов}} \quad (2.7)$$

де $\text{Ц}_{\text{б}}$ – базова вартість 1т заготовок (для чавуну СЧ20 визначаємо за табл.

А.1) $\text{Ц}_{\text{б}} = 900$ грн.;

$K_{\text{пор}}$ – коефіцієнт порівняльної вартості матеріалу щодо чавуну й способу лиття (табл. А.5) $K_{\text{пор}} = 1,1$;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує масу матеріалу (табл. А.2) $K_{\text{м}}=0,82$;

$K_{\text{скл}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки (табл. А.2) $K_{\text{скл}}=0,82$;

$K_{\text{ов}}$ – коефіцієнт, що враховує обсяг виробництва (групу серійності) (табл. А.3) $K_{\text{ов}}=1,0$;

$$C_{\text{оз}} = \frac{900}{1000} \cdot 1,1 \cdot 0,82 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 0,67 \text{ грн.}$$

$$S = 18,914 \cdot 0,67 \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) - (18,914 - 16,142) \cdot 1 = 10,66 \text{ грн.}$$

Розглянемо другий спосіб отримання заготовки, шляхом лиття у металеві форми (кокіль).

Визначаємо припуски і допуски на лінійні й діаметральні розміри:

– за встановлювану базу першої механічної операції беремо нижній торець корпусу;

– визначаємо положення виливка у формі нижнім торцем догори;

– визначаємо клас розмірної точності 7 (таблиця 9);

– визначаємо ступінь жолоблення елементів виливка (таблиця 10).

Співвідношення найменшого розміру до найбільшого дорівнює $16/318=0,05$ (одноразові форми, не термооброблювані відливки). Приймаємо восьмий ступінь жолоблення;

– за таблицею 11 визначаємо ступінь точності поверхонь. Для заготовки масою менше 100кг, яка виготовляється литтям у металеві форми (кокіль), приймаємо дев'ятий ступінь точності;

– за таблицею 12 визначаємо шорсткість поверхні виливка $Ra = 12,5$ мкм;

– за таблицею 13 визначаємо клас точності маси виливка. Для лиття з низьким тиском і в кокіль термооброблених чавунних виливків приймаємо сьомий ступінь точності;

– визначаємо допуск зміщення виливка по площині рознімання (розділ 2.7). Для десятого ступеня точності при товщині стінки корпусу 20 мм, допуск зміщення складає 2,2 мм.

– за таблицею 14 визначаємо ряд припусків на обробку виливка, приймаємо третій ряд. Для нижньої площини корпусу (верх виливка) приймаємо ступінь точності на одиницю більший, тобто четвертий ряд;

– подальші розрахунки розмірів виливка здійснюємо за таблицею 5.2.

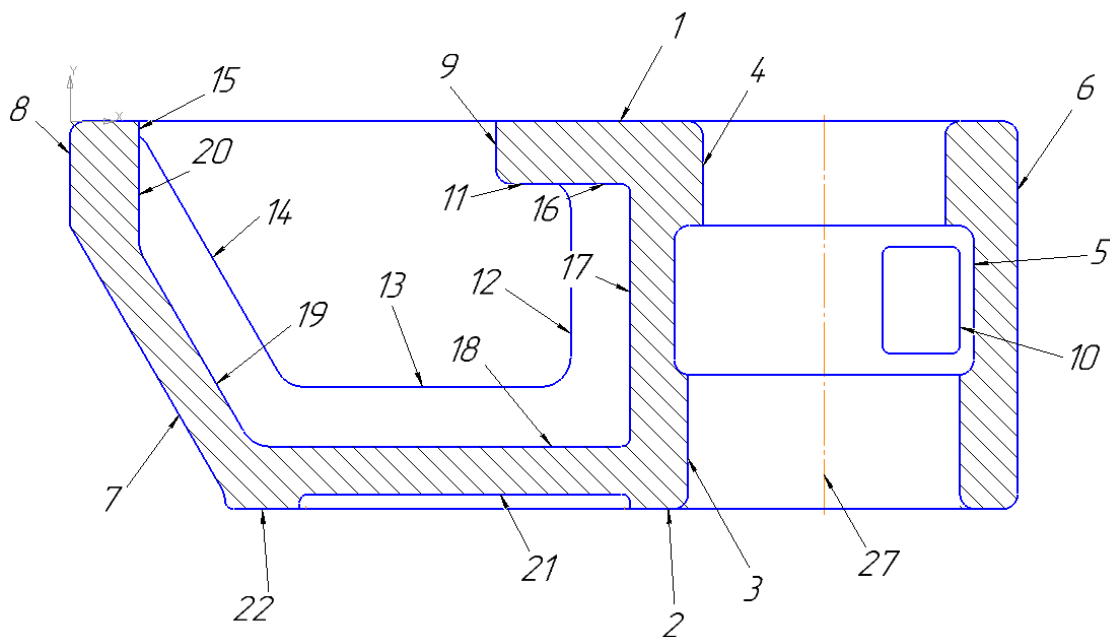


Рисунок 2.2 – Спрощений ескіз заготовки, отриманої шляхом лиття у металеві форми (кокіль)

Таблиця 2.2 – Визначення розмірів литої заготовки способом лиття у металеві форми (кокіль)

Номер поверхні	Номінальний розмір деталі	Допуск розміру	Допуск форми розміщення елементів виливок	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір
		Табл. 1	Табл. 2	Табл. 16	Табл. 7	Пункт 4.2.1	Табл. 14	Табл. 6	
1					Чорнова		3	1,4	
	130	1,2	0,8	1,6		0,8			133,4±0,8
2					Напівчистова		4	2,0	
1	Ø95	1,1	0,64	1,4	Напівчистова	0,7	3	1,9	Ø91,35±0,7
2	Ø85	1,1	0,64	1,4	Напівчистова	0,7	3	1,9	Ø81,35±0,7

Розраховуємо об'єм заготовки:

$$V_1 = \pi \cdot R_1^2 \cdot h_1 = 3.14 \cdot 65^2 \cdot 133,4 = 1769751,10 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \pi \cdot R_2^2 \cdot h_2 = 3.14 \cdot 45,675^2 \cdot 47 = 307882,23 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \pi \cdot R_3^2 \cdot h_3 = 3.14 \cdot 40,675^2 \cdot 36,4 = 189097,66 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \pi \cdot R_4^2 \cdot h_4 = 3.14 \cdot 50^2 \cdot 50 = 392500 \text{ мм}^3$$

$$V_5 = \pi \cdot R_5^2 \cdot h_5 = 3.14 \cdot 15^2 \cdot 16 = 11304 \text{ мм}^3$$

$$V_6 = \pi \cdot R_6^2 \cdot h_6 = 3.14 \cdot 9^2 \cdot 19 = 4832,460 \text{ мм}^3$$

$$V_7 = a_1 \cdot b_1 \cdot h_7 = 22,4 \cdot 220 \cdot 40 = 197120 \text{ мм}^3$$

$$V_8 = a_2 \cdot b_2 \cdot h_8 = 23 \cdot 220 \cdot 136 = 688160 \text{ мм}^3$$

$$V_9 = a_3 \cdot b_3 \cdot h_9 = 92 \cdot 220 \cdot 16 = 323840 \text{ мм}^3$$

$$V_{10} = a_4 \cdot b_4 \cdot h_{10} = 36,4 \cdot 220 \cdot 21 = 168168 \text{ мм}^3$$

$$V_{11} = a_5 \cdot b_5 \cdot h_{11} = 24 \cdot 88 \cdot 20 = 42240 \text{ мм}^3$$

$$V_{12} = a_6 \cdot b_6 \cdot h_{12} = 22 \cdot 90 \cdot 20 = 39600 \text{ мм}^3$$

$$V_{13} = a_7 \cdot b_7 \cdot h_{13} = 22 \cdot 95 \cdot 20 = 41800 \text{ мм}^3$$

$$V_{14} = a_8 \cdot b_8 \cdot h_{14} = 60 \cdot 65,2 \cdot 20 = 78240 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14} = \\ = 2452967,67 \text{ (см}^3\text{)}$$

Визначаємо масу заготовки:

$$m_3 = V_3 \cdot \rho = 2452967,67 \cdot 0,0071 = 17416,071 \text{ г} = 17,416 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{16,142}{17,416} = 0,927$$

У зв'язку з тим, що у деталі багато поверхонь не потребують подальшої механічної обробки та їх точність і якість забезпечуються на стадії отримання заготовки, отримуємо високий коефіцієнт використання матеріалу.

Визначаємо оптову ціну 1 кг заготовки за формулою (4.7):

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{б}}}{1000} \cdot K_{\text{пор}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{скл}} \cdot K_{\text{ов}} \quad (2.8)$$

де $C_{\text{б}}$ – базова вартість 1т заготовок (для чавуну СЧ20 визначаємо за табл.

А.1) $C_{\text{б}} = 900$ грн.;

$K_{\text{пор}}$ – коефіцієнт порівняльної вартості матеріалу щодо чавуну й способу лиття (табл. А.5) $K_{\text{пор}} = 1,0$;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує масу матеріалу (табл. А.2) $K_{\text{м}}=0,82$;

$K_{\text{скл}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки (табл. А.2) $K_{\text{скл}}=0,82$;

$K_{\text{ов}}$ – коефіцієнт, що враховує обсяг виробництва (групу серійності) (табл. А.3) $K_{\text{ов}}=1,0$;

$$C_{\text{оз}} = \frac{900}{1000} \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 0,82 \cdot 1,0 = 0,61 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість заготовки відливки:

$$S = 17,416 \cdot 0,61 \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) - (17,416 - 16,142) \cdot 1 = 9,99 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахунків можна сказати, що метод лиття у металеві форми (кокіль) є більш ефективним у порівнянні з литтям у піщано-глинисті форми, тому що у нього менша вартість заготовки та більший коефіцієнт використання матеріалу, що може забезпечити економію матеріалу.

2.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Розглянемо операцію 015 фрезерно-розточувальна.

Вибір методу установки та закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення і прийнятими методами обробки. Методи установки та закріплення заготовки на столі верстата суттєво впливають на точність, якість поверхонь, що оброблюються та на загальну тривалість обробки.

Беручи до уваги технічні вимоги, що висуваються до деталі при її виготовленні, та використання цих вимог на свою користь при проектуванні пристрою, було розроблено схему базування заготовки на фрезерно-розточувальній операції

Розроблена схема (рис. 2.3) забирає шість ступенів вільності у заготовки. Це дозволяє гарантувати повне базування. Для цього було використано певний перелік технологічних баз (встановлювальної, напрямної та опорної):

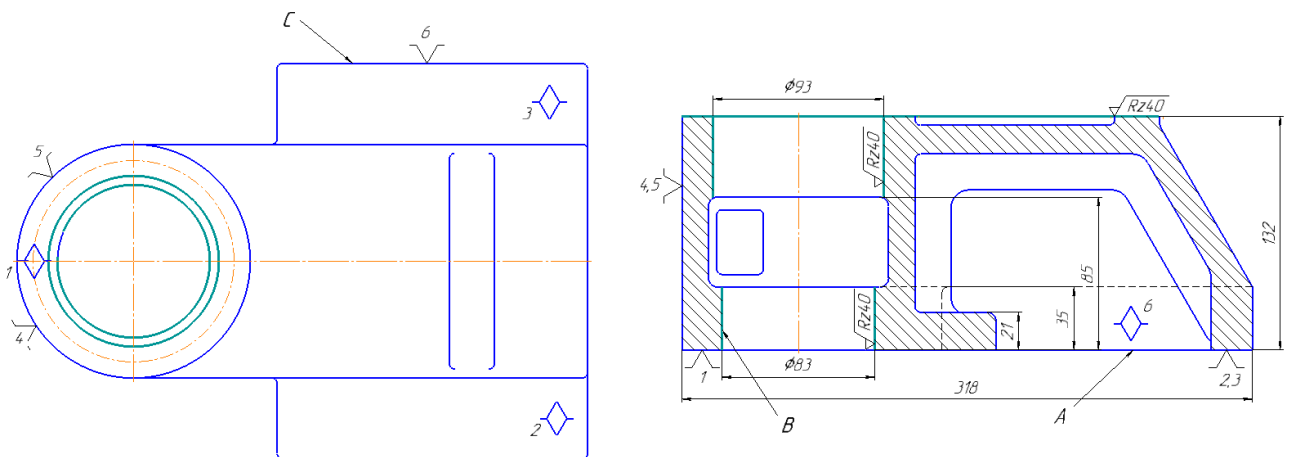


Рисунок 2.3 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 015 фрезерно-розточувальна

За встановлювальну базу відповідає площина А, що несе на собі три опорні точки (1, 2, 3) та забирає у заготовки три ступені вільності (обертання навколо двох осей координат та переміщення вздовж іншої).

У ролі напрямної бази відіграє поверхня отвору В, що має дві опорні точки (4, 5) і позбавляє тіло стільки ж ступенів вільності (обертання навколо однієї осі та переміщення вздовж іншої).

За опорну базу виступає поверхня торця заготовки С, що має одну опорну точку (6) та забирає у заготовки один ступінь вільності (переміщення вздовж однієї з координатних осей).

В зв'язку з тим, що технологічна і вимірювальна бази співпадають, за данної схеми базування та закріплення заготовки похибка базування відсутня.

Таблиця 2.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	III,IV,V	Встановлювальна
4,5	I,VI	Напрямна
6	II	Опорна

Таблиця 2.4 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	0	1	Встановлювальна база
α	1	1	0	
L	1	0	0	Напрямна база
α	0	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
α	0	0	0	

Розглянемо для порівняння інший варіант схеми базування (рис. 2.4). Схема, яку було запропоновано, лишає деталь шести ступенів вільності. Це дозволяє гарантувати повне базування. Для цього було використано певний перелік технологічних баз (встановлювальної, прямої та опорної). У зв'язку з тим, що при розглянутій схемі базування технологічна і вимірювальна бази не співпадають, виникає похибка базування.

Похибка під час базування для розмірів 35 мм та 85 мм, які виконуються на розглянутій операції, буде дорівнювати допуску на розмір з'єднуючий вимірювальну та технологічну бази – це розмір 130h14 мм.

$$\varepsilon_6 = T_{130} = 1 \text{ мм}$$

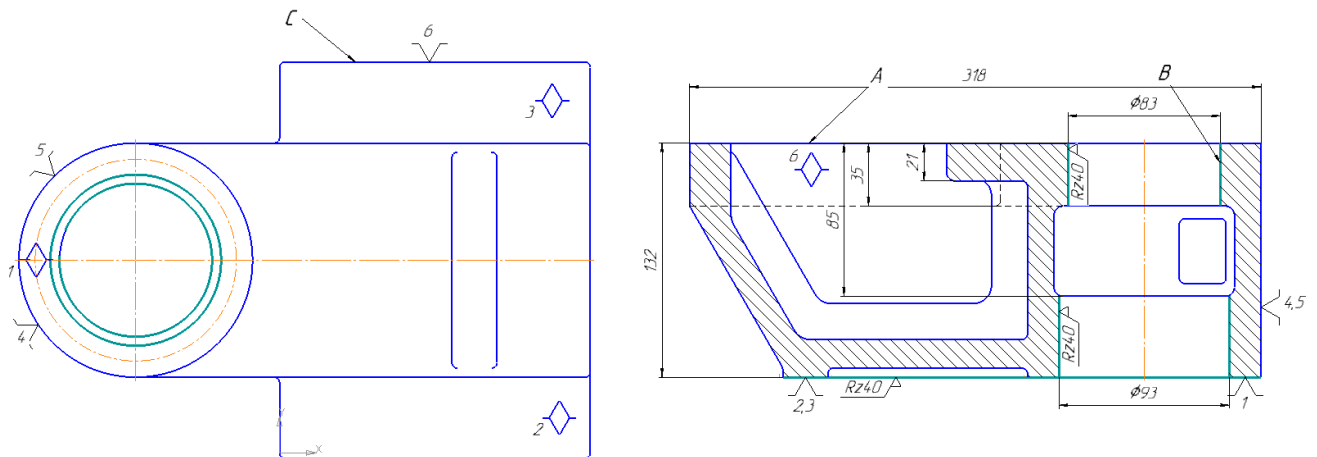


Рисунок 2.4 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 015 фрезерно-розточувальна

Таблиця 2.5 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	III,IV,V	Встановлювальна
4,5	I,VI	Напрямна
6	II	Опорна

Таблиця 2.6 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	0	1	Встановлювальна база
α	1	1	0	
L	1	0	0	Напрямна база
α	0	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
α	0	0	0	

З другої схеми базування випливає, що при закріпленні заготовки виникає похибка базування, а при першому способі закріплення похибка дорівнює нулю, отже доцільно буде обрати перший метод закріплення заготовки.

Розглянемо операцію 020 фрезерна.

Розроблена схема (рис. 2.5) забирає шість ступенів вільності у заготовки. Це дозволяє гарантувати повне базування. Для цього було використано певний перелік технологічних баз (встановлювальної, прямої та опорної):

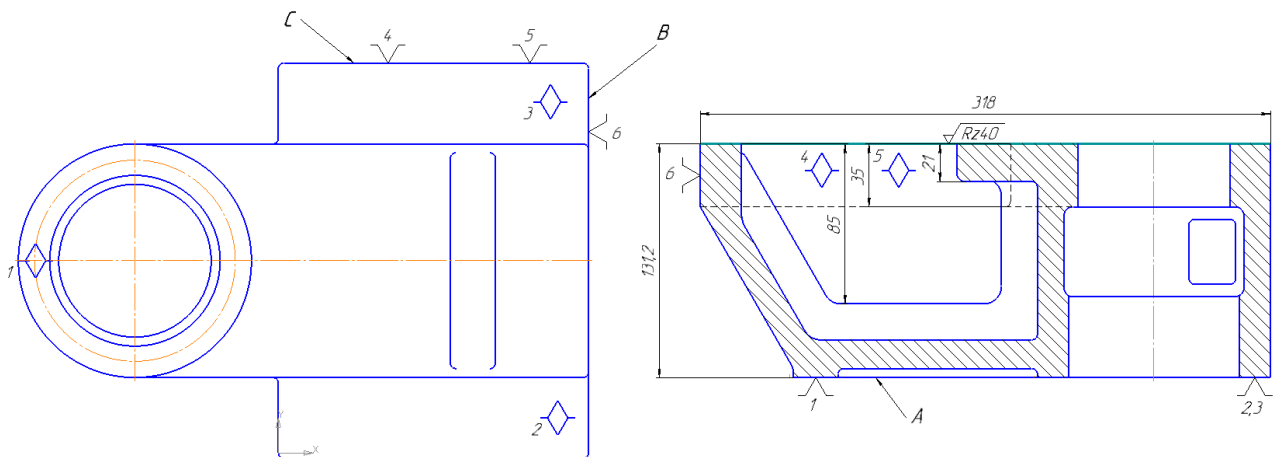


Рисунок 2.5 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 020 фрезерна

За встановлювальну базу відповідає площина А, що несе на собі три опорні точки (1, 2, 3) та забирає у заготовки три ступені вільності (обертання навколо двох осей координат та переміщення вздовж іншої).

У ролі напрямної бази відіграє поверхня С, що має дві опорні точки (4, 5) і позбавляє тіло стільки ж ступенів вільності (обертання навколо однієї осі та переміщення вздовж іншої).

За опорну базу виступає поверхня торця заготовки В, що має одну опорну точку (6) та забирає у заготовки один ступінь вільності (переміщення вздовж однієї з координатних осей).

Так як технологічна і вимірювальна бази співпадають, за данної схеми базування та закріплення заготовки, похибка базування відсутня.

Таблиця 2.7 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	III,IV,V	Встановлювальна
4,5	I,VI	Напрямна
6	II	Опорна

Таблиця 2.8 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	0	1	Встановлювальна база
α	1	1	0	
L	1	0	0	Напрямна база
α	0	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
α	0	0	0	

Розглянемо для порівняння інший варіант схеми базування (рис. 2.6).

Запропонована схема забирає шість ступенів вільності у заготовки. Це дозволяє гарантувати повне базування. Для цього було використано певний перелік технологічних баз (встановлювальної, прямої та опорної). У зв'язку з тим, що при розглянутій схемі базування технологічна і вимірювальна бази не співпадають, виникає похибка базування.

Похибка під час базування для розмірів 35 мм та 85 мм, які виконуються на розглянутій операції, буде дорівнювати допуску на розмір з'єднуючий вимірювальну та технологічну бази – це розмір 130h14 мм.

$$\varepsilon_6 = T_{130} = 1 \text{ мм}$$

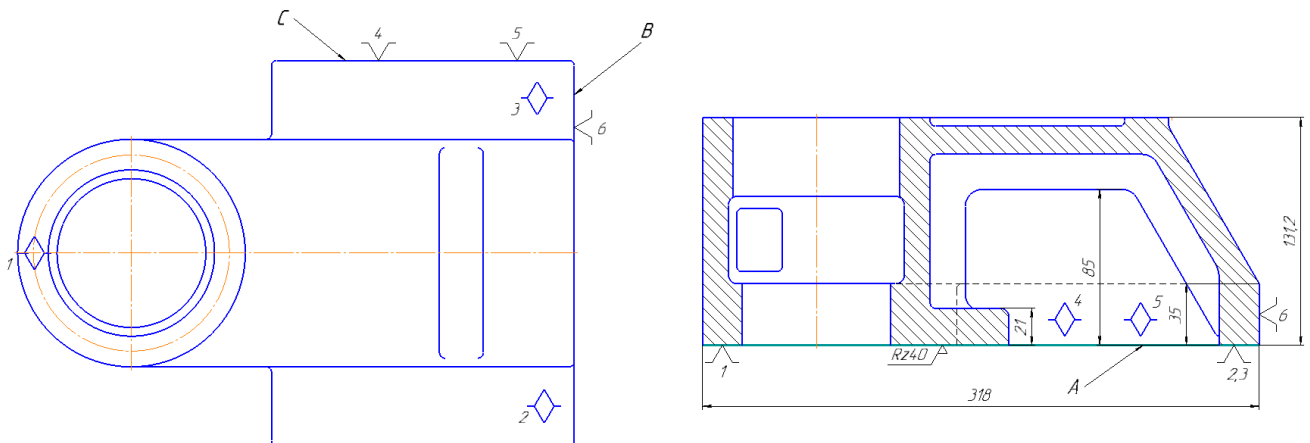


Рисунок 2.6 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 020 фрезерна

Таблиця 2.9 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	III,IV,V	Встановлювальна
4,5	I,VI	Напрямна
6	II	Опорна

Таблиця 2.10 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	0	1	Встановлювальна база
α	1	1	0	
L	1	0	0	Напрямна база
α	0	0	1	
L	0	1	0	Опорна база
α	0	0	0	

Аналізуючи обрані схеми базування, бачимо, що за другої схеми при закріпленні заготовки виникає похибка базування, а при першому способі закріплення похибка дорівнює нулю, отже доцільно буде обрати перший метод закріплення заготовки.

2.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Операція 015 – Фрезерно-розточувальна

На операції відбувається чорнова обробка торця та чорнове розточування двох отворів.

Вихідні дані для реалізації вибору металорізального устаткування:

- тип і обсяг виробництва;
- шорсткість та точність поверхонь;
- певний метод обробки чи їх поєднання для реалізації необхідних поверхонь.

Порівняння верстатів проводимо за рекомендаціями джерела [7].

Порівнюючи верстат моделі Haas TM-1 (табл. 2.11) та 6P13Ф3 (табл. 2.12) обираємо обладнання, яке підходить за таким технологічним ознаками:

– технологічні методи обробки поверхонь: для обробки поверхонь було розглянуто перелік верстатів, проаналізувавши, був обраний вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13Ф3;

– потужність двигуна: верстат моделі 6P13Ф3 оснащений 7,5 кВт двигуном, якого достатньо для обробки поверхонь;

– тип виробництва: при середньосерійному виробництві перевага віддається універсальному устаткуванню, таким обладнанням є верстат моделі 6P13Ф3.

– габарити робочого простору: дане обладнання станка 6P13Ф3 має стіл з робочими розмірами 400x1600 мм, що дозволяє встановити заготовку разом з верстатним пристроєм;

Таблиця 2.11 – Основні технічні характеристики верстата Haas TM-1

Характеристика	Параметри
Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина)	267x1213
Найбільше повздовжнє переміщення стола, мм	762
Найбільше поперечне переміщення стола, мм	305
Частота обертання шпинделя, об/хв	до 4000
Точність позиціонування по осі X, мм	0,010
Точність позиціонування по осі Y, Z, мм	0,010
Електродвигун приводу головного руху, кВт	5,6
Габарити станка, мм	2286 x 1717 x 2692
Вага кг	2050

Таблиця 2.12 – Основні технічні характеристики верстата 6P13Ф3

Характеристика	Параметри
Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина)	400x1600
Частота обертання шпинделя, об/хв	40 - 2000
Кількість швидкостей шпинделя	18
Поздовжня подача, мм/об	3 - 4800
Поперечна подача, мм/об	3 - 4800
Електродвигун приводу головного руху, кВт	7,5
Габарити станка, мм	3450 x 3970 x 2965
Вага кг	4450

На основі порівняння цих даних обираємо вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6P13Ф3 для операції 015 фрезерно-розточувальна, як більш оптимальний.

Операція 020 – Фрезерна

На операції відбувається напівчистова та чистова обробка торця.

Порівнюючи верстат моделі 6K12 (табл. 2.13) та 6H13П (табл. 2.14) обираємо обладнання, яке підходить за таким технологічним ознаками:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки поверхонь було розглянуто перелік верстатів, проаналізувавши, був обраний вертикально-фрезерний верстат моделі 6H13П;

- потужність двигуна: верстат моделі 6H13П оснащений 10 кВт двигуном, якого достатньо для обробки поверхонь;

- тип виробництва: при середньосерійному виробництві перевага віддається універсальному устаткуванню, таким обладнанням є верстат моделі 6H13П.

– габарити робочого простору: дане обладнання станка 6Н13П має стіл з робочими розмірами 400x1600 мм, що дозволяє встановити заготовку разом з верстатним пристроєм;

Таблиця 2.13 – Основні технічні характеристики верстата 6К12

Характеристика	Параметри
Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина)	320x1250
Частота обертання шпинделя, об/хв	16 - 1600
Кількість швидкостей шпинделя	21
Поздовжня подача, мм/об	31 - 1020
Поперечна подача, мм/об	27 - 790
Електродвигун приводу головного руху, кВт	5,5
Габарити станка, мм	2135 x 1865 x 2290
Вага кг	2380

Таблиця 2.14 – Основні технічні характеристики верстата 6Н13П

Характеристика	Параметри
Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина)	400x1600
Частота обертання шпинделя, об/хв	30 - 1500
Кількість швидкостей шпинделя	18
Поздовжня подача, мм/об	23,5 - 1180
Поперечна подача, мм/об	15,6 - 786
Електродвигун приводу головного руху, кВт	10
Габарити станка, мм	2575 x 1870 x 2250
Вага кг	4250

На основі порівняння цих даних обираємо консольно-фрезерний вертикальний верстат підвищеної точності для операції 020 фрезерна, як більш оптимальний.

2.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

В умовах середньосерійного типу виробництва можуть використовуватися універсальні та спеціальні пристосування, різальний та вимірювальний інструмент.

При виборі вимірювальних засобів до них пред'являються основні вимоги: відповідність точним показникам елемента, що перевіряється; максимальна простота конструкції і мінімальна вартість, швидкодія.

