

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

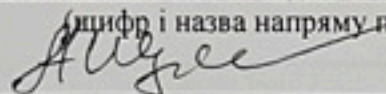
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 14.36»**

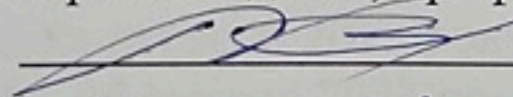
08-64.МКР.025.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

(цифра і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Щербаков А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф. каф. ТАМ

 Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

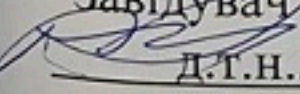
Опонент:

 К.т.н., проф. каф. АТМ Кашкава В.А.
(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

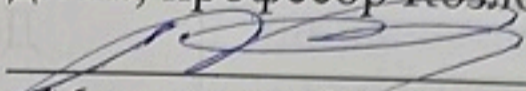
Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

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

« 15 » 12 2023 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.

«16» жовтня 2023 р.

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

Щербакову Артему Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Корпус 14.36"

керівник роботи Козлов Леонід Геннадійович д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року №274

2. Строк подання студентом МКР: 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі Корпус 14.36

Матеріал: Сірий чавун СЧ18 ГОСТ 1412-85

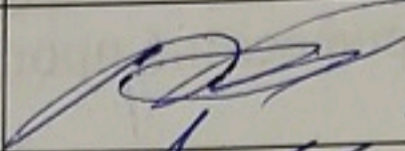
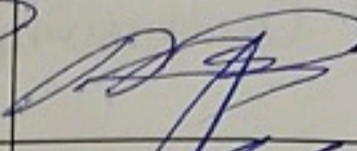
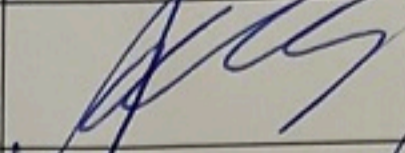

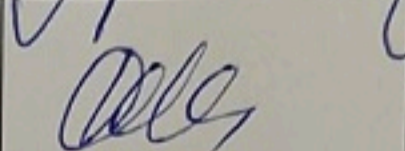
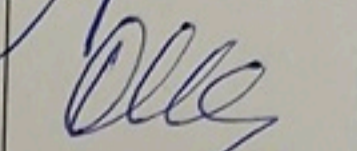
Програма випуску N=3500 шт.

4. Зміст текстової частини: Огляд варіантів дефектів та шляхів їх усунення при литті заготовок типу "Корпус"; Технологічна частина; Економіка виробництва; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки, розмірний аналіз, карта налагоджень, верстатне пристосування, схеми розташування ливарних дефектів по тілу заготовки

6. Консультанти розділів роботи

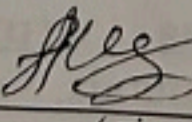
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Основна частина	д.т.н., проф. Козлов Л.Г.		
Економічна частина	к.т.н., проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

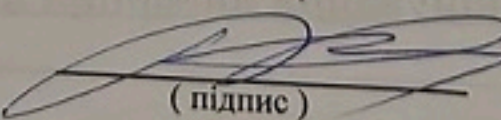
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 25.10.23	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.23	
3	Розв'язання поставлених задач	до 25.10.23	
4	Формування висновків по роботі, практичної цінності результатів	до 20.11.23	
5	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.23	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.23	
7	Попередній захист МКР	до 02.12.23	
8	Перевірка роботи на плагіат	до 04.12.23	
9	Нормоконтроль МКР	до 13.12.23	
10	Рецензування МКР	до 13.12.23	
11	Захист МКР	до 20.12.23	

Студент


(підпис)

Щербаков А.О.

Керівник роботи


(підпис)

Козлов Л.Г.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.9

Щербаков А. О. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 14.36». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма - Технології машинобудування, Вінниця: ВНТУ, 2023. 121 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 17; табл. 31.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 14.36». У загальній частині роботи проведено аналіз можливих дефектів в заготовці при литті деталей типу Корпус. Проведено імітаційний аналіз процесу лиття заготовки деталі «Корпус 14.36», виявлено місця можливої появи дефектів.

