


Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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


МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**«ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА
ДЕТАЛІ «КОРПУС 71.18»**
МКР.08-26.012.00.000.ПЗ

Виконав: студентка 2-го курсу, групи 1ПМ-21м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Ядвіжина М.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Сухоруків С.І.
(прізвище та ініціали)

« 12 » _____ 12 _____ 2022 р.

Опонент: з.т.н. проф каф АІМ

Макаров В.А.
(прізвище та ініціали)

« 16 » _____ 12 _____ 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

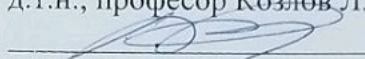
« 12 » _____ 12 _____ 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13-Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., професор Козлов Л.Г.


«10» жовтня 2022 р.

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

Ядвіжиній Марині Анатоліївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус 71.18»

керівник МКР Сухоруков Сергій Іванович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від 15.09.2022 року №205-А.

2. Строк подання студентом МКР: 19 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до МКР: Креслення деталі Корпус 71.18

Матеріал: СЧ15 ГОСТ 977-88

Програма випуску N=7000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Огляд відомих літературних джерел та шляхи вирішення технічної проблеми; Технологічна частина; Економіка виробництва; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки, розмірний аналіз, карта налагоджень, імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки, складальне креслення верстатного пристосування, розрахункові схеми визначення сили закріплення, розмірна схема розрахунку пристосування на точність

6. Консультанти розділів роботи

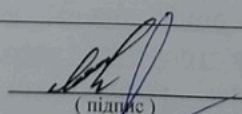
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Основна частина	к.т.н., доц. Сухоруков С.І.	10.10.22	10.12.22
Економічна частина	к.т.н., проф. Лесько О.Й.	18.10.22	25.11.22
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	16.10.22	25.11.22

7. Дата видачі завдання «10» жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 15.10.22	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 15.10.22	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.22	
4	Розв'язання поставлених задач	до 20.11.22	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 20.11.22	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.22	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.22	
8	Попередній захист МКР	до 12.12.22	
9	Перевірка роботи на плагіат	до 14.12.22	
10	Нормоконтроль МКР	до 16.12.22	
11	Рецензування МКР	до 17.12.22	
12	Захист МКР	до 22.12.22	

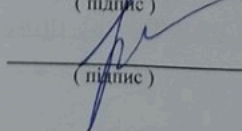
Студент



(підпис)

Ядвіжина М.А.

Керівник МКР



(підпис)

Сухоруков С. І.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9.025

Ядвіжина М. А. Технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус 71.18». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма - Технології машинобудування, Вінниця: ВНТУ, 2022. 115 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 23; табл. 31.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведені етапи щодо підготовки до технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Корпус 71.18». У загальній частині роботи проведено огляд змісту етапів технологічної підготовки виробництва. Проведено аналіз конструкції деталі. Для покращення конструкції заготовки було проведено імітаційне моделювання процесу лиття. Проведені розрахунки дозволили отримати більш раціональну форму деталі.

В технологічній частині визначено тип виробництва – середньосерійне та організацію роботи – групова. У якості способу виготовлення заготовки вибрано лиття в піщано-глинястих формах з машинною формовкою. Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 90H8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми.

У розділі охорони праці проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці.

В економічній частині проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Графічна частина складається з 9 листів та плакатів.

Ключові слова: технологічний процес механічної обробки, технологічна підготовка виробництва, моделювання лиття.

ABSTRACT

Yadvizhina M. A. Technological preparation for the production of the "Body 71.18" part. Master's qualification work in the specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Technologies of Mechanical Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2021. 108 p. In Ukrainian language. Bibliogr .: 25 titles; fig .: 23; table 31.

In the master's qualification work, the stages of preparation for the technological process of manufacturing and processing of the workpiece of the "Body 71.18" part were carried out. In the general part of the work, an overview of the content of the stages of technological preparation of production was carried out. An analysis of the design of the part was carried out. To improve the design of the workpiece, simulation modeling of the casting process was carried out. The calculations made it possible to obtain a more rational form of the part.

In the technological part, the type of production is determined - medium series and the organization of work - group. Casting in sand-clay molds with machine molding was chosen as the method of manufacturing the workpiece. The dimensional analysis of the developed technological process of mechanical processing was carried out. For size $\varnothing 90H8$, allowances and technological dimensions for mechanical processing are defined. Technical standards are calculated for all machining operations.

The labor protection section analyzed technical solutions for safe operation of the facility. The indicators of the microclimate at the workplace were determined.

In the economic part, the efficiency of the invested investments and their payback period were calculated.

The graphic part consists of 9 letters and posters.

Keywords: technological process of machining, technological preparation of production, casting simulation

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПО ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА	9
1.1 Підготовка виробництва	9
1.2 Сучасні методи дослідження ливарних процесів	12
1.3 Моделювання виготовлення заготовки.....	14
1.4 Висновки по розділу 1	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	18
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	25
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	28
2.4 Розробка маршруту механічної обробки	30
2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	36
2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 90H8$	41
2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки	46
2.8 Визначення технічних норм часу на операції.....	49
2.9 Висновок до розділу 2.....	52
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	53
3.1 Розробка технічного завдання на пристосування.....	53
3.2 Розробка і вибір схеми базування і закріплення заготовки	55
3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	56
3.4 Визначення сил закріплення та параметрів затискного пристрою.....	58
3.5 Аналіз точності пристосування	62
3.6 Вибір приводу, розрахунок його параметрів	65
3.7 Опис роботи пристосування	66
3.8 Висновки до розділу 3.....	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67

	6
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	67
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	70
4.3 Наслідки аварій на вибухо-пожежо-небезпечних об'єктах.....	75
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	77
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	77
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	79
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	82
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	83
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	83
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	84
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	84
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	86
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	87
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	93
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	95
5.12 Висновки до розділу 5.....	98
ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	103
Додаток Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	104

ВСТУП

В роботі розглядаються питання удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Корпус 71.18".

На даний час виробництво деталей машин у більшій степені пов'язано з механічною обробкою. Питома вага механічної обробки, в залежності від типу виробництва, становить від 30 до 70%. На шляху проектування технологічних процесів все частіше доводиться стикатися з деякими складностями: для кожного випадку необхідно вирішувати конкретні задачі з багатьма параметрами. Тому питання технологічної підготовки виробництва стають дуже актуальними.

Метою роботи є підвищення економічності виготовлення деталі «Корпус 71.18» за рахунок підвищення точності виготовлення заготовки деталі.

Для досягнення вказаної мети в роботі були поставлені і вирішені такі завдання:

- аналіз конструкції заготовки деталі "Корпус 71.18" та методів їх виготовлення;
- модернізація маршруту механічної обробки з використанням сучасних методів моделювання технологічних процесів;
- визначення точності виготовлення деталі на основі розмірного аналізу конструкції деталі та заготовки;
- розробка верстатного пристосування;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- розрахунок економічної доцільності впровадження інноваційного продукту.

Об'єкт дослідження: заготовка деталі «Корпус 71.18».

Предмет дослідження: Методи виготовлення та обробки заготовки деталі «Корпус 71.18».

Методи дослідження:

- аналітичний огляд сучасних методів виготовлення заготовок деталей;
- розрахунок режимів різання;
- розрахунок припусків на обробку плоских поверхонь за допомогою методу розмірних ланцюгів;

Наукова новизна одержаних результатів: набула подальшого розвитку методика моделювання процесу формоутворення литих заготовок.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в удосконаленні маршруту механічної обробки заготовки деталі «Корпус 71.18».

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: аналіз конструкції литої заготовки.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи розглядались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)”.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах наукової конференції [1] .

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПО ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Підготовка виробництва

Технічна підготовка виробництва включає комплекс робіт з своєчасної та якісної розробки нових виробів, їх освоєння, проектування технології, розрахунку нормативів витрати матеріалів, підготовки всієї технічної документації та запуску їх у виробництво. Всі етапи проектування виробів і технічної підготовки виробництва вимагають автоматизації, без якої неможлива інтенсифікація та підвищення якості виробів.

Технічна підготовка виробництва складається з конструкторської (КПВ) та технологічної (ТПВ) підготовки виробництва [2].

КПВ передбачає розробку, проектування, виготовлення та випробовування зразків нових виробів. КПВ виконується у кілька стадій, що дозволяє відпрацювати рішення та виключити помилки.

На стадії «Технічне завдання» визначається: основне призначення виробу, його технічні характеристики, показники якості та техніко-економічні вимоги, послідовність розробки технічної документації та її склад. ТЗ на виріб зазвичай розробляється НДІ на основі вивчення технічної, патентної та наукової літератури, наявних аналогів, результатів розрахунків тощо.

На стадії «Технічна пропозиція» проводиться: аналіз ТЗ та розробка конструкцій виробу, їх оцінка та порівняння з аналогами, аналіз патентних матеріалів, уточнення, узгодження та затвердження ТЗ.

На стадії «Ескізний проект» на підставі ТЗ розробляються: КД, що містять дані про виріб, його призначення, принципи роботи тощо. Документам ЕП надається літера «Е» і є підставою для розробки Технічного проекту або робочої документації.

Стадія «Технічний проект» включає розробку наступних конструкторських документів: електричних і структурних схем, креслень виробів, їх габаритні, конструкторські та технічні характеристики, розрахунки надійності та інші

документи, що містять остаточні технічні рішення і дають повне уявлення про виріб. Документам ТП присвоюється літера «Т» і в них має бути вся інформація для розробки робочої документації.

На стадії «Розробка робочої документації» (Робочий проект) виконуються робочі креслення з ТУ, що містять усі дані для виготовлення, контролю та випробувань виробів: креслення деталей та складальних одиниць, специфікації, інструкції і т.д.

На стадії «Виготовлення та випробування дослідного зразка» (Виготовлення та випробування дослідної серії) проводиться обробка та коригування робочих креслень для запуску виробу серійне виробництво. Остаточна коригування КД складає стадії «Серійне чи масове виробництво».

На кожній стадії КПВ розробляється свій комплект конструкторської документації. У КД входять графічні (креслення та схеми) і текстові документи (відомості, специфікації, пояснювальні записки, ТУ тощо), правила оформлення яких регламентуються стандартами ЕСКД.

Технологічна підготовка виробництва - сукупність процесів щодо забезпечення технологічної готовності виробництва до випуску спроектованого виробу, за дотримання вимог до термінів, якості та обсягів продукції, що випускається, а також враховуючи заплановані затрат [3]. ТПВ включає:

- забезпечення технологічності виробу (враховуючи технологічність самої конструкції виробу і технологічність робіт, що виробляються при його виготовленні, експлуатації та ремонті);

- проектування та впровадження технологічних процесів (штамбування, механічної обробки, термообробки, складання, лиття та ін.) для виробництва деталей та вузлів виробу;

- розробку та виготовлення необхідного обладнання та засобів технологічного оснащення (пристосувань, штампів, прес-форм, спеціального різального та вимірювального інструменту);

- Управління процесами ТПВ.

Основною метою ТПП є проектування технологічного процесу, його технічного

забезпечення, беручи за основу проект виробу. Отримана на цьому етапі інформація повинна відповідати на наступне питання: як необхідно виготовляти виріб, щоб збалансувати техніко-економічні показники діяльності підприємства, що його випускає. Ця інформація визначає нормативно-технічні дані, які необхідні організації управління підприємством. Отже, від якості отриманої інформації та прописаної в технологічній документації, більшою мірою залежать якість продукції та ефективність виробництва [4].

Проектування технологічного процесу здійснюється як компромісне рішення між вимогами, що пред'являються до конструкції виробу і можливостями виробництва. Тому вже на початкових етапах розробки технологічного проекту необхідно відпрацьовувати його на технологічність, можливість реалізації в конкретних виробничих умовах.

Специфіка проектування технологічних процесів та обсяг розв'язуваних завдань визначають трудомісткість та строки реалізації проектувальних робіт на підприємстві. З метою підвищення ефективності проектувальних робіт - зниження вартості та скорочення часу на проектування - необхідно застосування автоматизації технологічного проектування на базі ЕОМ.

Основою створення систем автоматизації технологічного проектування (САПР ТП) на окремо взятих підприємствах є сукупність державних стандартів, що визначають Єдину систему технологічної підготовки виробництва. Ці стандарти включають загальні правила та положення щодо організації науково-технічних робіт у галузі технологічної підготовки виробництва, впровадження їх у виробництво, визначено етапи розробки документації з організації та оптимізації технологічного проектування, встановлено правила розробки технічного завдання на розробку автоматизованих технологічних комплексів.

Основні етапи робіт ТПВ проводять паралельно з етапами КПВ.

ТПВ здійснюється за правилами системи організації та управління процесом ТПВ, що передбачає широке застосування прогресивних типових ТП, стандартного технологічного оснащення та обладнання, засобів механізації та автоматизації виробничих процесів, інженерно-технічних та управлінських робіт. Вона включає

вирішення наступних функціональних завдань:

- Забезпечення технологічності конструкції виробу;
- Розробку ТП;
- Проектування та виготовлення засобів технологічного оснащення;
- Організацію та управління процесом ТПВ.

1.2 Сучасні методи дослідження ливарних процесів

Розвиток техніки ливарного виробництва спричинив створення систем автоматичних машин, автоматичних ліній та автоматичних комплексів машин для лиття. Елементом ливарної технології є те, що оброблюваний матеріал набуває певної конфігурації, і властивості під час переходу з рідкого стану в твердий. Умови перебігу переходу багато в чому визначають якість виробу — вилівки, і навіть продуктивність процесу, і, зрештою, ефективність виробництва. На основі знання закономірностей перебігу цих процесів необхідно створювати обладнання, що дозволяє в режимі реального часу керувати формуванням властивостей виливків. Подальше вдосконалення ливарної технології, створення дійсно автоматичних систем машин для виготовлення виливків повинні ґрунтуватися насамперед на управлінні процесом формування якісного вилівка. При підготовці технологічного процесу лиття металів виникає необхідність ухвалення рішень в умовах нестачі інформації про фізичну картину процесу. Це з проблемами аналізу явищ переносу (гідродинаміки, теплопередачі, фазових перетворень), які у умовах реального виробництва. Застосування систем, що дозволяють візуалізувати та зрозуміти природу процесу лиття, дає можливість значно вдосконалити процес проектування та виробництва виливків. При цьому заощаджуються найважливіші ресурси — метал, робочий час, електроенергія. Результатом використання прикладних пакетів візуалізації лиття є точне знання фізичних явищ, що протікають у сплаві, що дозволяє вносити необхідні корективи на стадії проектування, що значно знижує відсоток браку, допомагає підвищити якість продукції і одночасно знизити її собівартість [5].

Застосування наукомістких технологій, зокрема, систем комп'ютерного моделювання фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час формування виливка, дозволяє, з одного боку, переходити до виливків дедалі більш складної форми, використовуючи дедалі більшу номенклатуру сплавів, з іншого боку, скорочувати витрати на налагодження технології, замінюючи натурний експеримент обчислювальним.

Комп'ютерне моделювання та оптимізація ливарних технологій є важливим напрямком у розвитку програмних продуктів комп'ютерного інженерного аналізу - CAE - Computer Aided Engineering. Комп'ютерна програма дає можливість простежити, що відбувається при заповненні розплавом форми і надалі - при охолодженні та затвердінні металу. CAE-програми дозволяють знаходити дефекти різної природи у виливку на стадії проектування, використовувати різні модифікації в технології, порівнюючи очікувану якість виливка для запропонованих модифікацій та вибираючи оптимальний варіант технології та літничково-живильної системи. Сучасні програми комп'ютерного моделювання, засновані на фізичних теоріях теплових, дифузійних, гідродинамічних та деформаційних явищ здатні адекватно відобразити картину фізико-хімічних процесів, що відбуваються при заповненні рідким металом форми, кристалізації багатокомпонентного сплаву, відпалу тощо.

Використання прикладних CAD/CAE програм дозволяє суттєво спростити процес проектування ливарної технології.

Система автоматизованого проектування CAD забезпечує геометричне моделювання та візуалізацію виробів або їх деталей у двох чи трьох вимірах. До сучасної CAD-системи входять такі модулі: моделювання об'ємної конструкції; виготовлення та оформлення креслень; запровадження текстової конструкторської документації; наповнення технологічних карт. Засоби CAE у свою чергу дозволяють виконати різноманітні розрахунки напруги, деформацій, теплообміну, розподілу магнітного поля, потоку рідин та інших параметрів суцільних середовищ, а також технічних систем в цілому [6].

1.3 Моделювання виготовлення заготовки

Проведемо моделювання заповнення форми заготовки деталі "Корпус 71.18".

Розріз деталі по площині симетрії показує наявність в основі великого об'єму металу (див рис. 1.1).

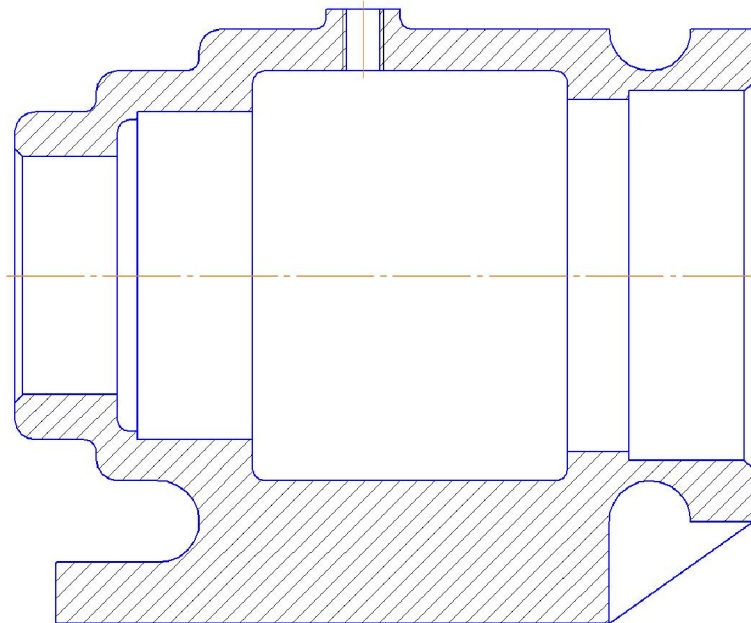


Рисунок 1.1 – Переріз деталі "Корпус"

Проведемо моделювання процесу утворення усадкових раковин.

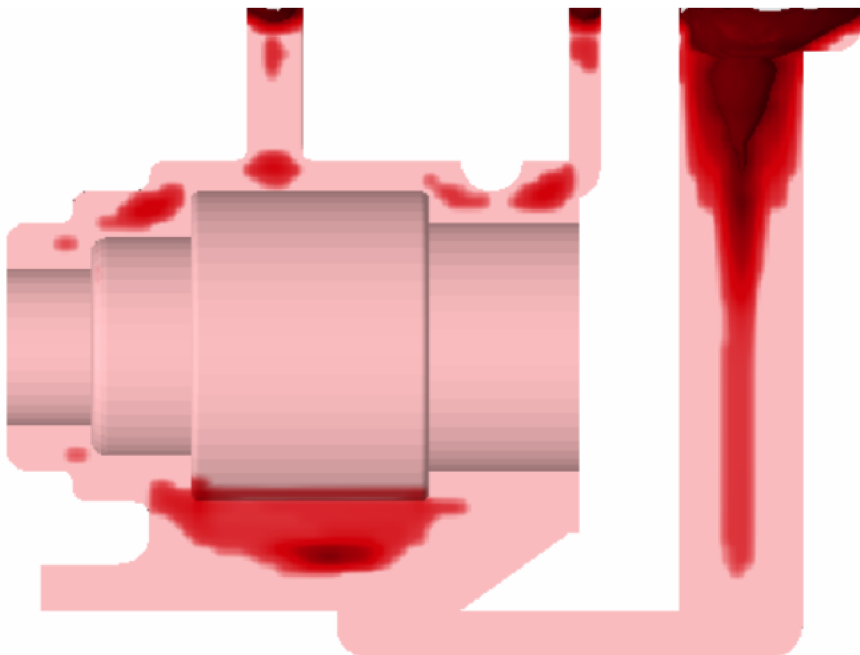


Рисунок 1.2 – Розподіл усадки по перерізу симетрії

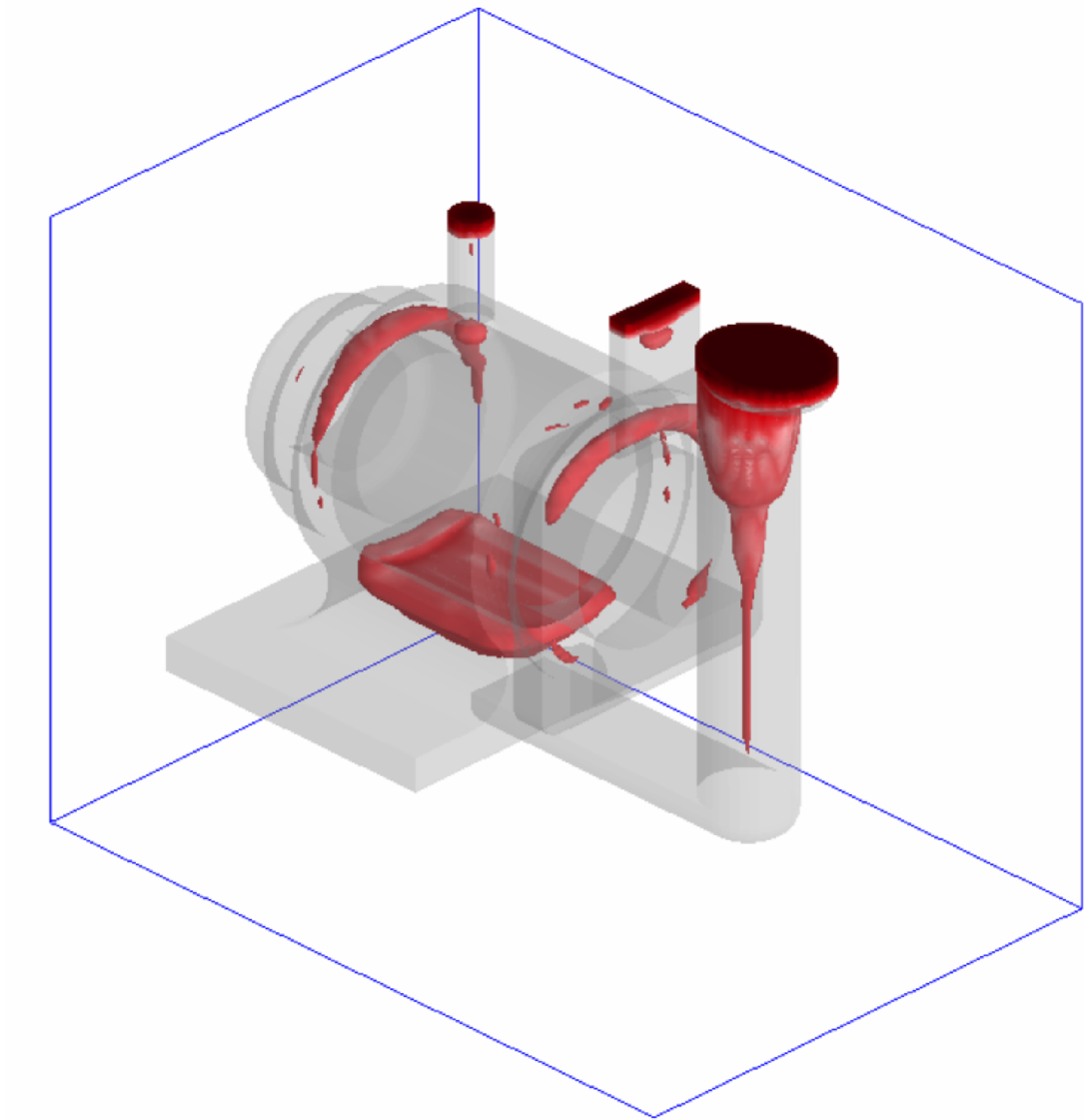


Рисунок 1.3 – Розподіл усадки по тілу заготовки

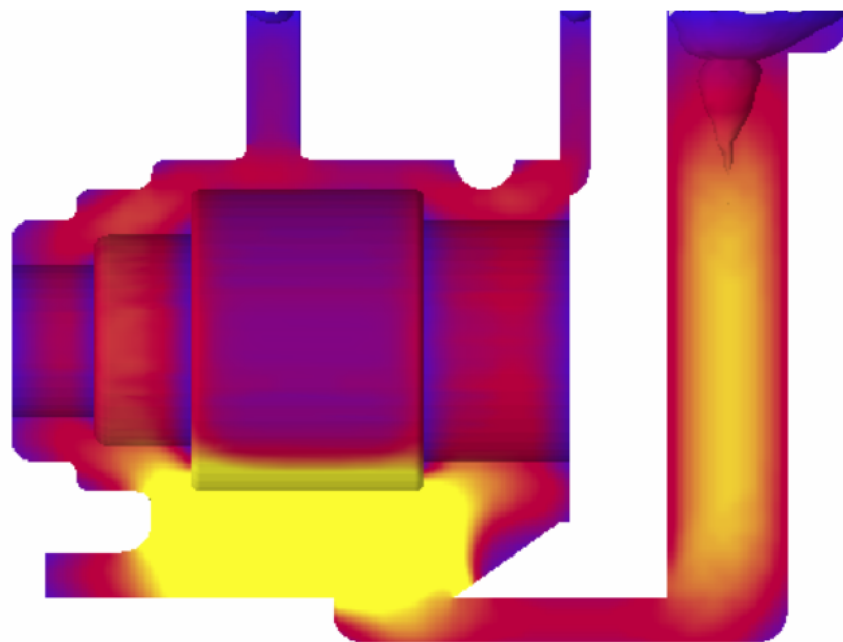


Рисунок 1.4 – Розподіл часу затвердіння матеріалу по тілу заготовки

Аналіз проведених розрахунків вказує на наявність "зайвого" матеріалу в деталі. Він спричинює великі температурні деформації, нерівномірність фазового переходу з рідкої в тверду фазу та сприяє утворенню усадкових раковин.

Як варіант вирішення даної проблеми запропоновано змінити форму порожнини діаметром $\varnothing 90$ (див рис. 1.5).

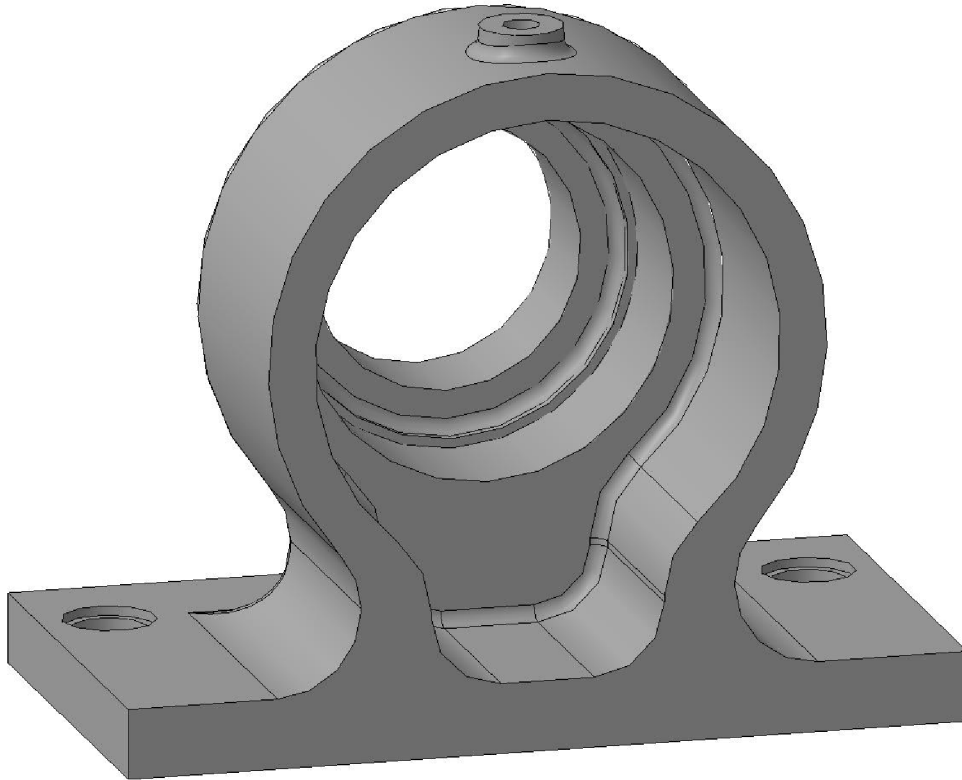


Рисунок 1.5 – Модернізована форма внутрішньої порожнини

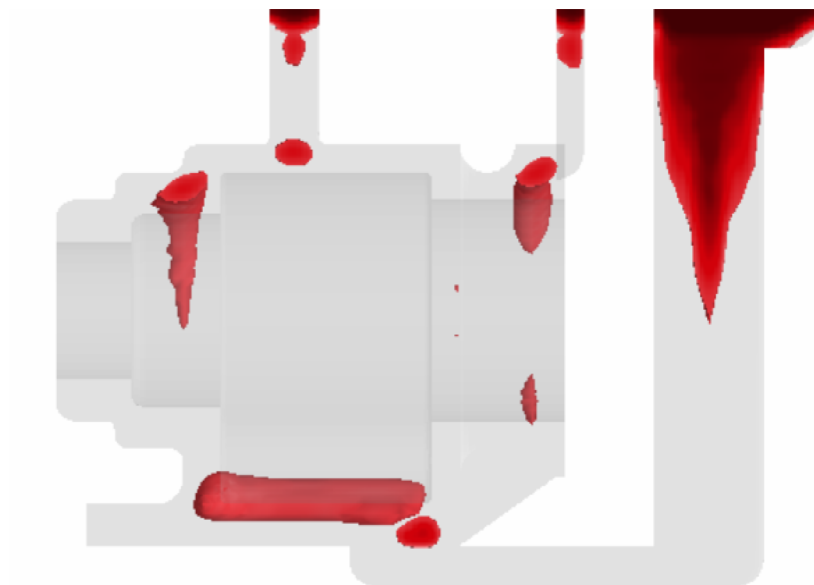


Рисунок 1.6 – Розподіл усадки по перерізу симетрії

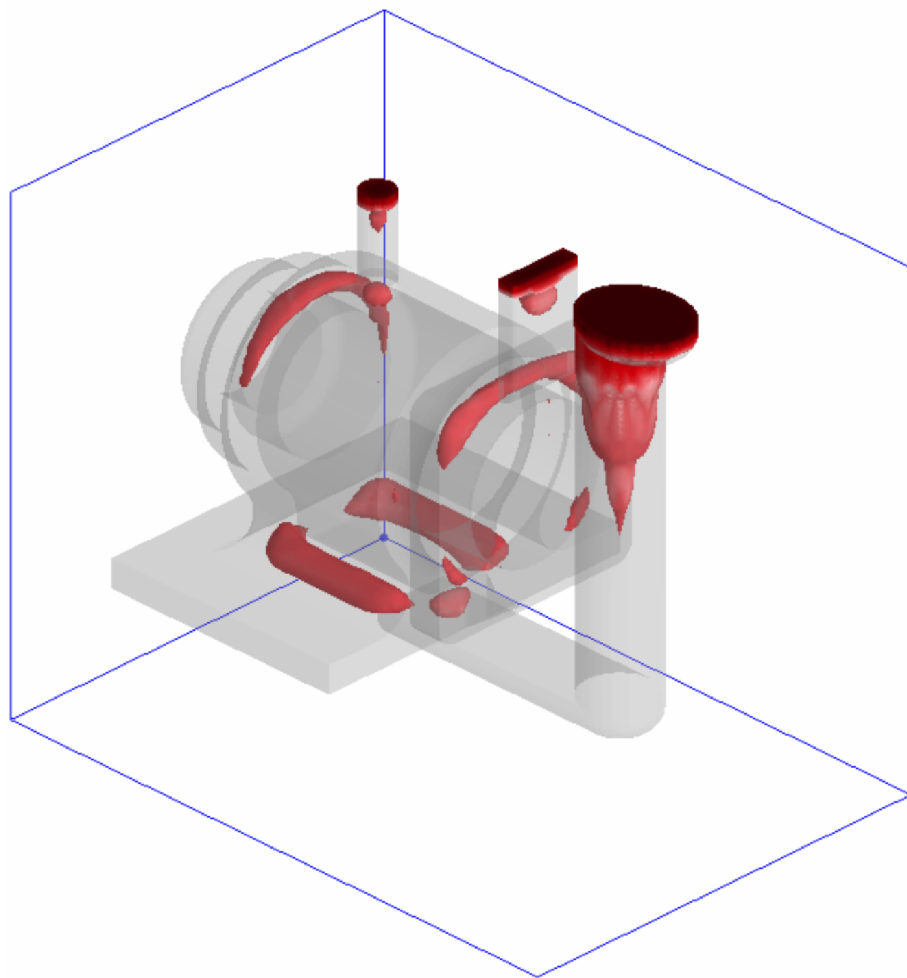


Рисунок 1.7 – Розподіл усадки по тілу модернізованої заготовки

Аналіз проведеного моделювання показав, що запропонована форма внутрішньої порожнини суттєво скоротила зону усадочних деформацій. Також скоротилась вага з 10,106 кг до 9,395 кг.