В основному будемо використовувати стандартні вимірювальні засоби, переважно не дорогі. Для контролю деяких поверхонь використовуємо спеціальні вимірювальні інструменти і пристосування.

Операція 015 фрезерно-розточувальна

Для установки і закріплення заготовки на операції 015 фрезерно-розточувальній з ЧПК використовується спеціальне пристосування.

При фрезеруванні:

– оправка 6222-0040 ГОСТ 13785-68 – слугує для встановлення на неї інструменту.

Для обробки поверхонь рекомендується використовувати такий різальний інструмент:

– фреза 2214-0157 ВК6 ГОСТ 9473-80 – фреза торцева, яка має вставні ножі, що оснащені твердосплавними пластинами з ВК6, виконує обробку торця.

В якості вимірювального інструменту приймаємо:

– штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь на операції.

– зразок шорсткості поверхні 2,5 ГОСТ 9378-75 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

При розточуванні:

– оправка 7112-1452 ГОСТ 31.1066.02-85 – слугує для встановлення на неї інструменту.

В якості різального інструменту використовується:

– різець 2142-0444 ГОСТ 9795-84 – різець токарний, зі змінною твердосплавною пластиною ВК3, виконує обробку як циліндричних поверхонь.

В якості вимірювального інструменту приймаємо:

– штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь на операції.

– зразок шорсткості поверхні 1,25 ГОСТ 9378-75 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

Операція 020 фрезерна

Для установки і закріплення заготовки на операції 020 фрезерна використовуються лещата 2700-0219 ГОСТ 14904-80.

– оправка 6222-0040 ГОСТ 13785-68 – слугує для встановлення на неї інструменту.

В якості різального інструменту використовується:

– фреза 2214-0161 ВК6 ГОСТ 9473-80 – фреза торцева, яка має вставні ножі, що оснащені твердосплавними пластинами з ВК6, виконує обробку торця.

В якості вимірювального інструменту приймаємо:

– штангенциркуль ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89 – необхідний для контролю виконаних поверхонь на операції.

– зразок шорсткості поверхні 2,5 ГОСТ 9378-75 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконуємо розрахунок припусків та знаходимо розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 95H7$. [6]

Величина розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід) визначається за формулою:

$$2z_{min} = 2 \left(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \text{ мкм} \quad (2.9)$$

де R_{zi-1} – висота мікронерівностей, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм.

Сумарне відхилення розташування заготовки визначаємо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{жол}^2}, \text{ мкм} \quad (2.10)$$

де $\rho_{зм}$ – похибка зміщення, мкм; $\rho_{зм}=1000$ мкм (ГОСТ 26645-85)

$\rho_{жол}$ – похибка жолоблення, мкм; (для лиття в кокіль корпусних деталей $\rho_{зм}=0$) [п. 8 с. 183]

$$\rho_{заг} = \sqrt{1000^2 + 0^2} = 1000 \text{ мкм}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \cdot \rho_{\text{заг}}, \text{ мкм} \quad (2.11)$$

Для розточування чорнового $k_y=0,06$; для розточування напівчистового $k_y=0,04$; для розточування чистового $k_y=0,02$.

Розраховуємо ρ для кожного переходу:

$$\rho_{\text{розчорн}} = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{рознапів}} = 0,04 \cdot 1000 = 40 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{розчист}} = 0,02 \cdot 1000 = 20 \text{ мкм}$$

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатках.

Для вказаних технологічних переходів визначаємо елементи припуску R_z , T :

Таблиця 2.15 – Вихідні дані

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуску, мкм			
			R_z	T	ρ	ε
Заготовка	14	+0,870 0	180	250	1000	500
Розточування чорнове	12	+0,350 0	60	75	60	200
Розточування напівчистове	9	+0,087 0	30	50	40	50
Розточування чистове	7	+0,035 0	15	25	20	20

Результат розрахунку припусків на ПК за допомогою спеціальної програми для обробки поверхні $\varnothing 95H7$ представлений у додатку Б.

Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 95H7$ представлена на рисунку 6.2.

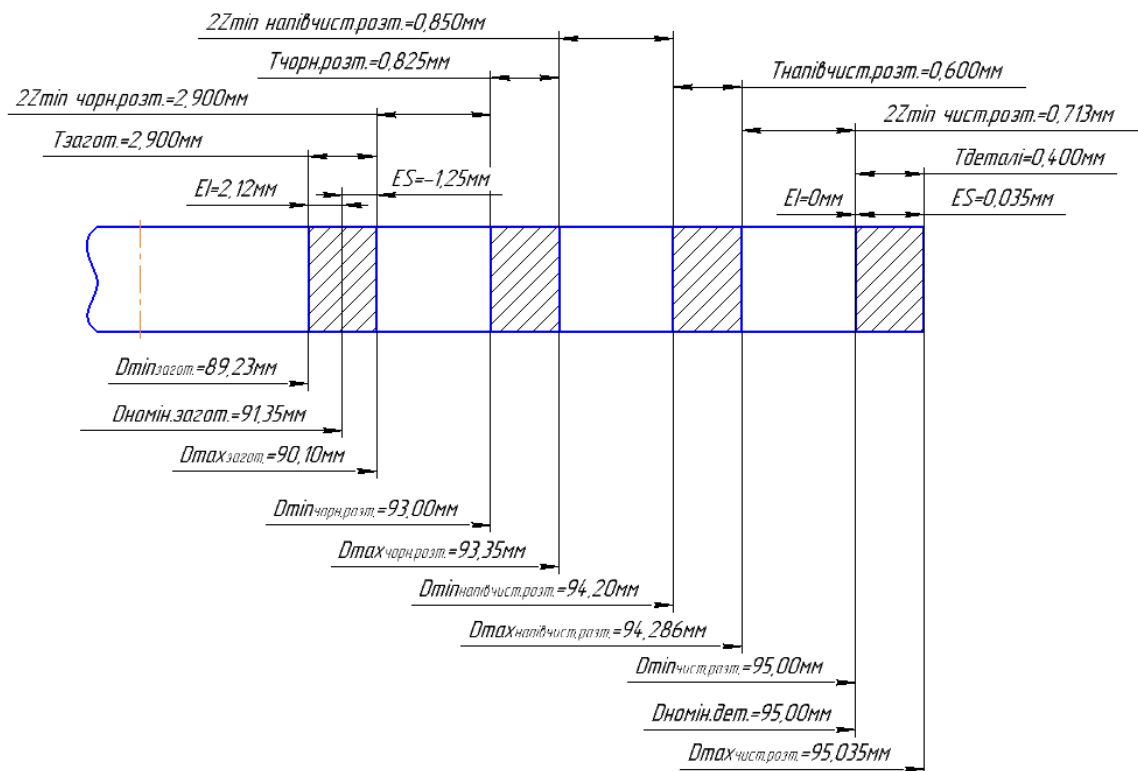


Рисунок 2.7 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 95H7$

2.6 Розрахунок режимів різання

2.6.1 Операція 015 фрезерно-розточувальна

Операційний ескіз операції 015 фрезерно-розточувальна представлено на рисунку 2.8.

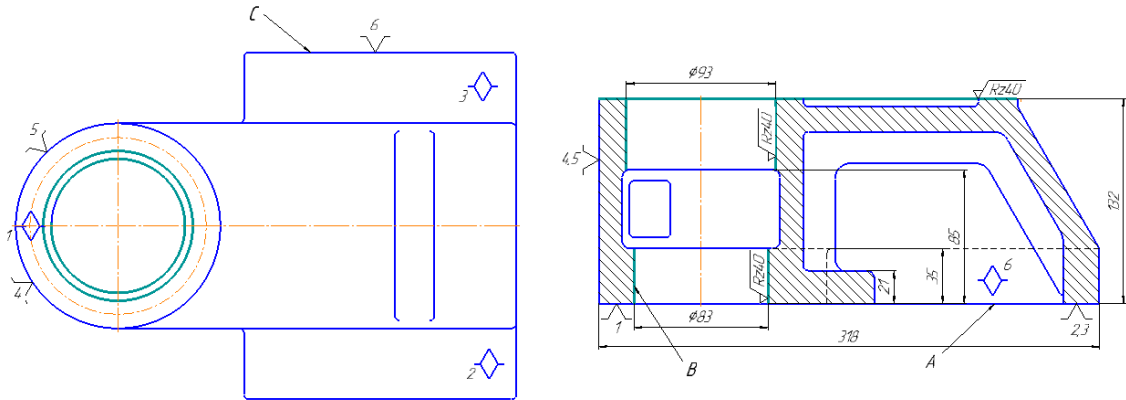


Рисунок 2.8 – Операційний ескіз на операцію 015 фрезерно-розточувальна

Розрахунок режимів різання проводимо за загальномашинобудівними нормативами режимів різання [8] та за збірником задач і прикладів по різанню металів і різальному інструменту [9].

На операції відбувається напівчистове розточування діаметрів Ø95мм, Ø85мм та чистове підрізання торцю. Верстат моделі 6Р13Ф3. Приймаємо розточувальний різець 2142-0444 ГОСТ 9795-84, з пластинкою с твердого матеріалу ВК3 та фреза торцева ГОСТ 9473-80 ø250 мм, матеріал тврдосплавних пластин – ВК6.

Розрахуємо режим різання для лімітуючого розміру – напівчистове розточування Ø95 мм:

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{93 - 91,35}{2} = 0,825 \text{ мм}$$

Подача $S = 1,2$ мм/об [табл.11. с 266].

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \cdot K_{ov} \text{ м/хв} \quad (2.12)$$

де C_v, K_v, K_{ov} – коефіцієнти які впливають на швидкість різання;

m, x, y – показники степеню.

Коефіцієнт C_v і показники степенів визначаємо по [табл.17 с. 269]

$$C_v = 243; \quad x = 0,15; \quad y = 0,40; \quad m = 0,20$$

Поправочний коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (2.13)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу. $K_{mv} = 1,07$ [табл. 3 с. 262];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; $K_{nv} = 0,8$ [табл. 5 с. 263];

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{uv} = 1,25$ [табл. 6 с. 263].

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} \quad (2.14)$$

де n_v – показник степеню; приймаємо $n_v = 1,25$ [табл. 2 с. 262]

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{180} \right)^{1,25} = 1,07$$

$$K_v = 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 1,07$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$V_p = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,825^{0,15} \cdot 1,2^{0,4}} \cdot 1,07 \cdot 0,9 = 98,41 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3,14 \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.15)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

V – швидкість різання

$$n = \frac{1000 \cdot 98,41}{3,14 \cdot 93} = 336,99 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n = 400$ об/хв.

Тоді швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 93 \cdot 400}{1000} = 116,81 \text{ м/хв}$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, H \quad (2.16)$$

де C_p – постійний коефіцієнт;

K_p – поправний коефіцієнт;

x, y, n – показники степеню.

Приймаємо значення коефіцієнту C_p та показників степеню за [табл.22 с.273] $C_p = 92$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$.

Поправочний коефіцієнт розраховуємо за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.17)$$

де $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують фактичні умови різання ($K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$)

K_{mp} визначається за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n \quad (2.18)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{180}{190}\right)^{0,4/0,55} = 0,961$$

$$K_p = 0,961 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,87$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,825^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 116,81^0 \cdot 0,87 = 759,38 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, затрачену на різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (2.19)$$

$$N = \frac{759,38 \cdot 116,81}{60 \cdot 1020} = 1,45 \text{ кВт}$$

Потужність, яку повинен забезпечити верстат, визначаємо за формулою:

$$N_n = N_{дв} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.20)$$

де $N_{дв}$ – потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт;

η – механічний ККД.

$$N_n = 7,5 \cdot 0,85 = 6,38 \text{ кВт}$$

Таким чином, $N_n > N_p$, отже обладнання забезпечить достатню потужність для обробки.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{l_{різ} + \Delta + y}{S_0 \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.21)$$

де $l_{різ}$ - довжина різання, мм;

y - величина врізання, мм ;

Δ - величина перебігу, мм;

i - кількість робочих ходів;

Згідно визначених даних, маємо: $l_{різ} = 46,4$ мм; $y = t \cdot \text{ctg}\varphi$; $i = 1$

$$T_0 = \frac{46,4 + 3 + 0}{1,2 \cdot 400} \cdot 1 = 0,103 \text{ хв}$$

Режими різання за рештою технологічних переходів заносимо до таблиці 6.11.

Таблиця 2.16 – Режими різання на операцію 015 фрезерно-розточувальну

Номер та назва переходу	Параметри режимів обробки				L, мм	T ₀ , хв
	t, мм	S ₀ , мм/об	n, об/хв	V, м/хв		
1. Фрезерувати торець 130 мм	0,8	0,107	700	351,68	318	0,26
2. Розточити отвір Ø93 мм	0,825	1,2	400	116,81	46,6	0,103
3. Розточити отвір Ø83 мм	0,825	1,2	400	104,25	35,8	0,081

2.6.2 Операція 020 фрезерна

Операційний ескіз операції 020 фрезерна представлено на рисунку 2.9.

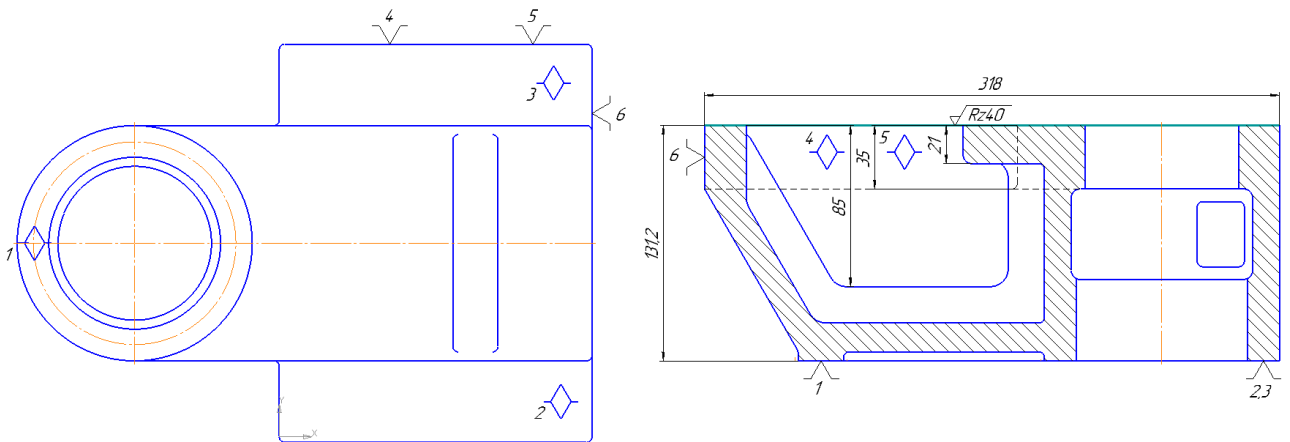


Рисунок 2.9 – Операційний ескіз на операцію 020 фрезерна

На операції відбувається напівчистове фрезерування торця до розміру 131,5 мм та фрезерування торця начисто до розміру 131,2 мм. Верстат моделі 6Н13П. Приймаємо торцеву фрезу 2214-0161 ВК6 ГОСТ 9473-80, яка має вставні ножі, що оснащені твердосплавними пластинами з ВК6.

Розрахуємо режим різання для лімітуючого розміру – напівчистове фрезерування 131,5 мм:

1. Встановлюємо глибину різання.

Припуск знімаємо за один робочий хід, тому $t = h = 0,5$ мм.

2. Назначаємо подачу на зуб фрези (табл. 33, с. 283).

Для напівчистового фрезерування чавуну, твердим сплавом ВК6, потужністю верстата $N_d = 10$ кВт. $S_z = 0,14 \dots 0,24$ мм/зуб.

Так як ширинка фрезерування є більшою за 30 мм, ми повинні зменшити значення подачі, що записано в таблиці, на 30%:

$S_z = 0,098 \dots 0,168$ мм/зуб.

Приймаємо подачу $S_z = 0,11$ мм/зуб.

3. Призначаємо період стійкості фрези [табл. 40 с. 290].

Для торцевих фрез з пластинами з тврдого сплаву в діапазоні діаметрів від 150 мм до 250 мм нормативами рекомендується період стійкості $T=240$ хв. Приймаємо для фрези з $D=250$ мм $T=240$ хв.

4. Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^u \cdot Z^P} \cdot K_v, \text{ м/хв} \quad (2.22)$$

де C_v, K_v – коефіцієнти, які впливають на швидкість різання;
 m, x, y – показники степеню.

Коефіцієнт C_v і показники степенів визначаємо за [табл.39 с. 288] для сірого чавуну з 180 НВ., торцевої фрези і матеріалу різальної частини – сплава ВК6:

$$C_v = 445; \quad q = 0,20; \quad x = 0,15; \quad y = 0,35; \quad u = 0,20; \quad P_v = 0; \quad m = 0,32$$

Поправочний коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (2.23)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу. $K_{mv} = 1,07$ [табл. 3 с. 262];

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} \quad (2.24)$$

де n_v – показник степеню; приймаємо $n_v = 1,25$ [табл. 2 с. 262]

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{180} \right)^{1,25} = 1,07$$

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; $K_{nv} = 0,8$ [табл. 5 с. 263];

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{uv} = 1,0$ [табл. 6 с. 263].

$$K_v = 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,856$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$V_p = \frac{445 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,11^{0,35} \cdot 46^{0,2} \cdot 24^0} \cdot 0,856 = 221,27 \text{ м/хв}$$

5. Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного різання за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/хв} \quad (2.25)$$

де D – діаметр фрези, мм;

V – швидкість різання, м/хв

$$n = \frac{1000 \cdot 221,27}{3,14 \cdot 250} = 281,87 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_d = 250$ об/хв.

6. Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 250}{1000} = 196,25 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо швидкість руху подачі (хвилинна подача S_x):

$$v_S = S_M = S_z \cdot z \cdot n_d = 0,11 \cdot 24 \cdot 250 = 660 \text{ мм/хв}$$

Коригуємо величину v_S за даними верстата та встановлюємо її дійсне значення $v_S = 650$ мм/хв.

Дійсне значення подачі на зуб фрези:

$$S_{zd} = \frac{v_S}{z \cdot n_d} = \frac{650}{24 \cdot 250} = 0,108 \text{ мм/зуб}$$

8. Визначаємо головну складову сили різання визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{9,81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{mp}, H \quad (2.26)$$

де C_p – постійний коефіцієнт;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт;

x, y, n – показники степеню;

B – ширина оброблюваної поверхні;

z – кількість зубів фрези.

Приймаємо значення коефіцієнту C_p та показників степеню за [табл. 41 с.291]:

$$C_p = 54,5; \quad x = 0,9; \quad y = 0,74; \quad u = 1; \quad \omega = 0; \quad q = 1$$

Коефіцієнт поправки K_{mp} розраховуємо за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n \quad (2.27)$$

де $n = 1$ (для обробки чавуну твердосплавною фрезою)

$$K_{mp} = \left(\frac{180}{190}\right)^1 = 0,95$$

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 54,5 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,108^{0,74} \cdot 47^1 \cdot 24}{250^1 \cdot 250^0} \cdot 0,95 = 237,07 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, затрачену на різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (2.28)$$
$$N = \frac{237,07 \cdot 196,25}{60 \cdot 1020} = 0,75 \text{ кВт}$$

Потужність, яку повинен забезпечити верстат, визначаємо за формулою:

$$N_n = N_{дв} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.29)$$

де $N_{дв}$ – потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт;
 η – механічний ККД.

$$N_n = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт}$$

Таким чином, $N_n > N_p$, отже обладнання забезпечить достатню потужність для обробки.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{l_{\text{різ}} + y + \Delta}{v_s} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.30)$$

де $L_{\text{різ}}$ - довжина різання, мм; $L_{\text{різ}} = l + y + \Delta$

y - величина врізання, мм ;

Δ - величина перебігу, мм;

i - кількість робочих ходів, $i = 1$;

Згідно визначених даних, маємо: $l_{\text{різ}} = 318$ мм, $\Delta=3$

$$y = 0,5 \cdot (D - \sqrt{D^2 - B^2}) = 0,5 \cdot (250 - \sqrt{250^2 - 47^2}) = 2,23 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{318 + 2,23 + 3}{650} \cdot 1 = 0,5 \text{ хв}$$

Режими різання за рештою технологічних переходів заносимо до таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Режими різання на операцію 020 фрезерна

Номер та назва переходу	Параметри режимів обробки				L, мм	T _o ,хв
	t, мм	S _o , мм/об	n, об/хв	V, м/хв		
Фрезерувати торець 131,5 мм напівчисто	0,5	0,108	250	196,25	323,23	0,50
Фрезерувати торець 131,2 мм начисто	0,3	0,104	300	235,50	323,23	0,43

2.6.3 Операція 025 фрезерно-розточувальна

Операційний ескіз операції 025 фрезерно-розточувальна представлено на рисунку 2.10.

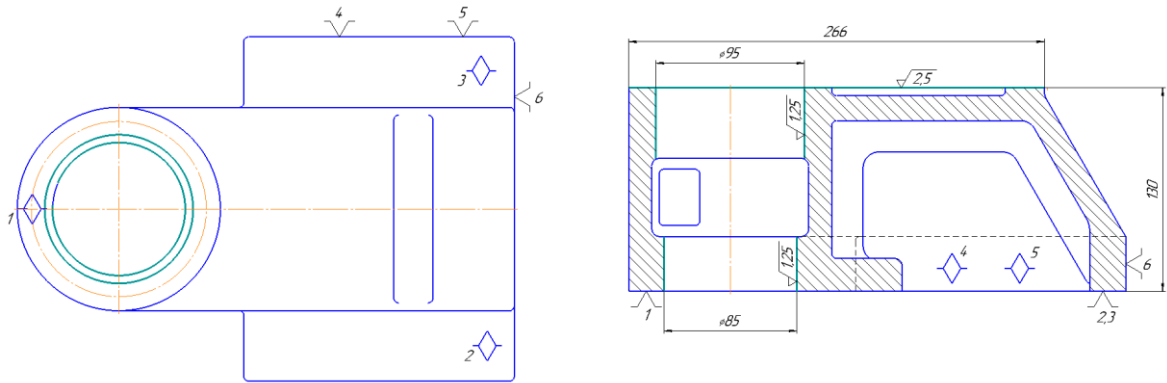


Рисунок 2.10 – Операційний ескіз на операцію 025 фрезерно-розточувальна

На операції відбувається чистове розточування діаметрів $\varnothing 95\text{мм}$, $\varnothing 85\text{мм}$ та чистове підрізання торцю. Верстат моделі 6P13Ф3. Приймаємо розточувальний різець 2142-0444 ГОСТ 9795-84, з пластинкою с твердого матеріалу ВК3 та фреза торцева 2214-0157 ВК6 ГОСТ 9473-80 $\varnothing 250\text{ мм}$.

Розраховуємо режим різання для лімітуючого розміру – чистове розточування $\varnothing 85\text{ мм}$.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{85 - 83}{2} = 1 \text{ мм}$$

Подача $S = 1,2 \text{ мм/об}$ [табл.11. с 266].

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{m_t} \cdot t^{x_t} \cdot S^{y_t}} \cdot K_v \cdot K_{ov} \text{ м/хв} \quad (2.31)$$

де C_v, K_v, K_{ov} – коефіцієнти які впливають на швидкість різання;

m, x, y – показники степеню.

Коефіцієнт C_v і показники степенів визначаємо по [табл.17 с. 269]

$$C_v = 243; \quad x = 0,15; \quad y = 0,40; \quad m = 0,20$$

Поправочний коефіцієнт K_v визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (2.32)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу. $K_{mv} = 1,07$ [табл. 3 с. 262];

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; $K_{nv} = 0,8$ [табл. 5 с. 263];

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки; $K_{uv} = 1,25$ [табл. 6 с. 263].

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v} \quad (2.33)$$

де n_v – показник степеню; приймаємо $n_v = 1,25$ [табл. 2 с. 262]

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{180}\right)^{1,25} = 1,07$$

$$K_v = 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1,25 = 1,07$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$V_p = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,2^{0,4}} \cdot 1,07 \cdot 0,9 = 95,91 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3,14 \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.34)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм;

V – швидкість різання

$$n = \frac{1000 \cdot 95,91}{3,14 \cdot 85} = 359,35 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n = 400$ об/хв.

Тоді швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 400}{1000} = 106,76 \text{ м/хв}$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, H \quad (2.35)$$

де C_p – постійний коефіцієнт;

K_p – поправний коефіцієнт;

x, y, n – показники степеню.

Приймаємо значення коефіцієнту C_p та показників степеню за [табл.22 с.273] $C_p = 92$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$.

Поправочний коефіцієнт розраховуємо за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.36)$$

де $K_{mp}, K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують фактичні умови різання ($K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$)

K_{mp} визначається за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n \quad (2.37)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{180}{190}\right)^{0,4/0,55} = 0,961$$

$$K_p = 0,961 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,87$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 106,76^0 \cdot 0,87 = 918,06 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, що була затрачена на різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт} \quad (2.38)$$

$$N = \frac{918,06 \cdot 106,76}{60 \cdot 1020} = 1,60 \text{ кВт}$$

Потужність, яку повинен забезпечити верстат, визначаємо за формулою:

$$N_n = N_{дв} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.39)$$

де $N_{дв}$ – потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт;

η – механічний ККД.

$$N_n = 7,5 \cdot 0,85 = 6,38 \text{ кВт}$$

Таким чином, $N_n > N_p$, отже обладнання забезпечить достатню потужність для обробки.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{l_{\text{різ}} + \Delta + y}{S_0 \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.40)$$

де $l_{\text{різ}}$ - довжина різання, мм;

y - величина врізання, мм ;

Δ - величина перебігу, мм;

i - кількість робочих ходів;

Згідно визначених даних, маємо: $l_{\text{різ}} = 37,5$ мм; $y = t \cdot \text{ctg}\varphi$; $i = 1$

$$T_0 = \frac{37,5 + 3 + 0}{1,2 \cdot 400} \cdot 1 = 0,084 \text{ хв}$$

Режими різання за рештою технологічних переходів заносимо до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Режими різання на операцію 015 фрезерно-розточувальну

Номер та назва переходу	Параметри режимів обробки				L, мм	T ₀ , хв
	t, мм	S ₀ , мм/об	n, об/хв	V, м/хв		
1. Фрезерувати торець 130 мм	0,8	0,107	700	351,68	318	0,26
2. Розточити отвір Ø95 мм	1	1,2	400	116,81	46,6	0,103
3. Розточити отвір Ø85 мм	1	1,2	400	106,76	37,5	0,084

2.7 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій розраховуємо за загальномашинобудівними нормативами часу для вертатних робіт [10].