В технологічній частині проведено кількісний та якісний аналіз конструкції деталі «Корпус 14.36», визначено тип виробництва – дрібносерійне та організацію роботи – групова. Удосконалено маршрут механічної обробки. Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 25H8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для операції 005 Комбінована з ЧПК спроектовано верстатне пристосування. На даній операції виконується фрезерування площини, розточування поверхонь та свердління отворів.

Графічна частина складається з 10 листів та плакатів.

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.

Ключові слова: дефекти литих заготовок, технологічний процес механічної обробки, верстатне пристосування.

ABSTRACT

Shcherbakov A. O. Improving the design and technological process of processing the workpiece part "Corps 14.36". Master's qualification work in the specialty 131 - Applied Mechanics, educational program - Technologies of Mechanical Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2023. 121 p. In Ukrainian language. Bibliogr.: 28 titles; fig.: 17; table 31.

In the master's qualification work, the design and technological process of processing the workpiece of the " Corps 14.36" part was improved. In the general part of the work, an analysis of possible defects in the workpiece during the casting of Body-type parts was carried out. A simulation analysis of the casting process of the part "Corps 14.36" was carried out, the places of possible appearance of defects were identified.

In the technological part, a quantitative and qualitative analysis of the structure of the " Corps 14.36" part was carried out, the type of production was determined - small series and the organization of work - group. The machining route has been improved. The dimensional analysis of the developed technological process of mechanical processing was carried out. For size $\varnothing 25H8$, allowances and technological dimensions for mechanical processing are defined. A machine tool was designed for operation 005 Combined. In this operation, milling of the plane, boring of surfaces and drilling of holes are performed.

The graphic part consists of 10 letters and posters.

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.

Keywords: defects of cast blanks, technological process of mechanical processing, machine tool adjustment.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ВАРІАНТІВ ДЕФЕКТІВ ТА ШЛЯХІВ ЇХ УСУНЕННЯ ПРИ ЛИТТІ ЗАГОТОВОК ТИПУ "КОРПУС"	8
1.1 Дефекти в литих заготовках	8
1.2 Організація контролю якості заготовок	11
1.3 Методи та засоби зменшення вірогідності появи дефектів при литті корпусних деталей	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	22
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	27
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	30
2.4 Розробка маршруту механічної обробки	37
2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	43
2.6 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	47
2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки	51
2.8 Визначення технічних норм часу на операції.....	56
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	60
3.1 Розробка технічного завдання на пристосування.....	60
3.2 Розробка і вибір схеми базування і закріплення заготовки	62
3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	63
3.4 Визначення сил закріплення та параметрів затискного пристрою.....	64
3.5 Аналіз точності пристосування.....	68
3.6 Вибір приводу, розрахунок його параметрів	72
3.7 Опис роботи пристосування	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	74
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	74
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	76

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозових чинників НС	81
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	84
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	84
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	86
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення	89
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	90
5.5 Обрання методу ціноутворення.....	90
5.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення	91
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення	91
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	93
5.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	100
5.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	102
ВИСНОВКИ	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	107
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ	110
Додаток Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	111

ВСТУП

В роботі розглядаються питання удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Корпус 14.36".

На різних стадіях виробництва заготовок можуть виникати дефекти виливків. Це зумовлено наявністю великої кількості чинників, що впливають на процес лиття. Сюди входять різні технології виготовлення, фізичні, хімічні та температурні явища, а також різні типи матеріалів.

Метою роботи є удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі "Корпус 14.36" за рахунок використання високопродуктивних оброблювальних центрів.

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

- аналіз видів дефектів в виливках типу корпус ;
- аналіз шляхів усунення дефектів в виливках типу корпус;
- аналіз конструкції заготовки деталі "Корпус" та методів їх виготовлення;
- модернізація маршруту механічної обробки з використанням високопродуктивних оброблювальних центрів;
- визначення точності виготовлення деталі на основі розмірного аналізу конструкції деталі та заготовки;
- розробка пристосування для операції механічної обробки;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- розрахунок економічної доцільності впровадження покращеного технологічного процесу.