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі було проведено удосконалення форми заготовки деталі «Корпус 71.18». Проведено моделювання процесу заповнення піщано-глинистої форми з різними варіантами форми внутрішньої порожнини деталі. Також проведено аналіз утворення усадочних дефектів. За результатами аналізу проведеного моделювання обрано найбільш раціональний варіант з огляду якості заготовки та мінімізації маси виливка.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу виробництва та форми організації роботи

Визначаємо тип виробництва [7]:

Коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Початковими даними для визначення $K_{з.о.}$, маршрут механічної обробки і річна програма випуску деталі.

Встановлюємо найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Корпус 71.18”:

- розточування поверхні $\varnothing 90H8^{+0,054}$ попереднє (12 квалітет);
- розточування поверхні $\varnothing 90H8^{+0,054}$ попереднє (9 квалітет);
- розточування поверхні $\varnothing 90H8^{+0,054}$ попереднє (8 квалітет);
- розточування поверхні $\varnothing 80H8^{+0,046}$ попереднє (12 квалітет);
- розточування поверхні $\varnothing 80H8^{+0,046}$ попереднє (9 квалітет);
- розточування поверхні $\varnothing 80H8^{+0,046}$ попереднє (8 квалітет).

Визначаємо основний час механічної обробки $T_{осн.}$

Основний час $T_{осн}$ для чистового розточування розраховуємо за формулою:

$$T_o = 0,20 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} =, [\text{хв}] \quad (2.2)$$

де l, d – довжина та діаметр оброблюваної поверхні.

Розточування поверхні $\varnothing 90H8^{+0,054}$ попереднє

$$T_{оч1} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,459 \text{ (хв)}.$$

Розточування поверхні $\varnothing 90\text{H}8^{(+0,054)}$ попереднє

$$T_{оч2} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,486 \text{ (хв)}.$$

Розточування поверхні $\varnothing 90\text{H}8^{(+0,054)}$ остаточне

$$T_{оч3} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 90 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,54 \text{ (хв)}.$$

Розточування поверхні $\varnothing 80\text{H}8^{(+0,046)}$ попереднє

$$T_{оч4} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0,313 \text{ (хв)}.$$

Розточування поверхні $\varnothing 80\text{H}8^{(+0,046)}$ попереднє

$$T_{оч5} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 80 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0,331 \text{ (хв)}.$$

Розточування поверхні $\varnothing 80\text{H}8^{(+0,046)}$ остаточне

$$T_{оч6} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 80 \cdot 23 \cdot 10^{-3} = 0,368 \text{ (хв)}.$$

Попередньо приймаємо тип виробництва середньосерійний.

Визначено $T_{шт-к}$:

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_{к}, \text{ [хв]} \quad (2.3)$$

де φ_k – коефіцієнт,

T_0 – основний час, що витрачається на обробку відповідної поверхні.

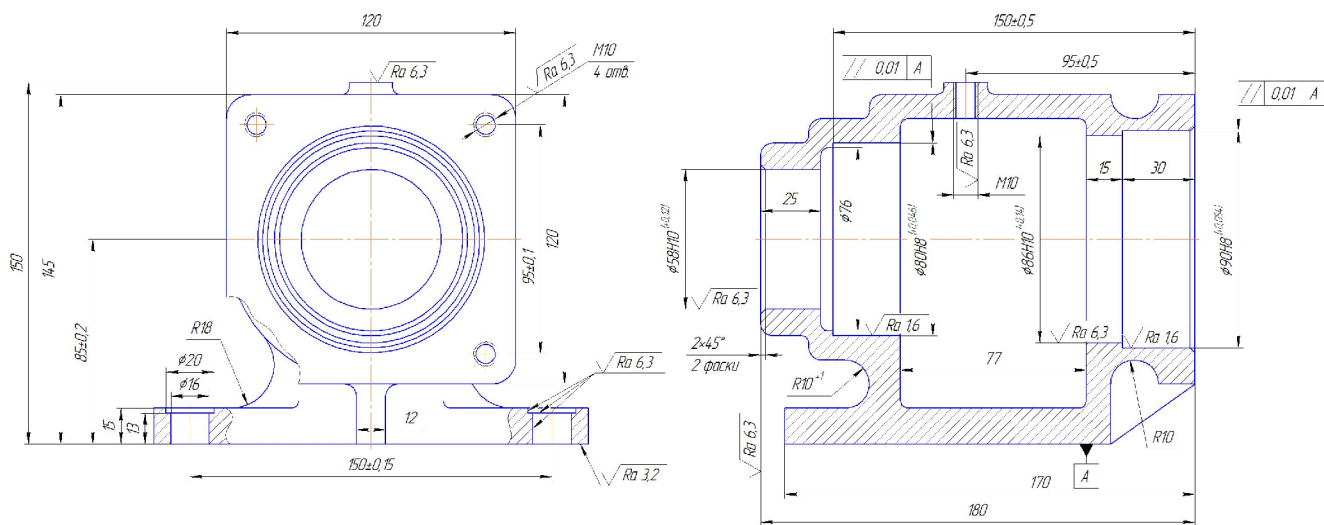


Рисунок 2.1 – Характерні поверхні деталі Корпус 71.18

Програма випуску деталі "Корпус 71.18" $N=7000$ шт, а маса деталі – 8,006 кг, тому попередньо приймаємо виробництво середньосерійне. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к1} = T_{осн1} \cdot \varphi_k = 0,459 \cdot 2,14 = 0,982 \text{ (хв.)}$$

$$T_{шт-к2} = T_{осн2} \cdot \varphi_k = 0,486 \cdot 2,14 = 1,04 \text{ (хв.)}$$

$$T_{шт-к3} = T_{осн3} \cdot \varphi_k = 0,54 \cdot 2,14 = 1,156 \text{ (хв.)}$$

$$T_{шт-к4} = T_{осн4} \cdot \varphi_k = 0,313 \cdot 2,14 = 0,67 \text{ (хв.)}$$

$$T_{шт-к5} = T_{осн5} \cdot \varphi_k = 0,331 \cdot 2,14 = 0,708 \text{ (хв.)}$$

$$T_{шт-к6} = T_{осн6} \cdot \varphi_k = 0,368 \cdot 2,14 = 0,787 \text{ (хв.)}$$

Для кожного переходу механічної обробки визначаємо кількість верстатів, необхідних для її виконання:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60 F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}, \text{ [шт]} \quad (2.4)$$

де $N = 7000$ шт. – річна програма випуску деталі ”Корпус 71.18”;

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год.);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт 3

авантаження обладнання (за умов серійного виробництва $\eta_{з.н.} = 0,75 \dots 0,85$).

Розраховуємо кількість верстатів:

$$C_{p1} = \frac{7000 \cdot 0,982}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,035 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p2} = \frac{7000 \cdot 1,04}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,037 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p3} = \frac{7000 \cdot 1,156}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,042 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p4} = \frac{7000 \cdot 0,67}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,024 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p5} = \frac{7000 \cdot 0,708}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,025 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p6} = \frac{7000 \cdot 0,787}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,028 \text{ (шт.)}$$

Для всіх переходів механічної обробки приймаємо кількість верстатів $P=1$.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.5)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на відповідному робочому місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.6)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

$$O_1 = \frac{0,8}{0,035} = 22,85;$$

$$O_2 = \frac{0,8}{0,037} = 21,62;$$

$$O_3 = \frac{0,8}{0,042} = 19,05;$$

$$O_4 = \frac{0,8}{0,024} = 33,33;$$

$$O_5 = \frac{0,8}{0,025} = 32;$$

$$O_6 = \frac{0,8}{0,028} = 28,57.$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях ΣO_i :

$$\Sigma O_i = 22,85 + 21,62 + 19,05 + 33,33 + 32 + 28,57 = 157,42.$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів: $\Sigma P = 6$.

Тоді коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ дорівнює:

$$K_{з.о.} = 157,42/6 = 26,24.$$

Остаточно приймаємо тип виробництва – середньосерійне.

Визначаємо форму організації роботи.

$$N_{\partial} = \frac{N}{255}, [\text{хв}] \quad (2.7)$$

де 255 кількість робочих днів в року;

$$N_{\partial} = \frac{7000}{255} = 27,45 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_{\partial} = 28$ шт.

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-ксер} \cdot \eta_3}, [\text{шт}] \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к.сер.}$ – середній штучно-калькуляційний час для всіх переходів, хв.;

F_{∂} – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\partial} = 952$ хв.),

η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.9)$$

де $T_{шт-к.}$ – штучно-калькуляційний час виконання і-го переходу, хв.;

$\sum n$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-ксер} = \frac{0,982 + 1,04 + 1,156 + 0,67 + 0,708 + 0,787}{6} = 0,891 \text{ (хв)},$$

$$Q_{\partial} = \frac{952}{0,891} \cdot 0,85 = 908,1 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $Q_{\partial} = 908$ шт.

За результатами розрахунків обираємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії:

$$n = \frac{N \cdot t}{255}, [\text{шт}] \quad (2.10)$$

де t – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (3 дні).

$$n = \frac{7000 \cdot 6}{254} = 165,3 \text{ (шт)}. \text{ Приймаємо } 165 \text{ шт.}$$

Кількість змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях.

$$C_{зм} = \frac{T_{шт-ксер} \cdot n}{476 \cdot \eta_3}, [\text{шт}] \quad (2.11)$$

$$C = \frac{0,891 \cdot 165}{476 \cdot 0,85} = 0,363 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $C_{зм. пр.} = 1$ зміна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску за прийнятою кількістю змін.

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot \eta_3 \cdot C_{зм. пр.}}{T_{шт-ксер}}, [\text{шт}] \quad (2.12)$$

$$n = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{0,891} = 454,1 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $n_{пр.} = 454$ (шт).

Отже тип виробництва – середньосерійне, форма організації роботи – групова, при цьому розмір мінімальної партії виробів складає 194 шт.

2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Якісний аналіз.

Деталь „Корпус 71.18” є однією із деталей навантажувача. Основне службове призначення деталі в обмеженні осьового і радіального переміщення підшипників, що встановлюються в отвори $\varnothing 90H8$ та $\varnothing 80H8$. Корпус 71.18 кріпиться за допомогою отворів $\varnothing 16$.

Основними конструкторськими базами деталі, є основа по базі А. Допоміжними конструкторськими базами є отвори $\varnothing 90H8$ та $\varnothing 80H8$. Кріпильними є отвори $\varnothing 16$. Більшість інших поверхонь деталі є вільними поверхнями.

До нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори M10 та заглиблення $\varnothing 20$.

Деталь має достатню жорсткість і може бути оброблена без застосування спеціальних інструментів.

Тип виробництва деталі „Корпус 71.18” середньосерійний, матеріал – СЧ15 ГОСТ 1412-85, тому як метод виготовлення заготовки вибираємо лиття. Цей метод забезпечить мінімальну механічну обробку та значну економію матеріалу.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.11)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{20 + 12 + 5 + 2 + 20}{24 + 18 + 5 + 2 + 24} = 0,808$$

Оскільки виконується умова $K_y \geq 0,6$ ($0,808 \geq 0,6$) деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,65} = 0,18.$$

Таблиця 2.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Розміри				
Лінійні	Діаметральні	Різьбові	Кутові	Шорсткість
180*	Ø120	M10* (4 розм)	45° (2 розм.)*	6,3 (20 пов.)*
180*	Ø100*	M10*		3,2 (2 пов.)*
170*	Ø90H8*			1,6 (2 пов.)*
160*	Ø86*			
150±0,5*	Ø80H8			
150±0,15*	Ø76			
150*	Ø58 ^{+0,12}			
145	Ø20 (4 розм.) *			
135	Ø16 (4 розм.)			
135	R18 (2 розм.)			
120*	R10* (2 розм.)			
95±0,1*				
95±0,5*				
85±0,2*				
85±0,15*				
77				
30*				
25*				
15*				
15*				
15*				
13*				
2 (2 фаски) *				
$\sum_{заг} = 24$	$\sum_{заг} = 18$	$\sum_{заг} = 5$	$\sum_{заг} = 2$	$\sum_{заг} = 24$
$\sum_{уніф} = 20$	$\sum_{уніф} = 12$	$\sum_{уніф} = 5$	$\sum_{уніф} = 2$	$\sum_{уніф} = 24$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{135,6}{24} = 5,65$$

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка $0,18 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$).

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 (Ø80Н8, Ø90Н8)	2	$1,6 \times 2 = 3,2$
3,2 (180, 150)	2	$3,2 \times 2 = 6,4$
6,3 (всі інші)	20	$6,3 \times 20 = 126$
Всього	24	135,6

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,31} = 0,919,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

Таблиця 2.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
8	Ø80Н8, Ø90Н8	2	$8 \times 2 = 16$
10	Ø86Н10, Ø58Н10	2	$10 \times 2 = 20$
11	$150 \pm 0,15$, $95 \pm 0,1$	2	$11 \times 2 = 22$
12	$85 \pm 0,2$	2	$12 \times 2 = 24$
14	всі інші	16	$14 \times 16 = 224$
Всього		24	306

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{306}{24} = 12,75.$$

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова

$0,918 > 0,8$ ($K_T > 0,8$).

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.

Дана деталь – Корпус 71.18 випускається в умовах середньосерійного виробництва, оскільки маса деталі 8,006 кг (легкі деталі масою до 10 кг), а програма випуску $N = 7000$ шт. (в межах 5000 – 50000 шт.).

Так як матеріал деталі Сталь 35Л, то методом виготовлення деталі є лиття, так як матеріал має добрі ливарні властивості.

Для виготовлення даної деталі обирає метод виготовлення – це лиття в піщано-глинисті форми з машинною формовкою [8].

Таблиця 2.4 – Вихідні дані лиття в піщано-глинисті форми(маш. формування)

Вихідні дані	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної	7т-11	8
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6	4
Ступінь точності поверхонь виливків	9-16	11
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=25мкм	
Клас точності маси виливків	5-13т	8
Ряд припусків на обробку виливків	4-7	5

Для прийнятого в розділі 1 варіанту форми виливка розраховуємо розміри виливка:

$$180 + 1,2 + 2,2 + 2,2 = 185,6 \text{ (мм);}$$

$$150 - 1,2 + 2,2 - 2,2 = 148,8 \text{ (мм);}$$

$$150 + 1,2 + 2,2 + 2,2 = 155,6 \text{ (мм)};$$

$$98 + 1,2 + 1,8 + 2,2 = 103,2 \text{ (мм)};$$

$$85 + 1,2 + 1,8 + 2,2 = 90,2 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 90 - 2 \cdot 2,2 = \varnothing 85,6 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 80 - 2 \cdot 2,2 = \varnothing 74,6 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 58 - 2 \cdot 1,8 = \varnothing 54,4 \text{ (мм)};$$

$$15 + 1,2 + 2,2 = 18,4 \text{ (мм)}.$$

Масу заготовки визначаємо методом створення 3d моделі.

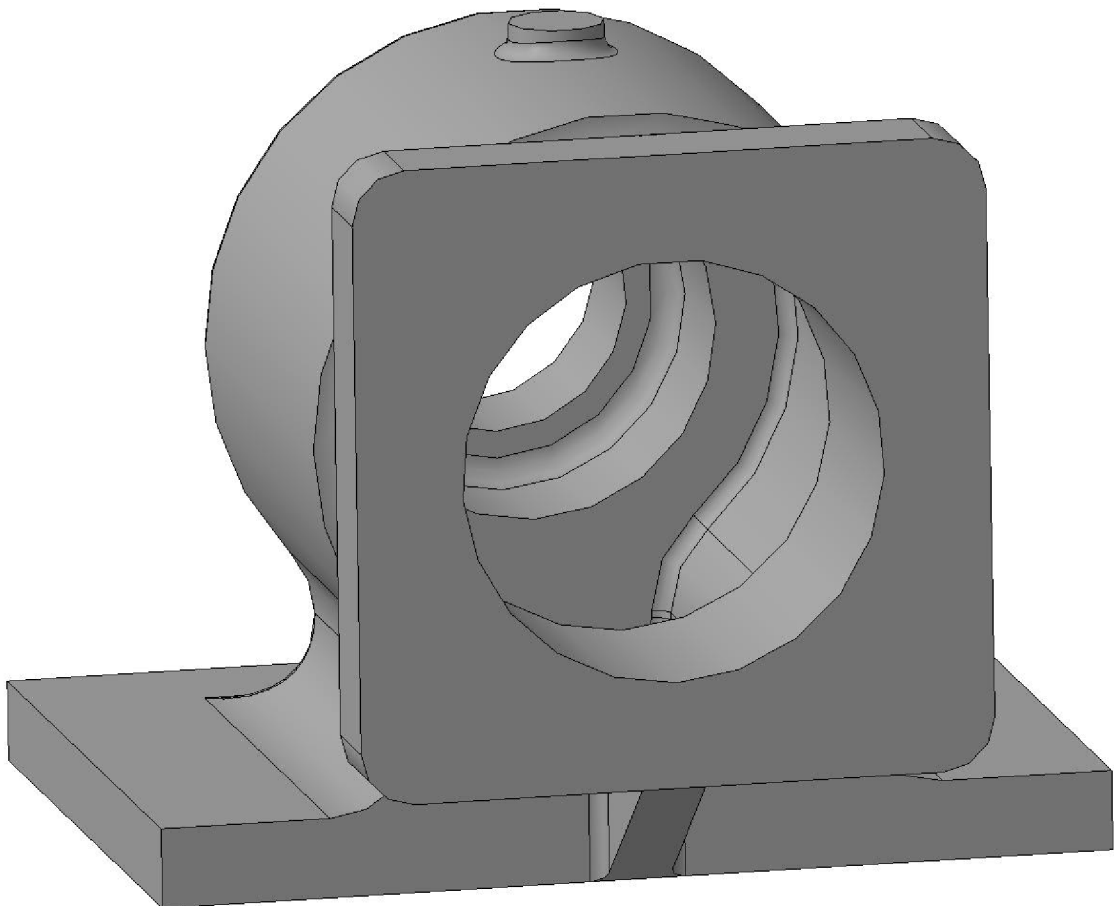


Рисунок 2.2 – Вилівок піщано-глиниста форма(машинне формування)

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

$$K_{Т.М.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}}. \quad (2.12)$$

При литті в піщано-глинисті форми (машинне формування) для всіх варіантів форми та розмірів заготовки:

$$K_{Т.М.1} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{8,582}{10,106} = 0,839;$$

$$K_{Т.М.3} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{8,347}{9,866} = 0,846;$$

$$K_{Т.М.2} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{8,006}{9,395} = 0,852.$$

За результатами розрахунків остаточно обираємо конфігурацію за варіантом 3. Зменшення ваги виливка за такою формою деталі складає 1,2%

2.4 Розробка маршруту механічної обробки

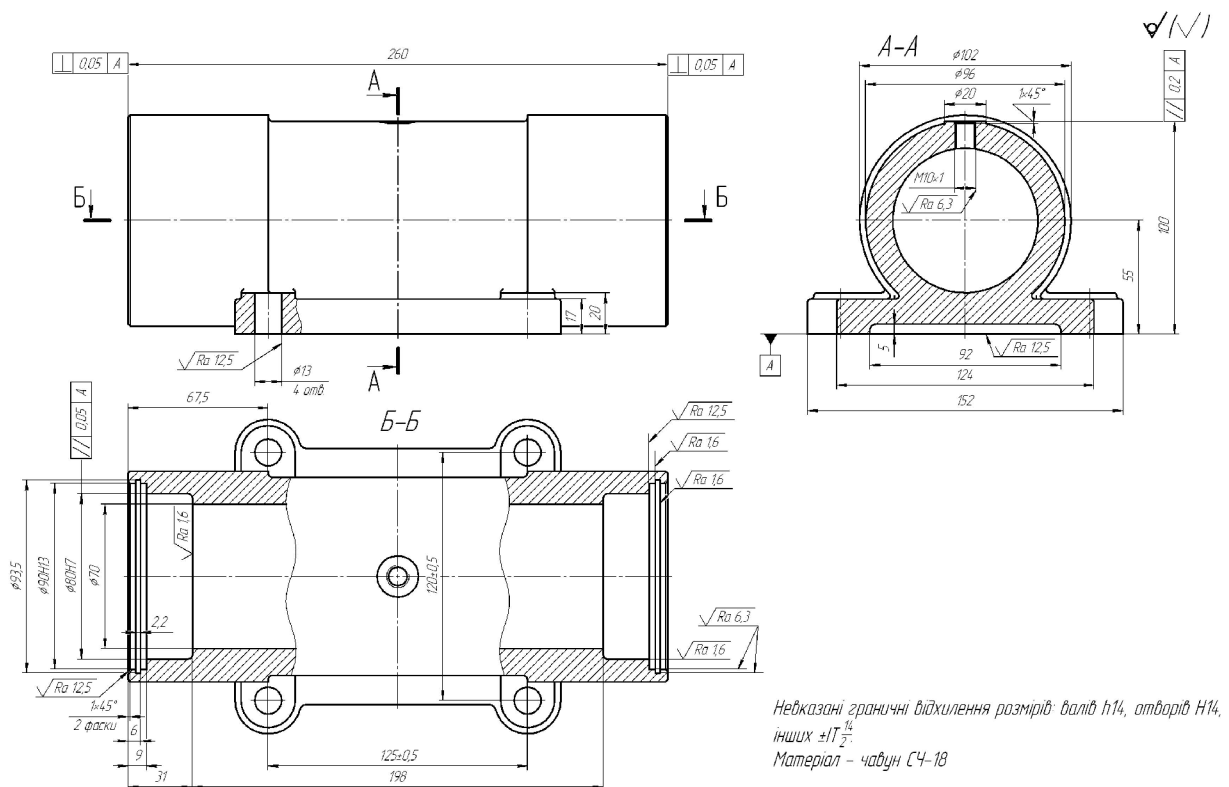


Рисунок 2.3 – Ескіз типової деталі типу "Корпус"

Задана деталь “Корпус 71.18” відноситься до класу фланців (рис. 2.3) [9]. Враховуючи те, що заготовка виготовляється в серійному виробництві, тому для підвищення продуктивності обробки бажано застосовувати верстати з ЧПК та багатоцільові верстати.

Після чистової обробки проводиться доводочні операції: розточування отворів, фрезерування торців отворів, цекування поверхонь. При фрезеруванні основи заготовка базується за класичною схемою базування.. Отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає $\pm 0,01$ мм.

Таблиця 2.5 – Маршрут механічної обробки типової деталі «Фланець»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати площину бобики $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різьбу M10×1-7H в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО (УПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

Фінішною операцією для типової деталі є розточування. Базування заготовки проводять по площині та двом пальцям (циліндричному та зрізаному).

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки отвору $\varnothing 90H8$.

Загальне уточнення [8]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}} \cdot [\text{мкм}] \quad (2.13)$$

Визначаємо загальне уточнення для розміру $\varnothing 90H8^{(+0,054)}$. При розрахунку враховуємо допуск заготовки на розмір при литті в піщано-глинясті форми. Допуск заготовки – 2200 мкм, допуск деталі – 54 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 2,2/0,054 = 40,74.$$

Приймаємо 43 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5, \varepsilon_2 = 3,5.$$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{40,74}{5 \cdot 4} = 2,04.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 2,2/5 = 0,44 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,44/4 = 0,11 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,11/2,04 = 0,054 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 13 квалітету точності, після другого – 10 квалітету, після третього – 8 квалітету.

Оскільки обробляється внутрішня циліндрична поверхня, то доцільно використати методи обробки – 3 переходи розточування.

Метод обробки і кількість ступенів механічної обробки інших поверхонь визначається аналогічно, а всі результати занесено до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Проміжне уточнення	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
$\varnothing 80H8$	$\varepsilon=2,2/0,54=40,74$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=2,04$	$T_3=2,2$ $T_1=0,44$ $T_2=0,054$	16 13 9 8	Розточування попер. Розточування попер. Розточування остаточ.
$\varnothing 86^{+0,14}$	$\varepsilon=2,2/0,14=15,1$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=3,143$	$T_3=2,2$ $T_1=0,44$ $T_2=0,14$	16 12 11	Розточування попер. Розточування остаточ.
$\varnothing 58^{+0,12}$	$\varepsilon=1,9/0,12=15,83$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=3,167$	$T_3=1,9$ $T_1=0,38$ $T_2=0,12$	16 12 11	Розточування попер. Розточування остаточ.

Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз.

Похибка базування на поверхні розміри яких утворюється за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю [10].

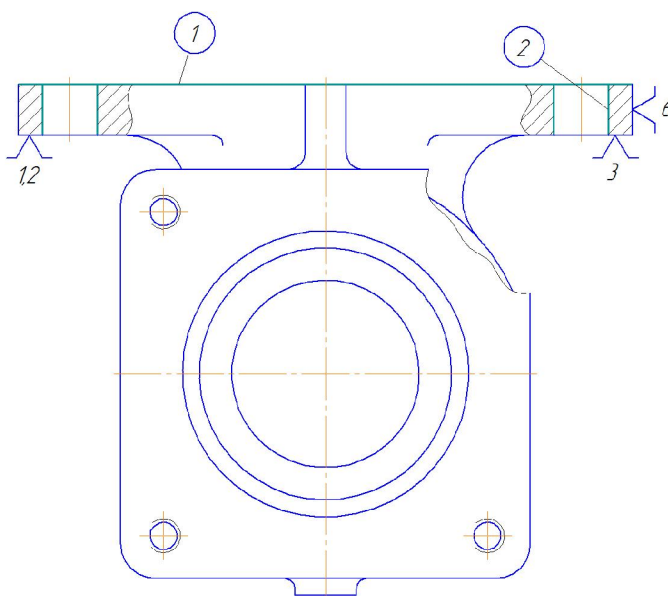


Рисунок 2.4 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

В якості чорнових баз на перших операції 005 використаємо схему базування на три площини.