Операція 015 – фрезерно-розточувальна

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_d + T_{обс} + T_{відп}, \text{ хв} \quad (2.41)$$

де T_0 – основний час на операцію, хв;

T_d – допоміжний час, хв;

$T_{обс}$ – час обслуговування робочого міста, хв;

$T_{відп}$ – час на особисті потреби, хв;

Допоміжний час, розраховуємо за формулою:

$$T_d = T_{вст} + T_{зв} + T_{уп} + T_{вим}, \text{ хв} \quad (2.42)$$

де $T_{вст}$ – час на встановлення і зняття деталі, хв [3. Табл. 5.2 с. 8]; $T_{вст} = 0,50$ хв;

$T_{зв}$ – час, пов'язаний з переходом, хв [3. Табл. 5.3 с.9]; $T_{зв} = 0,12$ хв;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління верстатом; хв; $T_{уп} = 0,129$ хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв; $T_{вим} = 0,24$ хв.

$$T_d = 0,50 + 0,12 + 0,129 + 0,24 = 0,989 \text{ хв}$$

Для середньосерійного виробництва допоміжний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{доп}} = t_d \cdot K_t \quad (2.43)$$

де K_t – коефіцієнт що залежить від типу виробництва, $K_t = 0,76$

$$T_{\text{доп}} = 0,989 \cdot 0,76 = 0,75 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{доп}}, \text{ хв} \quad (2.44)$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$T_{\text{оп}} = 0,444 + 0,75 = 1,194 \text{ хв}$$

Час на обслуговування та відпочинок в серійному виробництві окремо не розраховується, він задається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{обс.відп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 6}{100} = \frac{1,194 \cdot 6}{100} = 0,07 \text{ хв}$$

Підставивши всі дані до формули, розраховуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} = 0,444 + 0,989 + 0,07 = 1,503 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \text{ хв} \quad (2.45)$$

де $T_{\text{пз}}$ - підготовчо-заклучний час, хв.; $T_{\text{пз}} = 18 \text{ хв}$;

n - кількість деталей в партії, штук. $n = 240 \text{ шт.}$

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,503 + \frac{18}{240} = 1,578 \text{ хв}$$

Результати розрахунків технічного нормування операції 015 фрезерно-розточна занесені до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Технічне нормування операції 015 фрезерно-розточна

Номер та назва переходу	T_o , хв	T_d , хв	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{пз}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв
1. Фрезерувати торець 130 мм	0,26	0,989	1,503	18	1,578
2. Розточити отвір Ø95 мм	0,103				
3. Розточити отвір Ø85 мм	0,081				

Операція 020 – фрезерна

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}}, \text{ хв} \quad (2.46)$$

де T_o – основний час на операцію, хв;

T_d – допоміжний час, хв;

$T_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочого міста, хв;

$T_{\text{відп}}$ – час на особисті потреби, хв;

Допоміжний час, розраховуємо за формулою:

$$T_d = T_{\text{вст}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (2.47)$$

де $T_{вст}$ – час на встановлення і зняття деталі, хв [3. Табл. 5.2 с. 8]; $T_{вст} = 0,50$ хв;

$T_{зв}$ – час, пов'язаний з переходом, хв [3. Табл. 5.3 с.9]; $T_{зв} = 0,12$ хв;

$T_{уп}$ – час на прийоми управління верстатом; хв; $T_{уп} = 0,129$ хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв; $T_{вим} = 0,24$ хв.

$$T_d = 0,50 + 0,12 + 0,129 + 0,24 = 0,989 \text{ хв}$$

Для середньосерійного виробництва допоміжний час розраховуємо за формулою:

$$T_{доп} = t_d \cdot K_t \quad (2.48)$$

де K_t – коефіцієнт що залежить від типу виробництва, $K_t = 0,76$

$$T_{доп} = 0,989 \cdot 0,76 = 0,75 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп}, \text{ хв} \quad (2.49)$$

Підставивши всі дані до формули, отримаємо:

$$T_{оп} = 0,93 + 0,75 = 1,68 \text{ хв}$$

Час на обслуговування та відпочинок в серійному виробництві окремо не розраховується, він задається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{\text{обс.відп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 6}{100} = \frac{1,68 \cdot 6}{100} = 0,10 \text{ хв}$$

Підставивши всі дані до формули, розраховуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} = 0,93 + 0,989 + 0,10 = 2,019 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \text{ хв} \quad (2.50)$$

де $T_{\text{пз}}$ - підготовчо-заклучний час, хв.; $T_{\text{пз}} = 18$ хв;

n - кількість деталей в партії, штук. $n = 240$ шт.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,019 + \frac{18}{240} = 2,094 \text{ хв}$$

Результати розрахунків технічного нормування операції 015 фрезерна занесені до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Технічне нормування операції 020 фрезерна

Номер та назва переходу	T_0 , хв	T_d , хв	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{пз}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв
1. Фрезерувати торець 131,5 мм	0,50	0,989	2,019	18	2,094
2. Фрезерувати торець 131,2 мм	0,43				

2.8 Проектування верстатного пристрою для установалення і закріплення заготовки

Згідно з технологічним процесом, що розглядається, приходимо до висновку, що обробка розглянутої деталі вимагає спеціальних та універсальних пристроїв для її закріплення. Проаналізувавши всі операції, бачимо, що фрезерна операція потребує особливої уваги та для її реалізації необхідно використовувати спеціальний пристрій. Такі дії є вимушеними, адже конфігурація деталі є достатньо складною і розташування поверхні для обробки на цій операції є досить специфічним.

Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність параметрів точності операції за рахунок сталості сили закріплення, скоротити час на виконання операції за рахунок скорочення допоміжного часу на операції. Орієнтовно в заданих умовах найбільш раціональною виступатиме система нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП).

Зазвичай нерозбірні спеціальні пристосування використовують в умовах масового і серійного виробництва. Пристосування цієї системи не є переналагоджуваними. Деталі не можна повторно використати в інших компонуваннях. Конструкції пристосувань призначені для однієї певної деталі-операції. Проектують НСП за певними правилами і методиками.

Пристосування проектується для фрезерної операції – фрезерування торця торцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті підвищеної точності.

Базування заготовки в пристосуванні здійснюється по установчій і направляючій базі. Шоста точка циклу повного базування реалізується після закріплення заготовки.

Базування пристосування на столі верстата фрезерного напівавтомата виконується за допомогою двох перпендикулярно розміщених шпонок, закріплених на корпусі пристосування гвинтами.

На литому корпусі 1 встановлена оправка 2 (рис. 2.11). Базування оправки на пристосуванні реалізується за рахунок центруючої посадки H7 / h8 по діаметру 95, кріплення оправлення 2 до корпусу 1 здійснюється гвинтами.

У середині корпусу встановлено гідроциліндр 3. Він кріпиться до днища корпусу через кришку 4 болтами. Шток гідроциліндра 5 з'єднаний з тягою 6.

Деталь встановлюється на розжимну оправку 9. При переміщенні штока 3 вниз конус 7 оправки розтискає сектори 8 за допомогою чого відбувається затискання заготовки.

Закріплення заготовки здійснюється за допомогою гідроприводу. У верхню порожнину циліндра подається робоча рідина (масло) під тиском 6,3 МПа в гідросистемі. Шток переміщається вниз. За ним рухається поєднана з ним тяга, передаючи зусилля закріплення на розжимну оправку.

Після закінчення обробки масло подається в нижню порожнину гідроциліндра, шток переміщається вгору і послаблює заготовку. Оператор верстата прибирає оброблену деталь.

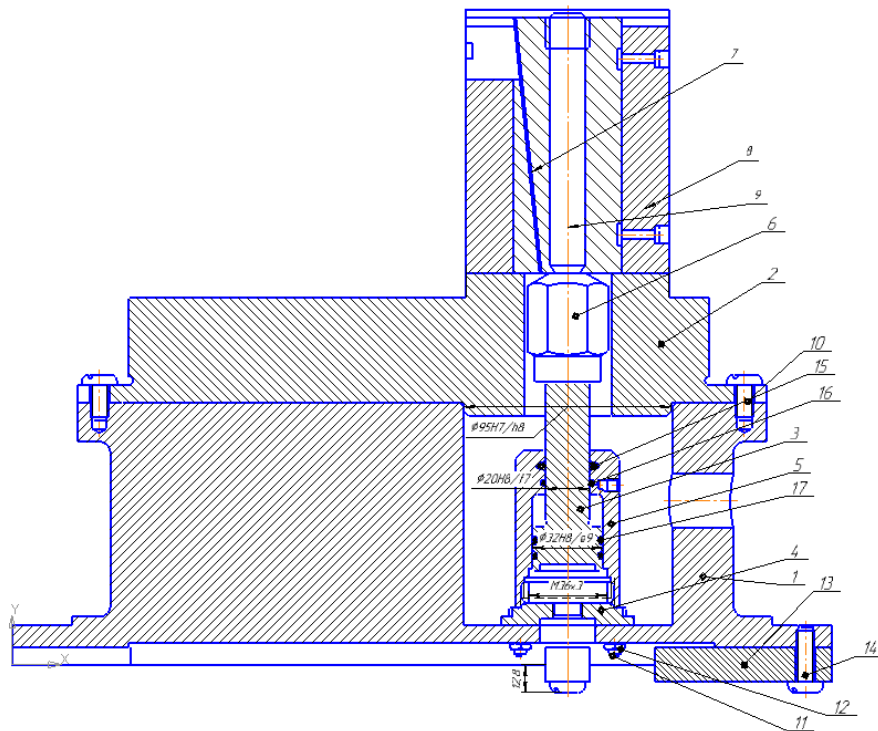


Рисунок 2.11 - Конструкція пристосування для фрезерування

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію:

На дану операцію заготовка надходить з попередньо обробленими поверхнями. Заготовка цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. Маса заготовки 17,42 кг. Матеріал чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85. Внутрішня циліндрична поверхня і верхній торець мали попередню обробку. Те, що деталь має до даної операції велику кількість механічної обробки, говорить про наявність розвинених і досить точних поверхонь для базування заготовки. Уточнимо параметри поверхонь, які можуть виступати в ролі базових.

Функції встановлювальної бази може виконувати поверхня розміром 266h14 мм. Величина допуску дорівнює 1300 мкм. Допуск відхилення від площинності вказано на кресленні деталі, він дорівнює 16 мкм.

Поверхня з лінійним розміром 266h14 мм, будучи прийнятою в якості базової, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, тобто є встановлювальною базою.

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на головну базову поверхню може претендувати циліндричний отвір $\varnothing 95H7$. На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: IT7, T $\varnothing 95=35$ мкм;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні Ra=1,25 мкм;
- застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня $\varnothing 95H7$, будучи прийнятою в якості головної базової, позбавляє заготовку двох ступенів вільності, тобто є напрямною базою.

В процесі обробки заготовки, на неї впливає система сил. З одного боку діють складові сили різання, які прагнуть вирвати заготовку з верстатного пристосування, з іншого – сила затиску перешкоджає цьому. З умови рівноваги даних сил і з урахуванням коефіцієнта затиску визначаються необхідні затискні та вихідні зусилля.

Виконаємо розрахунок похибки установки за формулою:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{(\Delta \varepsilon_3)^2 + (\Delta \varepsilon_6)^2} \quad (2.51)$$

де $\Delta \varepsilon_6$ – похибка базування, мм;

$\Delta \varepsilon_3$ – похибка закріплення, мм.

Розраховуємо похибку $\Delta \varepsilon_6$ базування за формулою:

$$\Delta \varepsilon_6 = \delta_1 + \delta_2 \quad (2.52)$$

де δ_1 - допуск на діаметр отвору, мм;

δ_2 - допуск на діаметр оправки, мм;

$$\varepsilon = 0,035 + 0,035 = 0,07 \text{ мм}$$

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{0,07^2 + 0,26^2} = 0,26 \text{ мм}$$

Визначаємо головну складову сили різання визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{9,81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{mp}, \text{ Н} \quad (2.53)$$

де C_p – постійний коефіцієнт;

t - глибина різання, мм;

S_z - подача на зуб фрези, мм / зуб;

n – частота обертання фрези

K_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує залежність сил різання від матеріалу заготовки.

x, y, n – показники степеню;

B – ширина оброблюваної поверхні;

z – кількість зубів фрези.

Приймаємо значення коефіцієнту C_p та показників степеню за [табл. 41 с.291]:

$$C_p = 54,5; \quad x = 0,9; \quad y = 0,74; \quad u = 1; \quad \omega = 0; \quad q = 1$$

Поправочний коефіцієнт K_{mp} розраховуємо за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n \quad (2.54)$$

де $n=1$ (для обробки чавуну твердосплавною фрезою)

$$K_{mp} = \left(\frac{180}{190} \right)^1 = 0,95$$

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 54,5 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,108^{0,74} \cdot 47^1 \cdot 24}{250^1 \cdot 250^0} \cdot 0,95 = 237,07 \text{ H}$$

Коефіцієнт запасу визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (2.55)$$

де $k_0 = 1,5$ - коефіцієнт гарантованого запасу затискання;

$k_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує підвищення сил різання в залежності від стану шорсткості поверхонь, що обробляються (при чорновій обробці);

$k_2 = 1,15$ - коефіцієнт, що характеризує підвищення сил різання в результаті затуплення ріжучого інструменту;

$k_3 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує підвищення сил різання при переривчастому різанні (в нашому випадку обробка неперервна);

$k_4 = 1,3$ - коефіцієнт, що характеризує нестабільність сили затискання в затискному механізмі з ручним приводом;

$k_5 = 1,0$ - коефіцієнт, що характеризує ергономічність ручних затискних механізмів (зручність розташування рукояток та важелів в затискних механізмах з ручним приводом) - в нашому випадку при зручному та малому куті повороту;

Отже загальний коефіцієнт запасу:

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 2,691$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (2.56)$$

де D – діаметр фрези, мм.

$$M = \frac{237,07 \cdot 250}{2 \cdot 1000} = 29,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо необхідне зусилля затиску за формулою:

$$W = 2 \cdot P_z \cdot k \cdot \frac{D}{(D_1+d)} \cdot f \quad (2.57)$$

де D – довжина деталі, мм;

D_1 – діаметр розжимного механізму, мм;

d – діаметр оправки, мм;

f – коефіцієнт тертя між розжимним механізмом і заготовкою (0,1 - 0,15).

$$W = 2 \cdot 237,07 \cdot 2,691 \cdot \frac{318}{(93 + 93)} \cdot 0,15 = 1309,08 \text{ Н}$$

Обчислюємо розмір гідроциліндра в якості приводу за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} \quad (2.58)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1309,08}{3,14 \cdot 6,3 \cdot 0,9}} = 27,03 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення по ГОСТ 6540-68 - 32 мм.

Спроекований пристрій для закріплення доречно використовувати в середньосерійному виробництві за умови обробки розглянутої деталі типу «Корпус» чи таких, що схожі на неї за конструктивними особливостями. Пристрій для закріплення є одномісним. Він достатньо нескладний у реалізації та конструктивних особливостях. Також він спроможний забезпечувати достатньо велику силу затиснення, що може втримати заготовку під час процесу

оброблення від обертань, зсувів чи переміщень. Запропонований пристрій для затиснення заготовки покращує показники продуктивності праці, адже за його використання стає норма часу, що витрачається на операцію, стає меншою. Це стає можливим за рахунок зменшення допоміжного часу. Ще однією особливістю пристрою є те, що він значно піднімає рівень безпеки робітника на його місці для роботи. Найпривабливішою особливістю пристрою є те, що він спроможний забезпечити високу точність механічної обробки.

2.9 Проектування контрольно-вимірювального пристосування

2.9.1 Вибір та обґрунтування методу вимірювання

Розглядаючи можливі варіанти прямого та непрямого методу вимірювання, віддаємо перевагу прямому, оскільки його простіше провести при контролі площинності контрольованої поверхні корпусу. При цьому немає необхідності в перерахунку контрольованого параметру й отримувана точність цілком достатня для допуску, що перевіряється.

При розгляді контактного та безконтактного способу, віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі високі і контрольовані поверхні без деформацій та змінань можуть витримати значне вимірювальне зусилля. При цьому, вимірювальне зусилля буде сприяти видаленню бруду та сторонніх тіл з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми з радіусом не менш ніж 5 мм.

Враховуючи значну твердість контрольованої поверхні, геометричні параметри наконечника, орієнтовно назначаємо вимірювальне зусилля в 5 Н.

Деталь контролюється при повороті пристрою в межах 180°, що характерно для динамічного методу контролю.

Налаштування КВП буде проводитись по контрольованим поверхням без використання еталону.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення передбачено в значній мірі контактним методом контролю. Великий арсенал технічних засобів, що пройшли багатолітню апробацію на точність та надійність роботи на робочих місцях контролерів ВТК представляє його в прийнятному для нас вигляді та робить найбільш корисним для використання.

2.9.2 Вибір засобу вимірювання

Засіб вимірювання вибираємо згідно з визначеними оптимальними метрологічними, експлуатаційними та характеристиками надійності, яким повинен відповідати засіб вимірювання.

Пошук здійснюємо у відповідності з паспортами та таблицями технічних характеристик важільно-зубчатих та інших вимірювальних головок. Виходячи з допустимих метрологічних характеристик засобу вимірювання, обираємо індикатор TESA YR Precision Dial Gauges 82 mm Dial Diameter, 0,001 mm Reading (рис. 4.2).

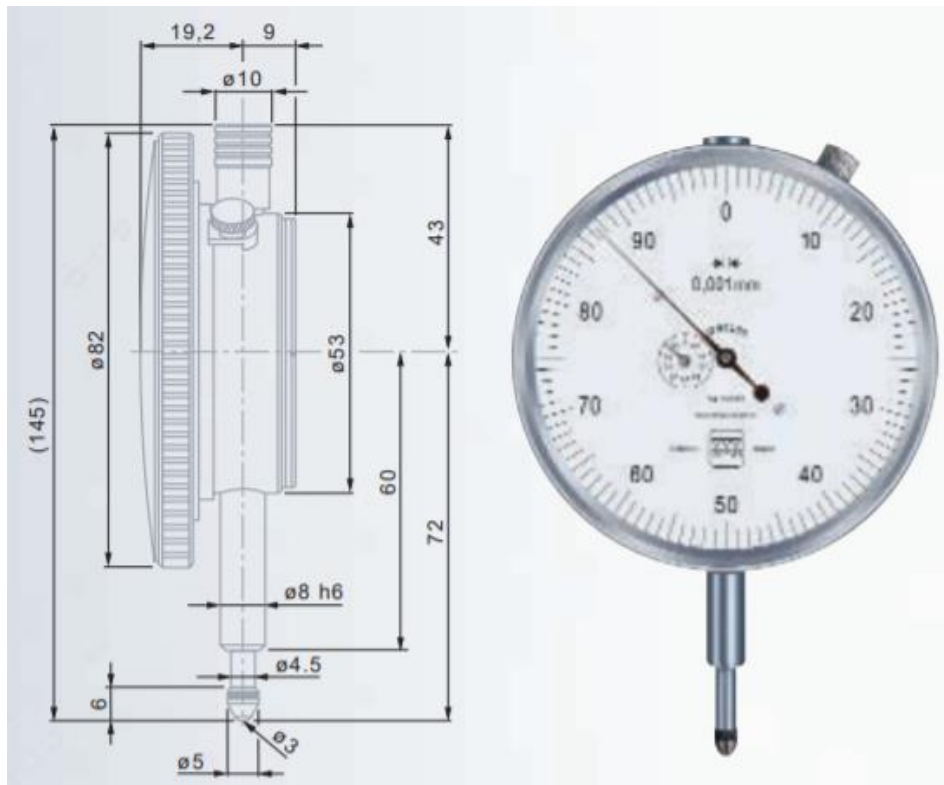


Рисунок 2.12 – Індикатор годинникового типу TESA YR Precision Dial Gauges 82 mm Dial Diameter, 0,001 mm Reading

Індикатор TESA YR Precision Dial Gauges 82 mm Dial Diameter, 0,001 mm Reading володіє наступними метрологічними характеристиками [9]:

- ціна ділення шкали – 0,001 мм;
- модель (номінальний діаметр циферблату) – Ø82;
- діапазон індикації – 1 мм;
- відстань між поділками шкали – 1 мм;
- вимірювальне зусилля – 1,7 Н;
- похибка вимірювального зусилля за рахунок реверсивності – 0,4 Н;
- діапазон загальної похибки – 2 мкм максимум;
- повторюваність, поле розкиду (± 2 с) – 0,5 мкм максимум;
- похибка за рахунок реверсивності, поле розкиду (± 2 с) – 0,5 мкм максимум.

2.9.3 Ескізне проектування КВП

В процесі контрольної операції у пристрої реалізуються наступні додаткові функції: 1) базування та закріплення контрольованої деталі; 2) установка та закріплення засобу вимірювання; 3) прийом, передача та перетворення вимірюваної інформації; 4) переміщення засобу вимірювання в робочу позицію; 5) об'єднання функціональних вузлів. В підсумку, структурну схему КВП представлено на рисунку 4.3.

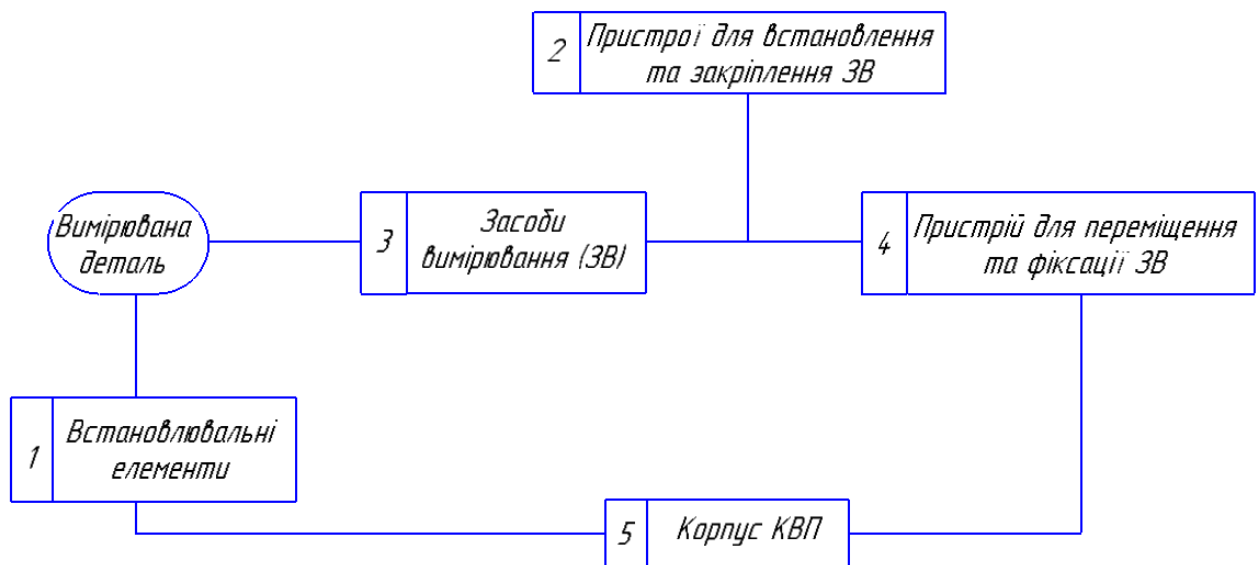


Рисунок 2.13 – Структурна схема КВП

Рішення про компоувальну схему є результатом обробки інформації, що отримана на різних етапах проектування КВП. Тому, узагальнюючи отримані дані, приходимо до висновку, що найбільш зручна для конкретних умов контролю є горизонтальна схема компоування, представлена на рисунку 4.4. Вона забезпечує компактність та жорсткість пристрою. Досягається зручність установлення деталі на вимірювальну позицію. Забезпечується найкоротший шлях проходження сигналу від точки вимірювання до шкали.

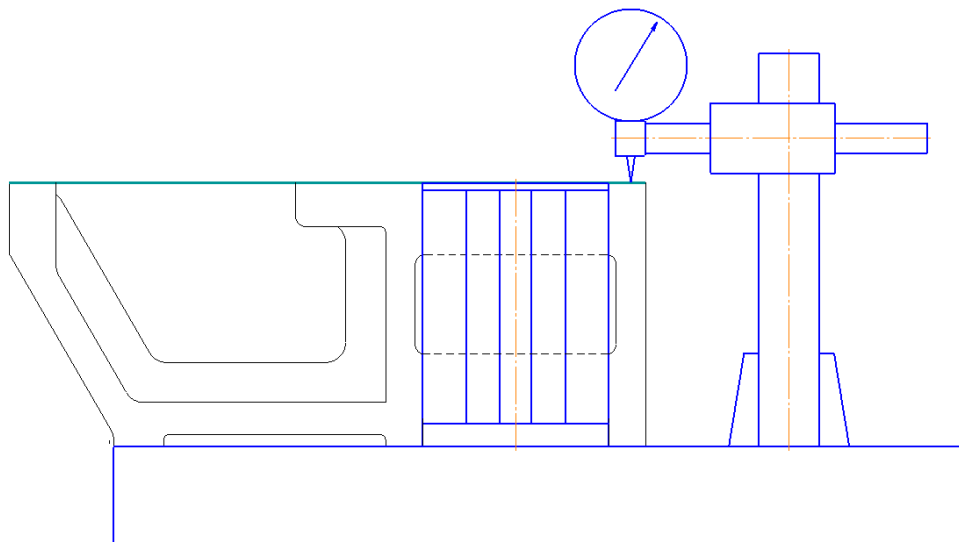


Рисунок 2.14 – Компонувальна схема КВП

2.9.4 Конструкція та принцип роботи КВП

Спроектований КВП складається з литої плити 1, на якій за допомогою чотирьох гвинтів 27 встановлено корпус 19, на якому встановлено оправку 20. В оправці за допомогою штифта 30 закріплено індикаторні стійку 21, на якій, в свою чергу, встановлено індикатор годинникового типу 24.

Спроектований пристрій для контролю параметру площинності корпусу працює наступним чином.

Контрольований «корпус» встановлюється головним отвором у спеціальний пристрій. За допомогою сил затиснення гідроприводу відбувається повне базування та закріплення деталі. Потім до контрольованої поверхні торця 318h14 підводиться вимірювальний наконечник індикатора й після переміщення наконечника по площині деталі за різницею найбільшого та найменшого показання індикатора отримуємо результати вимірювань. За результатами судять про величину відхилення від площинності контрольованої поверхні «корпусу».

Креслення КВП представлено у додатках.

Планується виконати чисельне моделювання контрольно-вимірювального пристрою.

2.10 Висновки

Під час виконання дипломного проекту було проведено аналіз службового призначення корпусу 24.62.137-1, технічних вимог на виготовлення, опис його конструктивних особливостей та умов експлуатації.

Було виконано аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі, з зазначенням хімічного складу та характеристики матеріалу, з якого виготовляється дана деталь - чавун СЧ20, проведено опис поверхонь на основі службового призначення та складального креслення. Результатом порівняння методів отримання заготовки стало обрання найбільш оптимального та економічно вигідного методу – лиття в металеві форми (кокіль). Також, було обгрунтовано вибір металорізального верстату, пристроїв, металорізальних та вимірювальних інструментів, які використовуються під час обробки деталі на фрезерно-розточувальній операції.

В рамках дипломного проекту було проаналізовано операцію 015 фрезерно-розточувальна та операцію 020 фрезерна, в ході аналізу обрано тип та форму організації виробництва, враховуючи спосіб отримання заготовки та технічні вимоги до неї, тобто тип виробництва – середньосерійний; розроблено схеми базування, побудовано операційні ескізи, розраховано припуски на механічну обробку та розроблено схему розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 95H7$, визначено режими різання та технічне нормування заготовки. Для однієї з операцій було спроектовано спеціальне верстатне пристосування для встановлення та закріплення заготовки.