Об'єкт дослідження: заготовка деталі «Корпус 14.36».

Предмет дослідження: Методи виготовлення заготовки та обробки деталі «Корпус 14.36».

Методи дослідження:

- аналітичний огляд видів дефектів в литих заготовках та шляхів їх усунення;
- імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки;

– розрахунок припусків на обробку плоских поверхонь за допомогою методу розмірних ланцюгів.

Наукова новизна одержаних результатів: набула подальшого розвитку методика удосконалення конструкції заготовок деталей типу корпус.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в удосконаленні конструкції та маршруту механічної обробки заготовки деталі «Корпус 14.36».

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 шляхів усунення дефектів лиття.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи розглядались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах наукової конференції [5] .

1 ОГЛЯД ВАРІАНТІВ ДЕФЕКТІВ ТА ШЛЯХІВ ЇХ УСУНЕННЯ ПРИ ЛИТТІ ЗАГОТОВОК ТИПУ "КОРПУС"

1.1 Дефекти в литих заготовках

Лиття є технічно складним, багатоступеневим процесом, в якому задіяні різні технології, фізичні, хімічні та температурні явища, а також різні типи матеріалів. Саме через це на різних стадіях виробництва виникають дефекти виливків, які можуть бути як критичними, так і рядовими, які підлягають виправленню. Основним завданням технолога або ливарника є розуміння всіх процесів, що відбуваються з деталлю в процесі її виготовлення, і, відповідно, мінімізація ризиків псування виробу.

Залежно від схильності дефектів виявлення вони можуть бути явними і прихованими [1].

Явним є дефект, що виявляється при зовнішньому огляді (візуальному контролі), або дефект, виявлення якого в нормативної документації передбачені відповідні інструментальні засоби і методики.

Прихований дефект - це дефект, що не виявляється за зазначених вище умов і не виявляється передбаченою для контролю апаратурою. Приховані дефекти іноді виявляються в процесі механічної обробки виливків або процесі експлуатації виробів, а також при додатковому дефектоскопічному контролі не передбаченими в технологічних картах методами і засобами. Найбільш небажано і небезпечно, коли прихований дефект проявляється в процесі експлуатації виробу, що може спричинити аварійну ситуацію.

У ливарних цехах з різним технічним рівнем і культурою виробництва брак виливків коливається від 1 до 10%, а за рядом найменувань складних виливків може досягати 50-70%. Тому питанням виявлення та усунення браку приділяється велика увага. У зв'язку з цим розрізняють усунутий і непереборний дефекти.

Залежно від ступеня ураженості дефектами всі виливки поділяють на чотири групи:

– придатні – що повністю відповідають усім встановленим вимогам технічної документації та стандартів;

– умовно придатні – що мають невеликі відхилення від встановлених вимог (малозначні дефекти), які не суттєво впливають на експлуатаційні показники виливки або виробу в цілому; виливки допускаються до подальшої обробки та використовуються за своїм призначенням з дозволу головних спеціалістів промислових підприємств після ретельної оцінки дефектів;

– виправний брак – виливки, що мають один або кілька усунутих дефектів, після виправлення яких вони можуть бути допущені до подальшої обробки та використання за призначенням;

– невиправний або остаточний брак – виливки, які мають такі дефекти, виправлення яких технічно неможливе або економічно недоцільне, або якість виправлення яких неможливо проконтролювати. Забраковуванню підлягають виливки, що мають хоча б один невиправний дефект.

Дефекти виливків із чавуну та сталі можна розділити на 5 типів [2]:

1. Невідповідність геометричної форми.
2. Дефекти поверхні виливків.
3. Наявність сторонніх включень.
4. Несуцільність у тілі заготовлі.
5. Невідповідність за структурою.

Проблеми з геометричної форми

Найчастіше при виробництві виливків спостерігаються саме ці дефекти. Це може бути:

1. Недолив (рис. 1.1). Має на увазі, що виливок не набрала потрібної форми з тих чи інших причин (зазвичай через малу швидкість заливки, знижену температуру металу та ін.