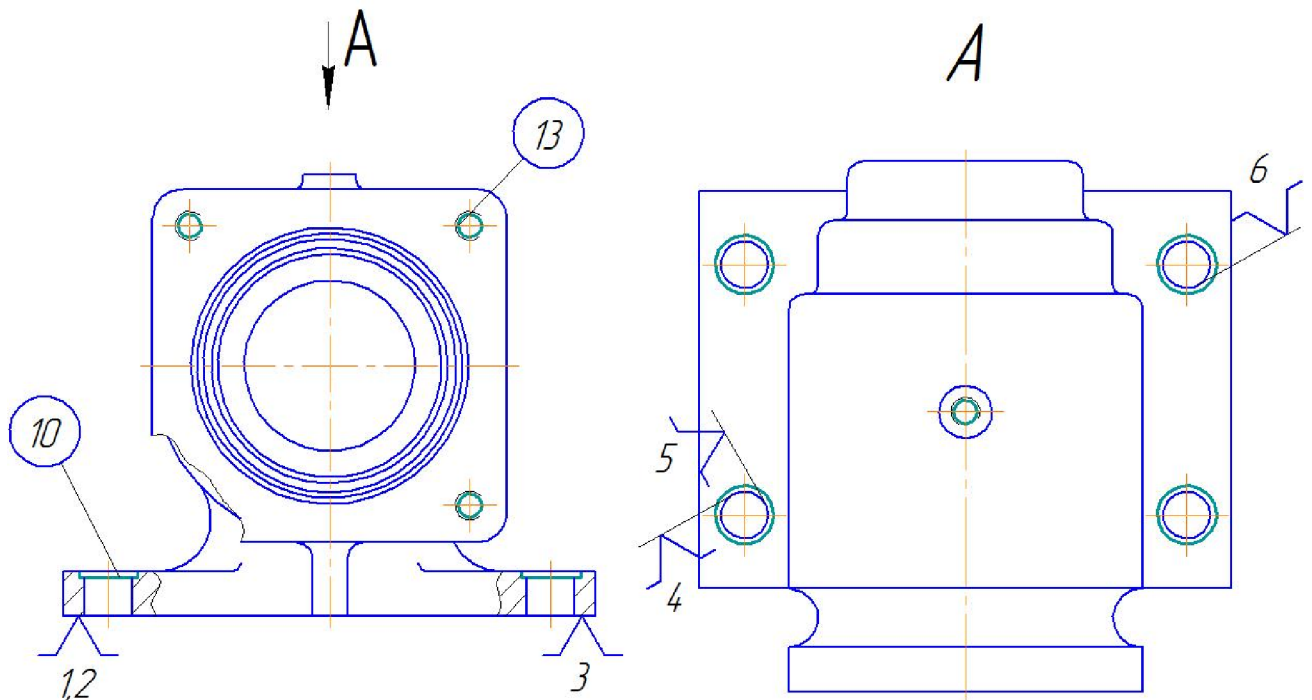


Рисунок 2.5 – Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

Визначимо похибки базування на оброблювані розміри на операції 010:

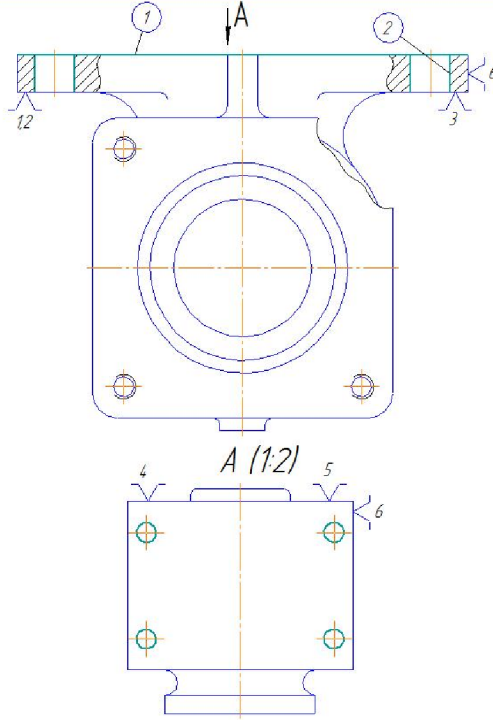
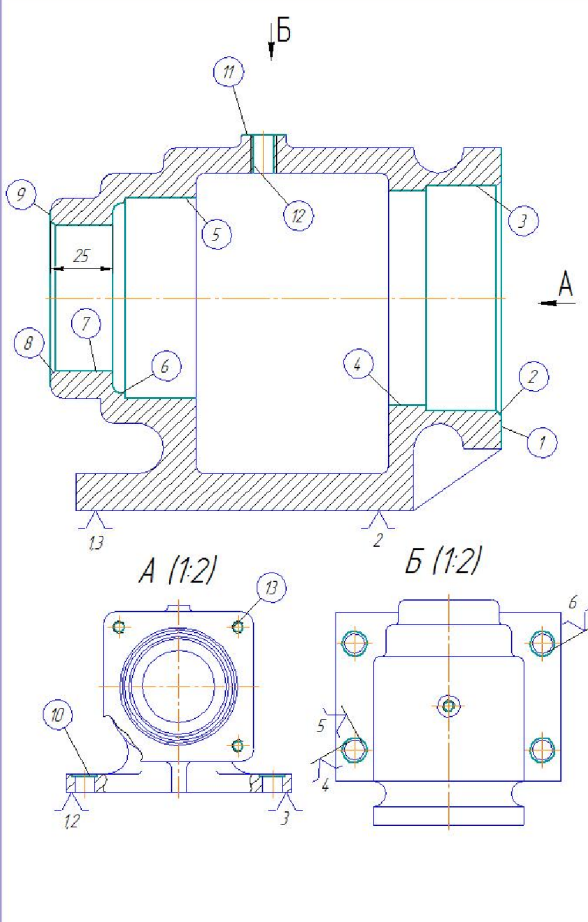
$$\varepsilon_{6180} = \varepsilon_{6150 \pm 0,5} = \varepsilon_{695 \pm 0,5} = \varepsilon_{62 \times 45} = \varepsilon_{610} = \varepsilon_{68} = 0 \text{ – обробка з одного установу;}$$

$$\varepsilon_{6150} = \varepsilon_{685 \pm 0,2} = \varepsilon_{613} = 0 \text{ – виконується принцип співпадання баз;}$$

$$\varepsilon_{6\varnothing 90} = \varepsilon_{6\varnothing 86} = \varepsilon_{6\varnothing 80} = \varepsilon_{6\varnothing 76} = \varepsilon_{6\varnothing 58} = \varepsilon_{6\varnothing 20} = \varepsilon_{6M10} = 0.$$

Базуючись на дані попередніх пунктів створимо маршрут механічної обробки деталі (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки деталі "Корпус 71.18"

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема базування	Обладнання
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір 3. Центрувати 4 отв. 2. 4. Свердлити 4 отв. 2. 5. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 6. Зняти деталь. 	<p style="text-align: center;">Схема базування</p> 	Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Повернути деталь на 90° 4. Фрезерувати пов. 11 однократно. 5. Повернути деталь на 90° 6. Фрезерувати пов. 9 попередньо. 7. Повернути деталь на 90° 8. Цекувати 4 поверхні 10. 9. Центрувати отвір 12. 10. Повернути деталь на 90° 11. Центрувати 4 отв. 13. 12. Свердлити 4 отв. 13. 13. Повернути деталь на 90° 14. Свердлити отвір 12. 15. Нарізати різь в отворі 12. 16. Повернути деталь на 90° 17. Нарізати різь в 4 отв. 13 18. Розточити отв. 3, отв. 4, отв. 5, отв. 7 попередньо та отв. 6 остаточно. 19. Розточити отв. 3, отв. 5 попередньо, отв. 4, отв. 7 остаточно, фаску 2 однократно. 20. Розточити отв. 3 та отв. 5 остаточно. 21. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 22. Повернути деталь на 180° 23. Розточити фаску 8 однократно. 24. Зняти деталь. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК SPINNER U4-620 з поворотним столом

2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів.

Призначаємо допуски на технологічні розміри згідно довідника [11].

Для заготовки приймаємо 16 квалітет точності.

Для деталі для кожного розміру приймаємо квалітет, що відповідає відповідному стану на кожному переході маршруту механічної обробки.

Таблиця 2.8 – Попередні допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
Допуск, мм	0,6	0,4	0,5	0,2	1,6

Технологічний розмір	Z_1	Z_2	Z_3
Допуск, мм	2,5	1,8	1,1

Прийняті допуски будемо використовувати для розрахунках технологічних розмірів. На першому етапі проведення розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу (рис. 2.6).

$$K_{1\max} = 150 \text{ (мм)}, K_{1\min} = 149 \text{ (мм)};$$

$$K_{2\max} = 85,2 \text{ (мм)}, K_{2\min} = 84,8 \text{ (мм)};$$

$$K_{3\max} = 15 \text{ (мм)}, K_{3\min} = 14,57 \text{ (мм)}.$$

$$K_{4\max} = 13 \text{ (мм)}, K_{4\min} = 12,57 \text{ (мм)}.$$

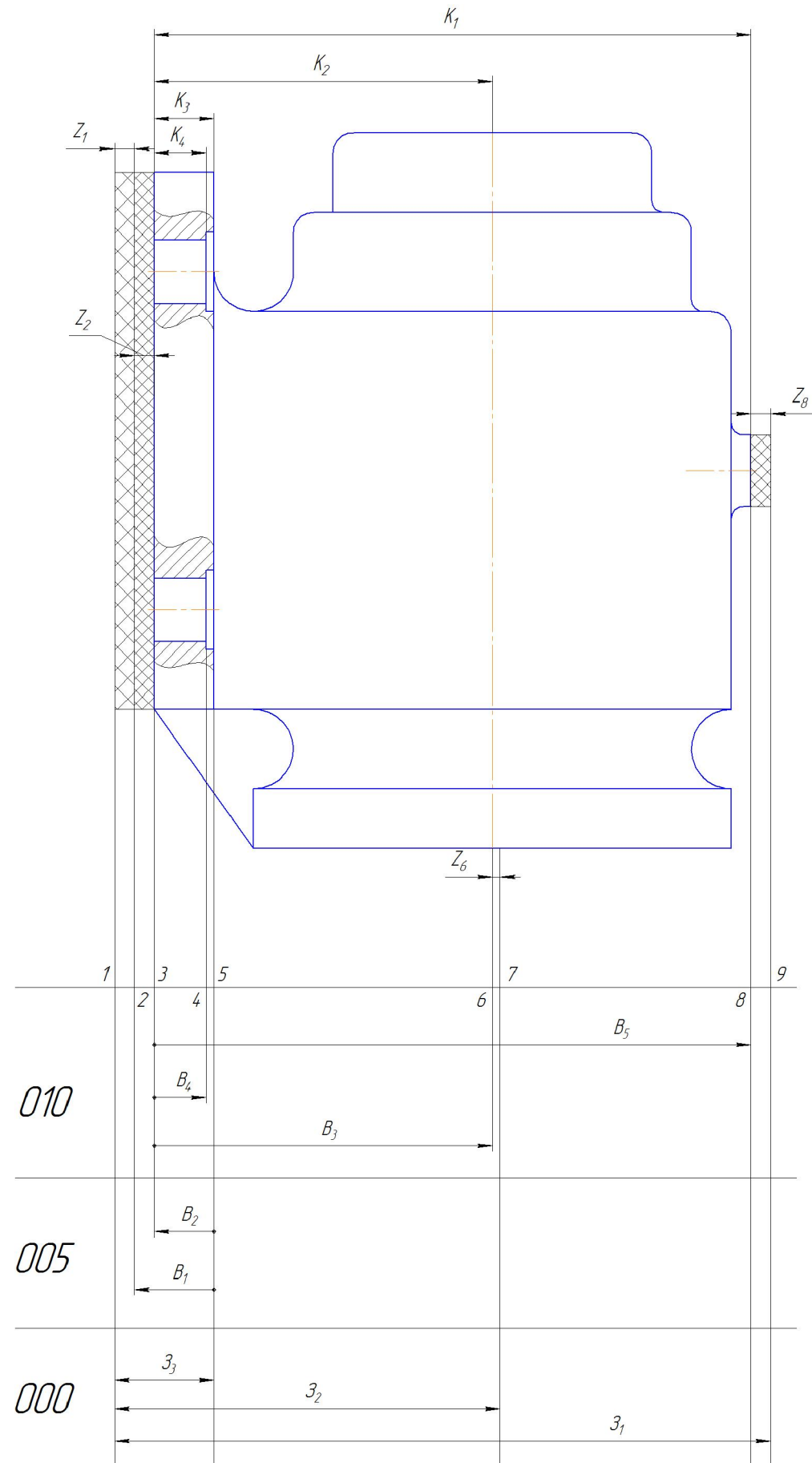


Рисунок 2.6 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф.

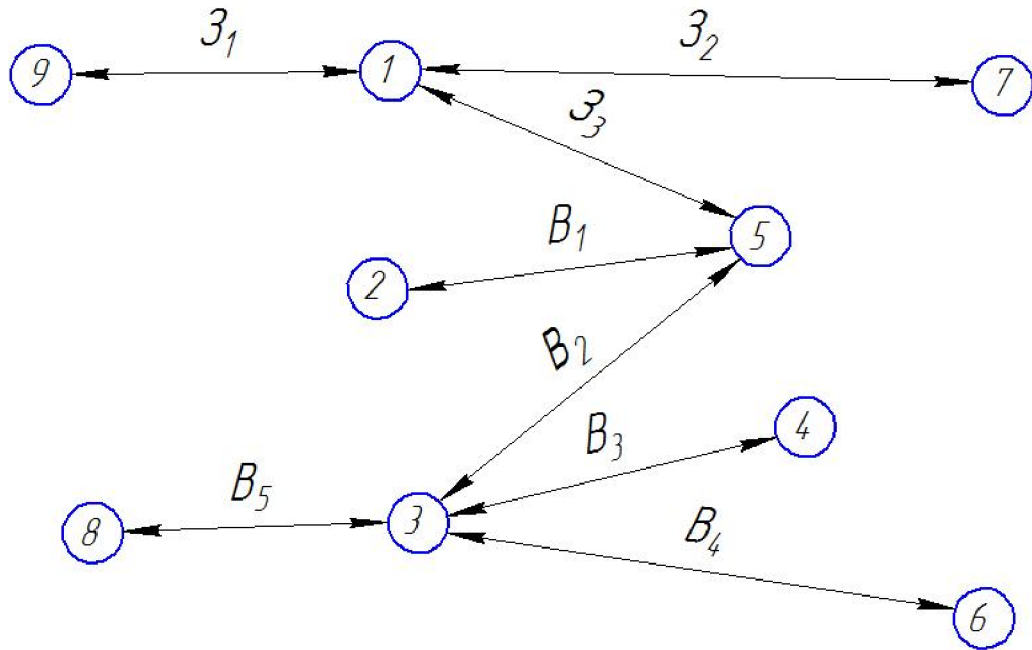


Рисунок 2.7 – Похідне граф-дерево

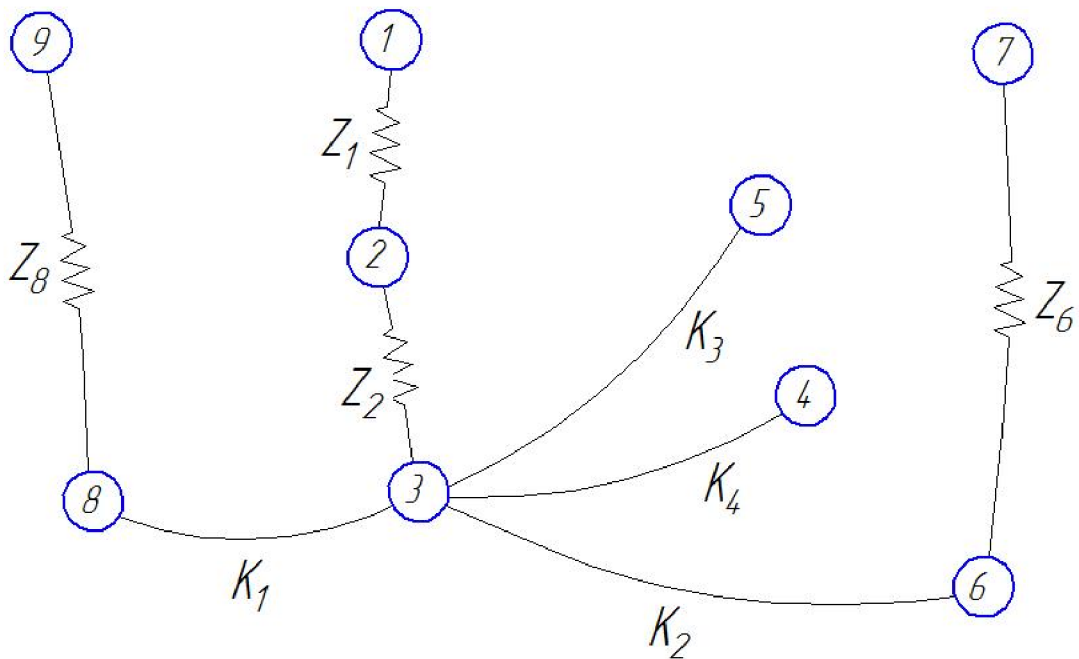


Рисунок 2.8 – Вихідне граф-дерево

Суміщений граф-дерево це графічне зображення технологічного процесу механічної обробки.

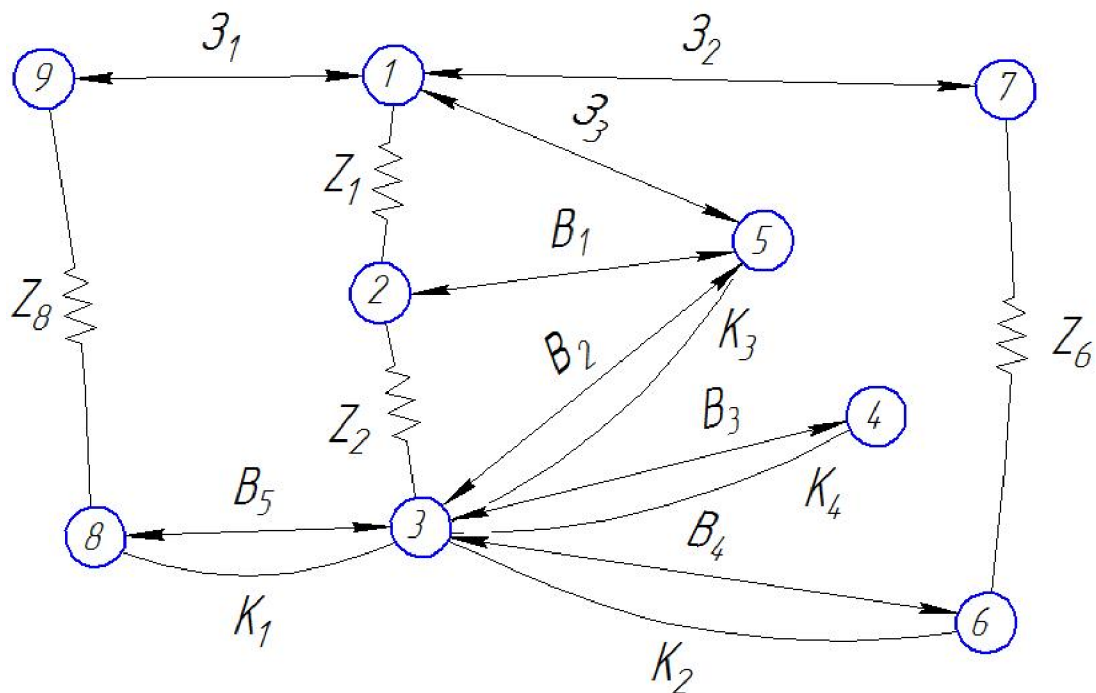


Рисунок 2.9 – Суміщене граф-дерево

Проміжні мінімальні припуски призначаємо нормативним способом.

$$Z_{1\min}=1,2 \text{ (мм)}; Z_{2\min}=0,8 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\min}=0,8 \text{ (мм)}; Z_{8\min}=1,2 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.9 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B_2 - K_3 = 0$	$B_2 = K_3$	B_2
2	$B_3 - K_4 = 0$	$B_3 = K_4$	B_3
3	$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_4$	B_4
4	$B_5 - K_1 = 0$	$B_5 = K_1$	B_5
5	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
6	$Z_3 - Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = Z_3 - B_1$	Z_3
7	$B_3 + Z_6 - Z_2 + Z_3 - B_2 = 0$	$Z_6 = -B_3 + Z_2 - Z_3 + B_2$	Z_6
8	$B_5 + Z_8 - Z_1 + Z_3 - B_2 = 0$	$Z_8 = -B_5 + Z_1 - Z_3 + B_2$	Z_8

Таблиця 2.10 – Технологічні розміри

Розмір, що визначається	Розрахунок
B_2	$B_2=K_3$ $B_2=15_{(-0,43)} \text{ (ММ)}$.
B_3	$B_3=K_2$ $B_3=85(\pm 0,02) \text{ (ММ)}$.
B_4	$B_4=K_4$ $B_4=13_{(-0,43)} \text{ (ММ)}$.
B_5	$B_5=K_1$ $B_5=150_{(-1)} \text{ (ММ)}$.
B_1	$Z_{2\min}=B_{1\min}-B_{2\max}$ $B_{1\min}=Z_{2\min}+B_{2\max}=0,8+15=15,8 \text{ (ММ)}$; $B_{1\max}=B_{1\min}+IT(B_1)=15,8+0,6=16,4 \text{ (ММ)}$; $B_1=16,4_{(-0,6)} \text{ (ММ)}$; $Z_{2\max}=B_{1\max}-B_{2\min}=16,4-14,57=1,83 \text{ (ММ)}$.
3_3	$Z_{1\min}=3_{3\min}-B_{1\max}$ $3_{3\min}=Z_{1\min}+B_{1\max}=1,2+16,4=17,6 \text{ (ММ)}$; $3_{3\max}=3_{3\min}+IT(3_3)=17,6+1,1=18,7 \text{ (ММ)}$; $3_3=18,7_{(-1,1)} \text{ (ММ)}$; $Z_{1\max}=3_{3\max}-B_{1\min}=18,7-15,8=2,9 \text{ (ММ)}$.
3_2	$Z_{6\min}=-B_{3\max}+3_{2\min}-3_{3\max}+B_{2\min}$ $3_{2\min}=B_{3\max}+3_{3\max}-B_{2\min}+Z_{6\min} =$ $=85,2+18,7-14,57+0,8=90,13 \text{ (ММ)}$; $3_{2\max}=3_{2\min}+IT(3_2)=90,13+1,8=91,83 \text{ (ММ)}$; $3_2=91,83_{(-1,8)} \text{ (ММ)}$ $Z_{6\max}=-B_{3\min}+3_{2\max}-3_{3\min}+B_{2\max} =$ $=-84,8+91,75-17,6+15=4,35 \text{ (ММ)}$.
3_1	$Z_{8\min}=-B_{5\max}+3_{1\min}-3_{3\max}+B_{2\min}$ $3_{1\min}=B_{5\max}+3_{3\max}-B_{2\min}+Z_{8\min} =$ $=150+18,7-15+1,2=154,9 \text{ (ММ)}$; $3_{1\max}=3_{1\min}+IT(3_1)=154,9+2,5=157,4 \text{ (ММ)}$; $3_1=157,4_{(-2,5)} \text{ (ММ)}$ $Z_{8\max}=-B_{5\min}+3_{1\max}-3_{3\min}+B_{2\max} =$ $=-149+157,4-17,6+15=5,8 \text{ (ММ)}$.

Таблиця 2.11 – Значення технологічних розмірів та розмірів заготовки

Технологічний розмір	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
	16,4	15	85	13	150
Допуск	0,6	0,43	0,04	0,43	1

Продовження таблиці 2.11

Технологічний розмір	З ₁	З ₂	З ₃
	157,4	91,83	18,7
Допуск	2,5	1,8	1,1

2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні Ø90H8

Приймаємо показники шорсткості та точності по переходам:

- для заготовки R_Z=150 мм, T = 250 мкм;
- попереднє розточування R_Z=T=120 мкм;
- попереднє розточування R_Z=T=60 мкм;
- чистове розточування R_Z=25 мм, T = 30 мкм ;

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{i\min}=2(R_{zi-1}+T_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}). \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

Сумарне значення просторових відхилень [10]:

$$\rho=\sqrt{\rho_{\text{жол}}^2+\rho_{\text{зм}}^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.15)$$

де ρ_{жол} – просторові відхилення спричинені жолобленням;

ρ_{зм} – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз. Для даної деталі відповідно:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 90)^2 + (0,7 \cdot 30)^2} = 66,41 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{зм}} = T_{30} = 0,12 \text{ (мм)};$$

$$\rho = \sqrt{66,41^2 + 120^2} = 137,15 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (2.16)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 137,15 = 8,2 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 8,2 = 0,4 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ [мкм]} \quad (2.17)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення (110 мкм).

Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 110 \text{ (мкм)}.$$

При попередньому розточуванні похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 110 \cdot 0,05 = 5 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + 250 + \sqrt{137,15^2 + 110^2}) = 2 \cdot 576 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(120 + 120 + \sqrt{8,2^2 + 5^2}) = 2 \cdot 250 \text{ (мкм)}.$$

чистове розточування:

$$2Z_{3\min} = 2(60 + 60 + 0,4) = 2 \cdot 120 \text{ (мкм)}.$$

При чистовому розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 90,054 \text{ (мм)}.$$

Наступні розміри отримуємо послідовним віднімання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

для попереднього розточування:

$$d_2 = 90,054 - 2 \cdot 0,120 = 89,814 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_1 = 89,814 - 2 \cdot 0,25 = 89,314 \text{ (мм)}.$$

для заготовки:

$$d_{\text{зар}} = 89,314 - 2 \cdot 0,576 = 88,162 \text{ (мм)}.$$

Найменші граничні розміри:

$$d_{\min 3} = 90,054 - 0,054 = 90 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 2} = 89,81 - 0,14 = 89,67 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 1} = 89,31 - 0,54 = 88,77 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ зар}} = 88,2 - 2,2 = 86 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків Z_{\max}^{ep} :

для чистового розточування:

$$2Z_{\min 3} = 90,054 - 89,81 = 0,244 \text{ мм} = 244 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 90 - 89,67 = 0,33 \text{ мм} = 330 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 89,81 - 89,31 = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 89,67 - 88,77 = 0,9 \text{ мм} = 900 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 89,31 - 88,2 = 1,11 \text{ мм} = 1110 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 88,77 - 86 = 2,77 \text{ мм} = 2770 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у нижній частині таблиці.

$$2Z_{0\min} = 1110 + 500 + 244 = 1854 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 2770 + 900 + 330 = 4000 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.12

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,33 - 0,244 = 0,086 \text{ (мм)};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,14 - 0,054 = 0,086 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ (мм)};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,54 - 0,14 = 0,4 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 2,77 - 1,11 = 1,66 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 2,2 - 0,54 = 1,66 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.12 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 90H8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 90$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, мм d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	137,15			88,162	2,2	86	88,2		
Розточув. попереднє	120	120	8,2	110	2·576	89,314	0,54	88,77	89,31	1,11	2,77
Розточув. попереднє	60	60	0,4	5	2·250	89,814	0,14	89,67	89,81	0,5	0,9
Розточув. остаточне	25	30	-		2·120	90,054	0,054	90	90,054	0,244	0,33
Ітого										1,854	4

Таблиця 2.13 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні розміром $\varnothing 80H8$

Поверхні	Припуск $2Z_{\min}$	Розрахункові розміри	Допуск, мм	Проміжні розміри, мм
$\varnothing 80H8$				
Заготовка	-	78,156	1,9	$\varnothing 78,16_{-1,9}$
Розточування попереднє	1,15	79,306	0,46	$\varnothing 79,61_{-0,46}$
Розточування попереднє	0,5	79,806	0,12	$\varnothing 79,81_{-0,12}$
Розточування остаточне	0,24	80,046	0,046	$\varnothing 80H8$

2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для розточування внутрішньої поверхні та свердління отвору.

Операція 010. Багатоцільова з ЧПК

Модель верстата – SPINNER U4-620

Розрахунок режимів різання для розточування отвору $\varnothing 80\text{H8}$.

Ріжучий інструмент: Різець розточний ВК8.

Глибину різання:

$$t = (D-d)/2 = (89,67-88,77)/2 = 0,45 \text{ (мм)}.$$

Для різців Т15К6 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [8]. Приймаємо $S=0,35$ мм/об.

Період стійкості різців $T=90$ хв. Допустиме зношення $h_3=0,9-1,5$ мм;

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}} = 170$ м/хв [8]. Матеріал без корки $K_{\text{nv}}=1$; матеріал різців Т15К6, $K_{\text{uv}}=1$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} = 170 \cdot 1 \cdot 0,85 = 144,5 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 144,5 / 3,14 \cdot 88,77 = 518,41 \text{ (об/хв)}.$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо $n = 520$ (об/хв).

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 88,77 \cdot 520 / 1000 = 144,94 \text{ (м/хв)}.$$

Потужність різання при заданій точності складає $N_{\text{таб}}=1,3$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_B = N_{дв} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,4 \text{ (кВт)}; N_{різ} < N_B.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = l_{р.х} \cdot i / n \cdot s = 33 \cdot 1 / (520 \cdot 0,35) = 0,18 \text{ (хв.)},$$

де $l_{р.х} = l_g + y + \Delta = 30 + 3 + 0 = 33 \text{ (мм)}$.

Розрахунок режимів різання для свердління чотирьох отворів $\varnothing 8,5$.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне ГОСТ 10903-77.

Визначення припуску на обробку:

$$t = 8,5 / 2 = 2,25 \text{ (мм)}.$$

Визначення подачі: для НВ < 229. Глибина свердління: $l/d = 10/4 < 3$ $K_1 = 1,0$.

$$S_0 = S_{таб} \cdot K_{1s} = 0,38 \cdot 1,0 = 0,38 \text{ (мм/об)}.$$

Корегуючи по паспорту верстата, приймаємо $S_0 = 0,4 \text{ мм/об}$.

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 2 інструмента, $T = 25 \text{ хв}$.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3 - 0,45 \text{ мм}$.

Визначаємо швидкість різання. Допустиму ріжучими властивостями інструмента, $V_{таб} = 14,6 \text{ м/хв.}$, $K_{1v} = 0,8$ [8]:

$$V = V_{таб} \cdot K_{1v} = 14,6 \cdot 0,8 = 11,68 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,68}{3,14 \cdot 8,5} = 437 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Тоді $n_{\text{пр}} = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8,5 \cdot 400}{1000} = 10,676 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо потужність різання – $N_{\text{таб}}=0,19$ (кВт).

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ (кВт)}; \quad N_{\text{в}} > N_{\text{таб}};$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складає:

$$t = L / s \cdot n = 12 / 0,4 \cdot 400 = 0,08 \text{ (хв.)},$$

де $L = l_{\text{н}} + l_{\text{н}} + l_{\text{р}} = 2 + 0 + 10 = 12$ (мм).

для 4-и отворів

$$T = t \cdot 4 = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ (хв)}.$$

Оптимізація на ЕОМ режимів різання на поверхні чистового точіння $\varnothing 80\text{H}8$ здійснюємо за допомогою електронної програми.