Отже, під час виконання дипломного проекту було розширено та поглиблено знання, які отримані раніше, під час вивчення теоретичних курсів. Засвоєно загальні принципи розрахунку типових заготовок, деталей та умов їхнього виготовлення, враховуючи конкретні експлуатаційні та технологічні вимоги.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ ВІД ПЛОЩИННОСТІ

3.1 Методики та галузь дослідження оптимізації конструкції контрольно-вимірювальних пристроїв

На сьогоднішній день у всьому світі відбувається стрімкий розвиток машинобудування. У зв'язку з цим безліч підприємств шукає різноманітні підходи у проектуванні та дослідженні контрольно-вимірювальних пристроїв (КВП) для вимірювання відхилення від площинності деталей різних класів. Перш ніж аналізувати дослідження КВП, які проводяться у наші дні, було сформовано ряд факторів, які можуть мати негативний вплив на процес вимірювання та обов'язково призводять до спотворення його результатів. До таких факторів належать:

- 1) вплив дії індикатора на шорсткість деталі при вимірюванні відхилень;
- 2) вплив власних коливань КВП на точність вимірювання;
- 3) вплив коливань зовнішнього середовища на точність вимірювання.

Аналіз сучасного стану досліджень контрольно-вимірювальних пристосувань здійснювався з врахуванням перелічених вище факторів та покликаний насамперед для того, щоб знайти дослідження з оптимізації, вдосконалення та модернізації існуючих поширених конструкцій КВП.

У своїй статті [18] автори діляться результатами досліджень пластичної деформації, що виникає при обкатуванні поверхні контактами кочення. За допомогою моделювання методом кінцевих елементів двовимірної моделі контакту кочення було проілюстровано усічення на вершині нерівностей, контактну напругу та залишкову напругу через пластичну деформацію. Порівняння статичного контакту, що повторюється, і контакту кочення, що повторюється, призводить до відмінності в напрямку перенесення матеріалу і

деформації нерівностей. При повторному контакті кочення, зсув вказує на те, що пластична деформація переважає в топографічних змінах на рівні шорсткості, а не на видаленні матеріалу через механізми зносу. Таким чином, можна зробити висновок, що під час вимірювання голівка індикатора вимірювання, при безпосередньому контакті з поверхнею, може вплинути на результати вимірювання і показувати не дійсні дані відхилення поверхні.

Автори статті [19] стверджують, що середній радіус кривизни піків нерівностей значно впливає на характер деформації нерівностей у контактних поверхнях, тобто на те, чи є контакт пластичним або пружним. Вони довели, що такі умови більше впливають на реальну площу контакту, ніж зміна товщини контакту та штучний розподіл радіусів кривизни у цільовій поверхні. Результати досліджень дають змогу зробити висновок, що реальна площа контакту збільшується із зменшенням шорсткості поверхні. Тобто досягнення меншої шорсткості вимірюваної поверхні призведе до отримання більш якісних та точних результатів вимірювання.

У статті [20] пропонується новий алгоритм прогнозування помилки обробки, викликаній ослабленням затискного зусилля. Спочатку за допомогою методу кінцевих елементів розраховується деформація заготовки через зусилля затиску. Потім розслаблююча деформація заготовки, викликана ослабленням затискної сили, розраховується методом відображення на основі сіткової моделі. Знаходження похибки обробки досягається за допомогою технології аналізу помилок. Вивчення того, як зменшити вивільнену похибку затискання, має велике значення для підвищення точності обробки та вимірювання. Виходячи з роботи в цій статті, можна мінімізувати помилку вивільнення затиску, покращуючи планування виробничої установки, шлях інструменту, оптимізувавши силу затиску та точки розташування закріплених елементів, за умови стабільного затискання, дасть змогу досягти більш точного вимірювання відхилень.

У роботах [21-22] представлено методологію динамічного моделювання та

моделювання системи пристосування-деталь. Було розроблено точну модель контактної інтерфейсу в кожній області позиціонування та затиску на поверхні заготовки. Отримано зусилля затиску, які необхідні для утримання заготовки в контакті з її затискними елементами, і повідомляється про вплив розміщення цих елементів, положення затиску, сил затиску та послідовності затиску на лінійні та кутові похибки. Також автори точно визначили жорсткість контактної кордону між затискним елементом та заготовкою. Було експериментально визначено значення жорсткості межі розділу та коефіцієнт демпфування для конкретного типу контактної інтерфейсу, що дозволило забезпечити теоретичну основу динамічного моделювання поведінки деталі в затискному пристосуванні. Результати цих досліджень можуть стати перспективним інструментом для проектування пристроїв закріплення деталі та удосконалення пристосувань для вимірювання відхилень у обробленій деталі.

Робота [23] була присвячена аналізу адаптивного зусилля затиску пристосування на основі методу кінцевих елементів. Було проведено дослідження механічної деформації під впливом адаптивної сили затиску інтелектуального пристосування, а також реалізовано синхронізацію та оптимізацію компонування пристосування та зусилля затиску. Оптимальне зусилля затискача для кожного положення затискного ключа пристосування розраховується у програмному комплексі MATLAB, і для вирішення кривої зусилля затискача автори досліджували модель оптимізації адаптивного зусилля затиску. Результати експерименту показують, що величина напруги та деформація обробки під дією адаптивного затискного зусилля менша, що підтверджує достовірність методу дослідження.

Стаття [24] показує, що дослідниками було розроблено динамічну модель заготовка-пристосування. Така модель враховує коливання як деталі, так і елемента кріплення. Вібрація елемента кріплення викликається виключно силою тертя, що виникає на межі розділу заготовка-кріплення, яку можна визначити, як функцію відносної швидкості на межі розділу. У ході дослідження було

виявлено ефект «блокування» межі розділу, який викликано зменшенням відносного руху між заготовкою та фіксуючим елементом. Це призводить до того, що заготовка та пристосування рухаються, як єдина конструкція. Прогнозуючи взаємозв'язок між затискним зусиллям та відповідною динамікою системи заготовка-пристосування, можна спроектувати пристосування з належною величиною затискного зусилля, яке задовольняє певні вимоги до стійкості. Вивчення стабільності процесу обробки показало, що на практиці вище зусилля затиску не обов'язково гарантує стабільну систему, на відміну від розумно підібраного зусилля затиску.

Авторами статті [25] розглянуто компонування пристосування та підхід до оптимального синтезу притискної сили, який враховує динаміку заготовки під час обробки. Динамічна модель заснована на рівняннях руху Ньютона-Ейлера, при якому кожен контакт пристосування-деталь моделюється як пружний напівпростір, схильний до розподілених нормальних і дотичних навантажень. Метою конструкції пристрою в цій статті є мінімізація максимальної помилки позиціонування в точці обробки під час обробки та під час вимірювання після обробки. Результати моделювання показують, що запропонований підхід до оптимізації призводить до значного підвищення точності розташування деталей. Крім того, було виявлено, що метод нечутливий до початкового розташування пристроїв та зусиль затиску.

У своїй роботі [26] автори розглянули модель пружного контакту для прогнозування контактних сил у системі заготовка-пристосування при затиску. Пристосування та заготовка вважаються пружними тілами у безпосередній близькості від області контакту, тому побудована модель передбачає нормальну силу, а також величину та напрямок дотичної сили (сили тертя) у кожному контакті заготовки та пристосування через сили затиску. Експериментальна перевірка моделі за умови різних затискних навантажень показує гарне узгодження між розрахунковими та вимірними нормальними та тангенціальними контактними силами. Модель може використовуватися для

аналізу характеристик пристосування з точки зору контактних сил та деформації контактної області.

У статті [27] досліджено оптимізацію затискного зусилля пристосування та його вплив на точність розміщення деталі. Рух заготовки, що виникає через локалізовану пружну деформацію в контактах пристосування і заготовки через сили затискання та при обробці, істотно впливає на точність розташування заготовки і на якість та точність кінцевої деталі. У зв'язку з цим було досліджено новий метод визначення оптимальних сил затиску для затискного пристосування з декількома затискачами, схильного до квазістатичних сил механічної обробки. Кінцевим результатом стало досягнення оптимізованого зусилля затиску, яке дозволяє зменшити рух заготовки під час обробки, закріплення та вимірювання необхідних розмірів чи відхилень.

James N. Asante у роботі [28] підкреслює, що контактні сили між заготовкою та пристосуванням визначають стабільність пристосування під час затискання та впливають на точність заготівлі під час обробки. У цій статті представлено модель, що поєднує контактну пружність із методами кінцевих елементів для прогнозування контактного навантаження та розподілу тиску в області контакту в системі заготовка-пристосування. Створена модель може прогнозувати нормальні та тангенціальні контактні сили, а також розподіл тиску при кожному контакті заготовки та пристосування в системі кріплення. Показано, що прогноз моделі добре узгоджується із відомою галузевою практикою визначення сили затиску. Наведений метод не має обмежень за типами матеріалів, які можуть бути проаналізовані та може бути корисним при дослідженні впливу коливань зовнішнього середовища, яке передається на пристрій закріплення, на точність контролю розмірів деталі.

Автори роботи [29] провели аналіз з визначення жорсткості пристосування за допомогою методу кінцевих елементів. Експериментальне дослідження контактних параметрів проводиться для визначення контактної жорсткості, включаючи нормальну контактну жорсткість і тангенціальну контактну

жорсткість, як статичним, так і динамічним підходами. Для нормальної контактної жорсткості було розроблено процедуру статичної ідентифікації для оцінки параметрів контакту з використанням експериментальних даних. Чотири фактори – середовище випробувань, площа контакту, чистота поверхні зразка та нормальні навантаження – досліджено, щоб побачити, як вони впливають на поведінку поверхні контакту. У цьому дослідженні представлено моделювання даних вібрації за моделлю тангенціального контакту. Проведено експериментальне дослідження та оцінено тангенціальну контактну жорсткість на основі чисельного моделювання та експериментальних даних. За допомогою моделі кінцевих елементів було встановлено жорсткість фіксуючого пристрою, а контактну жорсткість визначено експериментальними підходами. Контактна жорсткість залежить від матеріалу та попереднього навантаження, але не залежить від площі контакту та випробувального середовища. Це дослідження може бути використано при аналізі жорсткості спеціальних пристроїв для закріплення заготовок та пристроїв з контролю розмірів деталей.

У статті [30] було представлено результати модального аналізу конструкції фрезерного верстата за допомогою методу кінцевих елементів та експериментальних випробувань. Вібрація верстата сильно впливає на процес обробки, тому було створено модель кінцевих елементів, яку використали для модального аналізу конструкції фрезерного верстата. Відповідно до аналізу моделі, власні частоти та форма коливань моделі визначаються за допомогою ANSYS Workbench. Для підтримки конструкції верстатів з точки зору динамічної жорсткості, модальний аналіз методом кінцевих елементів є дуже потужним засобом; крім того, форми моделі кінцевих елементів забезпечують ефективні рекомендації щодо покращення динамічних характеристик верстата. Оцінка результатів, одержаних за допомогою цього дослідження дає змогу порівняти модальні випробування, що проведені на конструкції розглянутого верстата з модальним аналізом контрольно-вимірювального пристосування, що було спроектовано для контролю відхилення від площинності поверхні торця

корпусної деталі. Таке порівняння дозволить реалізувати більш оптимальну конструкцію пристрою з урахуванням результатів проведеного випробування.

Провівши аналіз літературних джерел, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день науковці активно займаються обчисленням, розробкою та вдосконаленням моделей контрольно-вимірювальних пристроїв. Багато робіт присвячено дослідженню зміни шорсткості деталі при її безпосередньому контакті з голівкою індикатора вимірювального приладу, що несе за собою певну похибку вимірювання. Також активно досліджується вплив сил затиснення деталі на точність та якість подальшого контролю її розмірів. В свою чергу, було підмічено факт того, що дослідження впливу власних коливань КВП та впливу коливань зовнішнього середовища на точність вимірювання залишається поза увагою науковців та потребує підвищеної уваги, адже такі коливання можуть негативно позначитись на процесі вимірювання, що призведе до невідповідності результатів обстеження з дійсністю й може призвести до небажаних економічних втрат підприємством. Забезпечення достатньої жорсткості та стійкості до коливань КВП є задачею першочергової важливості, адже створення вдалої та надійної конструкції гарантує скорочення часу на контроль розмірів деталей та дозволить, за необхідності, робити гнучку конструкцію такого приладу з урахуванням допустимого впливу навколишнього середовища.

3.2 Дослідження напружено-деформованого стану контрольно-вимірювального пристрою для контролю відхилення від площинності

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) передбачає визначення сукупності внутрішніх деформацій та напружень конструкції КВП чи його окремих частин. Його було виконано з метою визначення необхідних розмірів конструкційних елементів контрольно-вимірювального пристрою при його проектуванні. Визначення розподілу переміщень, деформацій та напружень

в конструкції пристрою є основою для глибокого аналізу, перевірки на міцність та пошуку місць, які можуть концентрувати у собі напруження. Це робиться для того, щоб в подальшій розробці удосконалити конструкцію КВП та позбутися небажаних перевищень напружень.

Дослідження на цьому етапі передбачає перевірку напружень, які виникають між індикаторною стійкою та плечем індикаторної стійки і напруження між плечем стійки та індикатором. Під час вимірювання може статись прогин плеча індикаторної стійки під дією ваги індикатора або під дією коливань самої системи деталей-спеціальний пристрій чи під дією коливань самого КВП. Також необхідно проконтролювати реакцію матеріалу деталей контрольно-вимірювального пристрою на довготривалий вплив вібрацій. Механічні властивості матеріалів заготовки та елементів КВП, які було використано при проектуванні моделі, показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів заготовки та елементів КВП

Матеріал	Модуль пружності E, ГПа	Коефіцієнт Пуассона μ	Густина ρ , кг/м ³	Границя міцності при розтягуванні $[\sigma_{\text{раст}}]$, МПа	Границя міцності при стисненні $[\sigma_{\text{сж}}]$, МПа	Границя текучості σ_T , МПа
Чавун СЧ 20 ГОСТ 1412-85	0,85	0,3	7100	200	200	-
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	200	0,3	7850	460	250	250

Для вирішення цих задач спершу було розроблено скінченно-елементну розрахункову модель КВП, модель спеціального пристрою для закріплення деталі та модель самої деталі (рис. 3.1).

Закріплення було задано жорстко за допомогою функції Fixed support по нижнім торцям спеціального пристрою для закріплення деталі та контрольно-вимірювального пристрою. Таке закріплення задає аналогічні умови тим, що

існують в реальному житті при встановленні ВП та КВП на стіл верстата. Ті елементи, які повинні бути жорстко закріплені в пристроях, було жорстко зв'язано при формуванні збірки за допомогою спеціальних інструментів програми для моделювання КОМПАС-3D.

Використовуючи програмний комплекс ANSYS, було отримано результати напружень та переміщень, що виникають за певних умов експлуатації у місцях контакту деталей та в самих деталях. Результати чисельного моделювання у вигляді значень максимальних та допустимих переміщень і максимальних та допустимих напружень представлено в таблиці 3.2. Для відображення повної картини сил, що діють на КВП, було прикріплено схему прикладення навантажень (рис. 3.2). Результати дослідження конструкції на загальні переміщення, напруження та деформації, що можуть виникнути в процесі експлуатації та вплинути на положення елементів конструкції пристрою чи на точність контролю розмірів, представлено на рисунках 3.3 та 3.4.

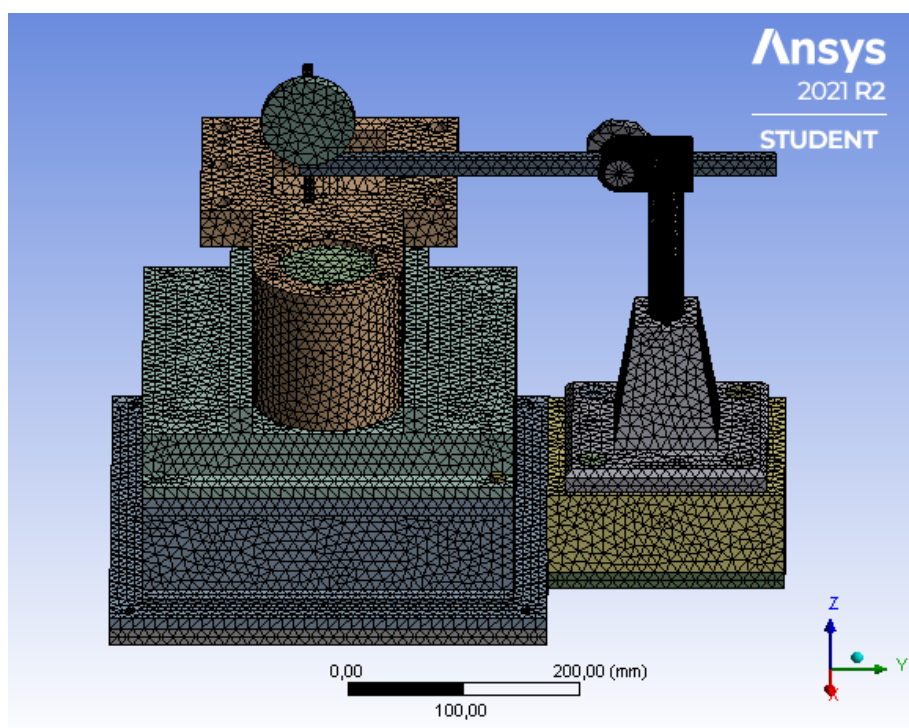


Рисунок 3.1 – Контрольно-вимірювальний пристрій, спеціальний пристрій для закріплення деталі та деталей з побудованою скінчено елементною сіткою

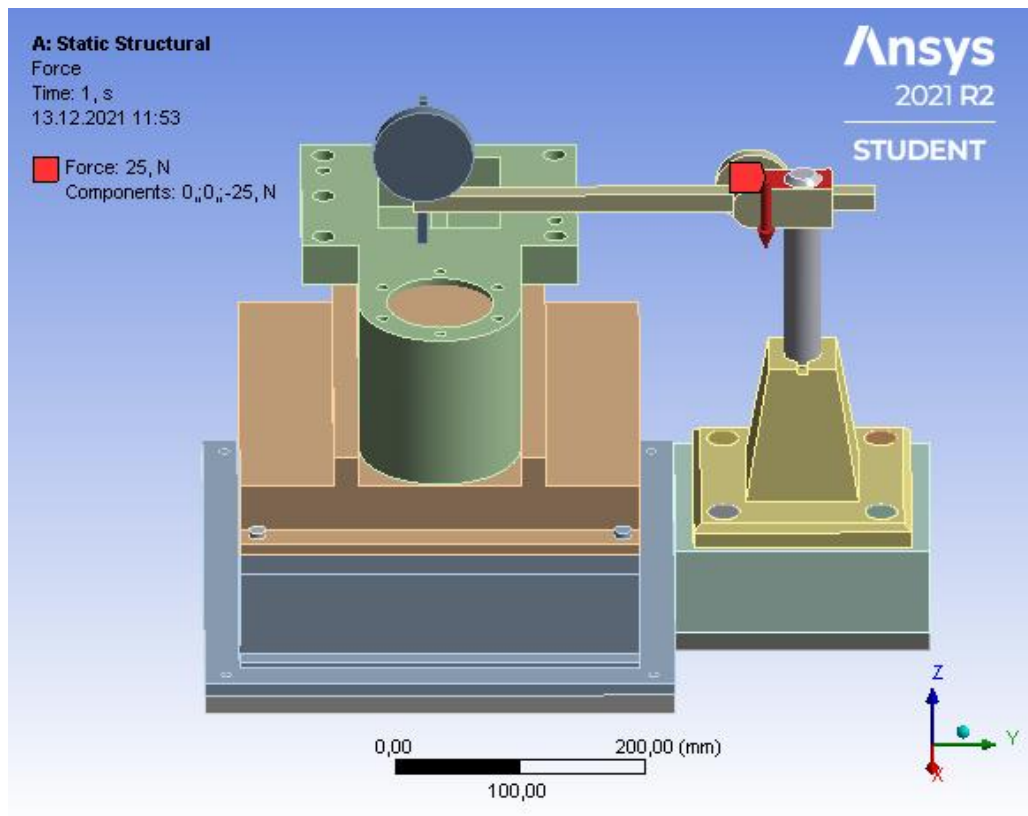


Рисунок 3.2 – Схема прикладення навантажень

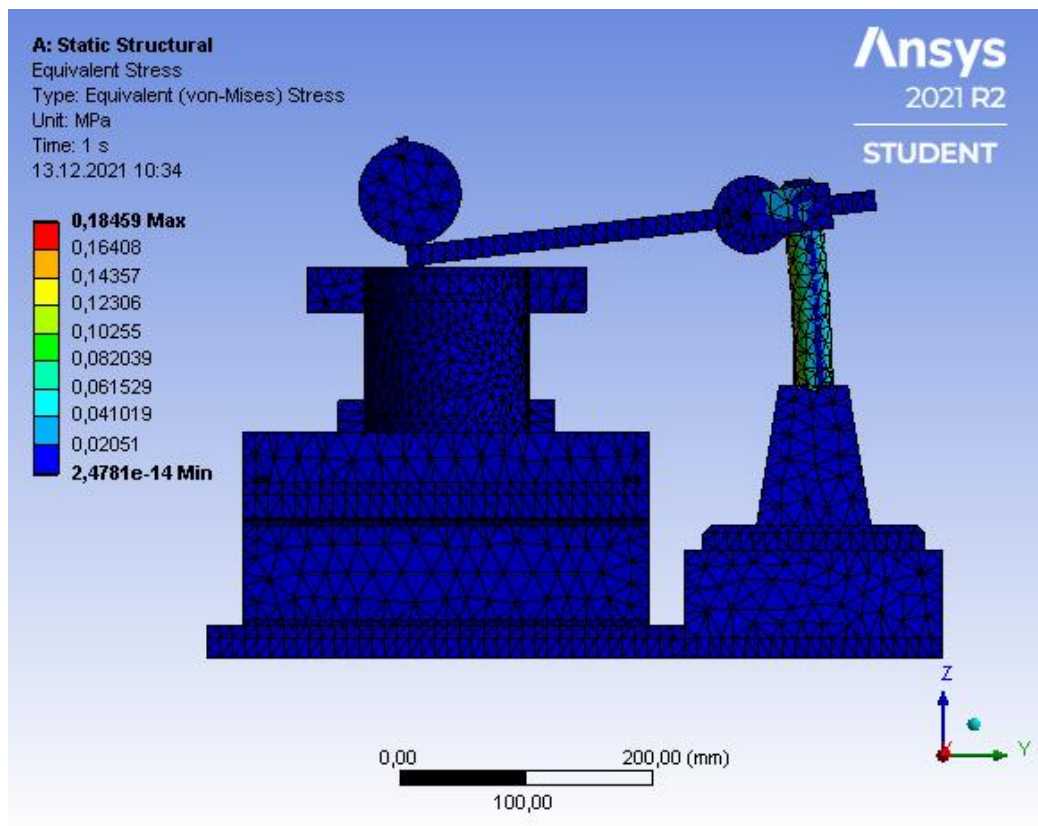


Рисунок 3.3 – Загальні переміщення елементів системи КВП при навантаженні

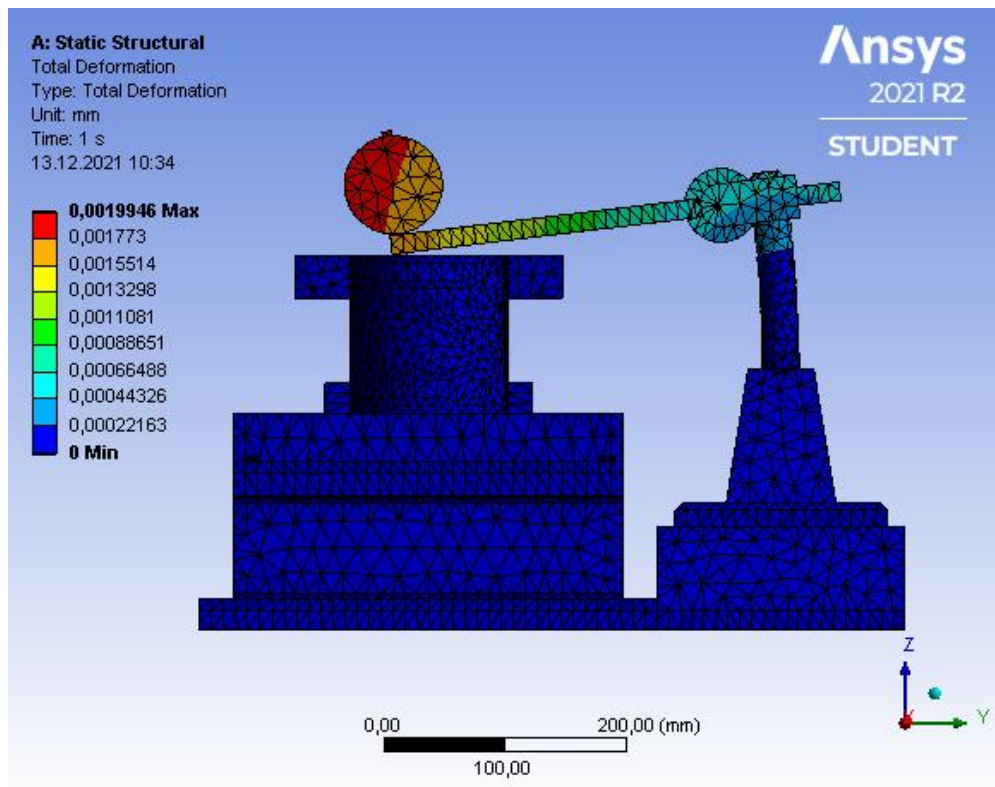


Рисунок 3.4 – Напруження елементів системи «індикаторна стійка-індикатор»

Таблиця 3.2 – Результати чисельного моделювання за допомогою програмного комплексу ANSYS для спроектованого контрольно-вимірювального пристрою

Технологічний перехід	Максимальні переміщення, мм	Допустимі переміщення, мм	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Контроль відхилення від площинності поверхні торця 318h14	0,002	0,10	0,18	10

3.3 Модальний аналіз контрольно-вимірювального пристрою для контролю відхилення від площинності

Дослідження умов використання КВП в робочих умовах дає змогу зрозуміти, що розташування контрольного відділу в безпосередній близькості до виробничих цехів призводить до появи небажаних коливань обладнання. Важливо завчасно проаналізувати частоту власних і зовнішніх коливань та порівняти їх для того, щоб запобігти появі резонансних коливань, які призведуть до пошкодження обладнання чи спотворення результатів вимірювання.