2. Неспай. Є отвір або щілина в тілі деталі, які утворилися через погану плинність рідкого металу.

3. Видавлювання чи обжим. Виріб набуває неправильної форми через пошкодження формувальної суміші при монтажі або під час лиття.



Рисунок 1.1 – Дефекти литої заготовки у вигляді недоливів

4. Розпір, чи подутість. Одна зі стінок заготовки потовщується, причиною чого зазвичай стає погана ущільненість піщано-глиняної суміші.

5. Перекіс. У цьому випадку одна частина виробу зміщується щодо іншої.

6. Прогин. Даний дефект стає результатом спотворення заготівлі під дією термічних сил та напруг.

7. Заруб. Являє собою спотворення форми, яке проявляється під час зачищення деталі, обрубання або відрізання литників.

Проблеми з поверхнею:

1. Пригар. Цим терміном називають тонкий шар, який утворюється на поверхні виробу. Його дуже важко видалити. Пригар зазвичай утворюється через взаємодію розпеченого металу з формувальною сумішшю.

2. Шорсткість, що перевищує допустимі нормативи. Вона стає причиною використання неякісної піщано-глинистої суміші.

3. Спай. На заготівлі утворюються ямки з круглими краями, причиною чого є переривання подачі розплавленого металу раніше.

4. Напливи чи завороти. Це невеликі ямки чи нарости на поверхні.

5. Розмив. Під час лиття частина формувального матеріалу відколюється і потрапляє в порожнину вилівка.

6. Грат, або облой. Часта проблема, яка утворюється через те, що розплавлений метал проникає у зазори по краях форми.

7. Пухирчастість. На поверхні деталі видно сфероподібні ямки, що виникли через утворення газових раковин (рис. 1.2).

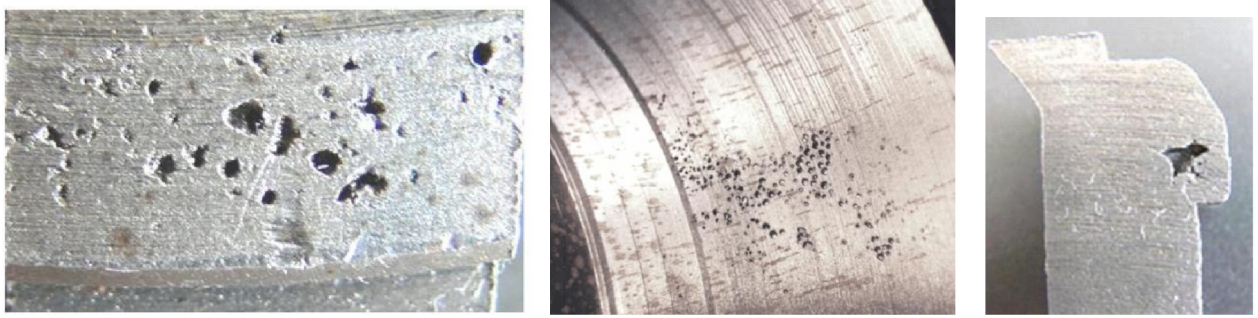


Рисунок 1.2 – Дефекти литої заготовки у вигляді газових раковин

Несуцільності в тілі, включення та проблеми зі структурою:

1. Усадкова тріщина, що є розривом поверхні.
2. Бій. Тіло рветься через внутрішні напруги, що виникають в остиглий виливку.
3. Пористість. У момент застигання із металу виділяються гази, які порушують структуру заготовлі.
4. Відбіл. У виробках утворюються тверді частини, які практично неможливо нормально обробити.
5. Ліквация, тобто нерівномірний розподіл. При ній хімічні елементи накопичуються у певних місцях.

1.2 Організація контролю якості заготовок

У більшості випадків діагностика проводиться візуальним способом та за допомогою спеціалізованого інструменту, який допомагає виміряти геометричні властивості заготовок. Шорсткість виявляють шляхом використання оптичних приладів, наявність вм'ятин та тріщин — за допомогою ультразвуку, колірної або магнітної дефектоскопії.