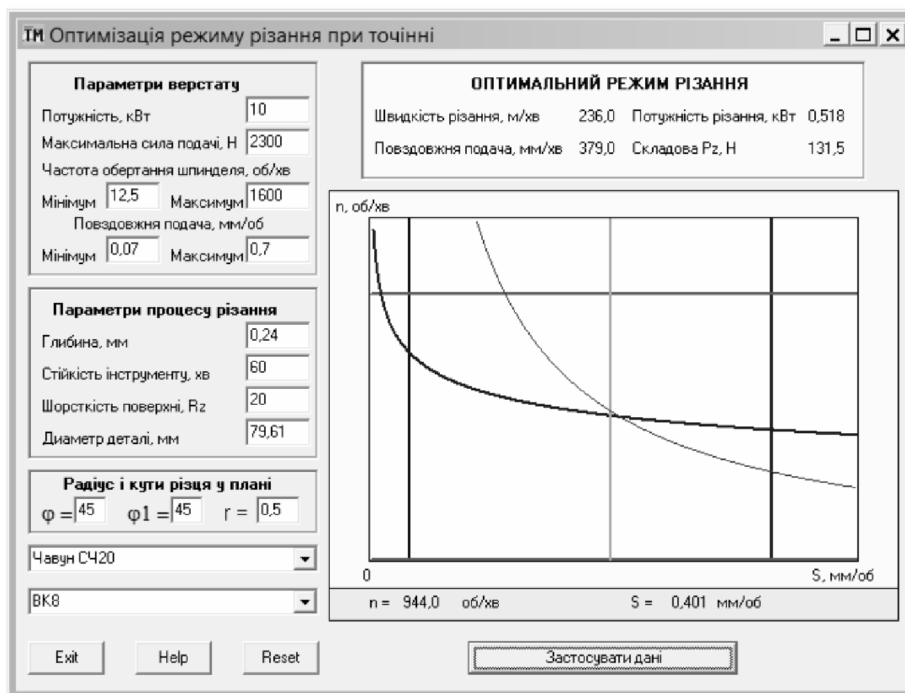


Рисунок 2.11 – Оптимізація режимів різання для чистового точіння $\varnothing 80H8$

Таблиця 2.14 – Режими різання Операція 005 - Фрезерна з ЧПК

Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	S _{хв} , мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2 Фрезерувати пов. 1 попередньо	0,8	0,2	72,8	364	120,5
3 Центрувати 4 отв. 2	0,4	0,3	113,4	378	76,4
4 Свердлити 4 отв. 2.	8	0,2	82,4	412	90,7
5 Фрезерувати пов. 1 остаточно.	0,4	0,25	109	436	150,1

2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Визначасмо основний технологічний час (фрезерування поверхні):

$$t_o = T_o = 6 \cdot l \cdot 10^{-3}, [\text{хв}] \quad (2.18)$$

Для другого переходу маршруту механічної обробки операції 005, маємо:

$$T_{o2} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 532 \cdot 10^{-3} = 3,192 \text{ (хв.)}.$$

Основний час для операції 005:

$$\begin{aligned} T_o &= 6 \cdot 1 + 4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot 1 + 4 \cdot 0,52 \cdot d \cdot 1 + 4 \cdot 1 = \\ &= (6 \cdot 532 + 4 \cdot 0,52 \cdot 2 \cdot 2 + 4 \cdot 0,52 \cdot 16 \cdot 20 + 4 \cdot 532) \cdot 10^{-3} = 5,973 \text{ (хв.)}; \end{aligned}$$

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_e + T_{об} + T_{от} \text{ [хв.]}, \quad (2.19)$$

де T_e – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_e = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{из} \text{ [хв.]}, \quad (2.20)$$

де $T_{y.c}$ – час на установку і зняття деталі, що рівний 0,25 хв.;

$T_{z.o}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, що рівний 0,4 хв.;

$T_{из}$ – час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

Тоді

$$T_e = 0,25 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 0,95 \text{ (хв.)};$$

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (5,973 + 0,95) = 0,485 \text{ (хв.)};$$

$T_{от}$ – час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{om} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (5,973 + 0,95) = 0,346 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 5,973 + 0,95 + 0,485 + 0,346 = 7,754 \text{ (хв.)};$$

Час виконання операцій називається штучно-калькуляційним і визначається:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n} \text{ [хв.]}, \quad (2.21)$$

де $T_{шт}$ – штучний час, хв.;

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

$$T_{п-з} = 12 + 3 + 1 + 2 + 2 + 3 + 8 = 26 \text{ (хв.)};$$

n – кількість деталей в партії, шт.;

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \text{ [шт.]}, \quad (2.22)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 7000$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 3$ дні;

Φ – кількість робочих днів в році, $\Phi = 252$ дні;

Тоді

$$n = \frac{7000 \cdot 3}{252} = 83,33 = 83 \text{ (шт.)};$$

$$T_{шт-к} = 26 / 83 + 7,754 = 8,067 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.15 – Норми штучно-калькуляційного часу

Номер і найменування операції	T_o ,	T_{σ} , хв			$T_{об}$,	$T_{от}$,	$T_{шт}$,	T_{n-3} ,	n	$T_{шт-к}$,
	хв	$T_{y.c} + T_{z.o}$	$T_{y.n}$	$T_{из}$	хв	хв	хв	хв		хв
Фрезерна з ЧПК	5,973	0,45	0,4	0,1	0,485	0,346	7,754	26	83	8,067
Багатоцільбова з ЧПК	6,532	0,45	0,4	0,1	0,524	0,374	8,38	26	83	8,693

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 8,067 + 8,693 = 16,76 \text{ (хв.)}$$

2.9 Висновок до розділу 2

В розділі було проведено аналіз конструкції та технологічності деталі. Також розроблено маршрут механічної обробки деталі «Кришка 12-04». В результаті удосконалення базового маршруту механічної обробки типовою деталі «Корпус» та використання високоефективних верстатів з ЧПК кількість операцій зменшилась до 2 операції. Для всіх поверхонь, що обробляються, були призначенні режими різання та визначено норми часу на всі переходи механічної обробки.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Розробка технічного завдання на пристосування

Назва та галузь застосування

Пристосування спеціальне для верстата моделі SPINNER U4-620 з поворотним столом. Операція 010, Багатоцільова з ЧПК.

Пристосування повинно забезпечувати вимоги до точності деталі, що вказані в розділі “Технічні вимоги”.

Пристосування повинно відповідати умовам безпечної роботи, передбаченими ГОСТ12.2.029-77.

Експлуатація пристосування в закритому приміщенні.

Підстави для розробки і назва проектуючої організації

Розробку пристосування вести на підставі завдання до дипломного проекту, складеного і затвердженого кафедрою “Технологій та автоматизації машинобудування”.

Мета і призначення розробки

Метою даного розділу МКР є розробка конструкції спеціального пристосування для виконання операції на верстаті моделі SPINNER U4-620 відповідно технічним вимогам даного ТЗ та оформлення складального і монтажного креслення пристосування для виконання операції.

Джерела розробки

- Дійсне ТЗ на проектування;
- Єдина система конструкторської і технологічної документації;
- Загальні правила по розробці технологічних процесів і вибір засобів технологічної оснастки згідно ГОСТ 14.301-83;
- Правила вибору технологічної оснастки;
- Атласи вибору конструкції пристосувань.

Технічні вимоги

Конструкція пристосування повинна бути простою, надійною, зручною в

експлуатації і забезпечувати можливість візуального контролю роботи основних вузлів. Габарити пристосування повинні відповідати розмірам стола верстата моделі SPINNER U4-620, забезпечувати вільне позиціонування інструмента. Монтаж і кріплення пристосування на столі верстата повинен здійснюватися легко і швидко. Монтаж і кріплення пристосування на столі верстата здійснюється за допомогою гвинтів M12.

Конструкція пристосування повинна забезпечувати можливість наладки на розмір безпосередньо на верстаті. Повинно забезпечуватись вільне видалення стружки.

Технічні вимоги на деталь вказані в робочому кресленні, що додається до даного ТЗ. Основними документами на проектування є креслення деталі, операційна карта або креслення заготовки.

Пристосування обслуговується верстатником четвертого розряду.

– Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

З метою підвищення надійності і економічності пристосування необхідно забезпечити комплектацію стандартними, установочними і затискними елементами. Рівень стандартизації і уніфікації конструкції повинен бути не менше 80%.

– Вимоги до забезпеченості використання пристосування

Зовнішні елементи конструкції пристосування не повинні мати поверхні з нерівностями, які представляють джерело небезпеки. Радіуси заокруглень, розміри фасок зовнішніх поверхонь повинні бути не менше 1 мм. Конструкція пристосування повинна передбачати безпечність встановлення і знімання заготовки, яка ліквідує можливість їх самовільного падіння з опор.

Максимальний габаритний зазор для встановлення заготовок з метою виключення защемлення рук робітника не повинна перевищувати 5 мм. Висота від рівня підлоги до органів керування повинна бути не менше 1000 мм і не більше 1600 мм.

– Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту

Пристосування фарбувати емаллю ПФ методом пневморозпилювання, колір згідно вимог ТУ. Експлуатувати пристосування в закритому приміщенні. Технічне

обслуговування і ремонт здійснювати згідно правил ППР. Кінцеву підналадку і регулювання виконати після обробки пробних заготовок.

– Вимоги до транспортування і збереження

Конструкція пристосування повинна забезпечувати надійність, зручність в обслуговуванні і відповідати вимогам по охороні праці при транспортуванні і встановленні пристосування на верстаті або стелажі. Пристосування зберігати на стелажах, які забезпечують всі вимоги по транспортуванню і зберіганню. Місце зберігання спеціальне приміщення, яке опалюється.

До економічних показників входять:

термін окупності – 3 років;

лімітна ціна – 1200 грн.;

економічна перевага в порівнянні з іншими.

Вихідні дані для пристосування:

– креслення деталі “Корпус 71.18”;

– річний об’єм випуску деталей $N_p=7000$ шт.

– маса деталі $m=8,006$ кг.

– матеріал деталі СЧ15.

3.2 Розробка і вибір схеми базування і закріплення заготовки

При повному базуванні заготовку необхідно лишити 6-ти ступенів вільності. Сила затиску забезпечує контакт із заготовкою і надає їй нерухомість.

Для деталі "Корпус" на операції 010 заготовку базуємо по обробленим поверхням. В якості установчої бази приймаємо центрові отвори. Опорною поверхнею є основа деталі (база А).

Єдиним варіантом базування заготовки є базування деталі на площину та на два пальці.

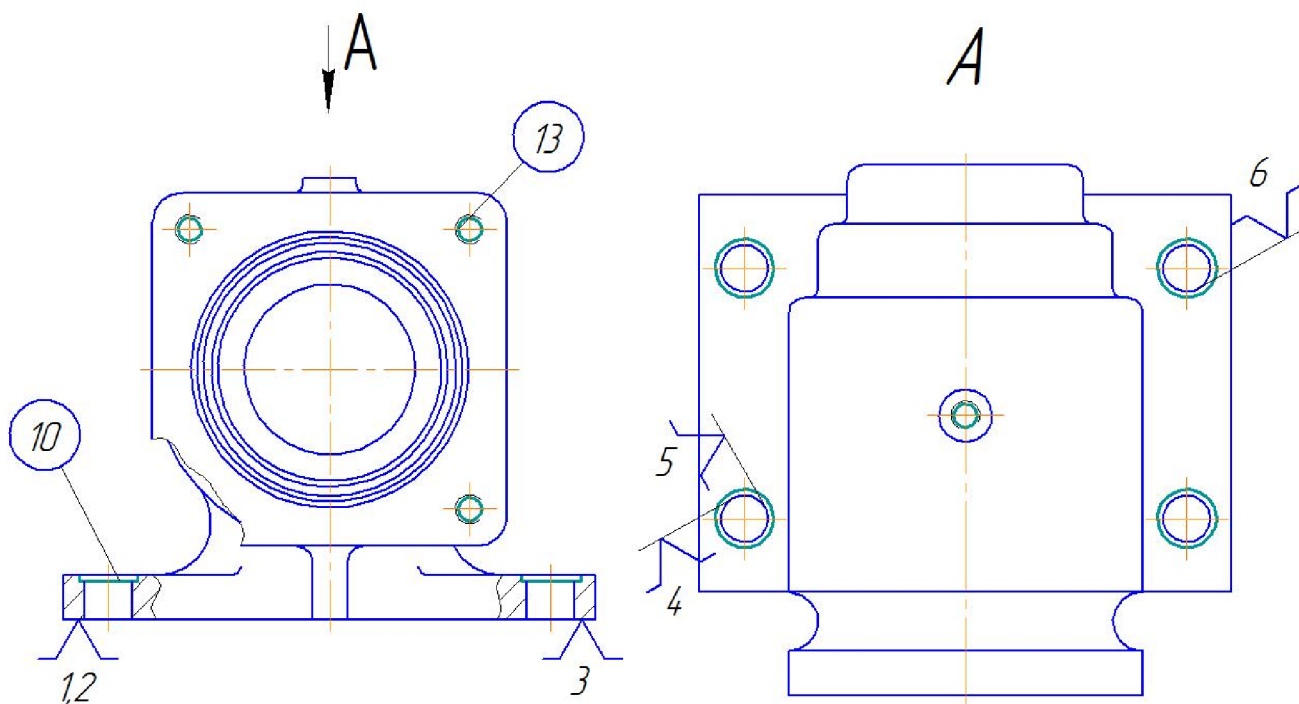


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки

$\varepsilon_{6180} = \varepsilon_{6150 \pm 0,5} = \varepsilon_{695 \pm 0,5} = \varepsilon_{62 \times 45} = \varepsilon_{610} = \varepsilon_{68} = 0$ – обробка з одного установу;

$\varepsilon_{6150} = \varepsilon_{685 \pm 0,2} = \varepsilon_{613} = 0$ – виконується принцип співпадання баз;

$\varepsilon_{6\emptyset 90} = \varepsilon_{6\emptyset 86} = \varepsilon_{6\emptyset 80} = \varepsilon_{6\emptyset 76} = \varepsilon_{6\emptyset 58} = \varepsilon_{6\emptyset 20} = \varepsilon_{6M10} = 0$.

3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування

Пристосування розроблено на комбіновану операцію, яка виконується на вертикально-свердильному верстаті SPINNER U4-620.

Деталь встановлюється на два установчих пальця і площину.

Пальці запресовані в литий корпус. Через отвори плити також проходять тяги, за допомогою яких затискається деталь на пристосуванні. Тяги з'єднані з штоком пневмоциліндра шарнірним з'єднанням. Пневмоциліндр кріпиться на основі пристосування за рахунок 4 болтів. Кріплення пристосування здійснюється за допомогою 4 болтів.

Схема установки зображена на рисунку 3.2.

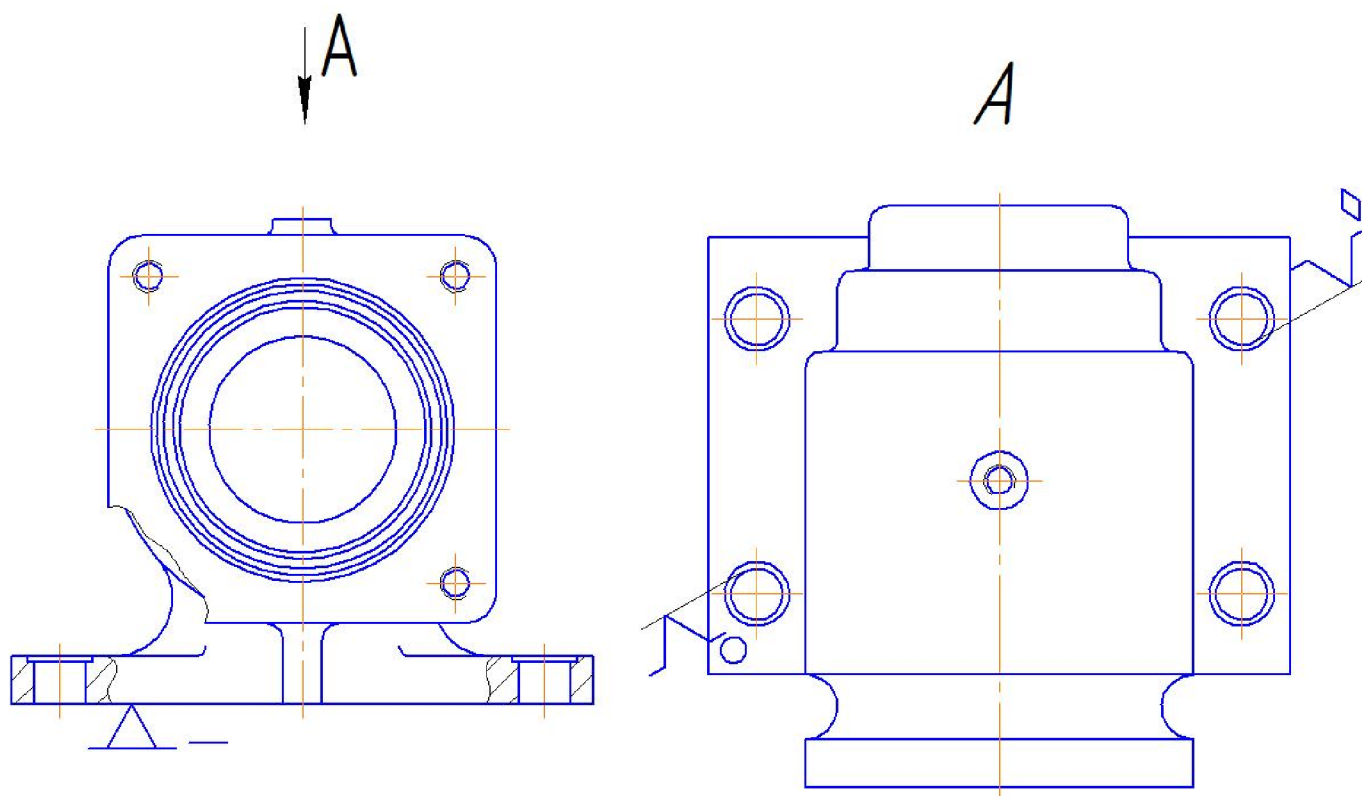


Рисунок 3.2 – Схема установки заготовки

Конструкція затискного механізму повинна бути надійною і безпечною в роботі. Пристосування в цілому повинно бути компактним, простим по конструкції і зручним в обслуговуванні. Цим вимогам відповідає затискний механізм пневматичного типу.

Монтується пристосування на столі верстата гвинтами $M12 \times 1,5$.

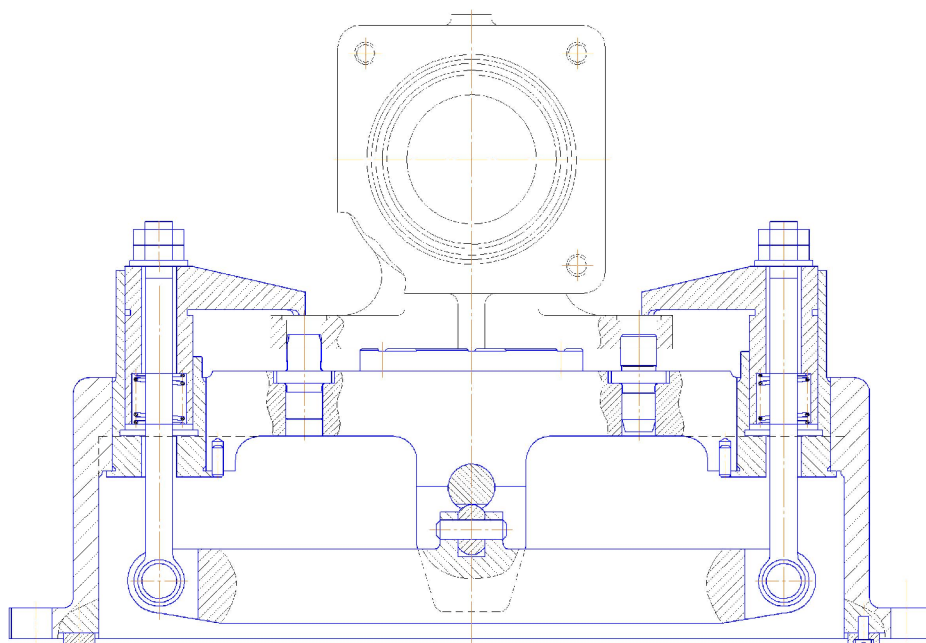


Рисунок 3.3 – Конструктивна схема верстатного пристосування

3.4 Визначення сил закріплення та параметрів затискного пристрою

Після визначення схеми установки проводимо вибір схеми закріплення і конструкцію затискного механізму.

Конструкція затискного механізму повинна бути простою, надійною і безпечною в роботі.

На операції 010, багатоцільовій, відбувається декілька видів обробок: свердяться отвори $\varnothing 8,5$ та нарізається різь М10; фрезеруються торці в розмір 180; розточуються отвори $\varnothing 90H8$, $\varnothing 86H10$, $\varnothing 80H8$ та інші.

В процесі обробки отворів свердлінням оброблювана заготовка знаходиться під дією крутного моменту різання M_p і осьової сили P_o . В переважній більшості конструкцій свердлильних пристосувань сила подачі і сила закріплення заготовки діють в одному напрямку, притискуючи заготовку до установочної поверхні.

Під дією крутного моменту різання M_p деталь намагається повернутися навколо осі. Цьому моменту протидіє момент тертя M_{mp} , що створюється осьовим зусиллям і силою закріплення Q .

Складаємо схему дії сил різання.

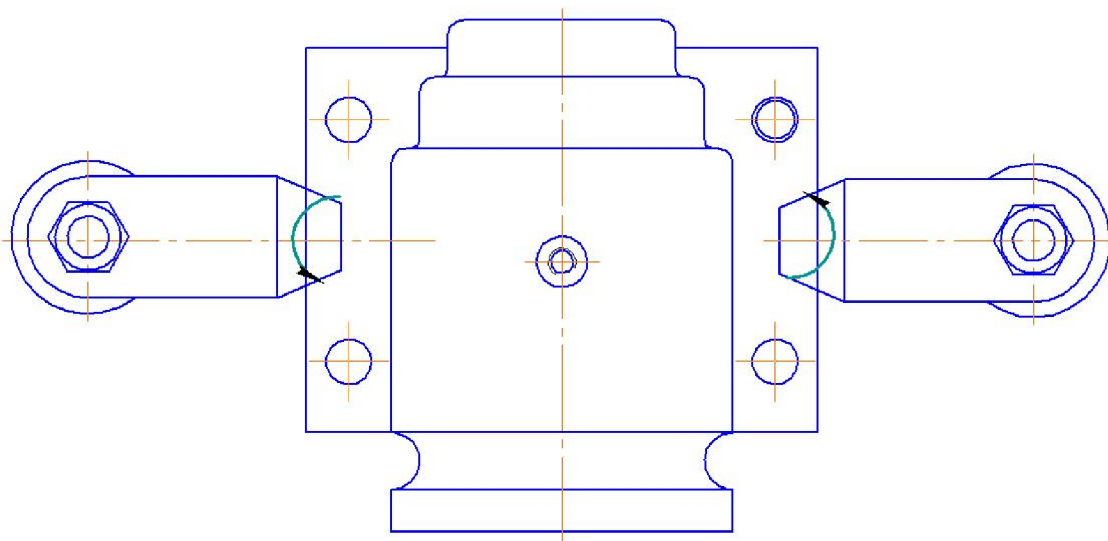


Рисунок 3.4 – Схема сил, що діють на заготовку при свердлінні

Складаємо рівняння рівноваги дії сил [12].

$$M_p = M_{mp1} + M_{mp2}; \quad (3.1)$$

$$M_{mp1} = M_{mp2} = Q \cdot f_{mp} \cdot l; \quad (3.2)$$

Звідси, сила закріплення складає:

$$Q = \frac{M_p}{2 \cdot f_{mp} \cdot l} [\text{H}]. \quad (3.3)$$

Визначаємо момент різання M_p за формулою:

$$M_p = 10 C_M D^q s^y K_p, [\text{Нм}] \quad (3.4)$$

Поправочні коефіцієнти і показники степенів [6]:

$$C_M = 0,021; q = 2,0; y = 0,8; s = 0,2;$$

$$K_p = K_{МП} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,6/0,6} = 1.$$

Тоді

$$M_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 8,5^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 4,19 \text{ (Нм)}.$$

Знаючи значення моменту різання, знайдемо силу закріплення Q :

$$Q = \frac{4,19}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,055} = 254 \text{ (Н)}.$$

Сила на приводі становить:

$$F_{np} = \frac{2Q}{i_c} [\text{H}], \quad (3.5)$$

де i_c – передаточне відношення сил [1]:

$$i_c = \frac{[1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{i\delta}) \cdot \operatorname{tg} \varphi_{2i\delta}]}{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{i\delta}) + \operatorname{tg} \varphi_1]} = 2,9,$$

де φ, φ_1 – кути тертя відповідно по наклонній і горизонтальній поверхні клину;

$\varphi_{пр} = \arctg (d/D)tg\varphi$ – приведений кут тертя по наклонній поверхні клину;

$\varphi_{2пр} = \arctg (3l/a)tg\varphi_2$ – кут тертя одноопорного плунжера;

$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ; \varphi_{пр} = \varphi_{1пр} = 2^\circ; \varphi_{2пр} = 11^\circ;$

D і d – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри роликів ($d/D = 0,5$);

a – довжина бокової опори плунжера;

l – відстань від сили Q до середини бокової опори плунжера.

Отже, сила на приводі $F_{пр}$ дорівнює:

$$F_{пр} = \frac{2 \cdot 254}{2,9} = 175,2 \text{ (Н)}.$$

Хід плунжера знаходимо за формулою:

$$S(Q) = \Delta_{гар} + \Delta + Q/I + \Delta S(Q), \quad (3.6)$$

де $\Delta_{гар} = 0,4$ мм – гарантований зазор для вільної установки заготовки;

Δ – відхилення розміру заготовки, мм;

$I = 1000$ Н/мм – жорсткість механізму;

$\Delta S(Q) = 0,4$ мм – запас ходу плунжера, який враховує знос і похибки виготовлення механізму.

Тоді,

$$S(Q) = 0,4 + 0,06 + 254/1000 + 0,4 = 1,2 \text{ (мм)}.$$

Хід привода знаходимо за формулою [6]:

$$S(F_{пр}) = S(Q) \cdot i_n, \quad (3.7)$$

де $i_n = 5,67$ – передаточне відношення переміщень [6].

Отже, $S(F_{пр}) = 1,2 \cdot 5,67 = 6,8$ (мм).

Складаємо схему дії сил різання при фрезеруванні торцю.

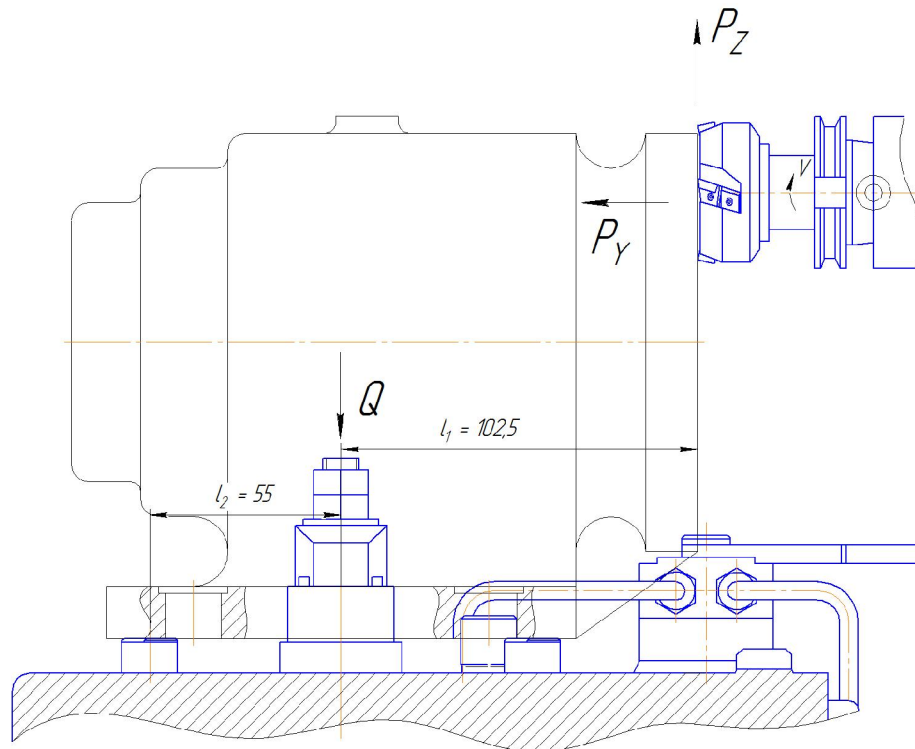


Рисунок 3.5 – Схема сил, що діють на заготовку при фрезеруванні торця

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

$$M_p = M_{mp1} + M_{mp2};$$

$$M_{mp1} = M_{mp2} = Q \cdot l;$$

$$M_p = P_z \cdot l$$

Звідси, сила закріплення складає:

$$Q = \frac{P_z \cdot l}{2 \cdot f_{mp} \cdot l} [\text{H}].$$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S^y B^u z}{D^q n^w} K_p, [\text{H}]$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,8^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 20^{1,1} \cdot 8}{30^{1,3} \cdot 200^{0,2}} \cdot 1,686 = 2405 \text{ (H)}$$

$$Q = \frac{2405 \cdot 0,1025}{2 \cdot 0,055} = 2241,4 [\text{H}].$$

Тоді, сила на приводі $F_{пр}$ дорівнює:

$$F_{пр} = \frac{2 \cdot 2241,4}{2,9} = 1545,8 \text{ (Н)}.$$

Після аналізу розрахункових значень сили на приводі під час різних видів механічної обробки на операції 010, приймаємо найбільше значення, як розрахункове для подальшого вибору типу приводу.

3.5 Аналіз точності пристосування

Визначення складових похибки установки

$$E_y = \sqrt{E_\delta^2 + E_3^2 + E_{np}^2}.$$

Сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{n.u}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2}, \quad (3.8)$$

де T – допуск виконуємого розміру;

K_T – коефіцієнт, який враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілення; приймаємо $K_T = 1,0$ ($K_T=1...1,2$);

K_{T_1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T_1}=0,8$ ($K_{T_1}=0,8...0,85$);

K_{T_2} – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, яка викликається факторами, не залежними від пристосування; приймаємо $K_{T_2}=0,6$ ($K_{T_2}=0,6...0,8$);

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,02$ мм для свердління по

10 – му квалітету;

ε_8 – похибка базування $\varepsilon_8 = 300$ мкм;

ε_3 – похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0$;

ε_y – похибка установки пристосування на верстаті $\varepsilon_B = 0,01$ мм;

ε_{II} – похибка деталі через зношення установчих елементів пристосування $\varepsilon_{II} = 0,045$ мм;

$\varepsilon_{II.II}$ – похибка від перекосу (зміщення) інструменту $\varepsilon_{II.II} = 0$.