Так як головною задачею модального аналізу є аналіз конструкції на можливі резонансні частоти, необхідно враховувати ці частоти при проектуванні пристрою. Використовуючи програмний комплекс ANSYS та вбудований модуль Modal Analysis було визначено частоти власних коливань пристрою. Результати розрахунку було порівняно з частотою коливання КВП при вимірюванні та занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Таблиця порівняння власних частот, які виникають у процесі вимірювання

Перша критична частота, Гц	Друга критична частота, Гц	Третя критична частота, Гц	Частота коливання КВП при вимірюванні, Гц
54	55	276	50

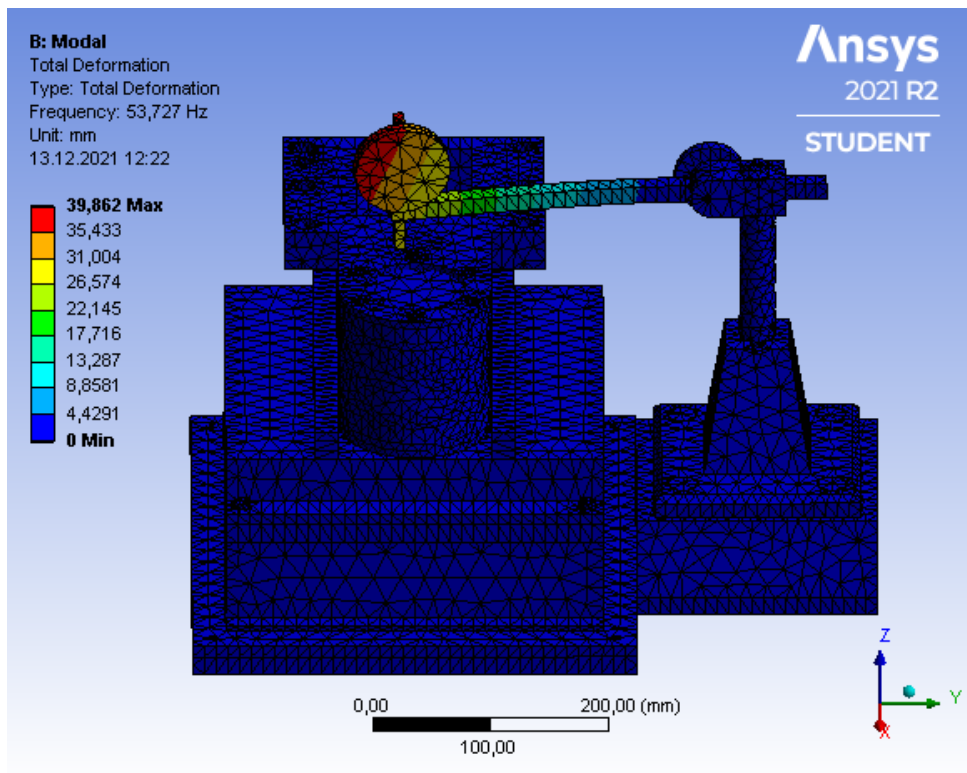


Рисунок 3.5 – Зображення першої критичної частоти

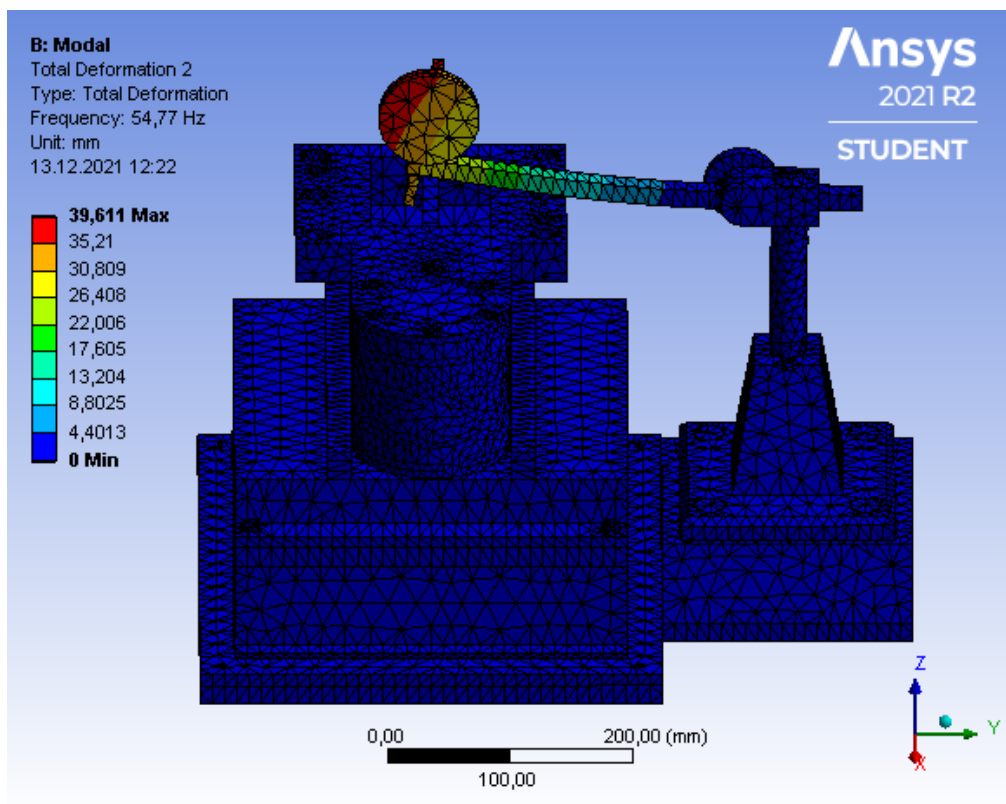


Рисунок 3.6 – Зображення другої критичної частоти

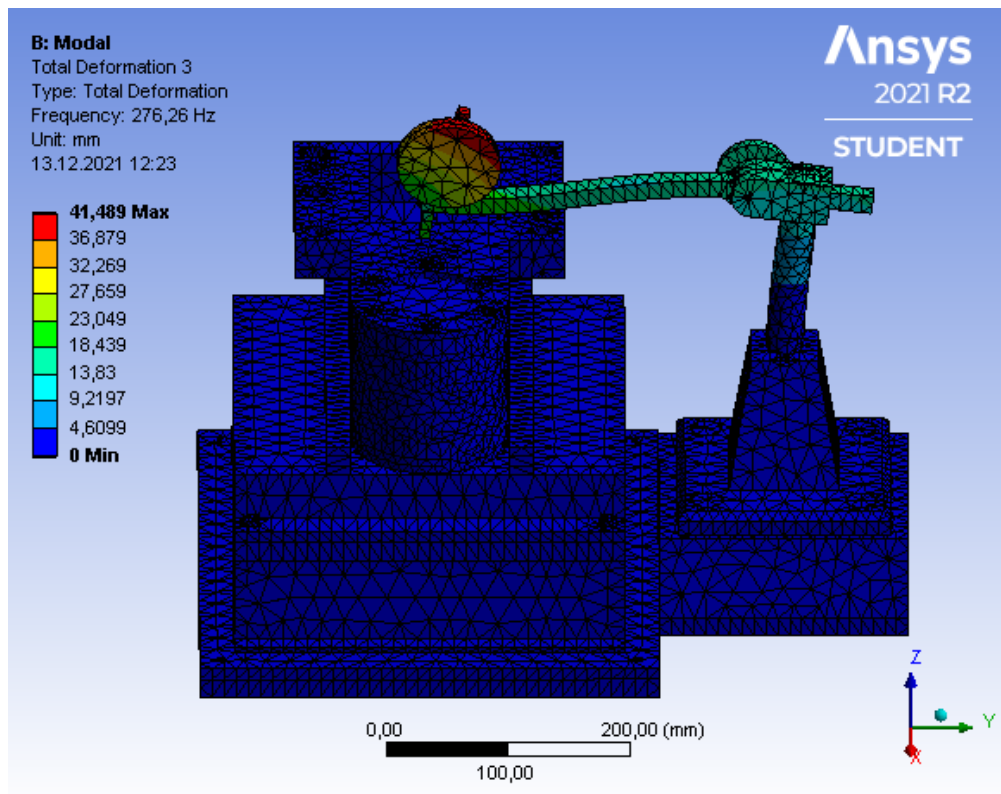


Рисунок 3.7 – Зображення третьої критичної частоти

Аналіз даних, які занесено до таблиці 3.3, показує, що для розробленого контрольно-вимірювального пристрою резонансу не виникає. Пов'язано це з тим, що 1-ша критична частота власних коливань 54 Гц більша за значення максимальної частоти коливання КВПІ при вимірюванні 50 Гц.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що значення першої та другої частоти коливань є максимально близькими за значеннями. Така поведінка частот коливання говорить про те, що розрахунок виконано вірно, а спроектована модель контрольно-вимірювального пристрою є прийнятною. На основі проведеного дослідження приходимо до висновку: динамічна жорсткість пристрою є достатньою для використання його за призначенням та не призведе до виникнення резонансу коливань, що несе за собою руйнування пристрою.

3.4 Гармонічний аналіз контрольно-вимірювального пристрою

При гармонічному аналізі оцінюється напружено-деформований стан конструкції при вимушених коливаннях, які збуджуються зовнішніми силами, що періодично змінюються. Особливо небезпечними є резонансні коливання, що виникають при збігу власної частоти конструкції та частоти зовнішніх сил. Такий аналіз передбачає, що будь-яка прикладена сила змінюється в часі гармонійно (синусоїдально), тому для повного визначення гармонічного впливу потрібні три величини: амплітуда, фазовий кут та частота збудження.

При заданні навантажень і зміщень для гармонічного аналізу передбачено введення двох компонентів – дійсної та уявної частин. Таким чином можна враховувати фазу навантаження.

Для проведення гармонічного аналізу необхідно визначити такі опції кроку навантаження, як діапазон збудливих частот та демпфування. Необхідно визначити демпфування, інакше на резонансних частотах відгук системи буде нескінченним.

Використовуючи програмний комплекс ANSYS та вбудований модуль Harmonic Analysis було проведено гармонічний аналіз КВП. Амплітуди динамічних складових було обрано у межах 15% від умовного значення цих величин.

Проведений модальний аналіз дав змогу визначити діапазон робочих частот коливання КВП під час вимірювання. Він становить від 0 Гц до 300 Гц.

Отримані результати чисельного моделювання представлено в таблиці 3.4. Було визначено значення переміщень точок у зоні найбільшого навантаження, що відображено на рисунку 3.8

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку динамічної жорсткості КВП

Перехід	Номінальна величина сили тиску, МПа	Максимальна частота коливання, Hz	Максимальна амплітуда переміщення точки, мм	Розрахункова динамічна жорсткість, 10^7 Н/мм
Контроль відхилення	10	55	8,87	1,13

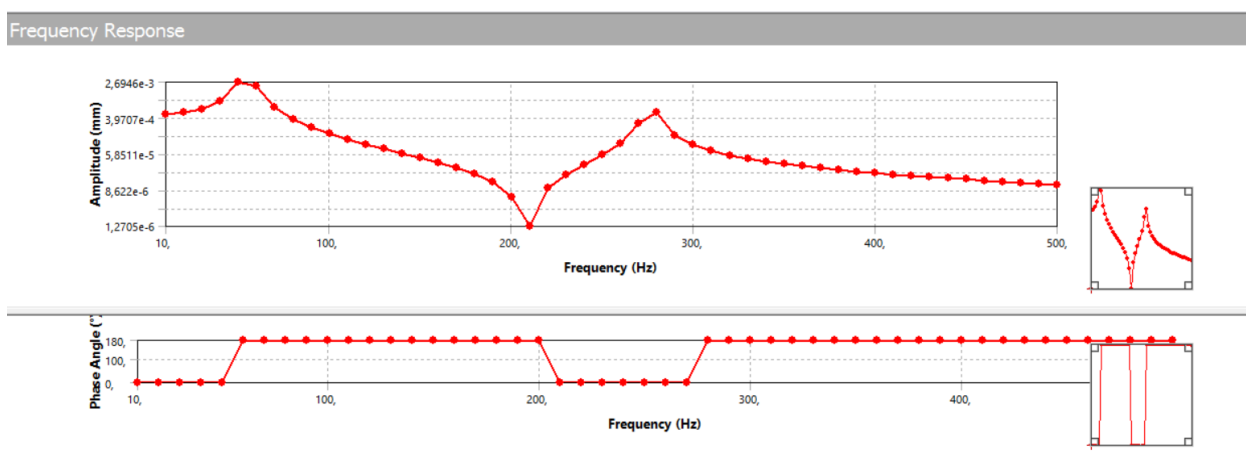


Рисунок 3.8 – Амплітудно-частотна характеристика КВП під час контролю відхилення

3.5 Висновки проведеного дослідження

1. Аналіз літературних джерел дослідників контрольно-вимірювальних пристроїв та умов, в яких вони використовуються, дав змогу визначити та реалізувати оптимальну конструкцію КВП для контролю відхилення від площинності.

2. Дослідження напружено-деформованого стану внутрішніх деформацій та напружень конструкції КВП та його окремих частин показало, що напруження знаходяться в допустимих межах.

3. Отримані результати модального аналізу розробленого контрольно-вимірювального пристрою дозволяють прийти до висновку, що пристрій буде виконувати своє призначення в нормальному режимі, а коливання обладнання цеху не матимуть негативного впливу на точність контролю розмірів та відхилень. Конструкція не потребує оптимізації.

4. Результати гармонічного аналізу власних коливань пристрою дають змогу точно визначити достатність динамічної жорсткості КВП на основі амплітудно-частотної характеристики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. . – М.: Издательство стандартов, 1985.
2. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989, 640с
3. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» / Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.
4. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Издательство стандартов, 1989.
6. Методичні вказівки до курсового проекту для студентів, що навчаються за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» за напрямом 0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання/ Укладачі Євтухов, Захарків,. - Суми: Вид-во СумДУ 2000 23 с.
7. Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 2. - 496 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбежные и фрезерные станки.- М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.
9. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для

технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

11. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов]. - 4-е изд., перераб. и доп., – Мн.:Выш. Школа, 1983. –256 с., ил.

12. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. Под общ.ред. И.А. Ординарцева. - Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987

13. Панов А.А., Аникин В.В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2004.-784 с.

14. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55с.

15. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

16. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. –44 с.

17. Полянський В. І. Автореферат на тему "Технологічне забезпечення якості та продуктивності механічної обробки отворів в деталях"

18. R. Ismail, M. Tauviquirrahman, Jamari and D.J. Schipper. Topographical Change of Engineering Surface due to Running-in of Rolling Contacts. Laboratory for

Surface Technology and Tribology, University of Twente. The Netherlands, 2011. – Vol. 7. – p. 131-152.

19. T.Hisakado. Effect of surface roughness on contact between solid surfaces. Department of Precision Engineering, Faculty of Engineering, Osaka University, Suita, Osaka Japan, 1974. – Vol. 28. – p. 217-234.

20. Xiao-Dong Shao, Si-Meng Liu, Liu Zhang and Zhao-Xu Lin. Simulation of workpiece deformation caused by releasing the clamping force. The 14th Research Institute of CETC, NanJing, China, 2013. Vol. 3. – p. 703-712.

21. Ravi O. Mittal, Paul H. Cohen, Brian J. Gilmore. Dynamic modeling of the fixture-workpiece system. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 1991. – Vol. 8. – p. 201-217.

22. Todorovic, P., Vukelic, D., Tadic, B., Veljkovic, Modelling of Dynamic Compliance of Fixture/Workpiece Interface. University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Sestre Janjic. Kragujevac, Serbia, 2014. – Vol. 1. – p. 54-65.

23. Huang Qi, Yadav Srijana, Gao Sheng, Xu Zhiwei, Wang Xiyang. Analysis of Adaptive Clamping Force of Fixture Based on Finite Element Method. School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang HangKong University, Nanchang, China, 2018.

24. B. Fang, R. E. DeVor, S. G. Kapoor. Influence of Friction Damping on Workpiece-Fixture System Dynamics and Machining Stability. Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, 2002. – Vol. 124. – p. 226-233.

25. Li, B., Melkote, S. Optimal Fixture Design Accounting for the Effect of Workpiece Dynamics. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2001. – Vol. 18. – p. 701–707.

26. B. Li, S. N. Melkote. An Elastic Contact Model for the Prediction of Workpiece-Fixture Contact Forces in Clamping. J. Manuf. Sci. Eng, 1999. – Vol. 121. – p. 485-493.

27. B. Li, S.N. Melkote. Fixture Clamping Force Optimisation and its Impact on

Workpiece Location Accuracy. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2001. – Vol. 17. – p. 104-113.

28. James N. Asante. A combined contact elasticity and finite element-based model for contact load and pressure distribution calculation in a frictional workpiece-fixture system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008. – Vol. 39. – p. 578-588.

29. Yi Zheng. Finite Element Analysis for Fixture Stiffness. Worcester Polytechnic Institute, 2005. – p. 159.

30. Pedrammehr S., Farrokhi H., Rajab A. K. S., Pakzad S., Mahboubkhah M., Etefagh M. M. Modal Analysis of the Milling Machine Structure through FEM and Experimental Test. Advanced Material Research, 2012 Vol. 383, p. 6717-6721.

Додатки

Додаток А
Креслення деталі 24.62.137-1

Додаток Б

Розрахунок припусків на механічну обробку

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Имя программы - 'prip'

Вычислительный центр инженерного факультета СумГУ

10.06.2021

Расчет выполнен для Gerasko K., группа - ТМ.м-01

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

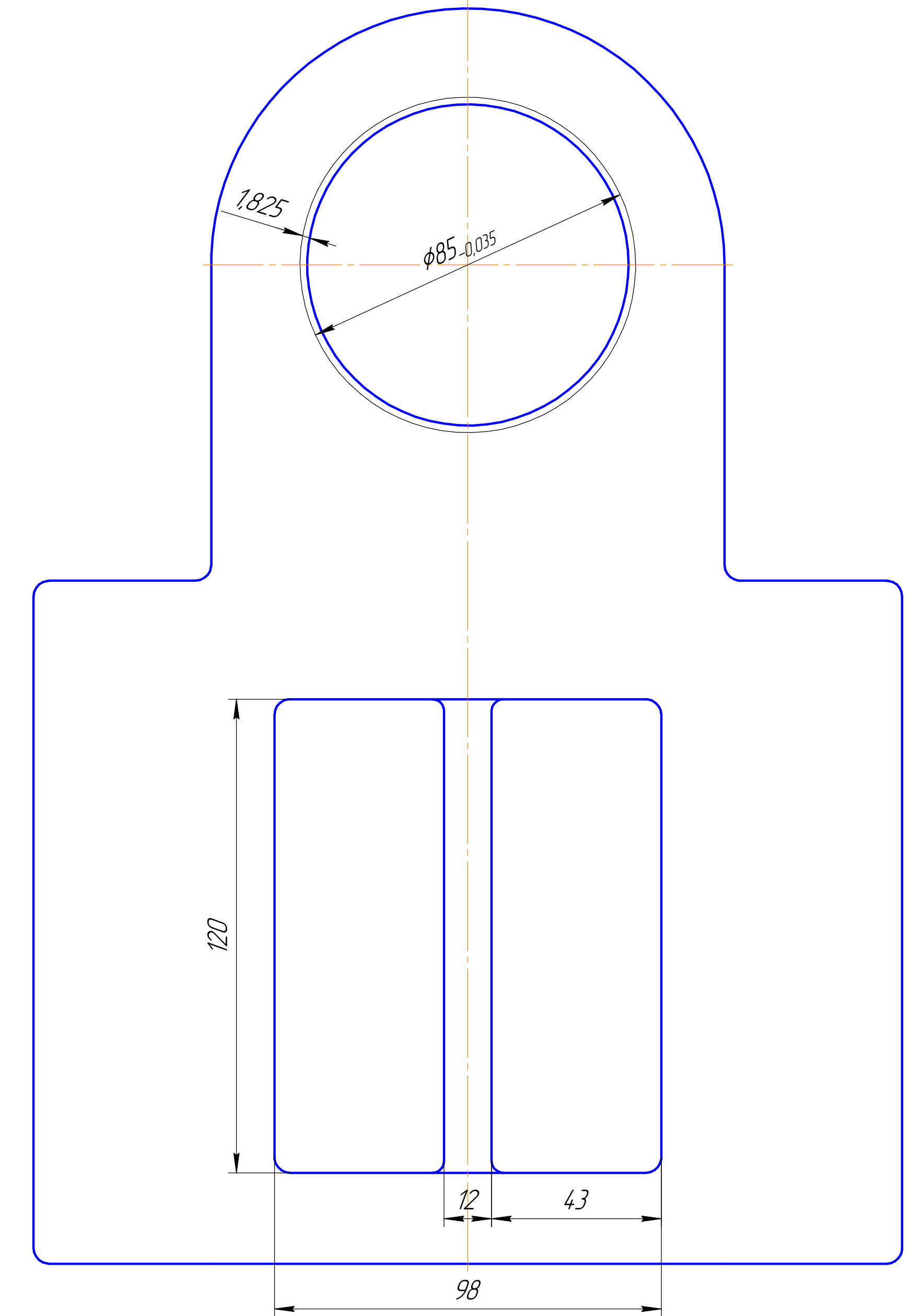
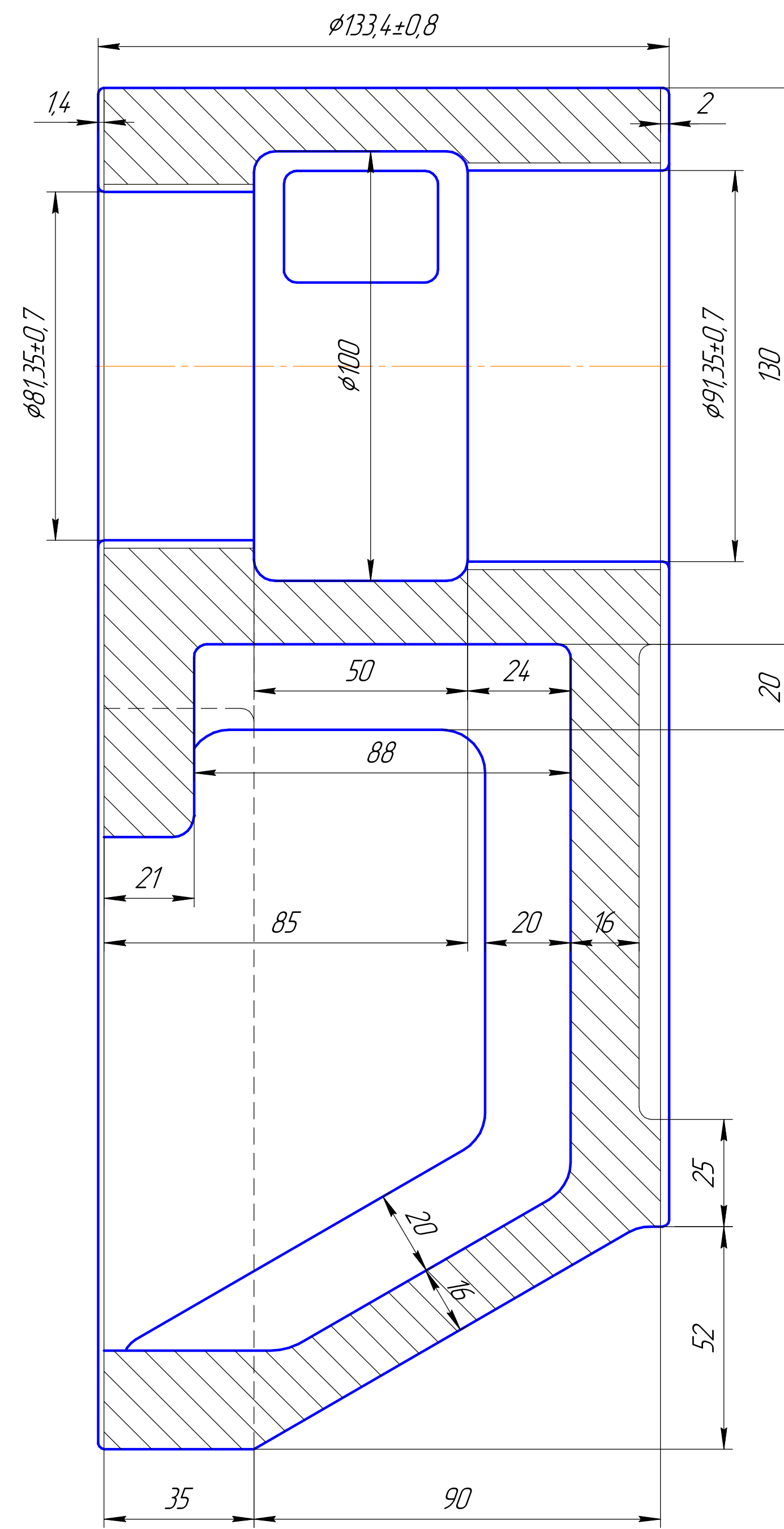
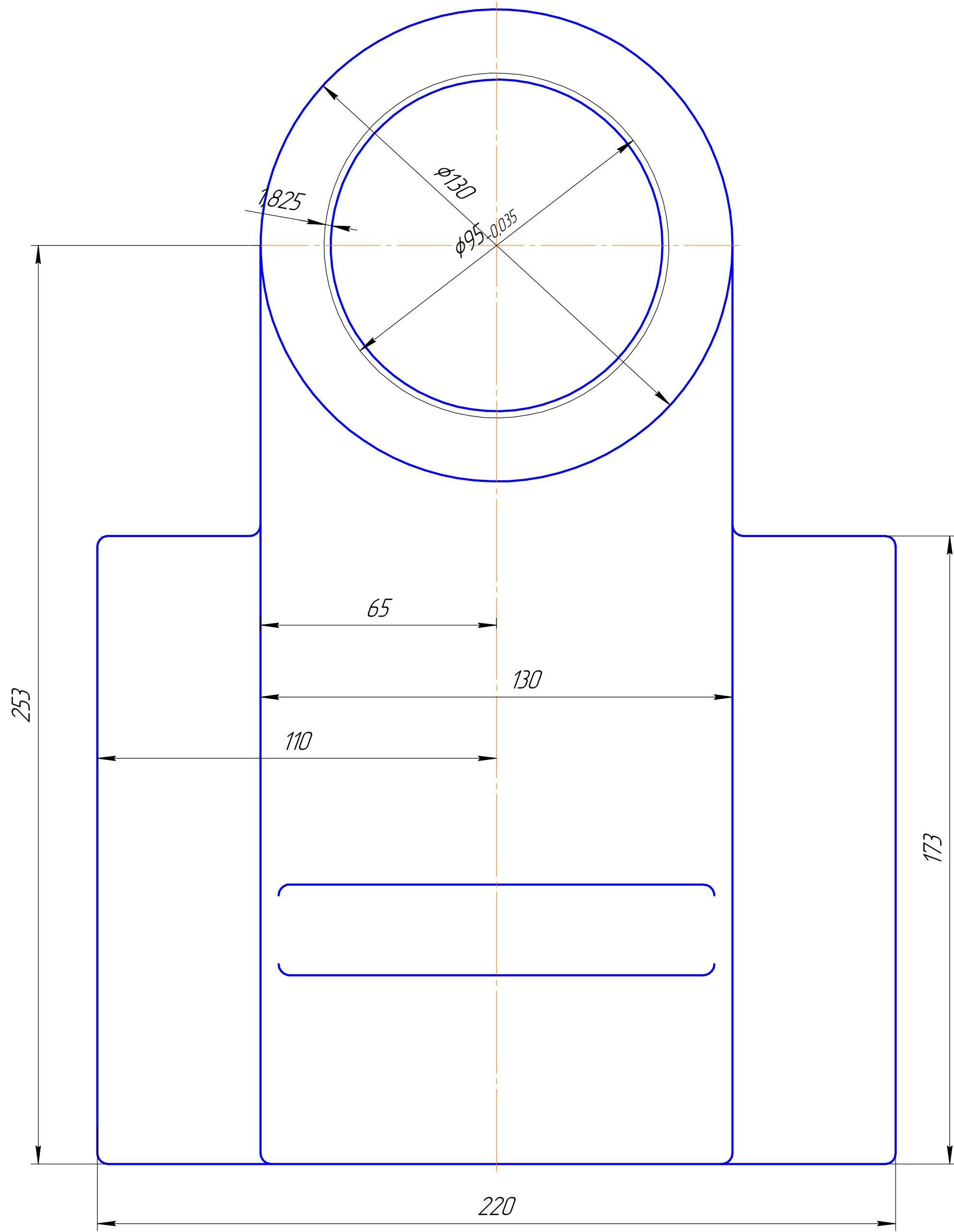
обрабатываемая поверхность - внутренняя цилиндрическая поверхность $\phi 95 +0.035_0$

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Преде- льные откло- нения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шерохо- ватость $Rz(i-1)$	дефект слой $h(i-1)$	простр отклон $p(i-1)$	погрешность базир $E_b(i)$	закр $E_z(i)$
Отливка	квалитет 14 ГОСТ 26645-85	+0.870 0	180	250	1000	0	500
Растачивание черновое	квалитет 12	+0.350 0	60	75	60	0	200
Растачивание получистовое	квалитет 9	+0.087 0	30	50	40	0	50
Растачивание чистовое	квалитет 7	+0.035 0	15	25	20	0	20

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм	расчет- ный размер, мм	расчет- ный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	пределный размер			припуск, мкм			
				мини- мальный	макси- мальный	миним	расч.	макс		
-	-	89.23	89.23	89.23	+0.870 0	89.23	90.100	-	-	-
2900	3778	93.423	93	93	+0.350 0	93	93.350	2900	3778	4120
427	777	94.663	94.2	94.2	+0.087 0	94.2	94.286	850	1200	1287
258	337	95	95	95	+0.035 0	95	95.035	713	800	835

Додаток В
Креслення заготовки



1. Точність виливка 9-7-15-10 ГОСТ 26645-85;
2. Незазначені ливарні радіуси 3..5 мм, ливарні ухили 1°...2°;
3. Незазначені граничні відхилення розмірів: Н14, н14, ± 2°;
4. На оброблюваних поверхнях допускаються будь-які ливарні дефекти у межах 2/3 припуску на механічну обробку;
5. На зовнішніх та внутрішніх поверхнях допускаються напливи та нерівності висотою або глибиною не більше 1 мм;
6. На необроблюваних поверхнях допускаються раковини найбільшим виміром до 3 мм, глибиною до 1 мм;
7. На поверхнях виливка допускаються залишки ливарних додатків та живильників висотою до 3 мм;
8. Нормалізація та відпуск відповідно до ГОСТ 977-85.