Для визначення внутрішнього браку нерідко використовують радіаційні способи контролю: рентген, гамма-дефектоскопія та ін. У деяких випадках заготовлі можуть бути спеціально зруйновані, щоб вивчити їх динамічні та статичні властивості, ударну в'язкість та ін. Для перевірки складу зазвичай використовують спектральний та хімічний аналіз [3].

Після того, як виливки пройдуть контроль, їх поділять на придатні, з невеликими проблемами, які підлягають виправленню, а також брак. Останні вирушають на переплавлення - їх використовують як шихтовий матеріал. Для виправлення деталей використовуються різні методики: газове зварювання, дугове електрозварювання, наплавлення, паяння, просочення спеціалізованими складами та ін. Все залежить від того, який саме дефект є в наявності та які вимоги висуваються до виробу.

Ключовими етапами технологічного процесу у разі є:

- вхідний контроль вихідних матеріалів, що надходять;
- приготування формувальних та стрижневих сумішей;
- виготовлення модельного комплекту;
- виготовлення ливарних форм;
- операція «плавка», заливання та вибивання форм;
- очищення, обрубкування та термічна обробка виливків;
- контрольне приймання готових виливків.

Вхідний контроль вихідних матеріалів для ливарного виробництва

Матеріали за їх призначенням можна віднести до наступних основних груп:

- матеріали, що використовуються для виготовлення ливарних форм – формувальні матеріали;
- матеріали, що використовуються для виплавки рідкого металу – шихтові матеріали;
- матеріали, що використовуються для футерування плавильних, термічних, сушильних печей, розливних ковшів – вогнетривкі матеріали. Ці матеріали більшою чи меншою мірою мають прямий вплив на якість литих заготовок, можливу появу тих чи інших дефектів у виливках, що призводять до їх забракування (виправний та остаточний брак).

Контроль якості цих матеріалів є важливим фактором у системі керування якістю готових виробів ливарного виробництва – литих заготовок.

Для виготовлення разових піщано-глинистих форм застосовують формувальні та стрижневі суміші. Вихідними матеріалами для них є формувальний пісок,

формувальна глина, відпрацьована суміш, спеціальні сполучні (стрижнева суміш) і деякі додаткові матеріали (наприклад, протипригарні, що покращують податливість форм та ін.)

Основними характеристиками формувального піску є зерновий мінералогічний склад та глиниста складова. За цими ознаками визначається стандартна (ГОСТ 2138-84) марка піску. За мінералогічним складом пісок складається з зерен кварцу, глинистих мінералів та шкідливих домішок.

Контроль якості формувальних матеріалів у випадку полягає у визначенні глинистої складової, визначенні зернового складу піску і визначенні межі міцності.

Визначення глинистої складової можна виконати нормальним (ГОСТ 23409.18-78) або прискореним методом (прискорений метод застосовують за поточного контролю).

Зерновий склад піску визначають шляхом розсіювання на приладі, що містить набір сит із розмірами осередків 2,6-0,05 мм.

Важливість результатів контролю формувального піску пояснюється тим, що при литті з різних сплавів, виливки різної маси дуже чутливі до властивостей формувальних сумішей, а формувальний пісок у цих сумішах є головною визначальною складовою.

Основними характеристиками формувальної глини є сполучна здатність та вогнетривкість. За сполучною здатністю глини прийнято ділити на: міцно-сполучні, середньо-сполучні і слабозв'язуючі.

Контроль якості шихтових матеріалів

Шихтовими матеріалами для плавки чавуну в ливарному цеху є:

– металева шихта – чушковий ливарний чавун, чавунний та сталевий брухт, відходи власного виробництва, феросиліцій 15%;

– паливо – кокс ливарний;

– флюс – вапняк.

Контроль зводиться визначення хім. складу чушкового брухту, одержуваного з боку. Хім. склад відходів власного виробництва відомий із контролю хім. складу литих заготовок

При плавці сталі в електропечах, металеву шихту становить сталевий брухт, відходи власного виробництва, невеликі добавки чавуну, феросплави.