Тоді

$$\varepsilon_{np} \leq 0,6 - 1,0 \sqrt{(0,8 \cdot 0,3)^2 + 0,01^2 + 0,045^2 + (0,6 \cdot 0,02)^2} = 0,355 \text{ (мм)}$$

- умова виконується.

Точність виготовлення розмірів залежить від величини зазорів між установчими пальцями та отворами в деталі, які в свою чергу залежать від точності виготовлення. Призначимо на діаметри пальців поле допуску $f7$.

Виконавчі розміри діаметрів пальців

$$d_y = d_{cp} = 16 f7 = 16 \begin{smallmatrix} -0,016 \\ -0,034 \end{smallmatrix} = 15,984 \begin{smallmatrix} -0,018 \end{smallmatrix} \text{ (мм)}.$$

Максимальний зазор між пальцями та отворами

$$S_{\max y} = S_{\max cp} = 0,043 + 0,034 = 0,077 \text{ (мм)}.$$

D_{cp}, D_{II} – діаметри отворів під пальці в заготовці, $D_y = D_{cp} = 16 \begin{smallmatrix} +0,043 \end{smallmatrix}$;

$L_D = 172,41$ мм – відстань між осями отворів;

ITL_D – допуск відстані, $ITL_D = \pm 0,05$ мм;

$\omega_{don}, \gamma_{don}$ – допустиме зміщення бічне та допустиме кутове зміщення,

$$\omega_{don} = \pm 0,2 \text{ мм}, \gamma_{don} = 5';$$

Отже, параметри, що визначають точність вибрані.

Розрахунок точності виготовлення деталей пристосування з використанням розмірного аналізу.

Максимальне бічне зміщення заготовки:

$$0,5 \cdot S_{\max y} = 0,5 \cdot S_{\max cp} = 0,5 \cdot 0,077 = 0,0385 \text{ мм} < 0,2 \text{ (мм)},$$

Отже умова $\omega_{\text{дон}} \geq 0,5 \cdot S_{\max}$ виконується.

Максимальне кутове зміщення дорівнює

$$\begin{aligned} \gamma_{\max} &= \arctg[0,5 \cdot (S_{\max y} + S_{\max cp}) / L] = \arctg[0,5 \cdot (0,077 + 0,077) / 172,41] = \\ &= \arctg 0,00049 < 5'. \end{aligned}$$

Отже умова $\gamma_{\max} \leq \gamma_{\text{дон}}$ виконується

Розрахунковий діаметр зрізаного пальця

$$d_{cp.p} = d_{cp.\max} - 0,25 \cdot ITd_{cp} = 15,984 - 0,25 \cdot 0,018 = 15,9795 \text{ (мм)}.$$

Розрахунковий діаметр отвору під зрізаний палець

$$D_{cp.p} = D_{cp.\min} + 0,25 \cdot ITD_{cp} = 16 + 0,25 \cdot 0,018 = 16,00045 \text{ (мм)}.$$

$$S_{\min y} = 0,016 \text{ (мм)}.$$

$$ITL_n = 0,5 \cdot ITL_{\delta} = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ (мм)}.$$

Розрахункове зміщення вісі зрізаного пальця

$$\varepsilon_{cp.p} = 0,5(ITL_{\delta} - S_{\max y}) + ITL_n = 0,5 \cdot (0,1 - 0,034) + 0,05 = 0,083 \text{ (мм)}.$$

Для пальців діаметром 16 мм ширина стрічки $d = 4$ мм.

$$b \leq 0,25 \cdot (D_{cp.p.} + d_{cp.p.}) \cdot (D_{cp.p.} - d_{cp.p.}) / \varepsilon_{cp.p.}$$

$$4 \leq 0,25 \cdot (16,00045 + 15,9795) \cdot (16,00045 - 15,9795) / 0,083 \approx 7,12$$

Отже умова виконується.

Отже всі допуски, що були прийняті в процесі розрахунку не жорсткі і тому прийнятні.

3.6 Вибір приводу, розрахунок його параметрів

З'ясуємо основні параметри конструкції пневмоприводу [7]:

1) площа поршня:

$$F = \frac{P}{p} = \frac{1545,8}{0,4} = 3864 \text{ (мм}^2\text{)}$$

де P – необхідне зусилля на штоці, Н.

p – тиск стиснутого повітря, МПа.

2) діаметр циліндру:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3864}{3,14}} = 90,8 \text{ (мм) (приймаємо 94 мм).}$$

3) для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндру слід призначити робочу швидкість переміщення поршня V в межах 0,2 ... 1 м/с.

Приймаємо $V = 0,6$ м/с;

4) час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/100V = 60/1000 \cdot 0,6 = 0,1 \text{ с.}$$

Враховуючи середньосерійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 7000$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з пневмоприводом. Переваги останнього полягають в швидкодії (0,5 ...1,2 с), постійності зусилля затискання і можливості його регулювання, високому коефіцієнті корисної дії, невеликих габаритах конструкції, рівномірність переміщення робочих органів.

3.7 Опис роботи пристосування

Заготовку, яка обробляється, встановлюють опорною площиною на пластину 15 і орієнтують по двом отворах на циліндричний палець 14 і зрізаний палець 13. Закріплення деталі виконують двома прихватами 2. Сила закріплення на них передається від пневмоциліндра 3 через рухомий клин 4, ролик 5, коромисло 6 і тяги 7. Так, при подачі повітря в безштокову порожнину циліндра поршень 8 зі штоком переміщують клин 4 вліво; клин тисне на ролик і переміщує його разом з коромислом і тягами вниз до тих пір, поки прихвати не впруться в заготовку. При подачі повітря в штокову порожнину циліндра поршень зі штоком переміщують ними вправо, звільнюючи ролик; пружини 9 при цьому підіймають тяги і прихвати вверху, забезпечуючи розкріплення заготовки.

Монтується пристосування на столі верстату і кріпиться 4-ма болтами.

3.8 Висновки до розділу 3

В даному розділі на основі отриманого технічного завдання розроблена конструкція верстатного пристосування для операції 010 технологічного процесу механічної обробки деталі "Корпус 71.18", яка виконується на верстаті з ЧПК моделі SPINNER U4-620 з поворотним столом. Визначено сили різання, силу закріплення. Розроблену принципову схему конструкції верстатного пристосування. Розраховано сумарну похибку механічної обробки. По розрахунках підібрано силовий елемент верстатного пристосування.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Умови та безпека праці, їх стан та покращення – самостійна і важлива задача соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвинутої держави, яку вирішує така невід’ємна складова БЖД, як охорона праці. Рівень безпеки будь-яких робіт у суспільному виробництві значною мірою залежить від рівня правового забезпечення цих питань, тобто від якості та повноти викладення відповідних вимог в законах та інших нормативно-правових актах. Для вирішення існуючих проблем в сфері охорони праці необхідна ефективна взаємодія всіх органів державної влади та громадськості, а також реалізація як на державному, так і на місцевих рівнях відповідних програм, спрямованих на корінне покращення умов і охорони праці [13].

Дослідження на тему «Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 71.18"» відбуватиметься в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На дослідника можливий вплив таких небезпечні та шкідливі виробничі факторів (згідно ГОСТ 12.0.003-74 [16]):

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до визначених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

4.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Під час аналізу умов праці на робочому місці необхідно оцінити відповідність

параметрів приміщення НПАОП 0.00-7.15-18 [22] та відповідність параметрів мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99 [21].

Згідно із НПАОП 0.00-7.15-18 [22] площу приміщень, в яких розташовують ПК, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане ПК: площа – не менше 6,0 кв. м, обсяг – не менше 20,0 куб. м, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Згідно з ГОСТ 12.2.032-78 [17] конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати гігієнічним, антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця дослідника повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення;
- достатня вентиляція робочого місця.

Характеристики робочого місця під час написання роботи на тему «Лінійний кодек для кабельної мережі доступу» наступні:

- висота робочої поверхні столу 750 мм;
- висота простору для ніг 650 мм;
- висота сидіння над рівнем підлоги 450 мм;
- поверхня сидіння м'яка з закругленим переднім краєм;
- передбачена можливість розміщення документів праворуч і ліворуч;
- відстань від ока до екрана 700 мм;
- відстань від ока до клавіатури 400 мм;
- відстань від ока до документів 500 мм;
- можливе регулювання екрана по висоті, по нахилу, у лівому і в правому напрямках.

4.1.2 Електробезпека приміщення

Основне завдання електробезпеки – мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

- безпечною і надійною конструкцією електроустановок;
- організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;
- технічними засобами захисту.

За ступенем небезпеки враження електричним струмом приміщення можна класифікувати як таке, що має категорію «без підвищеної небезпеки», оскільки вся зазначена офісна техніка має захисне заземлення, передбачене її конструкцією, і повністю виключає можливість випадкового контакту із частинами, що перебувають під небезпечною для людини напругою [23].

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ в досліджуваному приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення із використанням природних заземлювачів;
- 3) систематичне проходження інструктажу з елетробезпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Стан навколишнього виробничого середовища характеризується такими метеорологічними умовами: температурою, відносною вологістю, барометричним тиском і швидкістю руху повітря. Вищеназвані параметри, які ще називають параметрами мікроклімату, визначають умови теплообміну організму працівника із довкіллям [14].

Дослідження на тему «Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 71.18"» згідно гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [15] за енерговитратами відноситься до категорії I б. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [20] наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату передбачені система опалення, теплоізолююча обробка приміщення та припливно-витяжна вентиляція.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливої речовини у повітрі робочої зони розуміють таку максимальну концентрацію даної речовини, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 год чи іншої тривалості (але не більше 40 год на тиждень) не призводить до зниження працездатності й захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не чинить несприятливого впливу на здоров'я нащадків.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Формальдегід	0,035	0,03	2
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,01	1

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено використання механічної вентиляції та систематичне вологе прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

У приміщенні, де відбувалося дослідження на тему «Технологічна підготовка виробництва деталі "Корпус 71.18"» використовується природне однобічне бічне освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [18]) при природному та сумісному освітленні для розробника зазначені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимально можливе бічне природне освітлення.
- 2) Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись економічні світлодіодні лампи.
- 3) Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати ролети.

4.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму під час роботи є жорсткий диск ПК, вентилятор блока живлення мережі, вентилятор, розташований на процесорі, швидкісні приводи дисків, механічні сканери, пересувні механічні частини принтера. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [20]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова і творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

4.2.6 Виробничі випромінювання

Джерелами змінних електричних і магнітних полів у ПК є вузли, у яких присутня висока змінна напруга, і вузли, що працюють з великими струмами. Рівні напруженості електромагнітних полів за електричними складовими та густиною магнітних потоків (індукції) у цих піддіапазонах регламентуються чинним в Україні нормативним актом ДСанПіН 3.3.2.007-98 [19] та загальноєвропейським стандартом MPR II, відомим під назвою «шведський стандарт». Ці ж діапазони розглядаються в універсальному рекомендаційному стандарті ТСО'99.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від комп'ютера наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Для захисту людини від дії електромагнітних випромінювань передбачаються наступні способи і засоби: зменшення параметрів випромінювання

безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування робочого місця; обмеження часу перебування персоналу в робочій зоні; встановлення раціональних режимів експлуатації установок і роботи працюючого персоналу.

4.2.6 Напруженість праці

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримуватися правильного режиму праці та відпочинку. Інакше у працівників спостерігається незадоволеність роботою, головний біль, роздратування, порушення сну, втома і больові відчуття в очах, попереку, у ділянці шиї та рук. Для збереження здоров'я працівників, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності слід передбачати внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку: для розробників програм — 15 хв. через кожну годину роботи за комп'ютером; для операторів ЕОМ — 15 хв. через кожні 2 год.; для операторів комп'ютерного набору — 10 хв. після кожної години роботи. Для профілактики напруженості органів зору важливими є: дотримання режимів праці та відпочинку; характеристики та налаштування монітору ПК: яскравість екрана, зернистість, відсутність близькості тощо, наприклад, неяскраві кольори менше втомлюють очі, ніж яскраві. Для зниження нервово-емоційного напруження і втоми очей, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ. Отже, за умови дотримання Правил № 65 та ДСанПіН 3.3.2.007-98 робота з ПК не належить до категорії із шкідливими умовами праці.

4.3 Наслідки аварій на вибухо-пожежо-небезпечних об'єктах

До вибухо небезпечних об'єктів відносять виробництва вибухових речовин (тротил, тетрил, гексоген та ін.), нафтопереробні підприємства, млинарські комбінати та елеватори, деревообробні та інші підприємства, що використовують або виробляють горючі речовини та матеріали. Аварії на таких об'єктах, як правило, супроводжуються техногенними вибухами. Уражаючим чинником вибуху є

повітряна ударна хвиля (УХ) – зона сильно стиснутого повітря, що розповсюджується у всі сторони від центру вибуху з надзвуковою швидкістю. Основним параметром УХ, що визначає її руйнівну дію, є надмірний тиск у фронті УХ. Надмірний тиск $\Delta P_{\text{ф}}$ – це різниця між максимальним тиском у фронті ударної хвилі ($P_{\text{ф}}$) і атмосферним тиском перед фронтом (P_0): $\Delta P_{\text{ф}} = P_{\text{ф}} - P_0$, кПа.

Надмірний тиск у даній точці залежить від відстані до місця (центру) вибуху, маси вибухової речовини (потужності вибуху) та інших чинників. Характер дії повітряної ударної хвилі на людей, будівлі, споруди, обладнання Повітряна ударна хвиля уражає людей, руйнує або пошкоджує будинки і споруди, обладнання та техніку. Незахищені люди в залежності від величини надмірного тиску отримують травми різного ступеню.

Ураження людей, що знаходяться в будівлях, визначаються залежно від ступеню руйнування будівлі, виходячи з того, що: - при повних руйнуваннях будівель всі люди гинуть; - при сильних і середніх руйнуваннях можуть вижити всі працівники, але більша частина їх буде уражена шляхом прямої дії УХ і додатково непрямой дії - уламками зруйнованих будівель та споруд, а також можуть опинитися під завалами; - при слабких руйнуваннях будівель загибель людей мало ймовірна, але частина з них може отримати травми різного ступеню ураження від непрямой дії УХ. Будинки, споруди, обладнання внаслідок дії УХ можуть бути пошкоджені або зруйновані. В залежності від надмірного тиску $\Delta P_{\text{ф}}$, типу, розмірів та інших чинників можуть отримати руйнування: слабе, середнє, сильне або повне. Внаслідок вибуху під впливом уражаючих факторів на місцевості утворюється осередок ураження. Межа осередку ураження вибуху пролягає через точки на місцевості, де надмірний тиск УХ становить $\Delta P_{\text{ф}} = 10$ кПа. Форма осередку ураження на рівнинній місцевості – коло. Радіуси осередку ураження і зон руйнувань залежать від потужності вибуху (маси продуктів вибуху Q). В залежності від ступеня руйнування виробничих будинків і обсягу необхідних рятувальних і аварійно-відновлюваних робіт осередок ураження ділиться на IV зони: слабких руйнувань, середніх, сильних, та повних.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведено в табл. 5.1 та 5.2 [24].

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок	10...40
Відносно нова	(або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	10...40
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де $k_{\text{нов}}$, $k_{\text{теор}}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

В роботі проведено модернізацію конструкції заготовки деталі "Корпус 71.18" з урахуванням результатів імітаційного моделювання, тому $k_{нов} = 25$. Розроблено алгоритм для аналізу якості виготовлення заготовки деталі "Корпус 71.18" під час її виготовлення, тому $k_{теор} = 35$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 25 + 0,4 \cdot 35 = 29.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки по удосконаленню дільниці механічної обробки деталі "Корпус 71.18", створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями [24], наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Козлов Л. Г.	Репінський С. В.	Сердюк О. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	1	2
2	1	2	2
3	2	3	2
4	3	2	3
5	3	3	4
6	1	2	2
7	3	2	3
8	2	4	3
9	2	3	2
10	3	2	3
11	3	3	2
12	4	3	3
Сума балів	СБ ₁ =29	СБ ₂ =30	СБ ₃ =31

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{29 + 30 + 31}{3} = 30.$$

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Так як деталь "Корпус 71.18" не може бути реалізована самостійно на ринку то його прогнозований попит буде становити залежно програми випуску готового виробу.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України. На території області знаходиться більше 160 сільськогосподарських підприємств, які можуть використовувати корпус для ремонту навантажувачів сільськогосподарської продукції.

Оскільки загальний ресурс роботи навантажувача, до складу якого входить деталь "Корпус 71.18", є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко-економічні

показники можна припустити що навантажувач буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канали збуту - шлях товару від безпосереднього виробника до споживача, включаючи оптових та роздрібних торговців. Цей шлях забезпечують відповідні організації, люди.

Зважаючи на те, що комплектуючі до навантажувачів поставляються на заводівиробники сільськогосподарської техніки та на фірми, що розповсюджують запасні частини до такої техніки, основними каналами розповсюдження будуть:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію навантажувачів на підприємства-виробники сільськогосподарської техніки;
- канал першого рівня, що передбачає реалізацію навантажувачів оптовим дилерам.

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуском навантажувачів крім Калинівського машинобудівного заводу займається Galt Prodakshen м. Київ. В таблиці 3.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки. Основним недоліком аналога (тобто обробки спочатку точінням а потім обкочуванням) є велика собівартість обробки, оскільки значно більше часу затрачається.

Аналізуючи таблицю 5.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог. Вона має меншу собівартість при вищому номінальному тиску, що дозволить отримати кращі експлуатаційні характеристики.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, Корпус у складі навантажувача НР4-А2	Корпус у складі навантажувача Ш1-ПША	Відношення параметрів нового пристосування і параметрів аналога
Кількість операцій	шт.	3	2	1,5
Кількість одиниць обладнання	шт.	3	2	1,5
Сумарний час механічної обробки	хв.	21,46	18,37	1,17

5.6 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на корпус необхідно враховувати ціну основного конкурента на аналогічний за характеристиками корпус.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію лише за рахунок підвищених експлуатаційних характеристик. Але собівартість таких корпусів набагато вища.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри розроблюваного виробу ніж у аналога, пропонується продавати даний корпус за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Шорсткість поверхні		8		30%
Твердість		7		30%
Вага	9			40%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.2)$$

де P_{Hi} - числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 8 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,4 = 8,1.$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.7, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}},$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}},$$

де $P_{ні}$, $P_{бі}$ - числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.7 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Технічні показники				
Кількість операцій	3	2	1,5	0,25
Кількість одиниць обладнання	3	2	1,5	0,25
Сумарний час механічної обробки	21,46	18,37	1,17	0,5
Економічні показники				
Собівартість продукції	860	750	1,147	0,7
Капітальні вкладення	95000	100000	0,95	0,3

$$q_1 = 3/2 = 1,5;$$

$$q_2 = 3/2 = 1,5;$$

$$q_3 = 21,46/18,37 = 1,17.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

$$K_{яв} = 1,5 \cdot 0,25 + 1,5 \cdot 0,25 + 1,17 \cdot 0,5 = 1,33.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 33%.

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця.

Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}}, \quad (5.4)$$

де $I_{\text{ТП}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);
 $I_{\text{ЕП}}$ - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{бєі}}}, \quad (5.5)$$

де $P_{\text{бєі}}$ $P_{\text{неі}}$ - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{ЕП}} = (750 \cdot 0,7 + 100000 \cdot 0,3) / (860 \cdot 0,7 + 95000 \cdot 0,3) = 30,525 / 1,049;$$

$$K = 1,33 / 1,049 = 1,267 > 1.$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників [25]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (5.6)$$

де: M – місячний посадовий оклад кожного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{15000}{22} \cdot 16 = 10909,09 \text{ (грн.).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати [25]

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	15000	681,82	15	10227,27
2.	Інженер-технолог	12500	568,18	12	6818,18
4.	Інженер-конструктор	12000	545,45	10	5454,54
Всього					22499,99

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (5.7)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c=1,5$;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.8)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 жовтня 2022 року – $M_m = 6700$ грн. [19];

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$;

T_{zm} – тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.

Враховуючи, що мають працювати робітники четвертого та п'ятого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

$$C_4 = 6700 \cdot 1,37 \cdot 1,5 / 22 \cdot 8 = 78,23 \text{ (грн./год.)};$$

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання		Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Вертикально-фрезерний ЧПК 6P13PФ3	3	0,061	4	78,23	4,77
Вертикально-фрезерний ЧПК SPINNER U4-620	3	0,245	4	78,23	19,18
Всього					23,95

Додаткова заробітна плата розраховується, як 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$З_д = (22499,99 + 23,95) \cdot 12\% = 2702,87 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22% від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(22499,99 + 23,95 + 2702,87) \cdot 0,22 = 5549,89 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, яке використовується під час виготовлення деталі "Корпус 71.18".

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{H.B.}} \cdot \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – загальна балансова вартість обладнання, 900 000 грн;

$T_{фн}$ – строк фактичного використання обладнання, 1170 год = 146,25 днів = 7 місяця;

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, 12 років.

Відповідно:

$$A_{\Sigma} = \frac{900000}{12} \cdot \frac{7}{12} = 43750 \text{ (грн.)},$$

$$A = \frac{43750}{7000} = 6,25 \text{ (грн./шт.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_B \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 10,129 кг,

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 46 грн./кг.,

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$.

B_i – маса відходів i -го найменування, 1,547 кг,

C_B – ціна відходів i -го найменування, 12 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.10 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
СЧ 15	46	10,129	1,547	12	493,96
					493,96

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу СЧ15 і відповідно отримаємо:

$$M = 10,129 \cdot 46 \cdot 1,1 - 1,547 \cdot 12 = 493,96 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni} / \eta_i \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На 30 листопада 2022 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 3,823$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 1,257$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів АТ "Вінницяобленерго" та $C_{\text{пост}} = 1,150$ грн./кВт

за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" .

W – установлена потужність обладнання;

t – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності. $K_{\text{п}} < 1$, приймаємо 0,9.

Тоді:

$$\text{Ц}_{\text{e1}} = 6,23 \cdot 10 \cdot 0,061 \cdot 0,9 = 3,8 \text{ (грн.)},$$

$$\text{Ц}_{\text{e2}} = 6,23 \cdot 8 \cdot 0,245 \cdot 0,9 = 12,21 \text{ (грн.)},$$

Звідси:

$$\text{Ц}_{\text{e}} = \text{Ц}_{\text{e1}} + \text{Ц}_{\text{e2}} = 3,8 + 12,21 = 16,01 \text{ (грн.)}.$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати робітників, які виконували дану роботу:

$$I_{\text{в}} = (1 \dots 3) (3_{\text{o}} + 3_{\text{р}}), \quad (5.11)$$

$$I_{\text{в}} = 2 \cdot (22499,99 + 23,95) = 45047,88 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$\begin{aligned} B &= (22499,99 + 23,95 + 2702,87 + 5549,89 + 6,25 + 493,96 + \\ &+ 16,01 + 45047,88 = 76340,8 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.12)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$V_{\text{заг}} = 76340,8 / 0,95 = 80358,74 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = V_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.13)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,9$.

Тоді:

$$ЗВ = 80358,74 / 0,9 = 89287,48 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 89,287 тис. грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект від модернізації дільниці механічної обробки деталі "Корпус 71.18" пояснюється досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів навантажувачів, складовою яких є деталь "Корпус 71.18", складає щороку приблизно 7000 шт. Середня ціна подібних корпусів 950 грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусу за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші корпуси для навантажувачів приблизно на 10% дешевше, тобто в середньому за 855 грн. або на 95 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що навантажувачі будуть користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації дільниці механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення навантажувачів.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 вересня 2023 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2024-го, 2025-го, 2026-го та 2027-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік впровадження (2023 р.) – приблизно 4000 шт.;

2-й рік впровадження (2024 р.) – приблизно 5500 шт.;

3-й рік впровадження (2025 р.) – приблизно 7000 шт.;

4-й рік впровадження (2026 р.) – приблизно 6000 шт.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.14)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $\Delta C_0 = 95$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N_1 = 4000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 855$ грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2022 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda \approx 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2023 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора ΔP_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta P_1 = (4000 \cdot 95) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 64914 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_2 = (5500 \cdot 95) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 98256 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_3 = (7000 \cdot 95) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 113599 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_4 = (6000 \cdot 95) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 97371 \text{ (грн.)}$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (5.15)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.16)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $\tau = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо $E_{абс} = 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{абс} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{64914}{(1+0.1)^1} + \frac{98256}{(1+0.1)^2} + \frac{113599}{(1+0.1)^3} + \frac{97371}{(1+0.1)^4} = 292070,34 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abc} = 292070,34 - 89287,48 = 202782,89 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (5.17)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 202782,89$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 89287,48$ грн.;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 202782,89 / 89287,48} - 1 = 0,267 = 26,7\%$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.18)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках в 2022 році в Україні $d = (0,06...0,14)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,15)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 20\%.$$

Оскільки величина $E_B = 26,7\% > \tau_{\text{мін}} = 20\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,267 = 3,74.$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку.

5.12 Висновки до розділу 5

В розділі проаналізовано основні економічні показники інноваційного продукту. Розраховано загальні витрати на виробництво партії деталей "Корпус". Проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Період окупності склав 3,74 року.

ВИСНОВКИ

В запропонованій роботі були поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: аналіз конструкції заготовки деталі " Корпус 71.18" та методів їх виготовлення; модернізація маршруту механічної обробки з використанням сучасних методів моделювання технологічних процесів; визначення точності виготовлення деталі на основі розмірного аналізу конструкції деталі та заготовки; розробка верстатного пристосування; розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності; розрахунок економічної доцільності впровадження інноваційного продукту. Всі проектні роботи виконано з використанням ПЕОМ.

У загальній частині роботи проведено огляд змісту етапів технологічної підготовки виробництва. Також було проведено удосконалення форми заготовки деталі «Корпус 71.18». Проведено моделювання процесу заповнення піщано-глинистої форми з різними варіантами форми внутрішньої порожнини деталі.

В технологічній частині для обробки деталі "Корпус 71.18" визначено тип виробництва – середньосерійне та організацію роботи – групова. У якості способу виготовлення заготовки вибрано лиття в піщано-глинисті форми. Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 90H8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для цієї ж поверхні розраховані режими різання. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми часу.

Для операції 010 Багатоцільової з ЧПК було спроектовано верстатне пристосування. Обробка деталі на заданій операції здійснюється на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК з поворотним столом моделі SPINNER U4-620. Визначено сили затиску та розраховано параметри пневмоциліндра.

Проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці.

Проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Період окупності склав 3,74 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ядвіжина М. А. Використання САПР для моделювання ливарних процесів / М. А. Ядвіжина, С. І. Сухоруков // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)”, Вінниця.
2. Прилипко С.І. Планування технологічної підготовки виробництва нових виробів / С.І. Прилипко, Д.Г. Лукьяненко, Ю.І. Прилипко, В.І. Завгородний. – К.: Техніка, 1991. - 64 с.
3. Бахтінова А.П. Організація виробництва: практикум: навчальний посібник /А.П. Бахтінова, О.О. Гиль, Л.О.Гришина. - Львів: Новий Світ-2000, 2008. - 216 с.
4. Гриньова В.М. Організація виробництва: Підручник. / В.М. Гриньова, М.М. Салун– К.: Знання, 2009. - 582 с..
5. Хричиков В. Е. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. / В. Е. Хричиков, О. В. Меняйло – Видання друге, доопрацьоване. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015.–89с.
6. Кукуй Д. М. Теория и технология литейного производства: В двух ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Адрианов. – Минск : Новое знание, 2011. – 216 с.
7. Дусанюк Ж. П. Технологічні процеси виготовлення деталей машин. Навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 196 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Літні заготовки: навчальний посібник. / [Дусанюк Ж.П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.] – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с
9. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с
10. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйшая школа, 1983.— 256 с.

11. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / [Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
12. Петров О. В. Технологічна оснастка: навчальний посібник. / О.В. Петров, С.І. Сухоруков – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 123 с.
13. Кобилянський О.В. Основи охорони праці (в двох частинах). Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, Ч. 2. – 2007. – 171 с.
14. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 45 с.
15. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
16. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/31/31970.shtml>
18. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. – Мінбуд України. – К.: 2018
19. ДСан Пін 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>
20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
22. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників

під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

23. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

24. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

25. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт].
Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Технологічна підготовка виробництва деталі «Корпус 71.18»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(зазначити))

Підрозділ Кафедра ТАМ, ФМТ, гр. ІПМ-21м

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник доц. Сухоруков С.І.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	91,9%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	8,1%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____
(підпис)

Ядвіжина М.А.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату. Допустити роботу до прилюдного захисту.