				24.62.137-1		
				Корпус (заготовка)		
Лит.	Маса	Масштаб				
A	17,42	1:1				
				Лист	Листів 1	
				СЧ20 ГОСТ 14.12-85 КІСУМДУ ТМ-61		
				Копіював		

Перв. примен.
Справ. №
Листів у ділянці
Листів у ділянці
Взам. шифр №
Листів у ділянці
Листів у ділянці
Листів у ділянці

Додаток Г

Охорона праці

Нещасні випадки, що пов'язані з
виробництвом. Порядок їх
розслідування, спеціальне
розслідування

Додаток Г

Нещасні випадки, що пов'язані з виробництвом. Порядок їх розслідування, спеціальне розслідування

Виробничі травми та професійні захворювання (отруєння) є небажаним наслідком взаємодії людини з виробничим середовищем.

До травм ведуть нещасні випадки, які являють собою раптові (несподівані) події, що викликаються зовнішніми чинниками і наносять шкоду людині. Інколи, на побутовому рівні, ці два поняття – нещасний випадок та травма – ототожнюються, але в охороні праці кожне з них має своє значення.

До травм відносять забиті місця на тілі, порізи, поранення, переломи кісток, опіки, обмороження, утоплення, ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням, наслідки контакту з представниками флори та фауни тощо.

Нещасний випадок (НВ) – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора або середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, унаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю, або настала смерть.

Нещасні випадки поділяють:

- за кількістю потерпілих на такі, що сталися з одним працівником, і групові нещасні випадки, які сталися одночасно з двома і більше працівниками;
- за ступенем тяжкості ушкодження здоров'я – без втрати працездатності, з втратою працездатності на один робочий день і більше, з тяжким наслідком, зі стійкою втратою працездатності (каліцтво) і смертельні (летальні);
- за зв'язком з виробництвом – на такі, що пов'язані з виробництвом і не пов'язані з виробництвом.

Груповим вважається нещасний випадок, що має три ознаки: одночасність, одна причина, кількість потерпілих від двох і більше.

Нещасні випадки на виробництві мають розглядатися відповідно до "Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві", затвердженого постанови КМУ від 30 листопада 2011 р. № 1232.

Розслідування проводиться у разі виникнення нещасного випадку, а саме обмеженої в часі події або раптового впливу на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, внаслідок яких зафіксовано шкоду здоров'ю, зокрема від одержання поранення, травми, у тому числі внаслідок тілесних ушкоджень, гострого професійного захворювання і гострого професійного та інших отруєнь, одержання сонячного або теплового удару, опіку, обмороження, а також у разі утоплення, ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням, одержання інших ушкоджень внаслідок аварії, пожежі, стихійного лиха (землетрусу, зсуву, повені, урагану тощо), контакту з представниками тваринного і рослинного світу, які призвели до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення його на іншу (легшу) роботу не менш як на один робочий день, зникнення, а також настання смерті працівника під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків.

До гострого професійного отруєння належить захворювання, що виникло після однократного впливу на працівника шкідливої речовини (речовин).

До гострого професійного захворювання належить захворювання, що виникло після однократного (протягом не більш як однієї робочої зміни) впливу шкідливих факторів фізичного, біологічного та хімічного характеру.

Порядок розслідування нещасних випадків:

1. Потерпілий або працівник, який виявив НВ, чи інша особа — свідок НВ повинні негайно повідомити керівника робіт, який безпосередньо здійснює контроль за станом охорони праці на робочому місці (далі — безпосередній

керівник робіт), чи іншу уповноважену особу підприємства і вжити заходів до надання необхідної допомоги потерпілому.

2. У разі настання нещасного випадку безпосередній керівник робіт зобов'язаний:

- терміново організувати надання першої невідкладної допомоги потерпілому, забезпечити у разі потреби його доставку до лікувально-профілактичного закладу;

- негайно повідомити роботодавця про те, що сталося;

- зберегти до прибуття комісії з розслідування (спеціального розслідування) нещасного випадку обстановку на робочому місці та машини, механізми, обладнання, устаткування (далі — устаткування) у такому стані, в якому вони були на момент настання нещасного випадку (якщо це не загрожує життю чи здоров'ю інших працівників і не призведе до більш тяжких наслідків та порушення виробничих процесів), а також вжити заходів до недопущення подібних нещасних випадків.

3. Лікувально-профілактичний заклад повинен передати протягом доби з використанням засобів зв'язку та на паперовому носії екстрене повідомлення про звернення потерпілого з посиланням на нещасний випадок на виробництві за спеціальною стандартною формою:

- 1) підприємству, де працює потерпілий;

- 2) робочому органів виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань (далі — Фонд) за місцезнаходженням підприємства, де працює потерпілий, або за місцем настання нещасного випадку з фізичною особою — підприємцем або особою, що забезпечує себе роботою самостійно;

- 3) територіальному органів Держгірпромнагляду за місцем настання нещасного випадку;

4) закладові державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює державний санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством, де працює потерпілий, або такому закладові за місцем настання нещасного випадку з фізичною особою — підприємцем або особою, що забезпечує себе роботою самостійно, у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння).

Лікувально-профілактичний заклад обов'язково проводить у порядку, встановленому МОЗ, необхідні дослідження і складає протокол про наявність в організмі потерпілого алкоголю (наркотичних засобів чи отруйних речовин) та визначає ступінь його сп'яніння. Відповідний висновок чи витяг з протоколу, а також висновок про ступінь тяжкості травми (із зазначенням коду діагнозу згідно з Міжнародною статистичною класифікацією хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я (МКХ-10) подаються на запит роботодавця, Фонду до утворення комісії з проведення розслідування нещасного випадку (далі — комісія) або голови комісії після її утворення протягом однієї доби з моменту одержання запиту.

4. Роботодавець, одержавши повідомлення про нещасний випадок, зобов'язаний:

1) протягом однієї години передати з використанням засобів зв'язку та протягом доби на паперовому носії повідомлення про нещасний випадок згідно з додатком 2:

– Фондові за місцезнаходженням підприємства, на якому стався нещасний випадок;

– керівникові первинної організації профспілки незалежно від членства потерпілого в профспілці (у разі наявності на підприємстві кількох профспілок — керівникові профспілки, членом якої є потерпілий, а у разі відсутності профспілки — уповноваженій найманими працівниками особі з питань охорони праці);

- керівникові підприємства, де працює потерпілий, якщо потерпілий є працівником іншого підприємства;
- органів державного пожежного нагляду за місцезнаходженням підприємства у разі настання нещасного випадку внаслідок пожежі;
- закладові державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством (у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння));

2) протягом доби утворити комісію у складі не менш як три особи та організувати проведення розслідування.

Роботодавець зобов'язаний створити належні умови для роботи комісії (забезпечити приміщенням, засобами зв'язку, оргтехнікою, автотранспортом, канцелярським приладдям), компенсувати витрати, пов'язані з її діяльністю, а також залучених до роботи експертів, інших спеціалістів та сприяти роботі комісії з метою своєчасного і об'єктивного проведення розслідування нещасного випадку.

До складу комісії входять керівник (спеціаліст) служби охорони праці або посадова особа, на яку роботодавцем покладено виконання функцій з охорони праці (голова комісії), представник Фонду за місцезнаходженням підприємства, представник первинної профспілки (у разі наявності на підприємстві кількох профспілок — представник профспілки, членом якої є потерпілий, а у разі відсутності профспілки — уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці), а також представник підприємства, інші особи.

Якщо потерпілий є працівником іншого підприємства, до складу комісії входять також представники такого підприємства та первинної організації профспілки, а у разі відсутності на підприємстві профспілки — уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці.

До складу комісії не може входити безпосередній керівник робіт.

У разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) до складу комісії входить також представник закладу державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством. У разі відсутності на підприємстві, у фізичних осіб — підприємців чи в осіб, що забезпечують себе роботою самостійно, необхідної кількості осіб для утворення комісії до складу комісії входять представники роботодавця (роботодавець) та райдержадміністрації чи виконавчого органу місцевого самоврядування.

Потерпілий або уповноважена ним особа, яка представляє його інтереси, не входить до складу комісії, але має право брати участь у її засіданнях, вносити пропозиції, подавати документи щодо нещасного випадку, давати відповідні пояснення, в тому числі викладати в усній і письмовій формі особисту думку щодо обставин і причин настання нещасного випадку та одержувати від голови комісії інформацію про хід проведення розслідування.

Члени комісії мають право одержувати усні чи письмові пояснення щодо нещасного випадку та проводити опитування роботодавця, посадових осіб, інших працівників підприємства, у тому числі потерпілого, та опитати осіб — свідків нещасного випадку та причетних до нього осіб, робити необхідні запити, пов'язані з проведенням розслідування.

5. Комісія зобов'язана протягом трьох робочих днів з моменту її утворення:

- обстежити місце настання нещасного випадку, одержати письмові пояснення потерпілого, якщо це можливо, опитати осіб — свідків нещасного випадку та причетних до нього осіб;

- визначити відповідність умов праці та її безпеки вимогам законодавства про охорону праці;

- з'ясувати обставини і причини настання нещасного випадку;

- вивчити первинну медичну документацію (журнал реєстрації травматологічного пункту лікувально-профілактичного закладу, звернення

потерпілого до медичного пункту або медико-санітарної частини підприємства, амбулаторну картку та історію хвороби потерпілого, документацію відділу кадрів, відділу (служби) охорони праці тощо);

- визначити, пов'язаний чи не пов'язаний нещасний випадок з виробництвом;

- установити осіб, які допустили порушення вимог законодавства про охорону праці, а також розробити план заходів щодо запобігання подібним нещасним випадкам;

- скласти у п'яти примірниках акт проведення розслідування нещасного випадку за формою Н-5 (далі — акт за формою Н-5) згідно з стандартами та акт про нещасний випадок, пов'язаний з виробництвом, за формою Н-1 (далі — акт за формою Н-1) згідно з стандартами (у разі, коли нещасний випадок визнано таким, що пов'язаний з виробництвом) і передати їх роботодавцеві для затвердження;

- скласти у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння), пов'язаного з виробництвом, крім актів за формою Н-5 і Н-1, у шістьох примірниках картку обліку професійного захворювання (отруєння) за формою П-5 (далі — картка за формою П-5) згідно з стандартами.

Акти за формою Н-5 і Н-1 підписуються головою та всіма членами комісії. У разі незгоди із змістом акта член комісії підписує його з відміткою про наявність окремої думки, яку викладає письмово і додає до акта за формою Н-5 як його невід'ємну частину.

У випадках, коли розслідування класифікується, як спеціальне, або у разі виникнення потреби у проведенні лабораторних досліджень, експертизи, випробувань для встановлення обставин і причин настання нещасного випадку строк розслідування може бути продовжений за письмовим погодженням з територіальним органом Держгірпромнагляду за місцезнаходженням підприємства.

У разі отримання письмового погодження роботодавець приймає рішення про продовження строку проведення розслідування.

У разі коли нещасний випадок визнаний комісією таким, що не пов'язаний з виробництвом, складається акт за формою Н-5.

Обставинами, за яких нещасний випадок визнається таким, що пов'язаний з виробництвом, і складається акт за формою Н-1, є:

1) виконання потерпілим трудових (посадових) обов'язків за режимом роботи підприємства, у тому числі у відрядженні;

2) перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці для виконання потерпілим трудових (посадових) обов'язків чи завдань роботодавця з моменту прибуття потерпілого на підприємство до його відбуття, що фіксується відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, в тому числі протягом робочого та надурочного часу;

3) підготовка до роботи та приведення в порядок після закінчення роботи знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, а також здійснення заходів щодо особистої гігієни, пересування по території підприємства перед початком роботи і після її закінчення;

4) виконання завдань відповідно до розпорядження роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні, святкові та неробочі дні;

5) проїзд на роботу чи з роботи на транспортному засобі, що належить підприємству, або іншому транспортному засобі, наданому роботодавцем відповідно до укладеного договору;

6) використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за письмовим дорученням роботодавця чи безпосереднього керівника робіт;

7) виконання дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не належать до його трудових (посадових) обов'язків, зокрема із запобігання виникненню аварій або рятування людей та майна підприємства,

будь-які дії за дорученням роботодавця; участь у спортивних змаганнях, інших масових заходах та акціях, які проводяться підприємством самостійно або за рішенням органів управління за наявності відповідного розпорядження роботодавця;

8) ліквідація наслідків аварії, надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;

9) надання підприємством шефської (благодійної) допомоги іншим підприємствам, установам, організаціям за наявності відповідного рішення роботодавця;

10) перебування потерпілого у транспортному засобі або на його стоянці, на території вахтового селища, у тому числі під час змінного відпочинку, якщо настання нещасного випадку пов'язане з виконанням потерпілим трудових (посадових) обов'язків або з впливом на нього небезпечних чи шкідливих виробничих факторів чи середовища;

11) прямування потерпілого до об'єкта (між об'єктами) обслуговування за затвердженим маршрутом або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;

12) прямування потерпілого до місця чи з місця відрядження згідно з установленим завданням, у тому числі на транспортному засобі будь-якого виду та форми власності;

13) раптова серцева смерть потерпілого внаслідок гострої серцево-судинної недостатності під час перебування на підземних роботах (видобування корисних копалин, будівництво, реконструкція, технічне переоснащення і капітальний ремонт шахт, рудників, копалень, метрополітенів, підземних каналів, тунелів та інших підземних споруд, проведення геологорозвідувальних робіт під землею) або після підйому потерпілого на поверхню з даною ознакою, що підтверджено медичним висновком;

14) скоєння самогубства працівником плавскладу на судах морського, річкового та рибпромислового флоту в разі перевищення обумовленого колективним договором строку перебування у рейсі або його смерті під час перебування у рейсі внаслідок впливу психофізіологічних, небезпечних чи шкідливих виробничих факторів;

15) оголошення потерпілого померлим унаслідок його зникнення, пов'язаного з нещасним випадком під час виконання ним трудових (посадових) обов'язків;

16) заподіяння тілесних ушкоджень іншою особою або вбивство потерпілого під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових (посадових) обов'язків або дій в інтересах підприємства незалежно від порушення кримінальної справи, крім випадків з'ясування потерпілим та іншою особою особистих стосунків невиробничого характеру, що підтверджено висновком компетентних органів;

17) одержання потерпілим травми або інших ушкоджень внаслідок погіршення стану його здоров'я, яке сталося під впливом небезпечного виробничого фактора чи середовища у процесі виконання ним трудових (посадових) обов'язків, що підтверджено медичним висновком;

18) раптове погіршення стану здоров'я потерпілого або його смерті під час виконання трудових (посадових) обов'язків внаслідок впливу небезпечних чи шкідливих виробничих факторів та/або факторів важкості чи напруженості трудового процесу, що підтверджено медичним висновком, або якщо потерпілий не пройшов обов'язкового медичного огляду відповідно до законодавства, а робота, що виконувалася, протипоказана потерпілому відповідно до медичного висновку;

19) перебування потерпілого на території підприємства або в іншому місці роботи під час перерви для відпочинку та харчування, яка встановлюється згідно з правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, технологічної

перерви, а також під час перебування на території підприємства у зв'язку з проведенням виробничої наради, одержанням заробітної плати, проходженням обов'язкового медичного огляду тощо або проведенням з дозволу чи за ініціативою роботодавця професійних та кваліфікаційних конкурсів, спортивних змагань та тренувань чи заходів, передбачених колективним договором, якщо настання нещасного випадку пов'язано з впливом небезпечних чи шкідливих виробничих факторів, що підтверджено медичним висновком.

Обставинами, за яких нещасні випадки не визнаються такими, що пов'язані з виробництвом, є:

1) перебування за місцем постійного проживання на території польових і вахтових селищ;

2) використання в особистих цілях без відома роботодавця транспортних засобів, устаткування, інструментів, матеріалів тощо, які належать або використовуються підприємством (крім випадків, що сталися внаслідок їх несправності, що підтверджено відповідними висновками);

3) погіршення стану здоров'я внаслідок отруєння алкоголем, наркотичними засобами, токсичними чи отруйними речовинами, а також їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо), що підтверджено відповідним медичним висновком, якщо це не пов'язано із застосуванням таких речовин у виробничому процесі чи порушенням вимог щодо їх зберігання і транспортування, або якщо потерпілий, який перебував у стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, до настання нещасного випадку був відсторонений від роботи відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства або колективного договору;

4) алкогольне, токсичне чи наркотичне сп'яніння, не зумовлене виробничим процесом, що стало основною причиною нещасного випадку за відсутності технічних та організаційних причин його настання, що підтверджено відповідним медичним висновком;

5) скоєння злочину, що встановлено обвинувальним вироком суду або відповідною постановою слідчих органів;

6) природна смерть, смерть від загального захворювання або самогубство (крім випадків, зазначених у пункті 15 цього пункту), що підтверджено висновками судово-медичної експертизи та/або слідчих органів.

6. Нещасні випадки реєструються у журналі за формою згідно з стандартом роботодавцем, а у разі, коли нещасний випадок стався з фізичною особою — підприємцем чи особою, що забезпечує себе роботою самостійно та застрахована у Фонді, робочим органом виконавчої дирекції Фонду, в якому зареєстровано таку особу.

7. Примірники затверджених актів за формою Н-5 і Н-1 протягом доби надсилаються роботодавцем:

- керівникові (спеціалістові) служби охорони праці або посадовій особі (спеціалістові), на яку роботодавцем покладено виконання функцій з охорони праці підприємства, працівником якого є потерпілий;

- потерпілому або уповноваженій ним особі, яка представляє його інтереси;

- Фондові за місцезнаходженням підприємства, на якому стався нещасний випадок;

- територіальному органу Держгірпромнагляду за місцезнаходженням підприємства, на якому стався нещасний випадок;

- первинній організації профспілки, представник якої брав участь у роботі комісії, або уповноваженій найманими працівниками особі з питань охорони праці, якщо профспілка на підприємстві відсутня.

Копії актів за формою Н-5 і Н-1 надсилаються органу управління підприємства, а у разі його відсутності — місцевій держадміністрації.

У разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) копія акта за формою Н-1 надсилається закладові державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за

підприємством і веде облік випадків гострих професійних захворювань (отруєнь).

8. Примірники актів за формою Н-5 і Н-1 (у разі, коли нещасний випадок визнано таким, що пов'язаний з виробництвом), примірник картки за формою П-5 (у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) разом з матеріалами розслідування зберігаються на підприємстві протягом 45 років, у разі реорганізації підприємства передаються його правонаступникові, який бере на облік нещасний випадок, а у разі ліквідації підприємства — до державного архіву.

У робочому органі виконавчої дирекції Фонду примірники актів за формою Н-5 і Н-1 (у разі, коли нещасний випадок визнано таким, що пов'язаний з виробництвом), примірник картки за формою П-5 (у разі виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) зберігаються протягом 45 років.

Нещасний випадок, про який своєчасно не повідомлено керівника підприємства чи роботодавця потерпілого або внаслідок якого втрата працездатності настала не одразу, розслідується і береться на облік протягом місяця після надходження заяви потерпілого чи уповноваженої ним особи, яка представляє його інтереси (незалежно від строку настання нещасного випадку).

У разі реорганізації підприємства, на якому стався такий нещасний випадок, розслідування проводиться його правонаступником, а у разі ліквідації підприємства встановлення факту настання нещасного випадку розглядається у судовому порядку.

Якщо факт настання нещасного випадку встановлено рішенням суду, розслідування організовує територіальний орган Держгірпромнагляду за місцем настання нещасного випадку та утворює комісію у складі не менш як чотири особи.

До складу комісії входять представник територіального органу Держгірпромнагляду (голова комісії) за місцем настання нещасного випадку та

представники Фонду і місцевої держадміністрації за місцем настання нещасного випадку та первинної організації профспілки, членом якої є потерпілий, або представник територіального профоб'єднання за місцем настання нещасного випадку, якщо потерпілий не є членом профспілки.

У разі встановлення факту виявлення гострого професійного захворювання (отруєння) до складу комісії також входить представник закладу державної санітарно-епідеміологічної служби за місцем настання нещасного випадку.

Облік таких нещасних випадків ведеться місцевими держадміністраціями за місцезнаходженням підприємства.

Нещасний випадок, що стався на підприємстві з працівником іншого підприємства під час виконання ним завдання в інтересах свого підприємства, розслідується комісією, утвореною підприємством, на якому стався нещасний випадок, за участю представників підприємства, працівником якого є потерпілий. Такий нещасний випадок береться на облік підприємством, працівником якого є потерпілий.

Підприємство, на якому стався нещасний випадок, зберігає примірник акта за формою Н-5 протягом періоду, необхідного для здійснення передбачених актом заходів щодо усунення причин настання нещасного випадку, але не менш як один рік.

9. Посадова особа органу Держгірпромнагляду в разі відмови роботодавця скласти або затвердити акт за формою Н-5 або Н-1 чи незгоди потерпілого або уповноваженої ним особи, яка представляє його інтереси, із змістом зазначеного акта, надходження скарги або незгоди з висновками про обставини і причини настання нещасного випадку чи приховування факту настання нещасного випадку має право видавати обов'язкові для виконання роботодавцем приписи за формою Н-9 згідно з стандартом щодо необхідності проведення розслідування (повторного розслідування) нещасного випадку, затвердження чи перегляду затвердженого акта за формою Н-5 або Н-1, визнання чи невизнання нещасного

випадку таким, що пов'язаний з виробництвом, складення акта за формою Н-5 або Н-1.

Рішення посадової особи органу Держгірпромнагляду може бути оскаржено у судовому порядку. На час розгляду справи у суді дія припису за формою Н-9 зупиняється.

Спеціальне розслідування проводиться у разі настання нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння), у тому числі про які своєчасно не повідомлено роботодавцю чи внаслідок яких втрата працездатності потерпілого настала не одразу.

Спеціальному розслідуванню підлягають:

- нещасні випадки із смертельними наслідками;
- групові нещасні випадки;
- випадки смерті працівників під час виконання ними трудових (посадових) обов'язків;
- гострі професійні захворювання (отруєння), що призвели до тяжких чи смертельних наслідків;
- нещасні випадки, факт настання яких встановлено у судовому порядку, а підприємство (установа, організація), на якому вони сталися, ліквідовано без правонаступника;
- нещасні випадки, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого;
- випадки зникнення працівника під час виконання трудових (посадових) обов'язків;
- нещасні випадки з особами, які працюють на умовах цивільно-правового договору, на інших підставах, передбачених законом, фізичними особами - підприємцями, особами, які провадять незалежну професійну діяльність, членами фермерського господарства;

– нещасні випадки, що сталися з особами, фактично допущеними до роботи без оформлення трудового договору (контракту).