При підготовці повернення власного виробництва (литники, прибутку, брак виливків) важливо очищати його від залишків формувальних та стрижневих сумішей. Пісок мінятиме хім. склад шлаку, а шлак у сталеплавильному процесі грає дуже активну роль.

Шлакоутворюючими при електроплавці стали служать залізна руда, вапняк або обпалене вапно, мелений шамот, мелений кокс і мелений феросиліцій (шлак відновлювального періоду). Всі ці матеріали повинні бути сухими, кокс та феросиліцій свіжорозмеленими. Ці вимоги спрямовані на те, щоб зменшити ймовірність розчинення водню в сталі, розчинений водень може спричинити появу прихованих мікротріщин – флокенів при кристалізації та охолодженні виливків.

Контроль за умовами зберігання вихідних матеріалів.

Запаси вихідних матеріалів (як правило – місячні) повинні зберігатися у закритих складах, що виключають вплив на них, мінливих погодних умов. Це особливо важливо для гігроскопічних матеріалів – коксу, вапняку, вапна, залізняку, формувального піску та глини. Тим не менш, пісок і глина перед застосуванням повинні піддаватися сушінню, глина – розмелюватись на порошок. Відпрацьована формувальна суміш перед вживанням повинна піддаватися магнітній сепарації та просіюванню.

Контроль приготування формувальних та стрижневих сумішей.

Формувальні суміші піддаються контролю на визначення наступних характеристик:

- вологість суміші;
- газопроникність;
- міцність на стиск у сирому стані.

Стрижневі суміші повинні пройти випробування на:

- вологість суміші;
- міцність на розтяг у сухому стані;
- газопроникність;

– газотворну здатність (якщо до суміші вноситься органічне сполучне).

Вологість суміші визначається зважуванням сирові та висушеної в сушильній шафі при температурі $105 \div 110$ °С до постійної маси (нормальний метод) або в приладі під лампою (прискорений метод).

Для визначення вологості рекомендується досліджувати три навішування, за вологість вважається середньоарифметичний результат.

Для випробування на газопроникність виготовляють спеціальний зразок із піщано-глинистої суміші, через який пропускають повітря на спеціальній установці.

Основними характеристиками міцності сумішей прийнято вважати межу міцності на стиск у вологому стані для формувальних сумішей і межу міцності на розтяг у сухому стані для стрижневих сумішей.

Для визначення міцності стрижневої суміші у сухому стані виготовляють спеціальний зразок.

Висушений зразок після охолодження поміщають у спеціальний прилад та закріплюють.

Контроль за виготовленням модельного комплекту

На операції виготовлення модельного комплекту необхідно забезпечити 100%-й контроль розмірів моделей та стрижневих ящиків з урахуванням припусків на механічну обробку та лінійне усадження виливків. Крім того, вирішальне значення мають контроль точності суміщення роз'ємних частин моделі та стрижневого ящика, відповідність розмірів знаків моделей та стрижневих ящиків з урахуванням необхідних ухилів та зазорів, що забезпечують надійність складання форми, а також контроль якості обробки та фарбування робочих поверхонь моделі та стрижневого ящика. Засоби контролю – спеціальні вимірювальні інструменти та візуальний огляд.

Така форма контролю необхідна в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, коли застосовується модельний комплект із дерева. Технологічні вказівки наносяться на кресленні деталі кольоровими олівцями. Це креслення є і основним документом для контролера (контрольного майстра), який приймає готовий модельний комплект.

В умовах серійного та масового виробництва, де застосовуються металеві (або пластмасові) модельні комплекти, у складі технологічної документації розробляються конструктором з технологічного оснащення креслення модельного комплекту – вони є основним документом для виготовлення та приймання (контролю) модельного комплекту.

Контроль за виготовленням ливарних форм.

Контроль якості виготовлення ливарних форм у технологічному процесі займає центральне місце, у тому числі й вплив на якість литої заготовки. Більшість видів дефектів виливків – газові, пісочні раковини, перекося, ужиміни, пригар – пов'язані у тому чи іншою мірою з окремими характеристиками ливарної форми. Ці характеристики - міцність, газопроникність, газотворна здатність, податливість і складають елементи, що визначають якість форми .