Особа, відповідальна за перевірку

Сердюк О.В.
(прізвище, ініціали)

Експерт _____

(підпис)

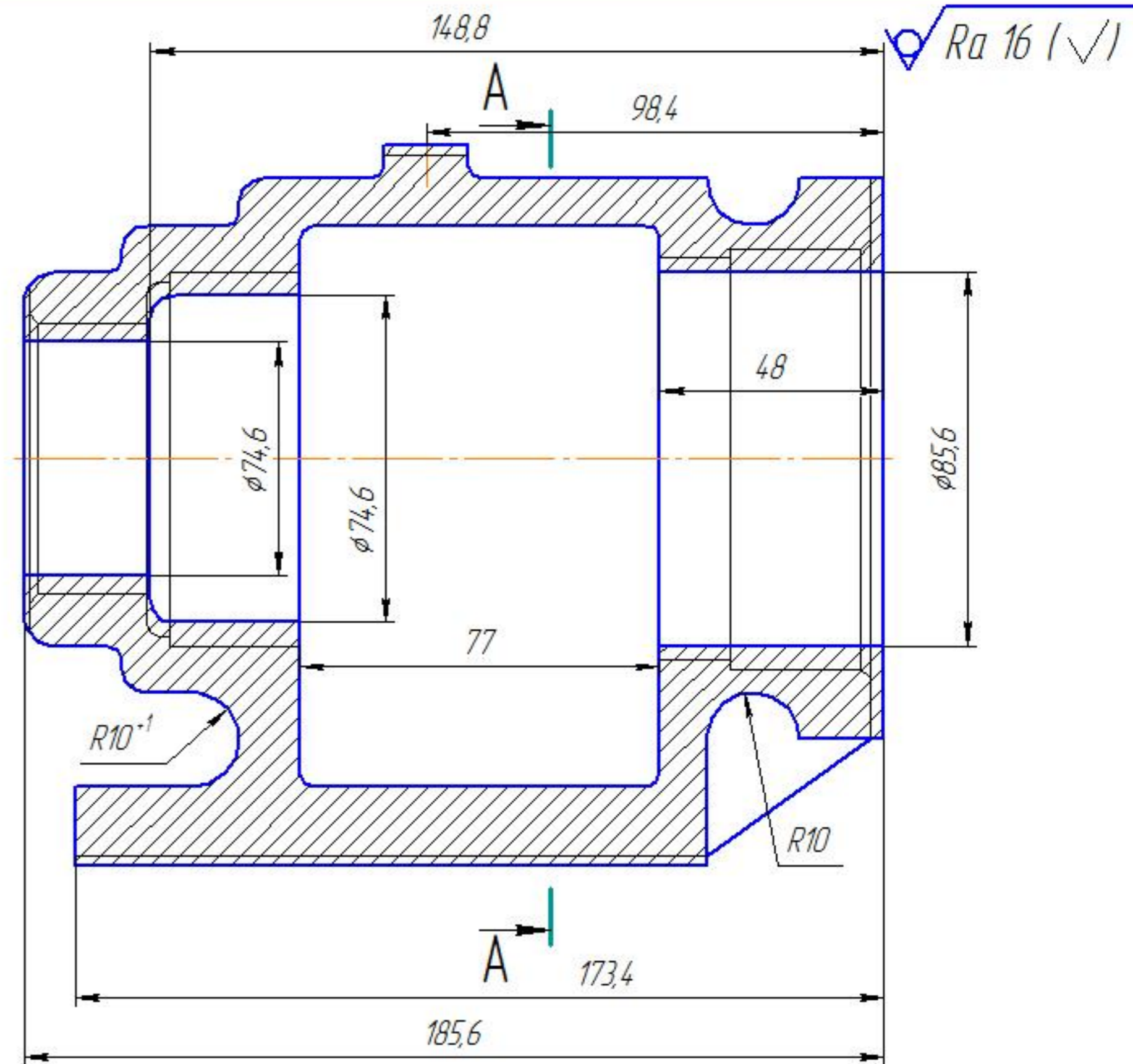
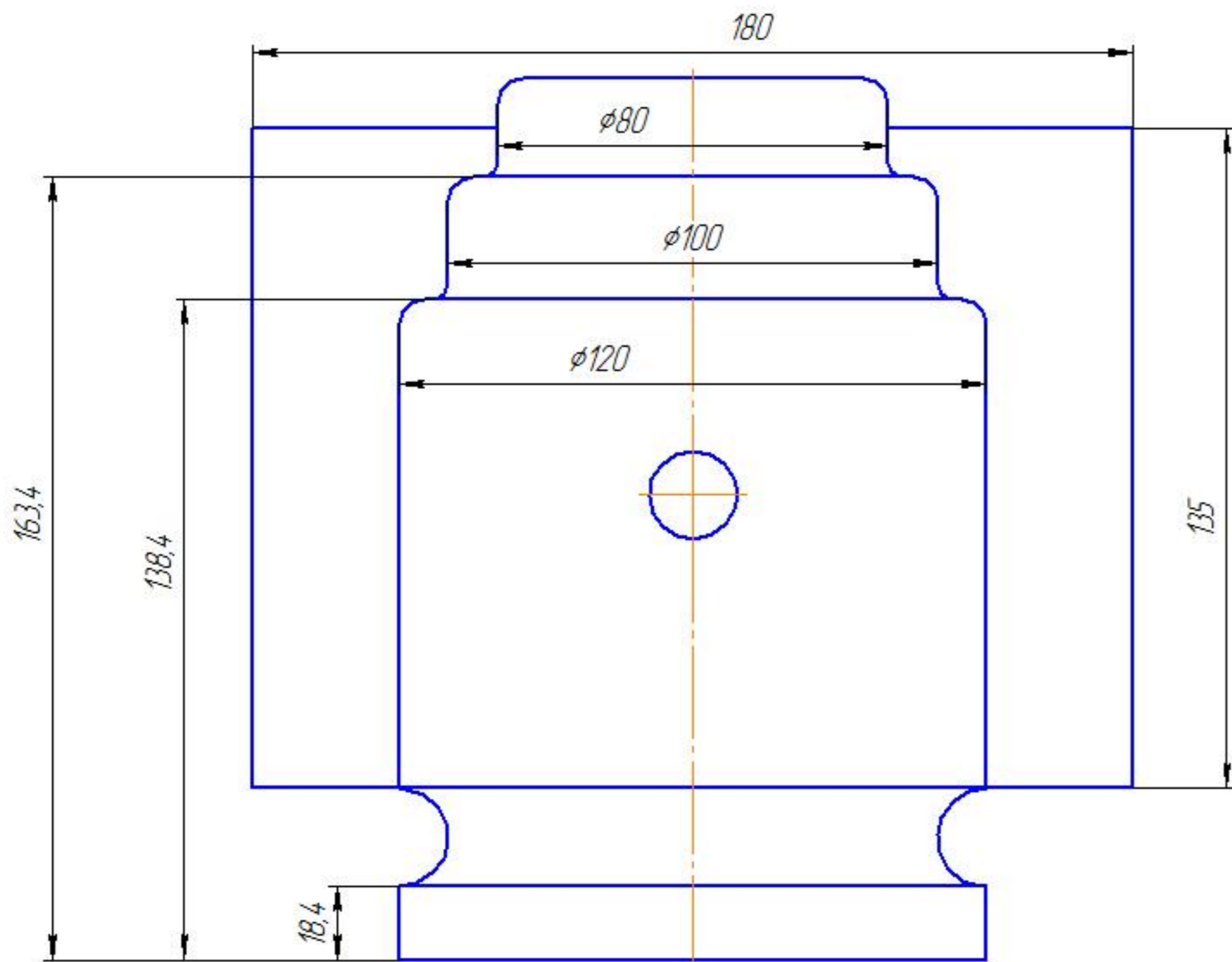
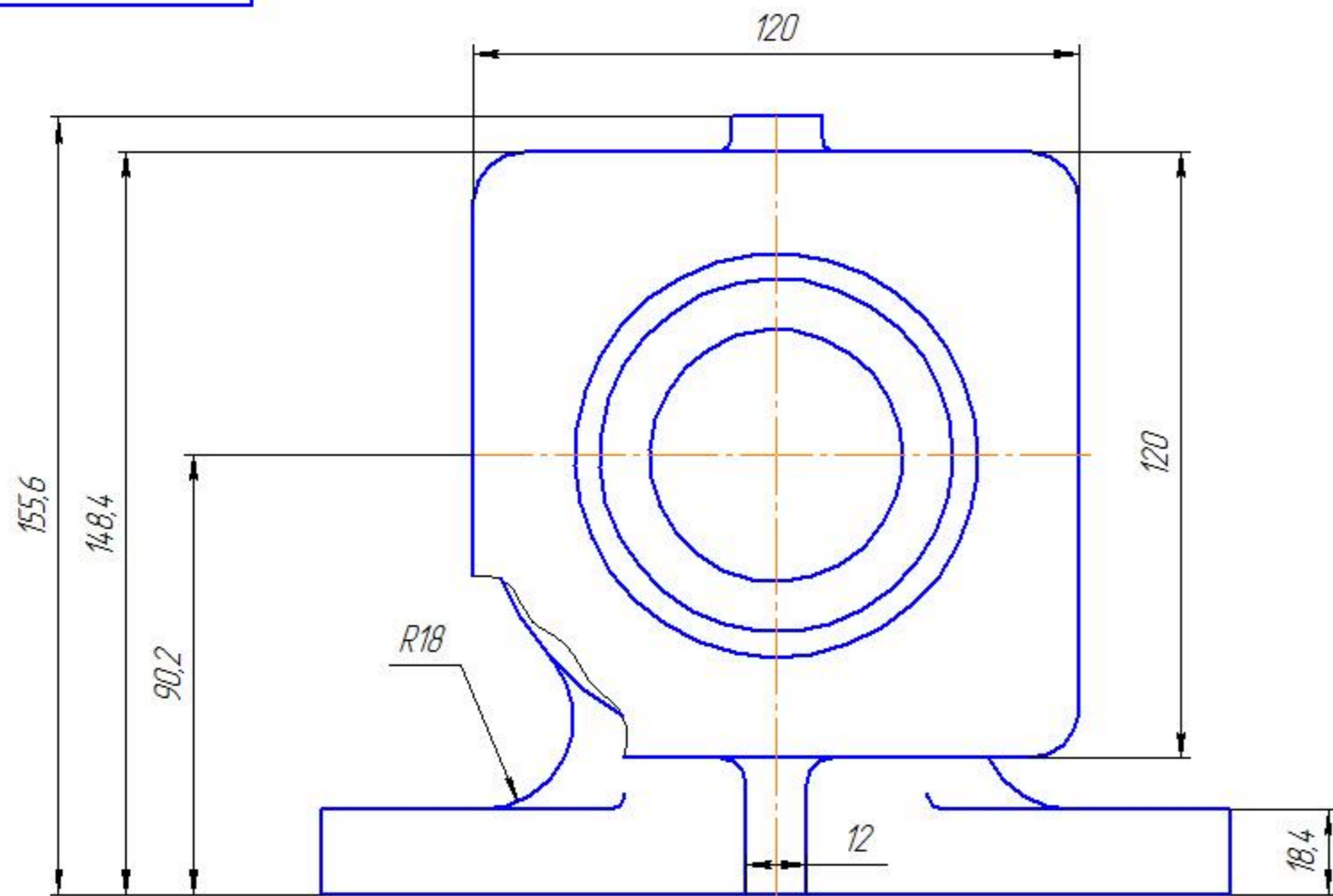
зав. каф. ТАМ Козлов Л.Г.

(прізвище, ініціали, посада)

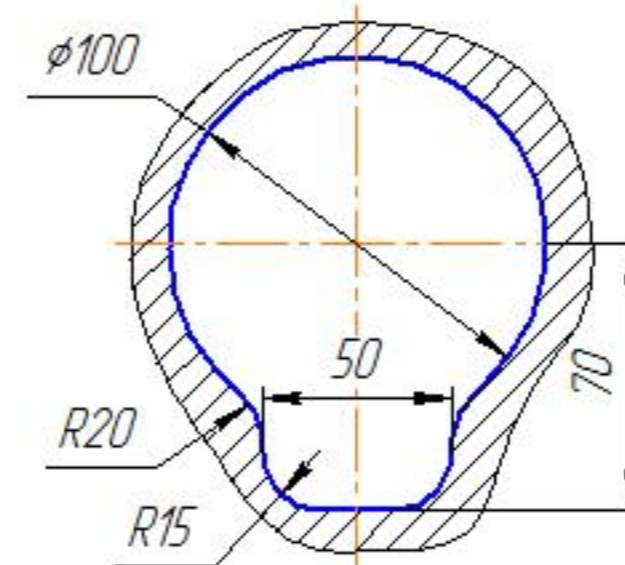
Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ «КОРПУС 71.18»



A-A (1:2)



1. Точність виливка 8-4-11-5 ГОСТ 7505-89
2. Невказані ливарні радіуси до 2 мм.
3. Невказані ливарні нахили до 3°.
4. H14; h14; ±IT 14/2.

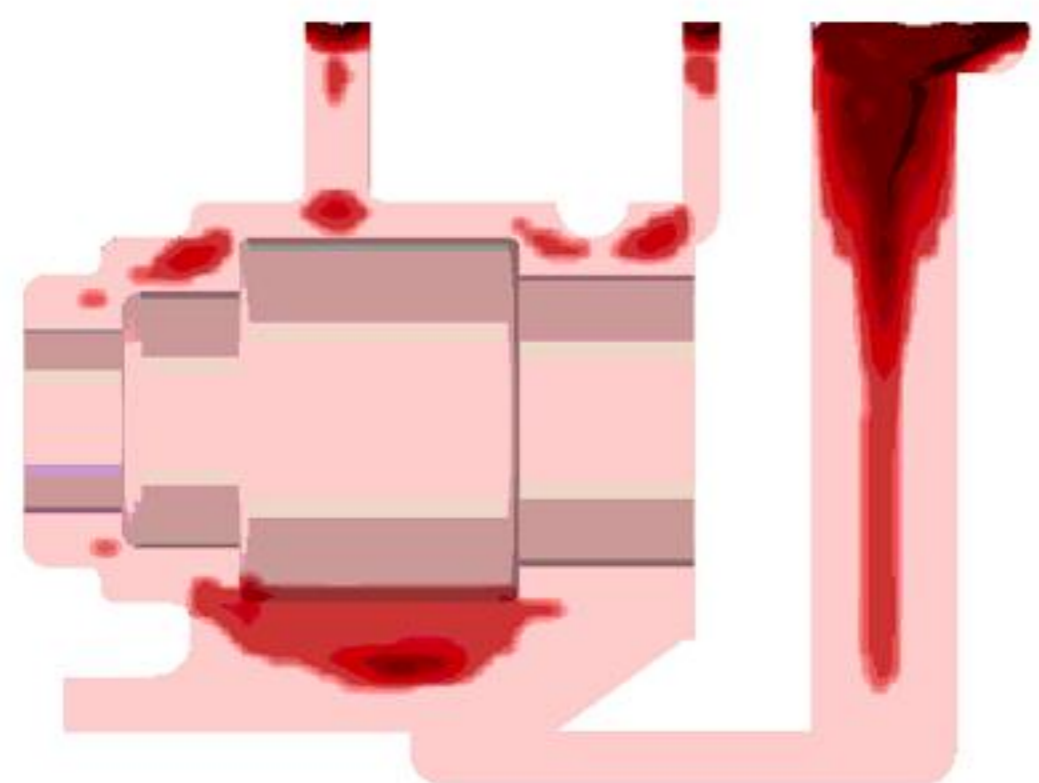
Ra 16 (✓)

Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Сторінка	№		
Власник	№	Від	№
Підп.	Дата		
№	Підп.		

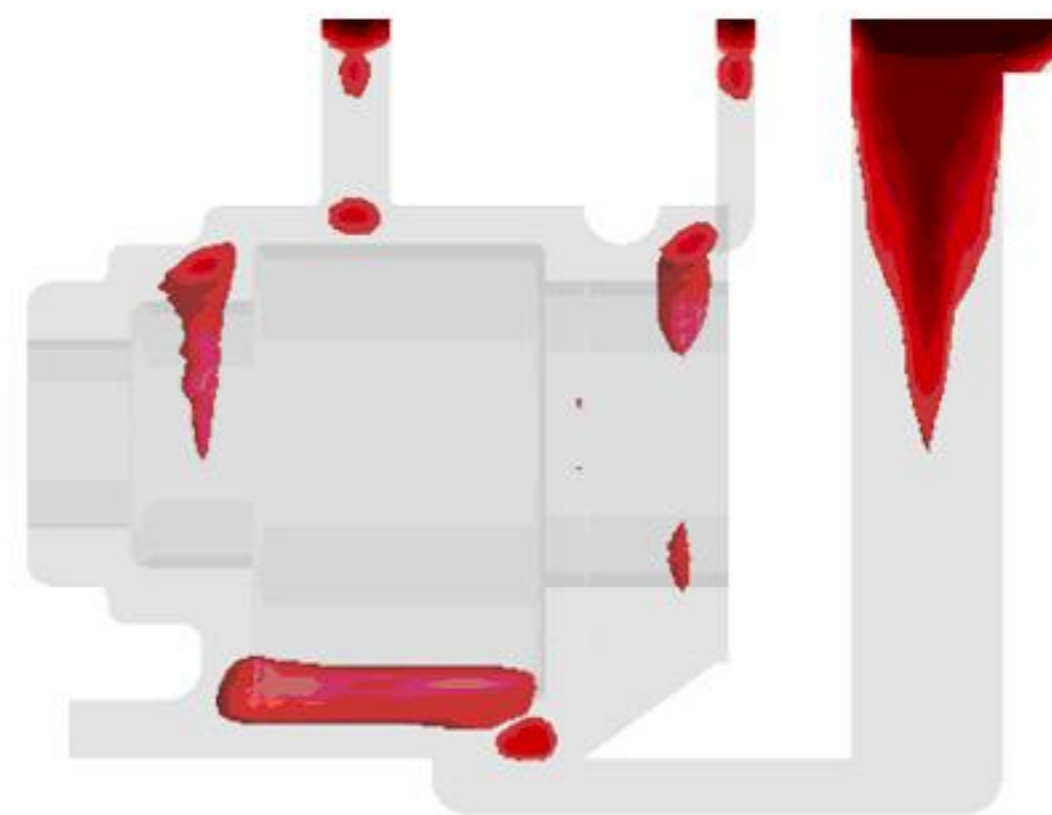
08-26.МКР.012.00.002				Лист	Маса	Масштаб
Корпус 71.18 (виливок)				9,395	1:1	
Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Ярвічина М.А.				1	1
Проб.	Сухаруків С.					
Технтр.						
Н.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ, зр. 1ПМ-21М	
Этб.	Козлов Л.Г.				Формат А2	

Моделювання процесу виготовлення заготовки

Розподіл дефектів усадочного походження в площині симетрії

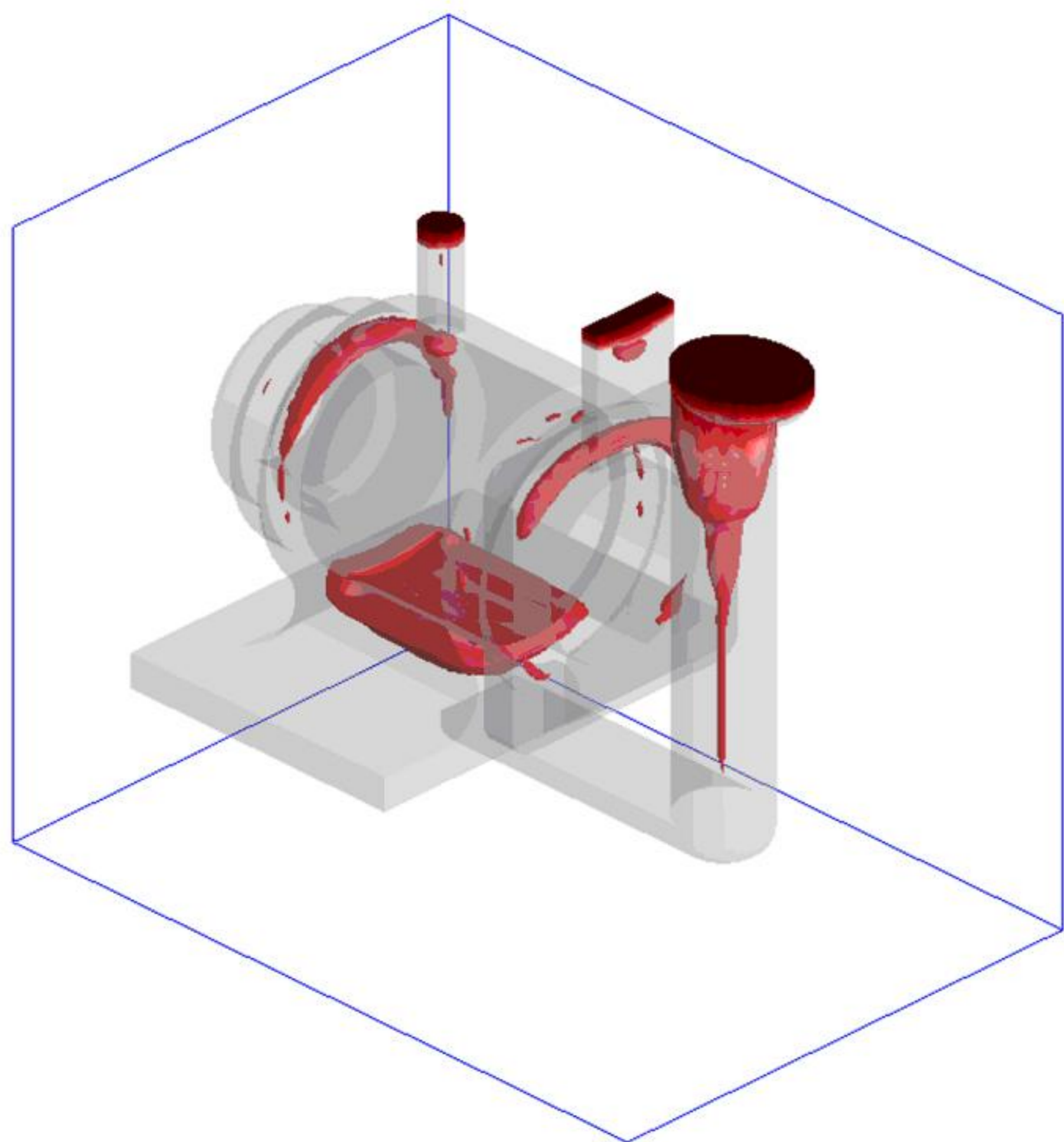


Варіант 1

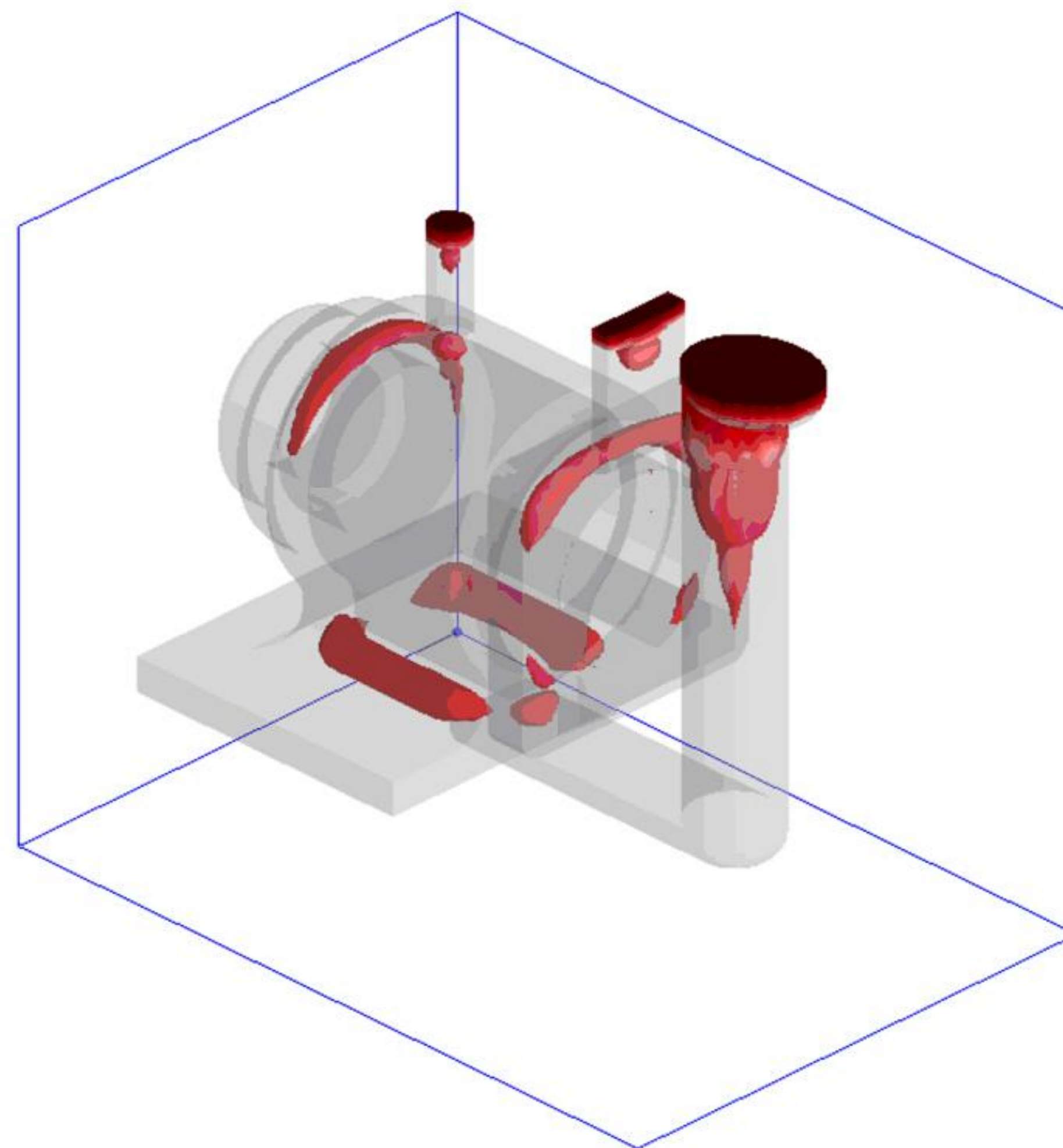


Варіант 2

Розподіл дефектів усадочного походження по тілу заготовки



Варіант 1



Варіант 2

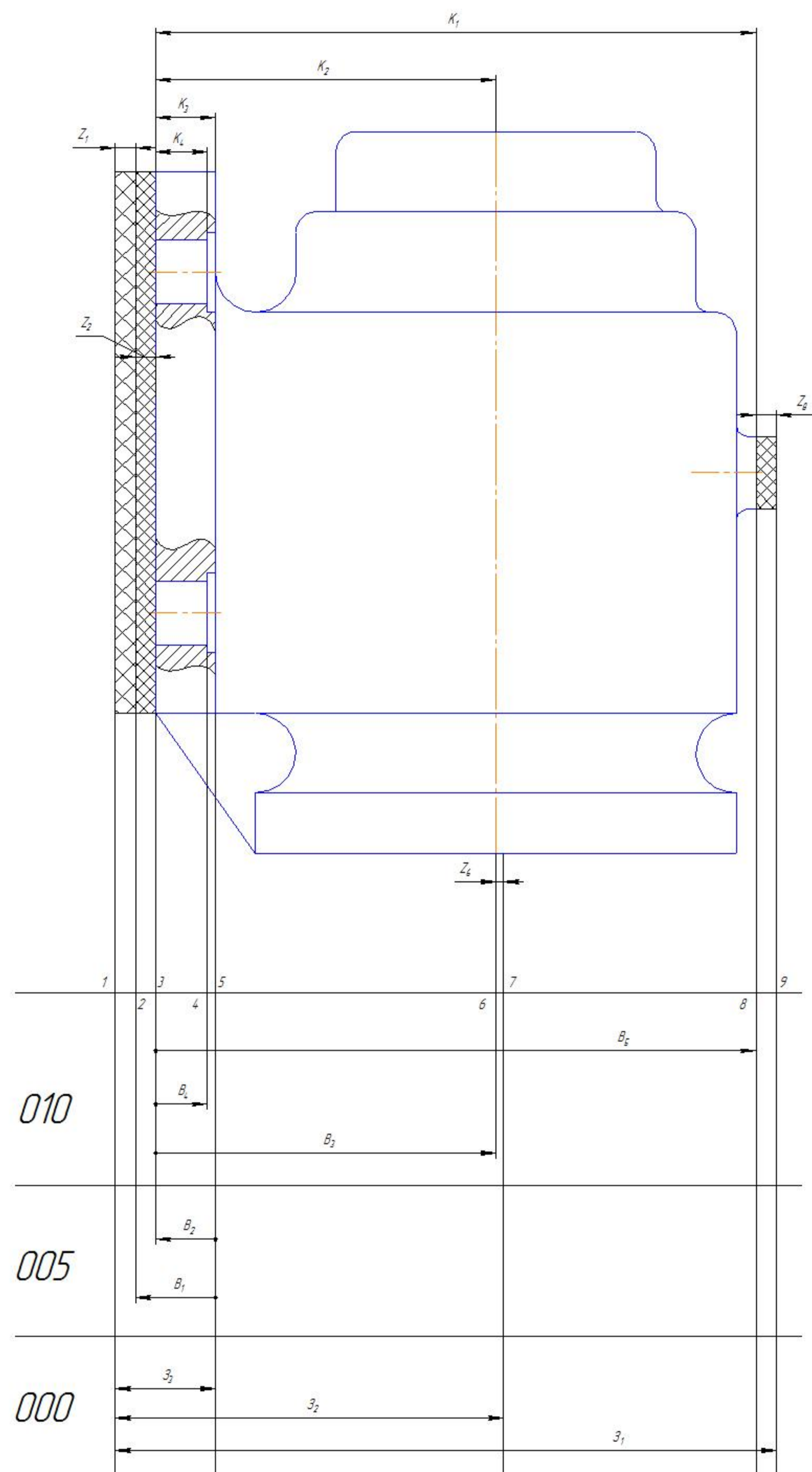
				08-26.МКР.012.00.100 П/1		
Лист	№ докум.	Лист	Дата	Моделювання процесу виготовлення заготовки		
Разроб.	Ярвіжина М.А.			Лист	Масштаб	Масштаб
Проєк.	Сичовикова С.І.			Лист	Листів	1
Контр.				ВНТУ		
Начник	Сердюк О.В.			гр. ПП-21М		
Заб.	Козлов Л.Г.			Формат А1		

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір 3. Центрувати 4 отв. 2. 4. Свердлити 4 отв. 2. 5. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 6. Зняти деталь. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
010	<p><u>Багатоцільова з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір 184,5₋₁. 3. Повернути деталь на 90° 4. Фрезерувати пов. 11 однократно. 5. Повернути деталь на 90° 6. Фрезерувати пов. 9 попередньо в розмір 181,9_{-0,6}. 7. Повернути деталь на 90° 8. Цекувати 4 поверхні 10. 9. Центрувати отвір 12. 10. Повернути деталь на 90° 11. Центрувати 4 отв. 13. 12. Свердлити 4 отв. 13 в розмір φ8,5 13. Повернути деталь на 90° 14. Свердлити отвір 12 в розмір φ8,5. 15. Нарізати різь в отворі 12. 16. Повернути деталь на 90° 17. Нарізати різь в 4 отв. 13 18. Розточити отв. 3 в розмір φ88,77, отв. 4 в розмір φ84,6, отв. 5 в розмір φ79,61, отв. 7 в розмір φ56,82 попередньо та отв. 6 остаточно. 19. Розточити отв. 3 в розмір φ89,67, отв. 5 в розмір φ79,81 попередньо, отв. 4, отв. 7 остаточно, фаску 2 однократно. 20. Розточити отв. 3 та отв. 5 остаточно. 21. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 22. Повернути деталь на 180° 23. Розточити фаску 8 однократно. 24. Зняти деталь. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК SPINNER U4-620 з поворотним столом