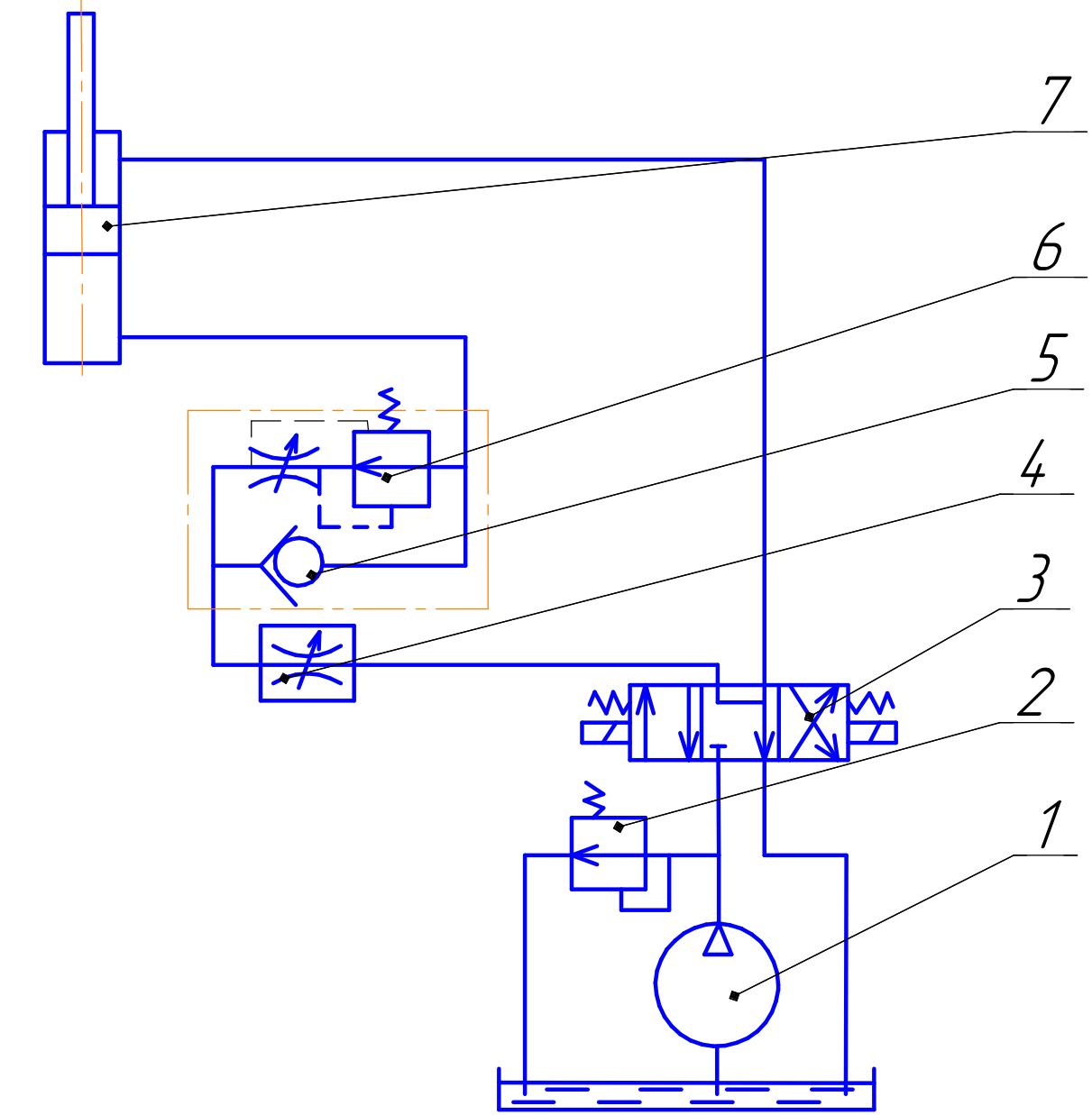
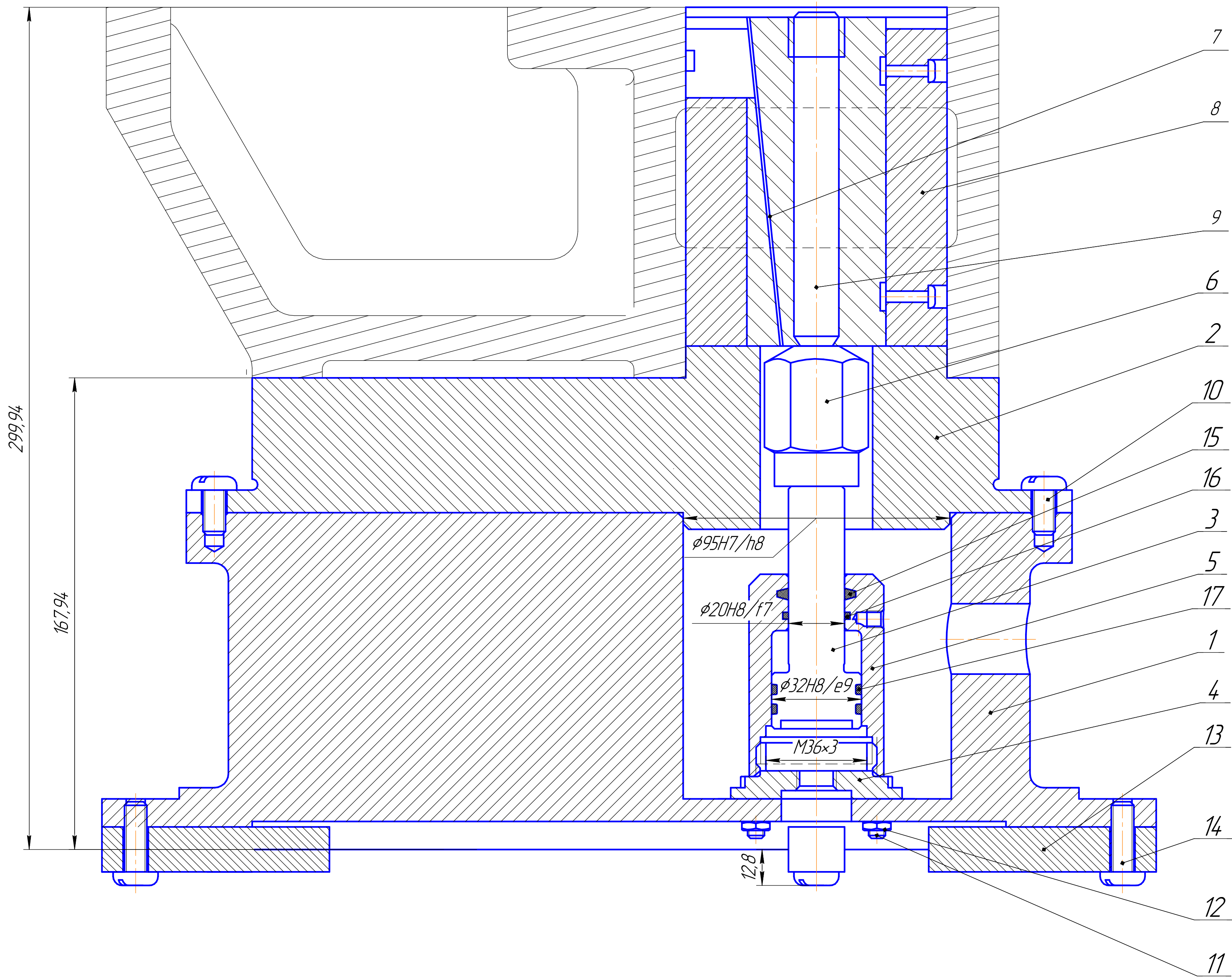
Факт перебування потерпілого у трудових відносинах з роботодавцем, якщо працівник фактично допущений до роботи без оформлення трудового договору (контракту), встановлюється посадовими особами Держпраці або її територіального органу чи у судовому порядку.

Розслідування нещасних випадків, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого, може проводитися комісією підприємства (установи, організації) у разі надання територіальним органом Держпраці письмового доручення роботодавцю протягом наступного робочого дня після отримання повідомлення про нещасний випадок.

Віднесення нещасних випадків до таких, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого, здійснюється на підставі висновку про ступінь тяжкості травми згідно з Класифікатором розподілу травм за ступенем тяжкості, затвердженим МОЗ.

Додаток Д

**Креслення спеціального верстатного
пристрою для установки і закріплення
заготовки**



1 - Насос; 2 - Регулятор потоку;
 3 - Золотниковий гідророзподільник;
 4 - Дросель; 5 - Зворотній клапан;
 6- Регулятор потоку; 7 -Силовий гідроциліндр

Технічні характеристики

1. Зусилля на штоці $W = 3015 \text{ Н}$
2. Тиск в гідросистемі $P = 6,3 \text{ МПа}$

1. Розміри для довідок.
2. При збиранні деталі промити в керосині, різьби болтів змазати мастилом.
3. Після збирання пристрій випробувати під тиском 10 МПа протягом 5 хв, пропуски не допускаються.
4. Гідросистему заповнити мастилом індустріальним І20, не допускати падіння тиску в системі нижче відмітки 6,3 МПа.
5. Непрацюючі поверхні пристосування покрасити емаллю НЦ-246 ГОСТ 9825-73.
6. Маркувати за номером технологічного процесу і номеру операційної карти.

				TM-17090011 - 07 СБ		
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Герасько К.Р.					1:1
Проб.	Динчик О. Д.			Лист	Листов	1
Т.контр.				КІСУМДУ ТМ-61к		
Нижн.пр.						
Утв.						

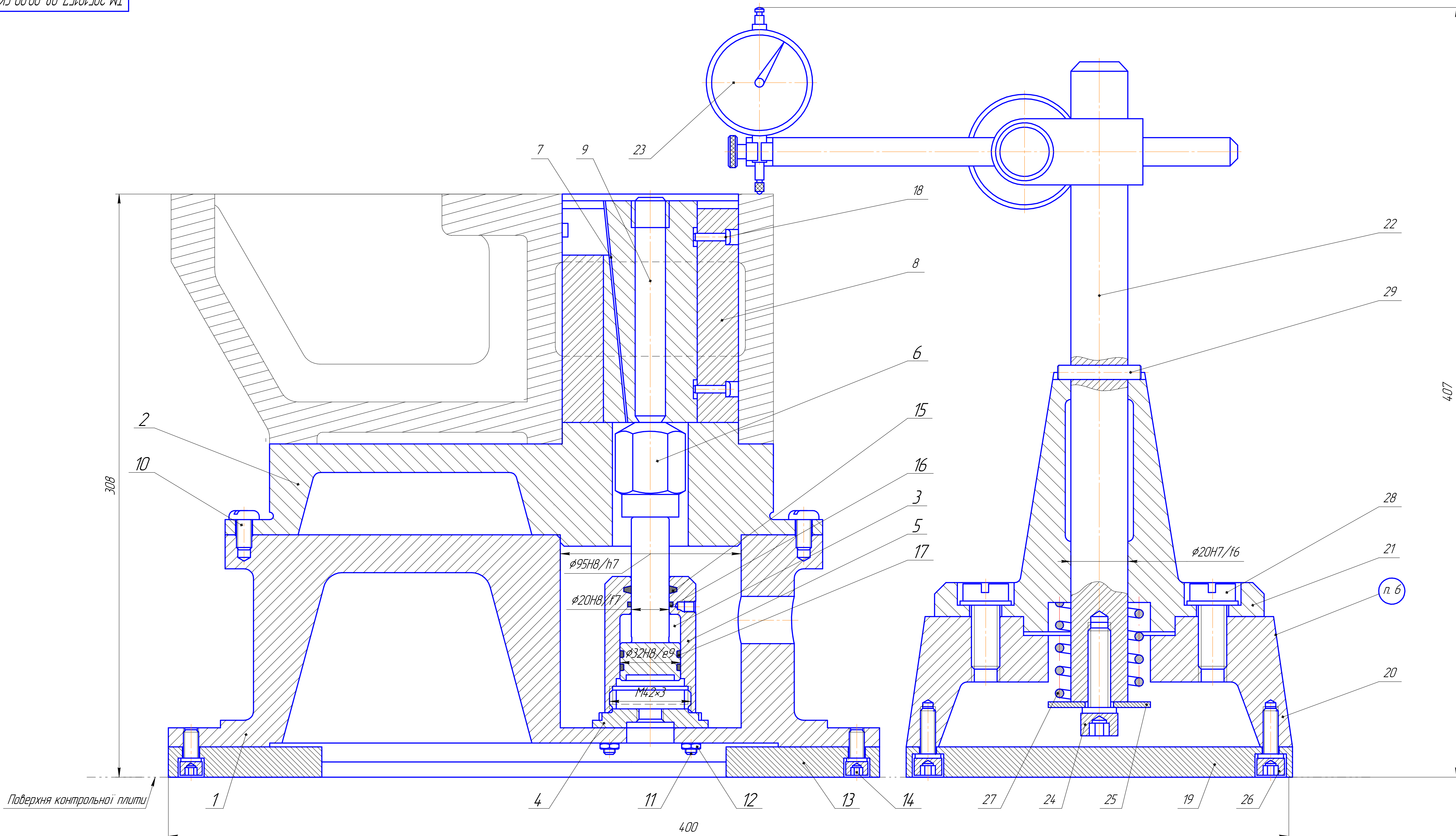
Додаток Е

Специфікація спеціального верстатного пристрою для установки і закріплення заготовки

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документація</i>							
A1			ТМ-15090063-07-01-01 СБ	Складальне креслення			
<i>Деталі</i>							
		1	ТМ-15090063-07-01-01	Корпус	1		
		2	ТМ-15090063-07-01-02	Оправка	1		
		3	ТМ-15090063-07-01-03	Шток	1		
		4	ТМ-15090063-07-01-04	Кришка	1		
		5	ТМ-15090063-07-01-05	Гільза	1		
		6	ТМ-15090063-07-01-06	Тяга	1		
		7	ТМ-15090063-07-01-07	Конус оправки	1		
		8	ТМ-15090063-07-01-08	Сектор	2		
		9	ТМ-15090063-07-01-09	Шток оправки	1		
<i>Стандартні вироби</i>							
		10		Гвинт М8×16 ГОСТ 11644-75	4		
		11		Болт М6×18 ГОСТ 7798-70	4		
		12		Гайка М6-6Н ГОСТ 5916-70	4		
		13		Шпонка 20×16×60 ГОСТ 23360-78	2		
		14		Гвинт М8×25 ГОСТ 11644-75	2		
		15		Кільце СП-40-27-5 ГОСТ 6308-71	1		
		16		Кільце 050-055-30-1-0 ГОСТ 9833-73	2		
		17		Кільце 028-032-25-1-0 ГОСТ 9833-73	1		
ТМ-17090011 - 07 СБ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Герасько К.Р.						
Пров.	Динник О. Д.						
Н.контр.							
Утв.							
Пристрій для фрезерування спеціальний					Лит.	Лист	Листов
						2	1
					КІСУМДУ ТМ-61К		

Додаток Є

**Креслення контрольно-вимірювального
пристрою**



Поверхня контрольної плити

- Технічна характеристика**
1. Засід вимірювання – індикатор годинникового типу моделі TESА Precision Dial Gauges 82 mm dial diameter 0,001;
 2. Ціна поділки шкали – 0,001 мм;
 3. Межа вимірювання – 0,1 мм;
 4. Зусилля вимірювання – 1,7 Н;
 5. Зусилля на штоці гідроприводу $W = 3015 \text{ Н}$
 6. Тиск в гідросистемі $P = 6,3 \text{ МПа}$

- Технічні вимоги (продовження)**
5. Непрацюючі поверхні пристрою покрасити емаллю НЦ-246 ГОСТ 9825-73.
 6. Маркувати за номером технологічного процесу і номеру операційної карти за ГОСТ 2.314-68.

- Технічні вимоги**
1. Сумарна похибка пристрою, 5,3 мкм;
 2. При складанні деталі промити в керосині, різі болтів змазати мастилом;
 3. Після складання пристрій випробувати під тиском 10 МПа протягом 5 хв, пропуски не допускаються.
 4. Гідросистему заповнити мастилом індустріальним І20, не допускати падіння тиску в системі нижче відмітки 6,3 МПа.

				TM 20510157-08-00.00 СК		
				Пристрій		
				для контролю площинності		
				(складальне креслення)		
Лист	Маса	Масштаб				
1	105	1:1				
				Лист 1		
				СумДУ ТМ.М-01		
				Формат А1		

Додаток Ж

Специфікація контрольно- вимірювального пристрою

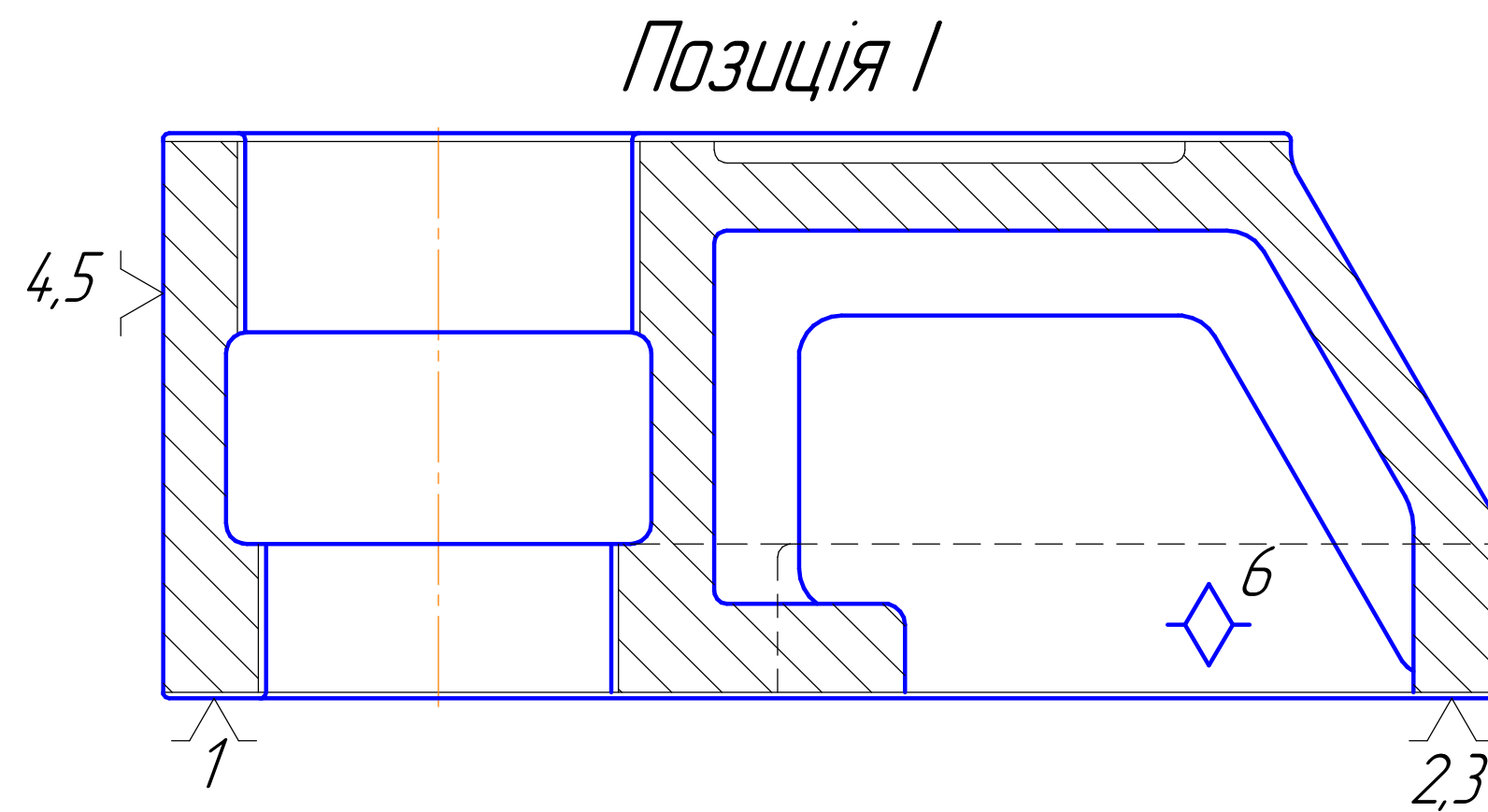
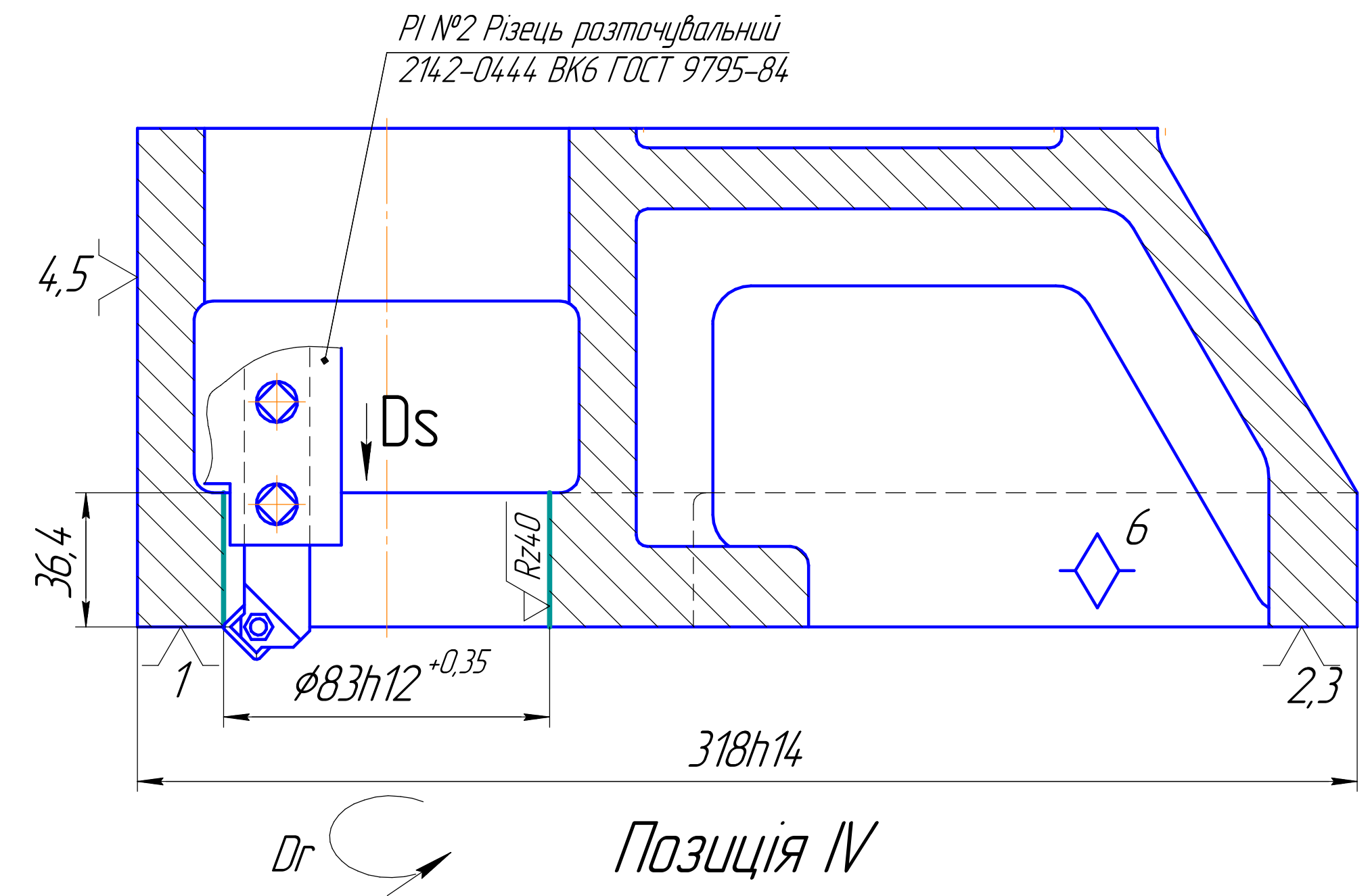
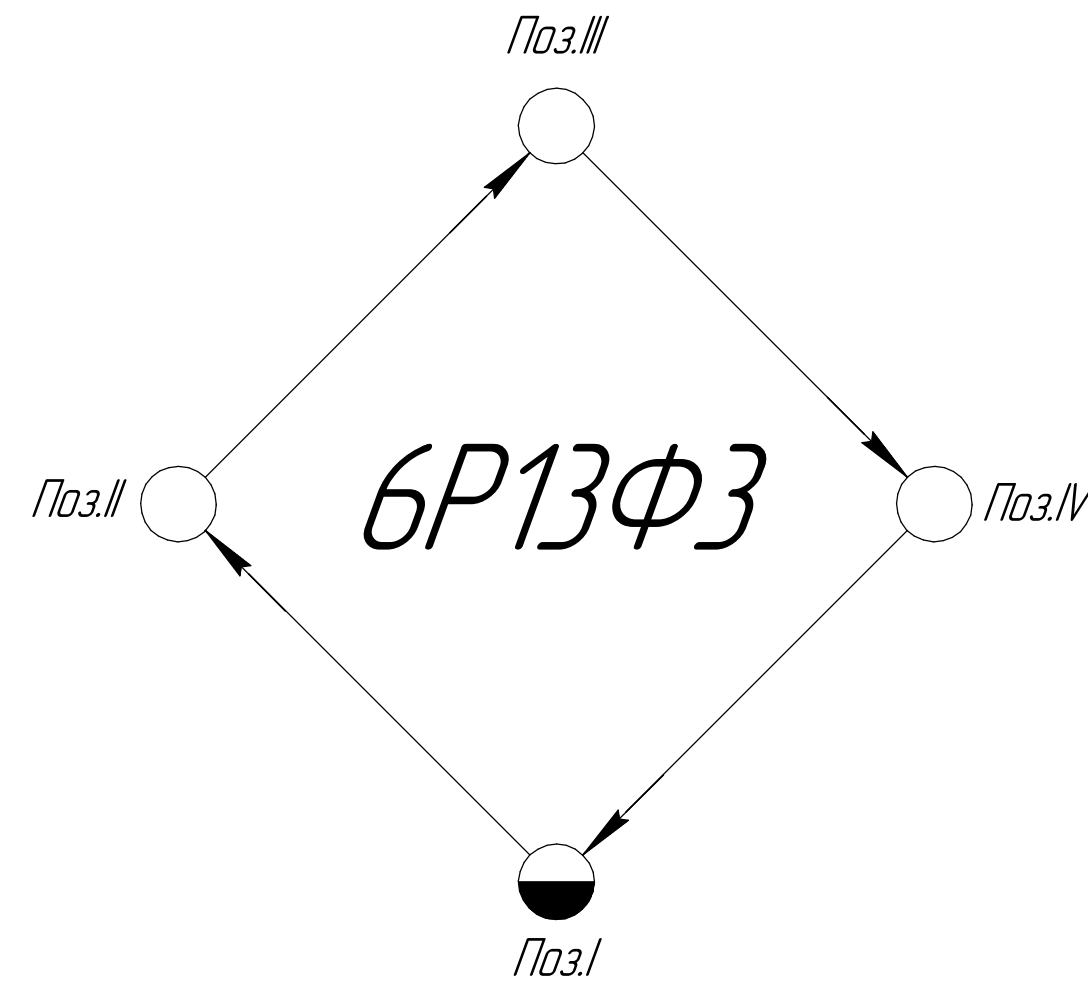
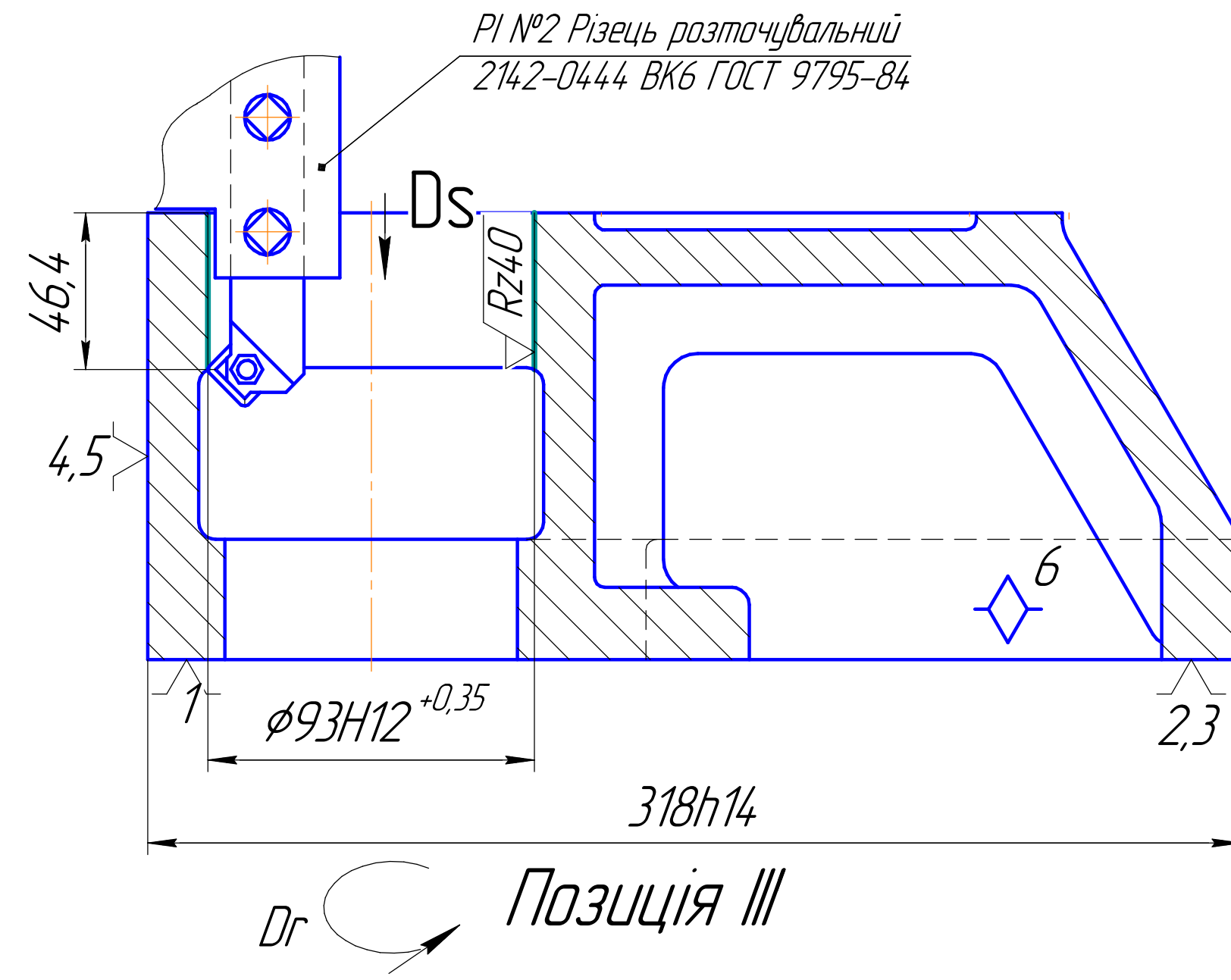
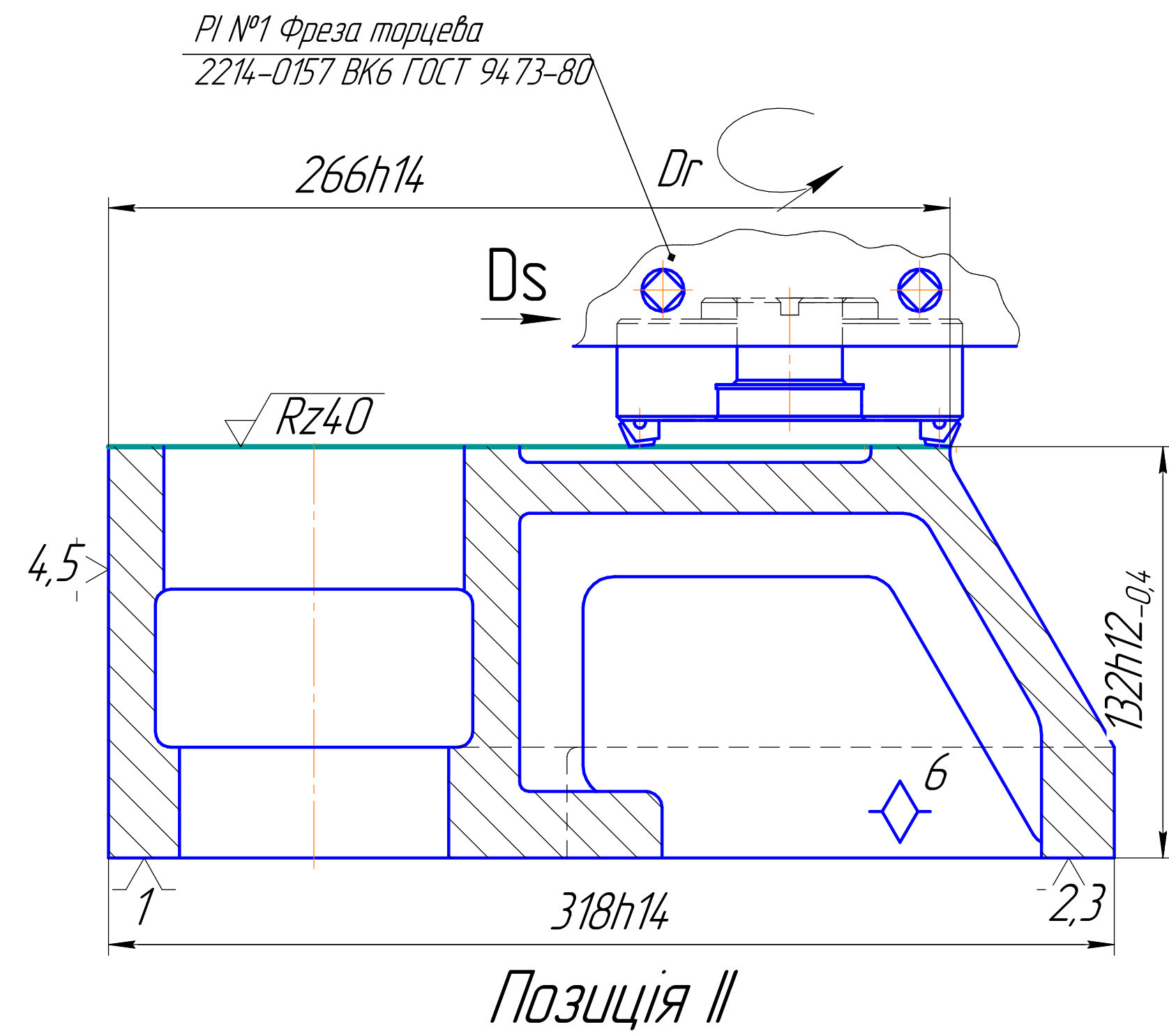
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.	A1			<u>Документація</u>				
				TM 20510157-08-00.00 СК	Складальне креслення			
					<u>Деталі</u>			
			1	TM 20510157-08-00.01	Корпус	1		
			2	TM 20510157-08-00.02	Оправка	1		
			3	TM 20510157-08-00.03	Шток	1		
			4	TM 20510157-08-00.04	Кришка	1		
			5	TM 20510157-08-00.05	Гільза	1		
			6	TM 20510157-08-00.06	Тяга	1		
Справ. №		7	TM 20510157-08-00.07	Конус оправки	1			
		8	TM 20510157-08-00.08	Сектор	2			
		9	TM 20510157-08-00.09	Шток оправки	1			
				<u>Стандартні вироби</u>				
		10		Гвинт М8×16 ГОСТ 11644-75	4			
		11		Болт М6×18 ГОСТ 7798-70	4			
		12		Гайка М6-6Н ГОСТ 5916-70	4			
		13		Шпонка 20×16×60 ГОСТ 23360-78	2			
		14		Гвинт М8×25 ГОСТ 11644-75	2			
	15		Кільце СП-40-27-5 ГОСТ 6308-71	1				
	16		Кільце 050-055-30-1-0 ГОСТ 9833-73	2				
	17		Кільце 028-032-25-1-0 ГОСТ 9833-73	1				
	18		Болт М4-0.7gx18.6.78 DIN 931	4				
Подп. и дата	TM 20510157-08-00.00							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инд. № подл.	Разраб.	Герасько К.Р.				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Дегтярьов І.М.					1	2
	Н.контр.					СумДУ ТМ.М-01		
Утв.								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
A1			ТМ 20510157-08-00.00 СК	Документація				
				Складальне креслення				
				Складальні одиниці				
		22	ТМ 20510157-08-22.00	Індикаторна стійка	1			
				Деталі				
		19	ТМ 20510157-08-00.19	Плита	1			
		20	ТМ 20510157-08-00.20	Корпус	1			
		21	ТМ 20510157-08-00.21	Оправка	1			
		23	ТМ 20510157-08-00.23	Індикатор	1			
				Стандартні вироби				
		24		Болт М12-6дх60.58 (S18) ГОСТ 7798-70	1			
		25		Шайба А.16.01.08кп.016 ГОСТ 11371-78	1			
		26		Болт М8-6дх30.58 (S12) ГОСТ 7798-70	4			
		27		Пружина 1086-0942 ГОСТ 18793-80	1			
		28		Болт М16 - 6дх50.58 (S19) ГОСТ 7798-70	4			
		29		Штифт 8х50 ГОСТ 3128-70	1			
			ТМ 20510157-08-00.00					
			Ізм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
			Разраб.	Герасько К.Р.				
			Пров.	Дегтярьов І.М.				
			Н.контр.					
			Утв.					
			Контрольно-вимірвальний пристрій			Лист	Лист	Листов
							2	2
						СумДУ ТМ.М-01		