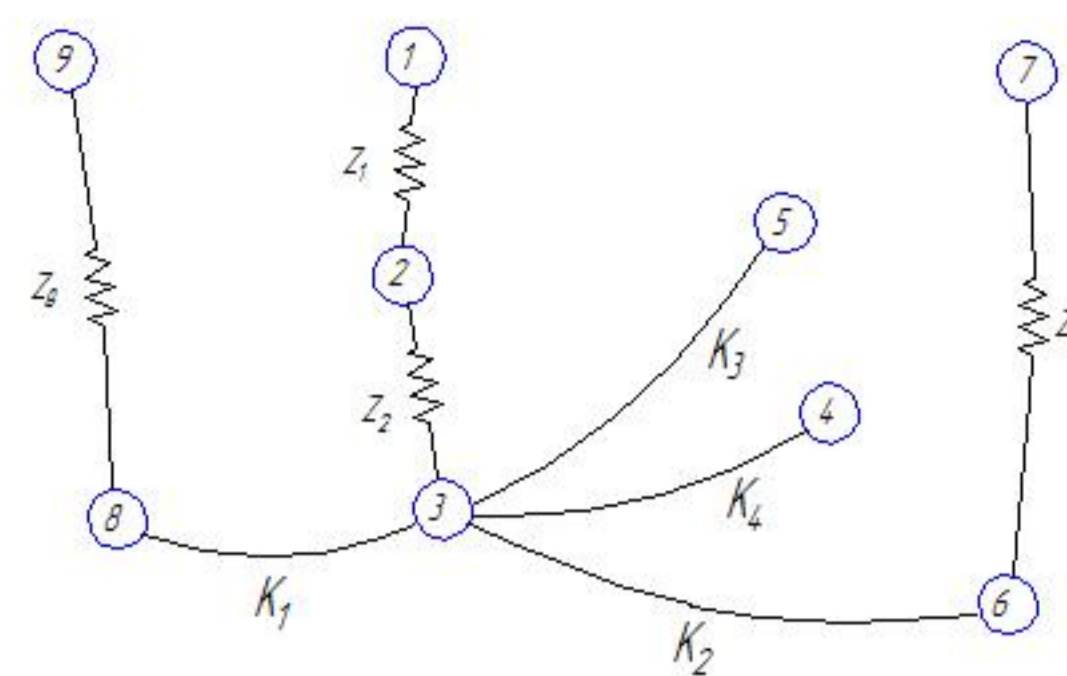
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30
Лист № 31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

08-26.МКР.012.00.200 ПЛ			Технологічний процес механічної обробки		
Лист	№ док.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
1	1		1		1
ВНТУ	Зр. ПМ-21М				
Формат А1					

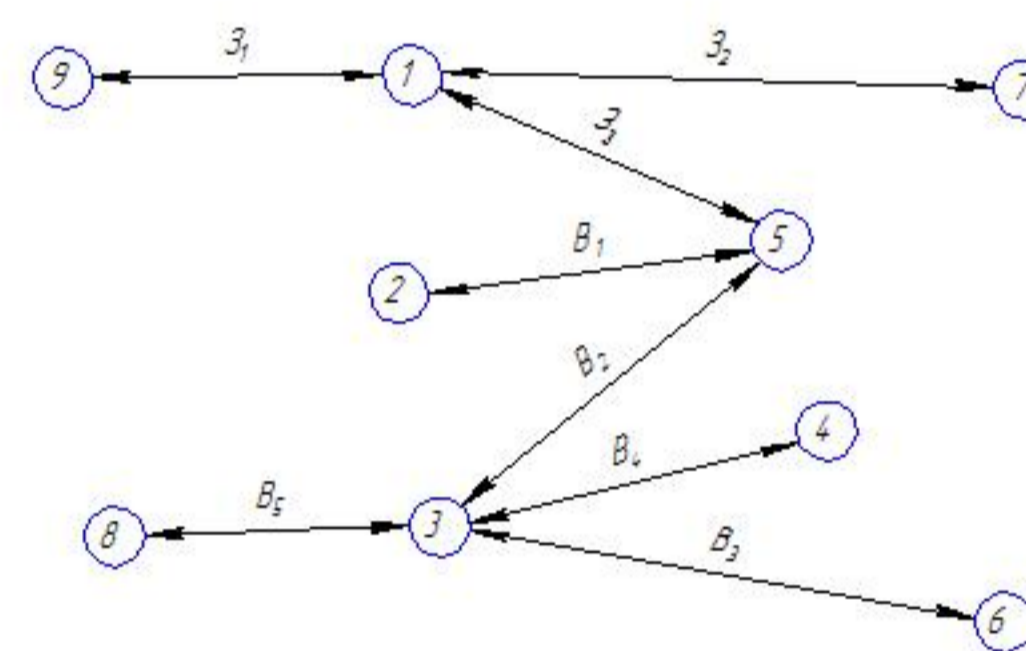
Розмірна схема технологічного процесу



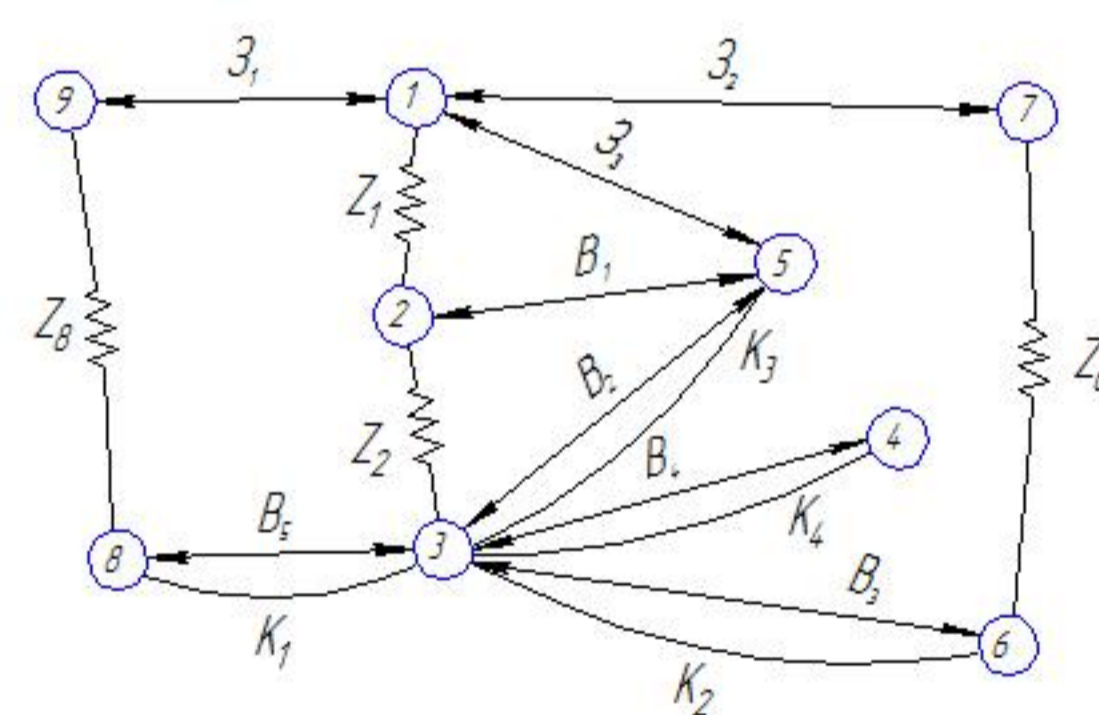
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф



Технологічні розміри та розміри заготовки

	$B_1, \text{мм}$	$B_2, \text{мм}$	$B_3, \text{мм}$	$B_4, \text{мм}$	$B_5, \text{мм}$	$Z_1, \text{мм}$	$Z_2, \text{мм}$	$Z_3, \text{мм}$
тип	15,8	14,57	84,8	12,57	14,9	154,9	90,13	17,6
тах	16,4	15	85,2	13	150	157,9	91,83	18,7

Припуски на механічну обробку поверхонь

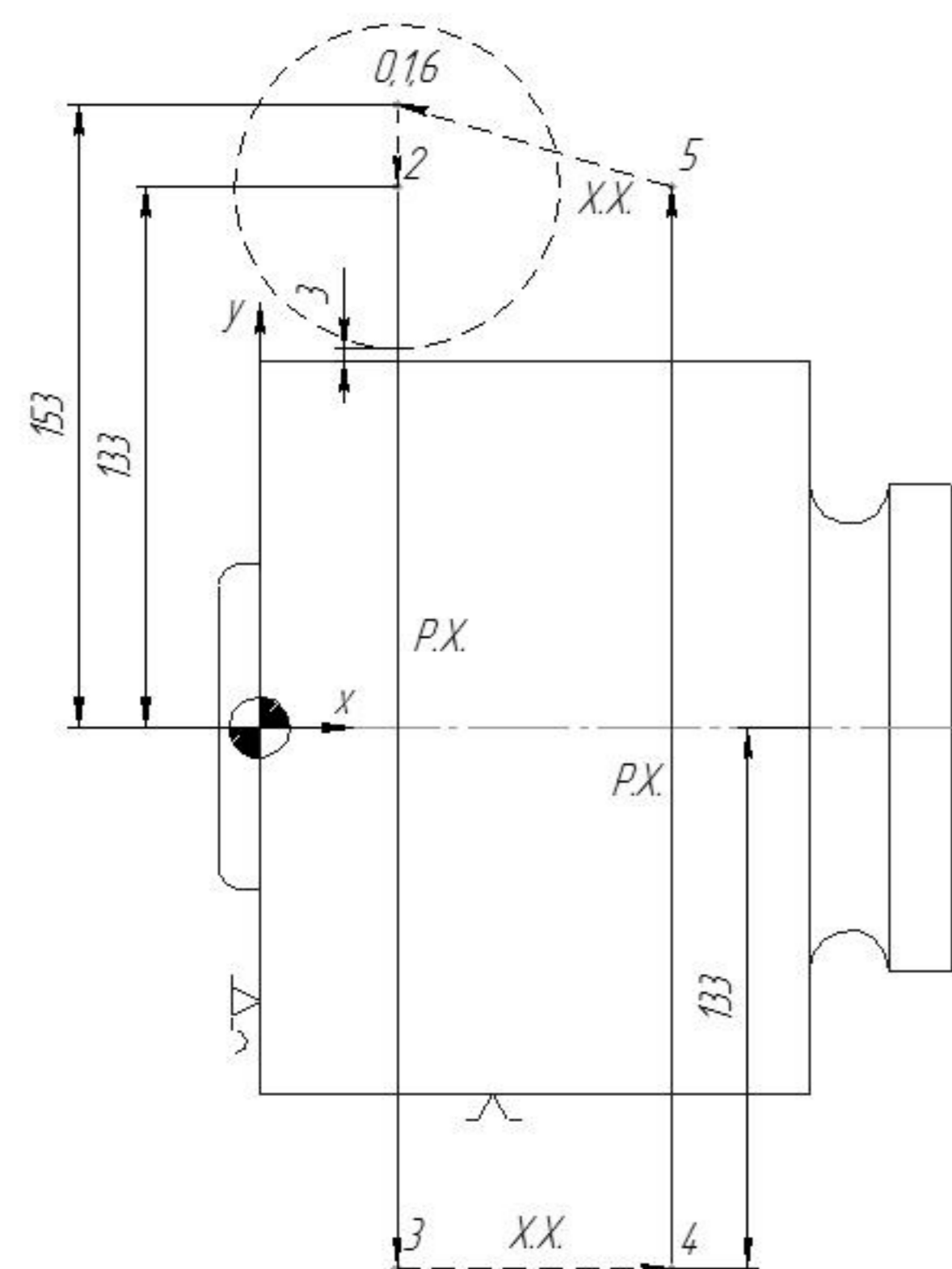
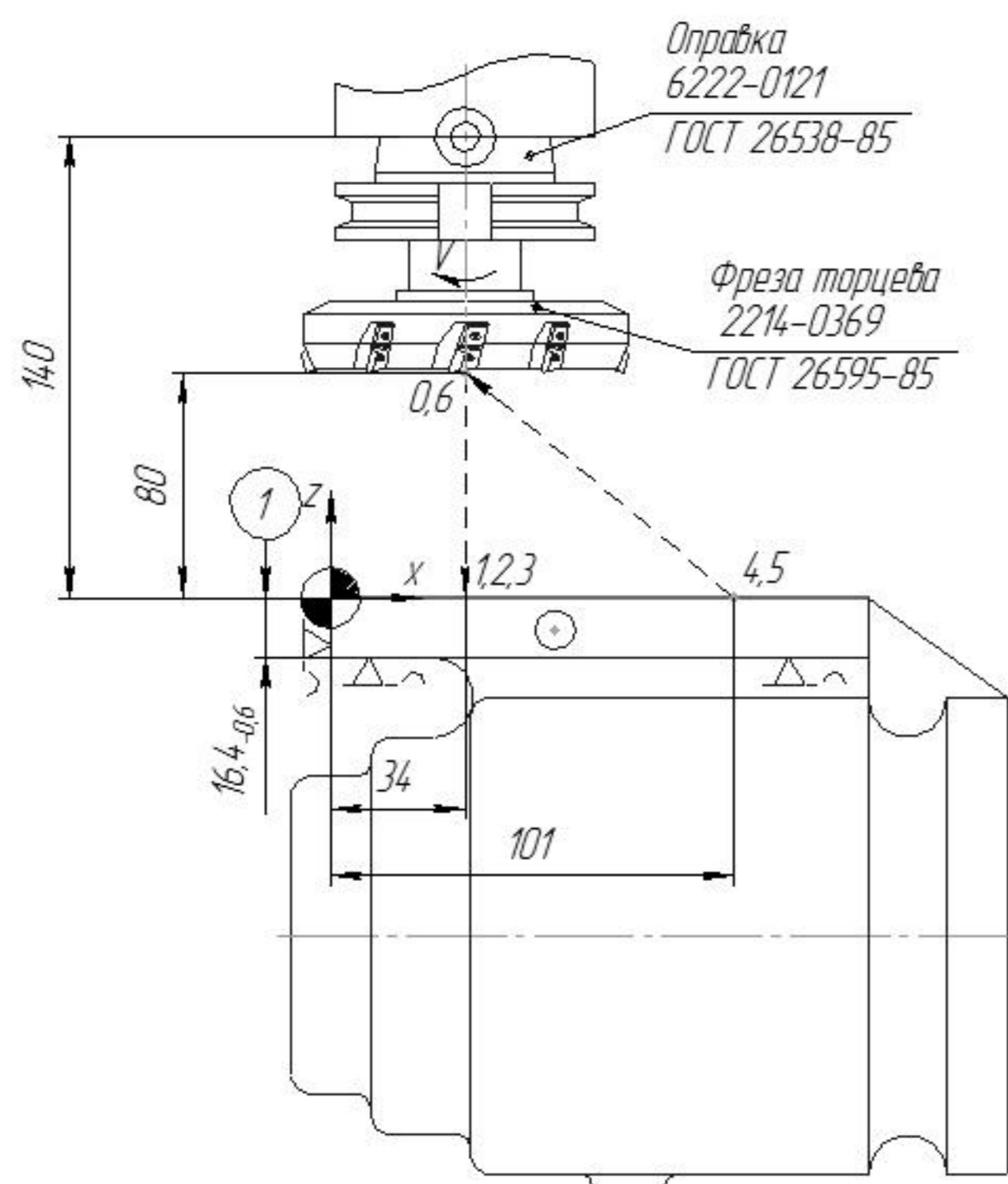
	$Z_1, \text{мм}$	$Z_2, \text{мм}$	$Z_3, \text{мм}$	$Z_4, \text{мм}$
тип	1,2	0,8	0,8	1,2
тах	2,9	1,83	4,35	5,8

08-26.МКР.012.00.300 ПЛ				Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Розмірний аналіз технологічного процесу		
Розроб	Відомий М.А.			Лист	Листів	1
Проб	Сікоричев С.І.			ВНТУ ІПМ-21М		
Н.контр.	Сердюк О.В.			Формат А1		
Утв.	Козлов П.Г.			Копіював		

Інд. № табл. Вид. і дата. Взам. инв. № Инв. № одобр. Вид. и дата. Статус №

Перехід 2

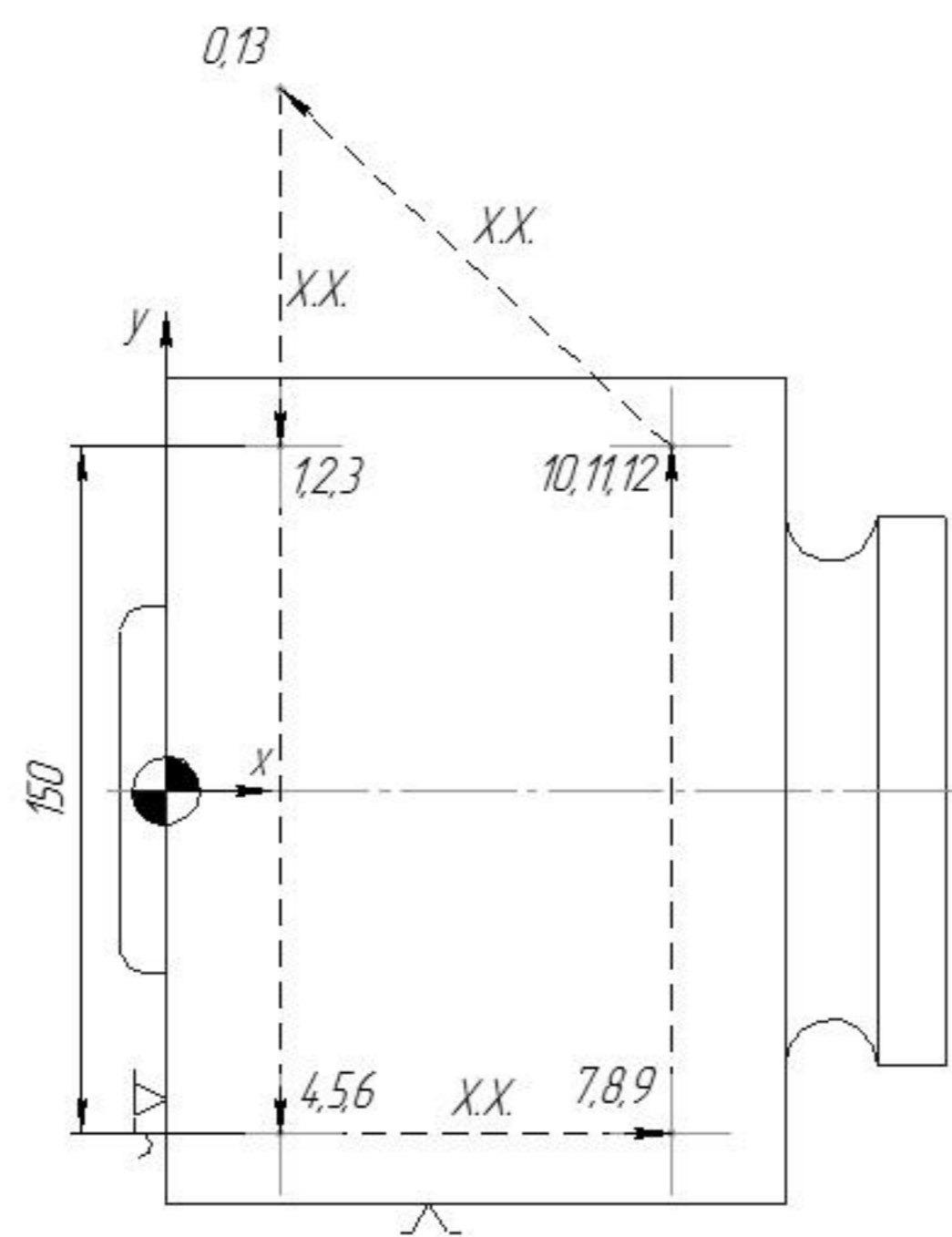
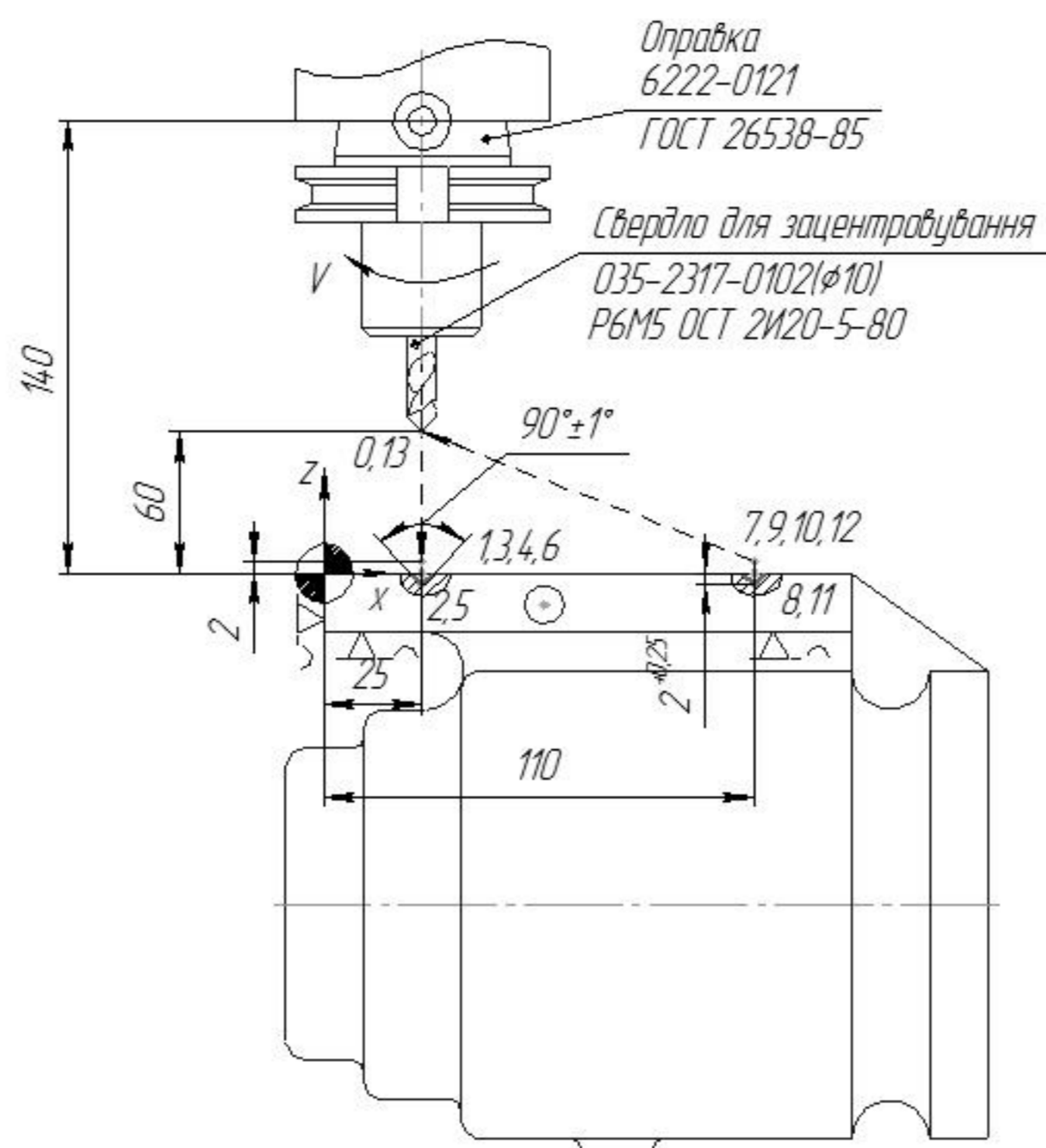
$\sqrt{Ra 6.3}$ (✓)



Невказані граничні відхилення розмірів: отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

Перехід 3

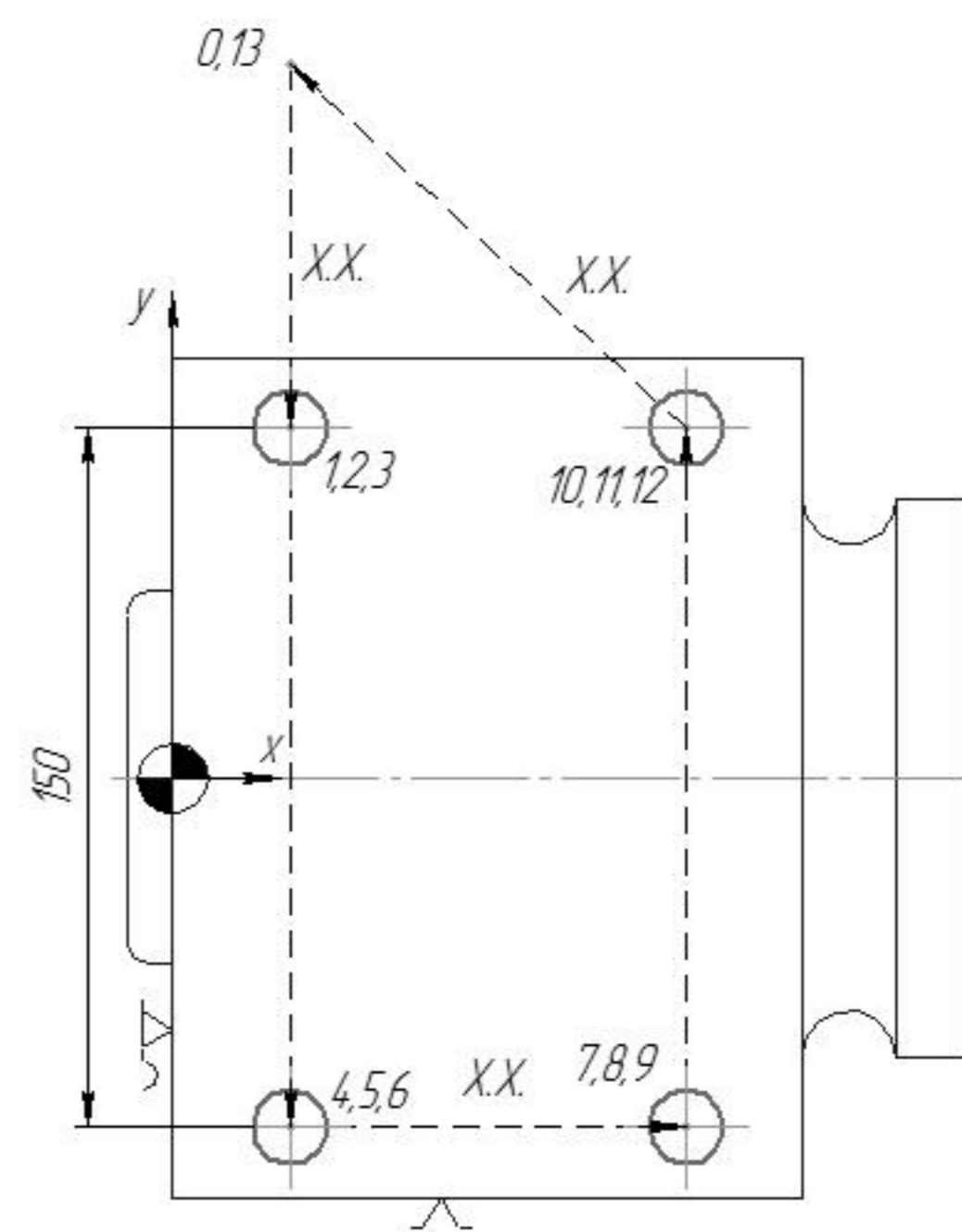
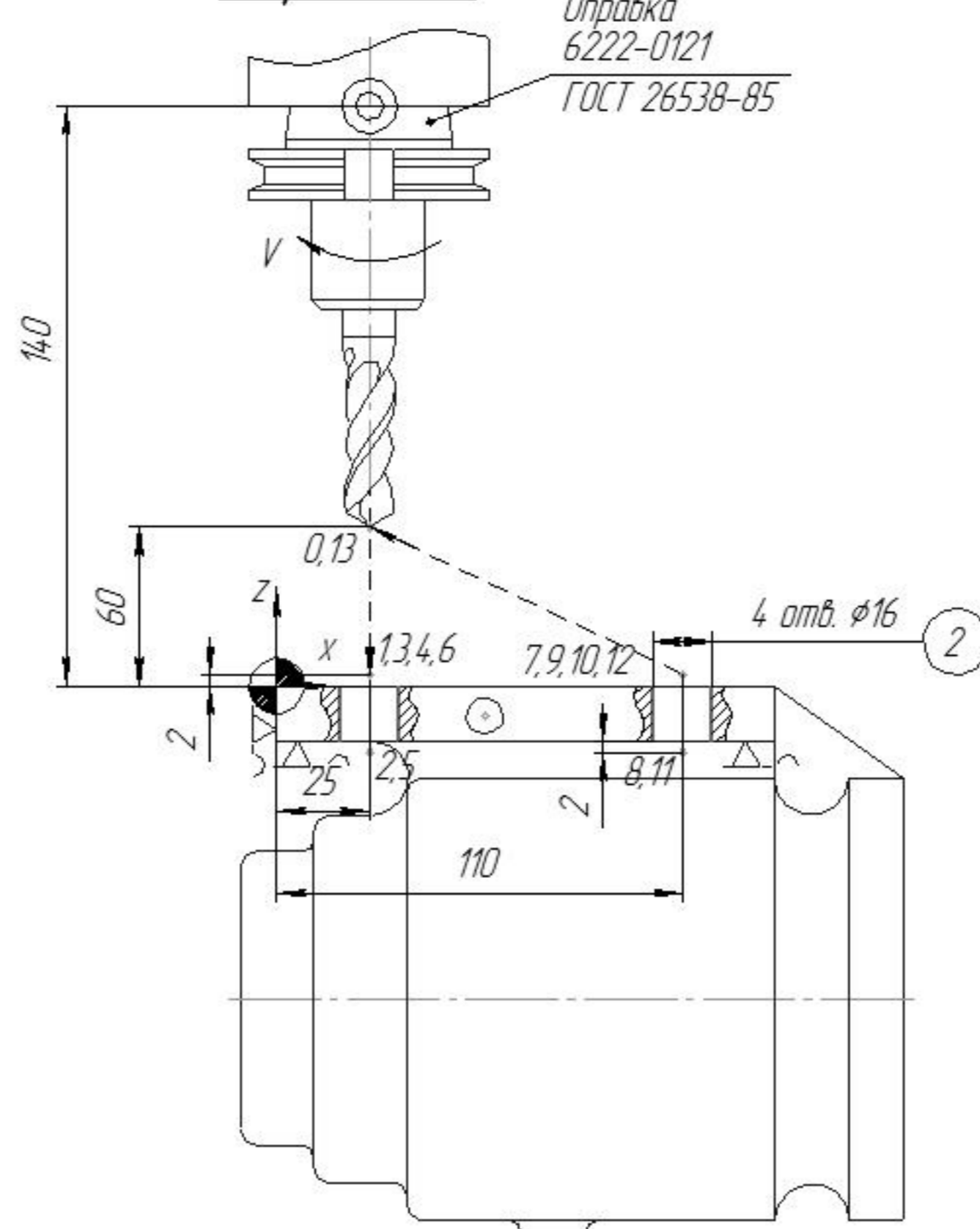
$\sqrt{Ra 6.3}$ (✓)