Додаток 3

Креслення налагодження операції 015

Операція 015 Фрезерно-розточувальна верстат моделі 6Р13Ф3 N=7,5 кВт



PI	№ поверхні	t, мм	i	S, мм/од	n, од/хв	V, м/хв	T _с , хв	T _с , хв	T _{шт} , хв
1	1	0,6	1	0,107	700	351,68	0,26	0,989	1,503
2	2	0,825	1	1,2	400	116,81	0,103		
3	3	0,825	1	1,2	400	104,25	0,081		
Разом							0,444		

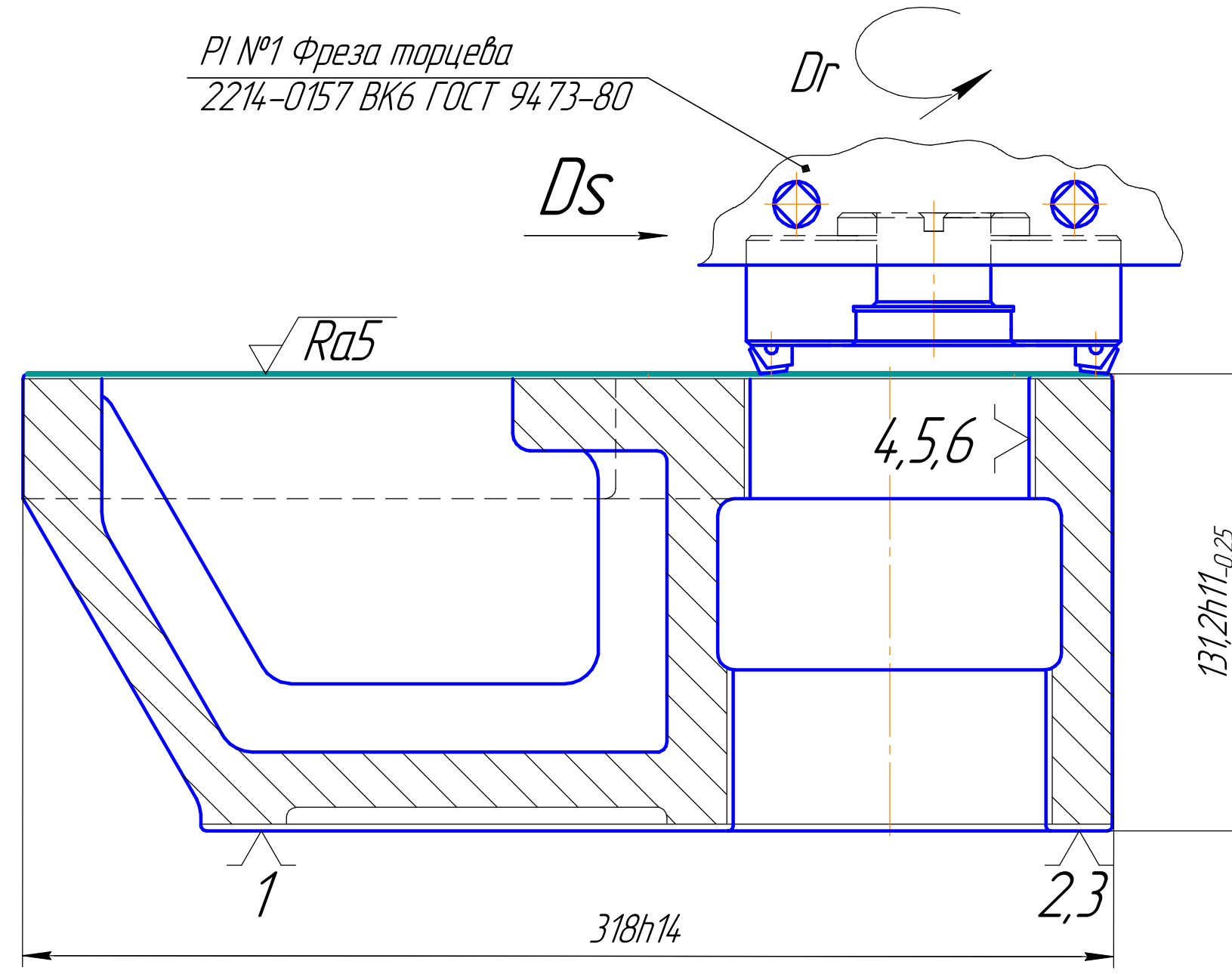
TM 17090011 - 06 OH				Лист	Маса	Масштаб
Операція налагодження 015				Лист	Листів	1
Ізм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата			
Розроб.	Герасько К.Р.					
Проб.	Дегтярьов І.М.					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						

Додаток І

Креслення налагодження операції 020

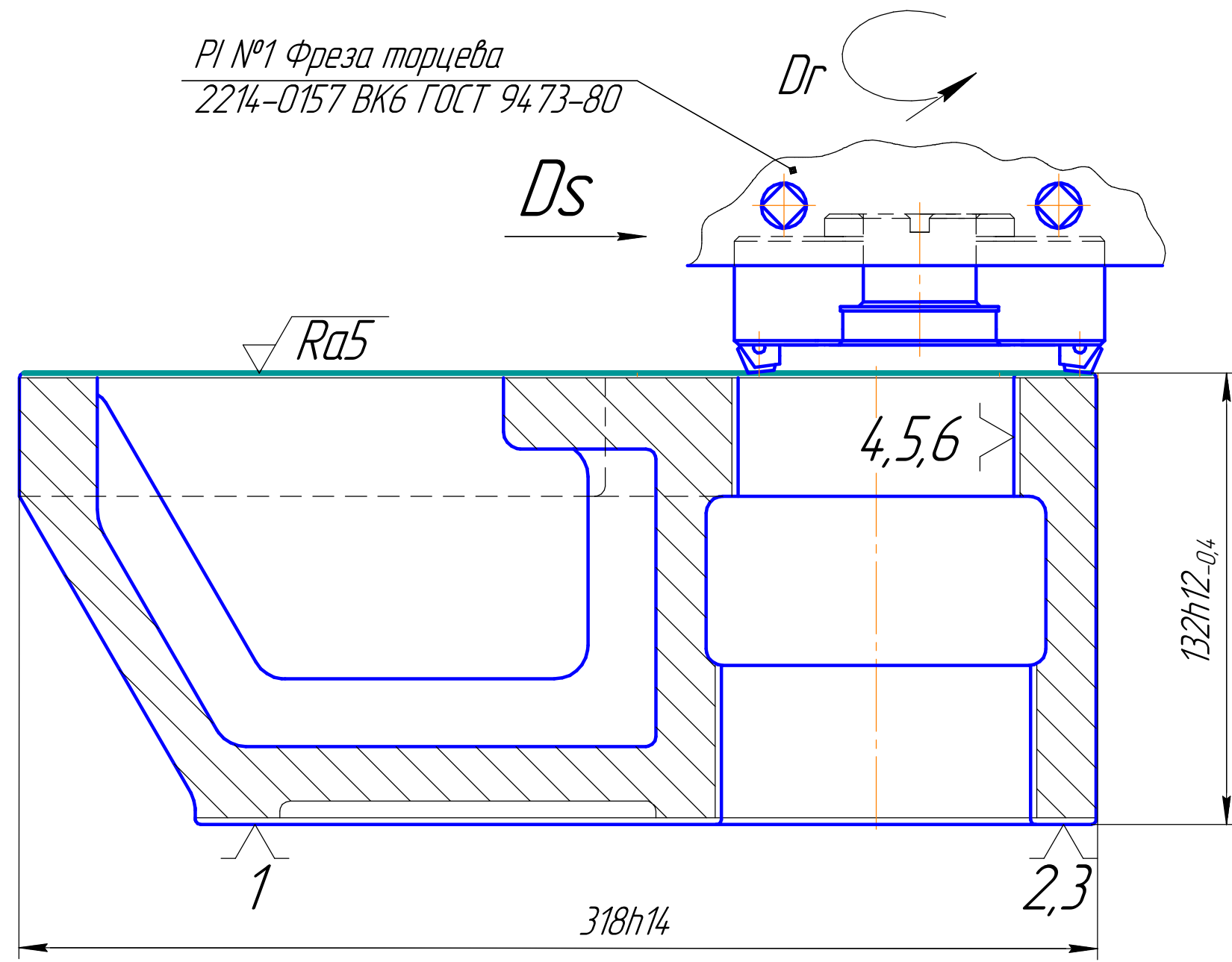
Операція 020 Фрезерна, верстат моделі 6Н13П N=2,8 кВт

PI №1 Фреза торцева
2214-0157 ВК6 ГОСТ 9473-80

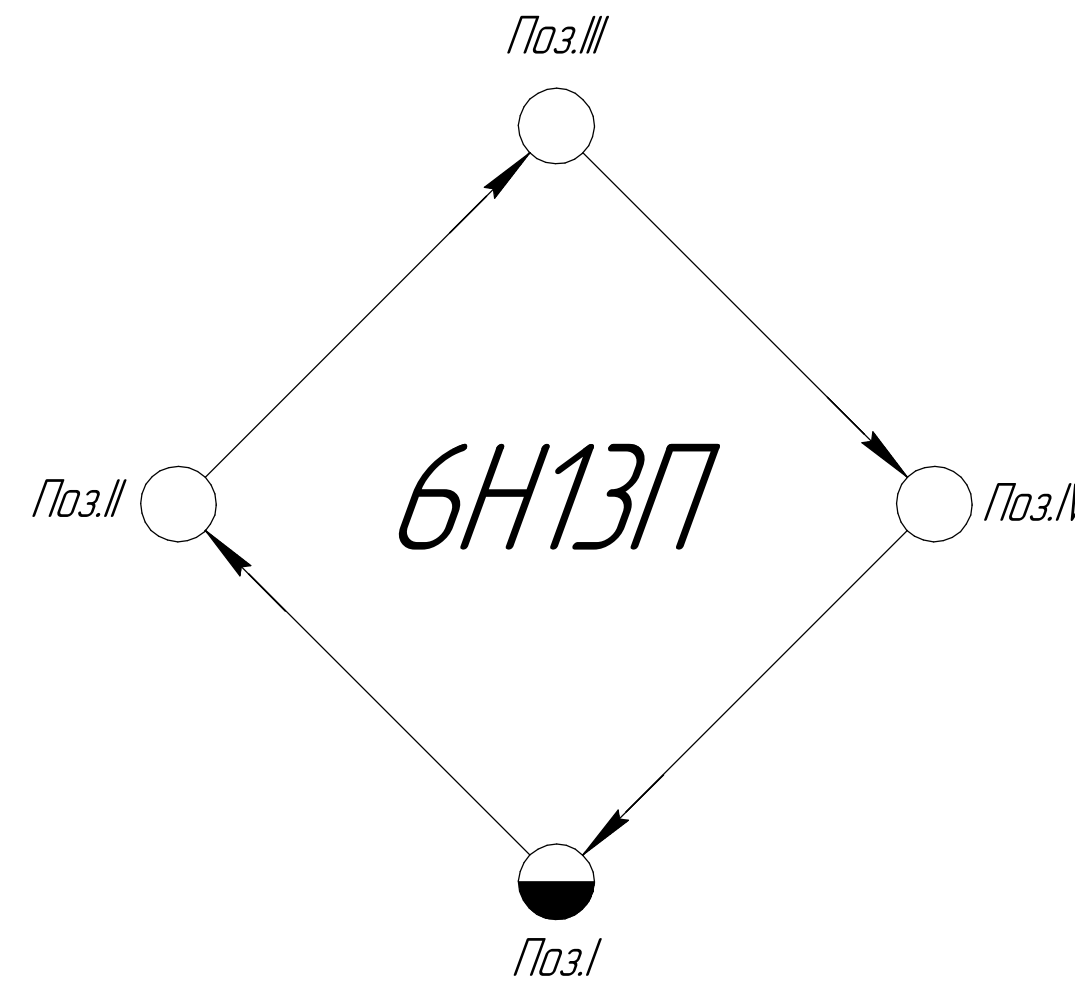


Позиція III

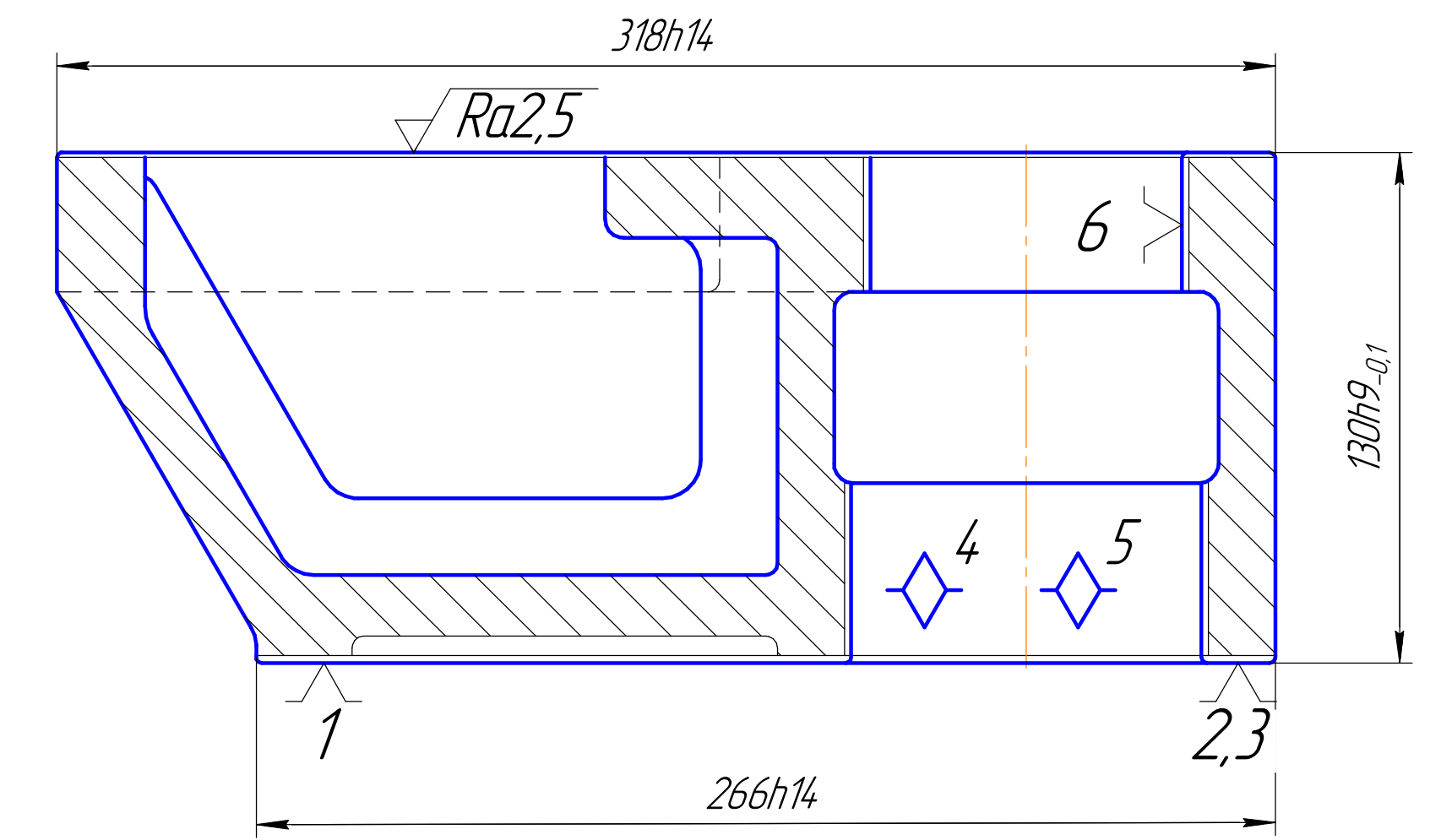
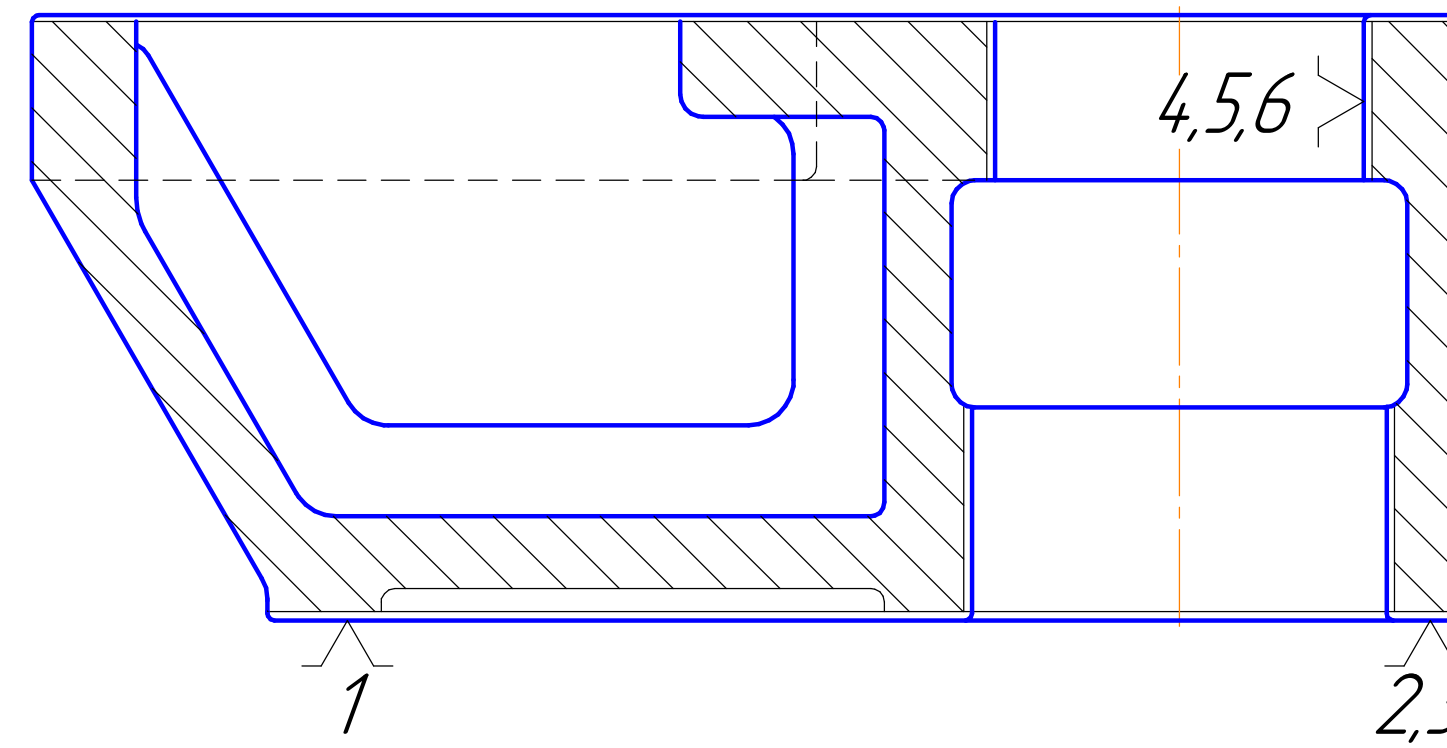
PI №1 Фреза торцева
2214-0157 ВК6 ГОСТ 9473-80



Позиція II



Позиція I



Позиція IV

PI	№ поверхні	t, мм	i	S, мм/од	n, од/хв	V, м/хв	T _д , хв	T _с , хв	T _{шт} , хв
1	1	0,5	1	0,108	250	196,25	0,50		
2	2	0,3	1	0,104	300	235,50	0,43	0,989	2,019
Разом							0,93		

TM 17090011 - 06 OH				Лист	Маса	Масштаб
Операція налагодження 020						1:1
Лист	Листів	1	1			
СумДУ ТМ-01						