Невказані граничні відхилення розмірів: отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

Перехід 4

$\sqrt{Ra 6.3}$ (✓)

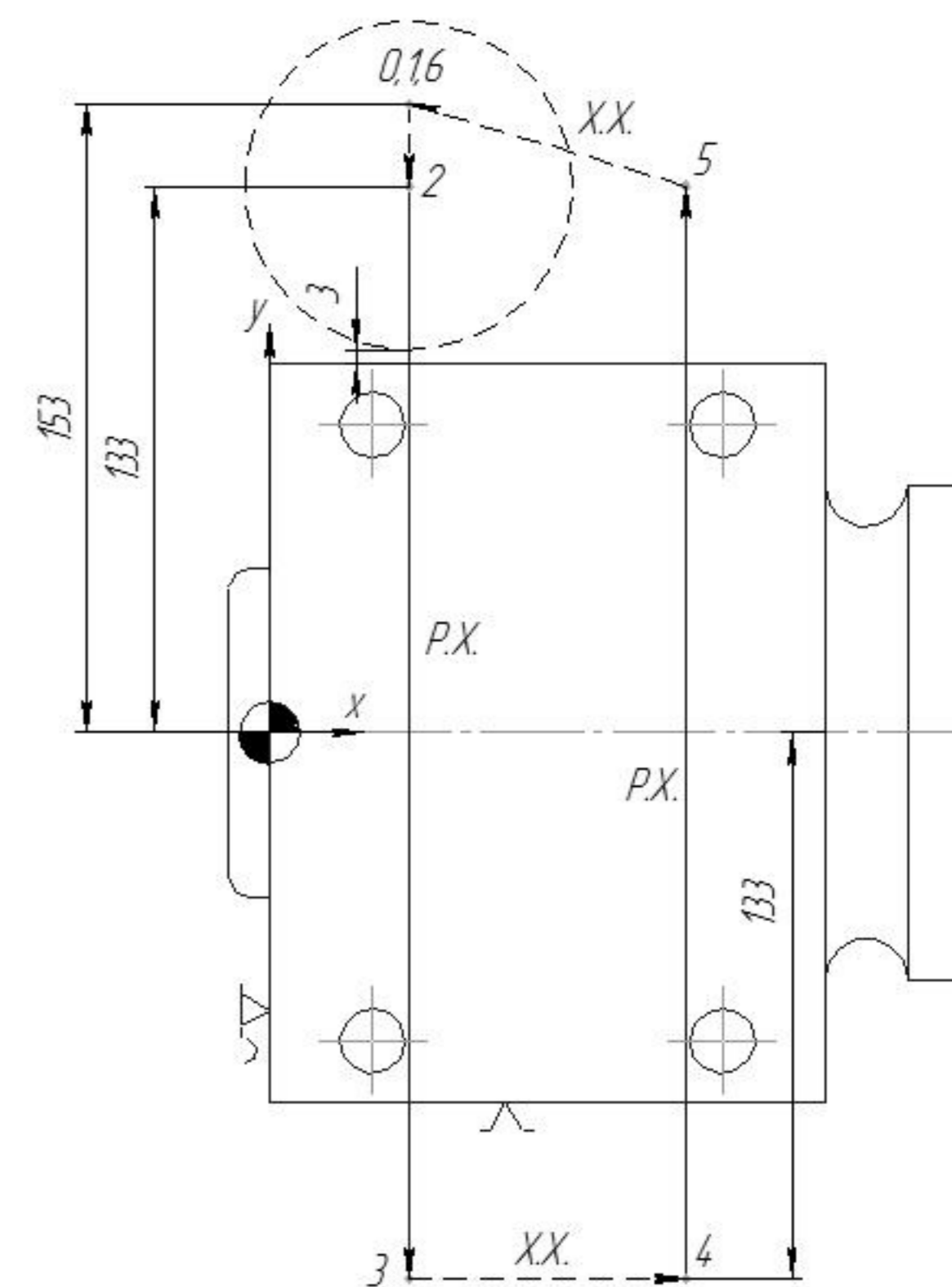
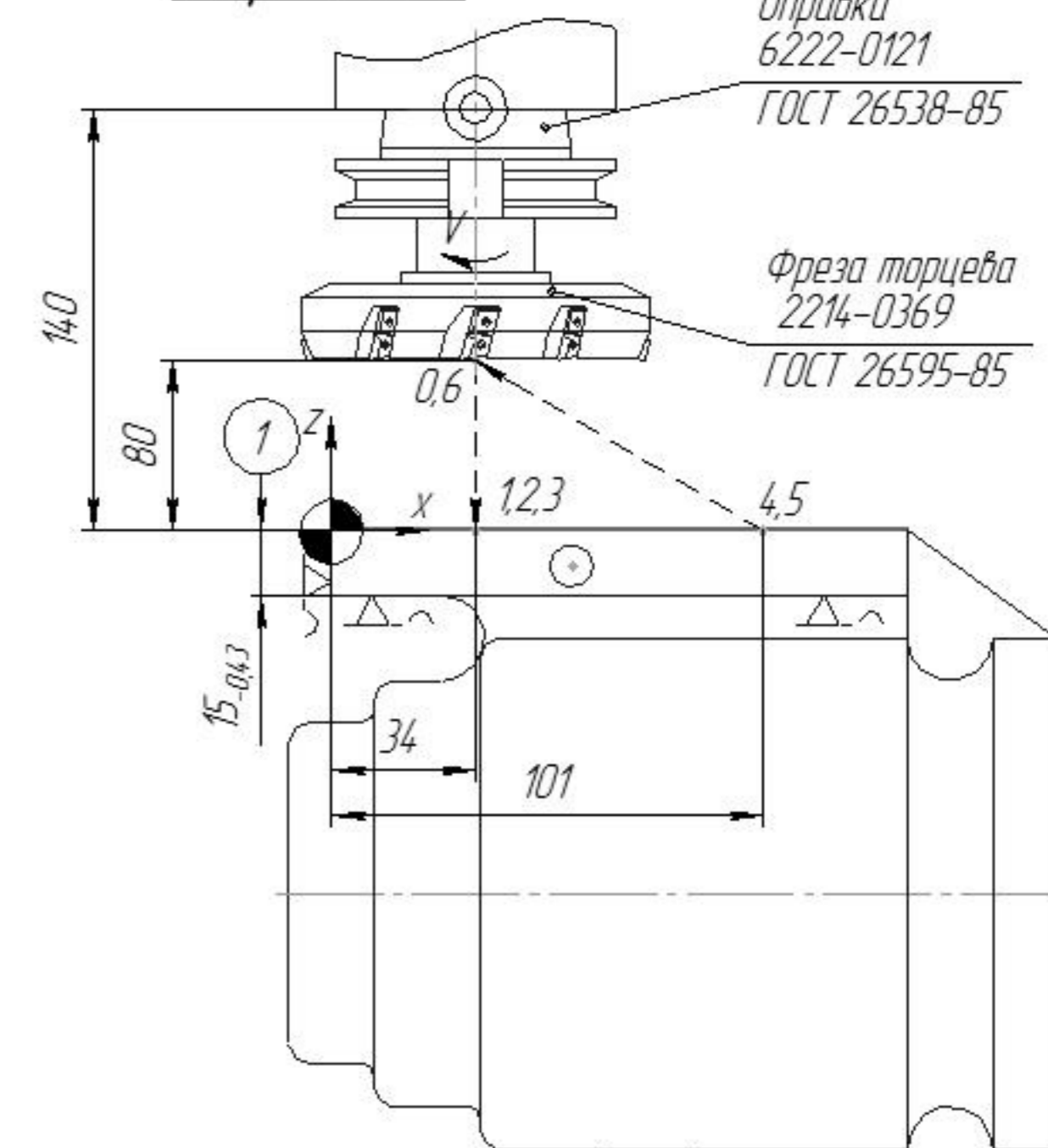


Невказані граничні відхилення розмірів: отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

Перехід 5

Оправка 6222-0121 ГОСТ 26538-85

Фреза торцева 2214-0369 ГОСТ 26595-85

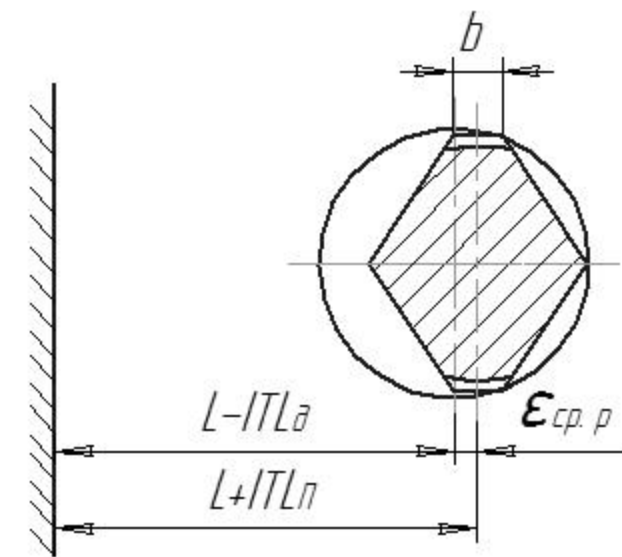
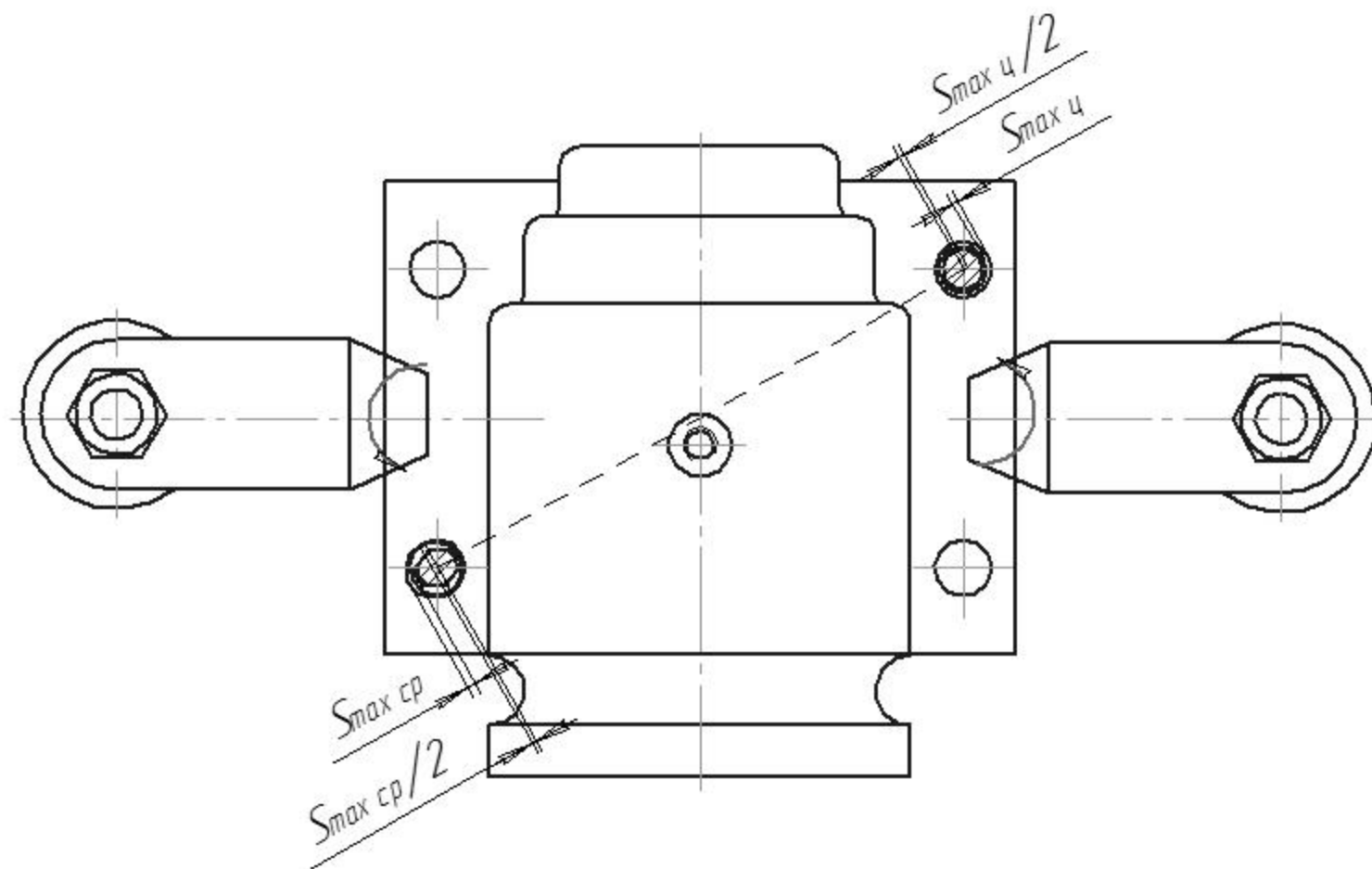


Невказані граничні відхилення розмірів: отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

005	5	Фрезерувати поверхню 1 остаточно	0,4	0,25	109	4,36	
	4	Свердлити 4 отв. 2	8	0,2	76,9	573	
	3	Центрувати 4 отв. 2	0,4	0,3	90,7	567	
	2	Фрезерувати поверхню 1 попередньо	0,8	0,2	72,8	44,2	
Матеріал	Фрезерна з ЧПК		БР13РФ3		1	5	
	Найменування операції		Обладнання		Режими різання		
08-26МКР.012.00.003							
Лист	№ док.м.	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб	
Разроб	Відхилення М.А.			Карта налагоджень			
Проєв	Сичовиків С.І.						
Лист	Листів		1				
Нижня	Сердюк О.В.	ВНТУ				зр. ПМ-21М	
Зна	Козлов Л.Г.						
Копірабол							
Формат А1							

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20

Розмірна схема розрахунку пристосування на точність



Максимальне бічне зміщення заготовки:

$$0,5 \cdot S_{\max \text{ ц}} = 0,5 \cdot S_{\max \text{ ср}} = 0,5 \cdot 0,077 = 0,0385 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм.}$$

Отже, умова $\omega_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot S_{\max}$ виконується.

Максимальне кутове зміщення дорівнює:

$$\gamma_{\max} = \arctg [0,5 \cdot (S_{\max \text{ ц}} + S_{\max \text{ ср}}) / L] = \arctg [0,5 \cdot (0,077 + 0,077) / 172,4] = \arctg 0,00049 < 5'$$

Отже, умова $\gamma_{\max} \leq \gamma_{\text{доп}}$ виконується.

Розрахунковий діаметр зрізаного пальця

$$d_{\text{ср.р.}} = d_{\text{ср.мак}} - 0,25 \cdot ITD_{\text{ср.}} = 16,984 - 0,25 \cdot 0,018 = 15,9795 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр отвору під зрізаний палець

$$D_{\text{ср.р.}} = D_{\text{ср.мін}} + 0,25 \cdot ITD_{\text{ср.}} = 16 + 0,25 \cdot 0,018 = 16,00045 \text{ мм.}$$

$$S_{\min} = 0,016 \text{ мм.}$$

$$ITL_n = 0,5 \cdot ITL_d = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ мм.}$$

Розрахункове зміщення осі зрізаного пальця

$$\epsilon_{\text{ср.р.}} = 0,5 \cdot (ITL_d - S_{\max \text{ ц}}) + ITL_n = 0,5 \cdot (0,1 - 0,034) + 0,05 = 0,083 \text{ мм}$$

По ГОСТ 12210-66 для пальців діаметром 16 мм ширина стрічки $d = 6$ мм. Вона має задовольняти умові

$$b \leq 0,25 \cdot (D_{\text{ср.р.}} + d_{\text{ср.р.}}) \cdot (D_{\text{ср.р.}} - d_{\text{ср.р.}}) / \epsilon_{\text{ср.р.}}$$

$$6 \leq 0,25 \cdot (16,00045 + 15,9795) \cdot (16,00045 - 15,9795) / 0,083 \approx 7,12 \text{ мм,}$$

Отже, умова виконується.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

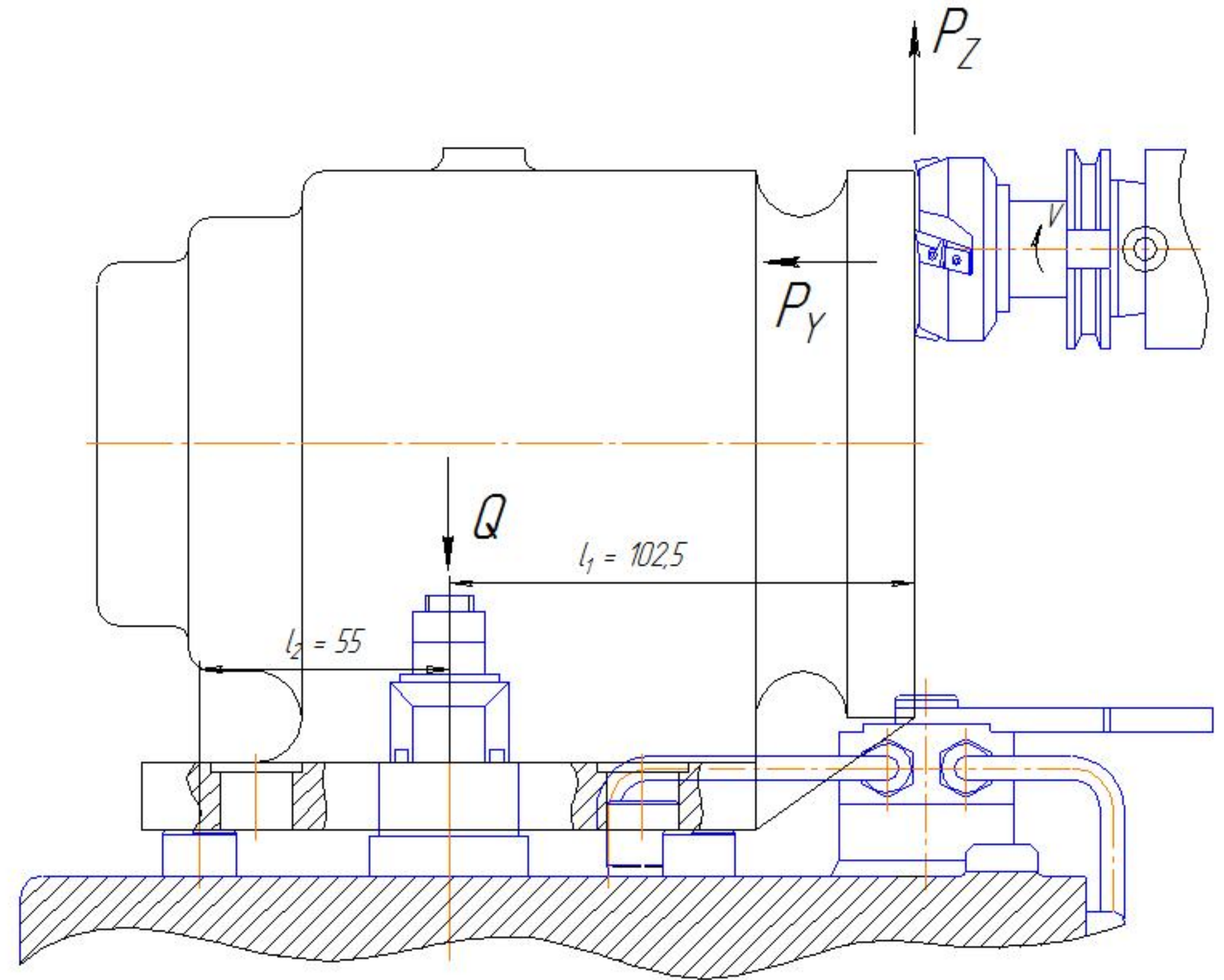
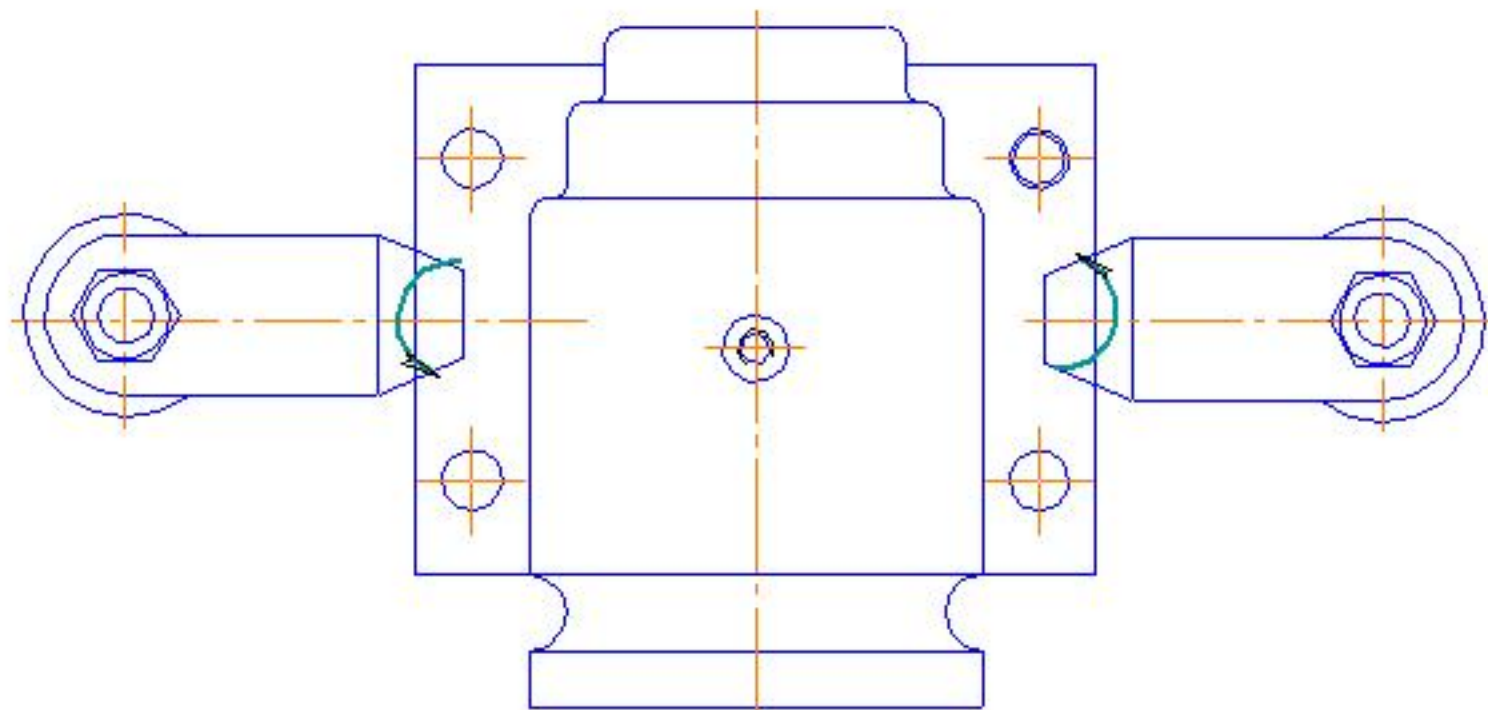
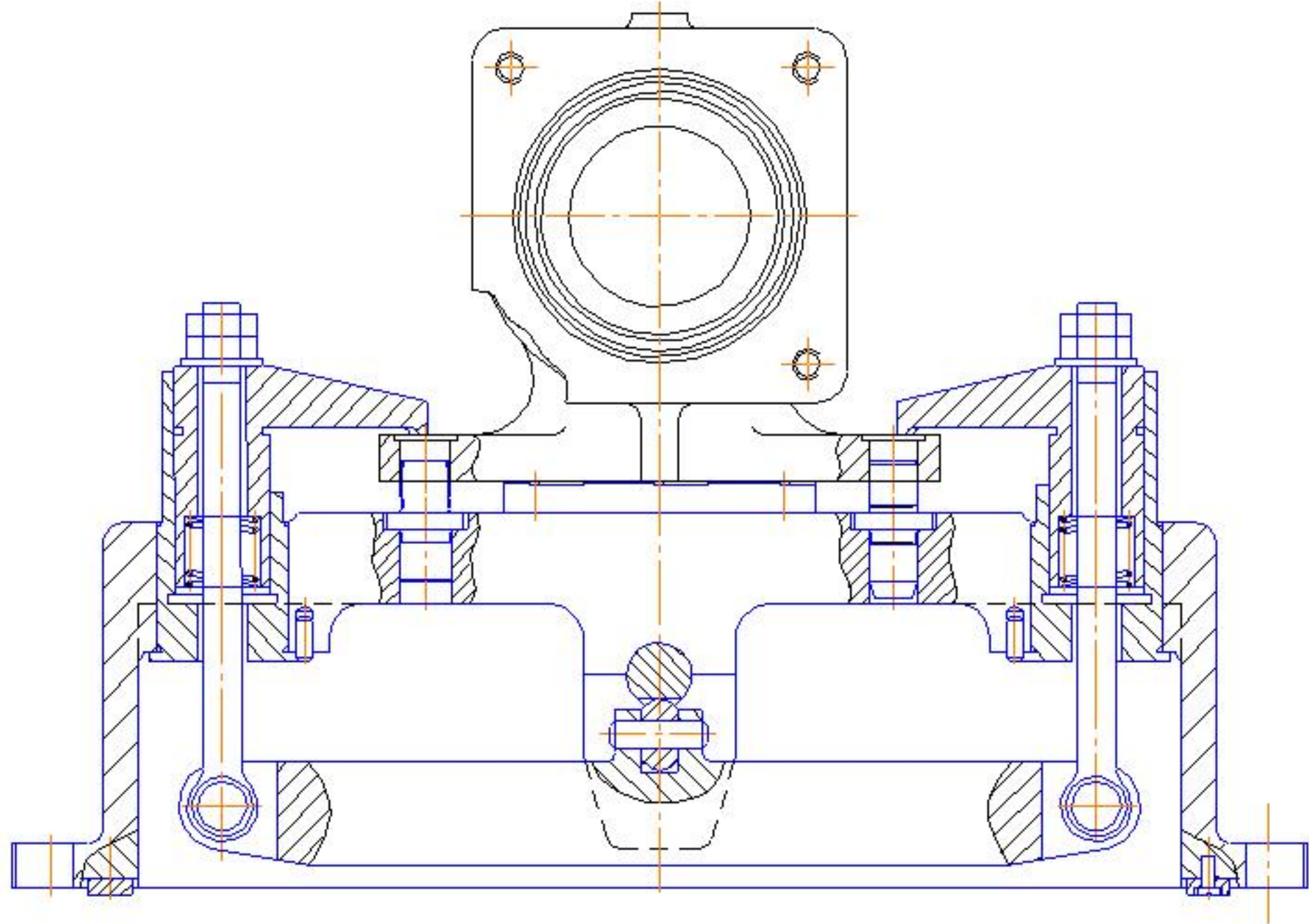
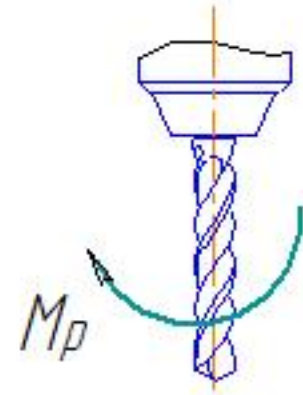
Подп. и дата

Инв. № подл.

08-26.МКР.012.00.400 ПЛ

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.		Ядвіжина М.А.					
Проб.		Сухаруков С.І.					
Т.контр.							
Н.контр.		Сердюк О.В.					
Утв.		Козлов Л.Г.					
Розмірна схема розрахунку пристосування на точність					Лист	Листов	
					ВНТУ, гр. 1ПМ-21м		

Розрахункові схеми визначення сили закріплення



Перб. притчен.
Спроб. №
Власн. вид. №
Лист. у дана
Лист. № докум.
Лист. у дана
Лист. № мод.

				08-26.МКР.012.00.500 ПЛ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Ярвіжина М.А.					
Проб.		Сухарцова С.І.			Лист	Листов	
Т.контр.					ВНТУ, гр. 1ПМ-21М		
Н.контр.		Сердюк О.В.			Формат А2		
Утв.		Козлов Л.Г.			Копировал		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-26.МКР.012.01.000 СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
		1	08-26.МКР.012.01.001	Корпус	1	
		2	08-26.МКР.012.01.002	Прихват	2	
		3	08-26.МКР.012.01.003	Пневмоциліндр	1	
		4	08-26.МКР.012.01.004	Клин рухомий	1	
		5	08-26.МКР.012.01.005	Ролик	2	
		6	08-26.МКР.012.01.006	Коромисло	1	
		7	08-26.МКР.012.01.007	Тяга	2	
		8	08-26.МКР.012.01.008	Поршень	1	
		9	08-26.МКР.012.01.009	Пружина	2	
<u>Стандартні вироби</u>						
		10		Болт ГОСТ 7798-70 M12x30	4	
		11		Гайка ГОСТ 5915-70 M16x1,5-7H.05	2	
		12		Гвинт ГОСТ 1491-80 AM10-6dх30.45.05	1	
		13		Палець зрізаний ГОСТ 17774-72 7030-1231-50 f7	1	
		14		Палець циліндричний ГОСТ 17774-72 7030-1231-50 f7	1	
08-26.МКР.012.01.000 СП						
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата		
Разраб.		Ядвіжина М.А.			Лит.	Лист
Проб.		Сухаруков С.І.				Листов
						1 2
Н.контр.		Сердюк О.В.			ВНТУ, гр. ІПМ-21м	
Утв.		Козлов Л.Г.			Формат А4	
Верстатне пристосування						
Копіював						