Наведені вище характеристики ливарної форми знаходяться в прямій залежності від:

- властивостей формувальних та стрижневих сумішей;
- ступеня ущільнення суміші у формі та можливого додаткового затвердіння форми та стрижня;
- розподілу щільності за висотою форми;
- ретельності (якості) оздоблювальних операцій – виправлення пошкоджень, що виникли при вилученні моделей, напилення (фарбування) робочої порожнини протипригарним матеріалом, додаткового вентилявання;
- якісного складання форми із застосуванням контрольних пристроїв (шаблонів), особливо складної форми з кількома стрижнями;
- періодичного контролю точності центруючих та кріпильних пристроїв опок.

За якість виконання всіх прийомів операції формування відповідає виконавець, тобто. формувальник.

При складанні форми складної виливки, коли для утворення порожнин і заглиблень потрібно використовувати кілька стрижнів, їхнє взаємне положення контролюють шаблонами.

Стрижні є відповідальною частиною форми, оскільки перебувають у найважчих умовах при заливанні та затвердінні рідкого металу. Звідси і вищі вимоги до них щодо міцності, вогнетривкості, газопроникності, податливості. Контроль якості стрижнів – одна з умов отримання якісних виливків.

Зовнішнім оглядом контролюється якість стрижня перед встановленням у форму. При цьому перевіряється цілісність стрижня, відсутність тріщин, не фарбованих поверхонь. При виявленні хоч одного з дефектів стрижні бракуються.

Дуже важливою операцією при виготовленні разової піщано-глинистої ливарної форми для якості виливка є обробка форми перед збиранням.

До операції обробки після вилучення моделей відносяться виправлення пошкоджень, видалення сміття із порожнини форми, нанесення протипригарних покриттів. Перед обробкою перевіряється ступінь ущільнення суміші вимірюванням твердості поверхневої форми.

Весь цей комплекс заходів та належна організація контролю на операціях виготовлення форм, стрижнів та складання форм дозволять суттєво покращити якість виливків, зменшити ймовірність появи дефектів у них, що залежать від якості ливарної форми.

Організація контролю на операціях заливання та вибивання форм.

Заливання форм – найкоротшечасна операція в технологічному процесі виробництва виливків, але вона може стати «джерелом» утворення багатьох дефектів виливків. Деякі дефекти (недолів, шлакові раковини, спай) в основному можуть з'явитися як наслідок неправильної заливки (низька температура металу) або неправильної конструкції литникової системи. Інші види дефектів (газові раковини, усадкові раковини) можуть бути наслідком різних причин, у тому числі порушення правил заливання.

Велике значення має якісна підготовка розливних ковшів до операції заливання. Футерування ковшів має виконуватися ретельно. Після футерування ковші повинні просушуватися, а перед заливкою - підігріватися. Вся підготовка ковшів має контролюватись майстром та контролером ВТК.

Для забезпечення якісної заливки форм важливо витримувати температурний режим.

При серійному та масовому виробництві температура заливання повинна відображатись у НТД – технологічних картах, технологічних інструкціях.

Контроль температури металу на операції заливки здійснюється тими самими приладами як і операції плавки, т. е. оптичними пірометрами і термопарами занурення. Якісне заливання форм забезпечується виконанням деяких обов'язкових правил заливання:

1. Заливання повинно вестися безперервним струменем з повним заповненням литникової лійки або чаші;
2. Висота струменя від носика ковша (або стопорної склянки) до лійки або чаші повинна бути 150 – 200 мм;
3. При заливанні форм із поворотних ковшів потрібно попередньо видалити з поверхні металу основну масу шлаку;
4. Утримувати окремі краплі шлаку, що залишилися на поверхні металу, дерев'яним скребком від попадання в литникову вирву або чашу;
5. Підпалювати гази, що виходять з форми;
6. Виконувати "підкачування" металу в прибуток для сплавів з великою об'ємною усадкою.

Вибивання виливків з форм вимагає дотримання певного температурного режиму, щоб уникнути виникнення великої внутрішньої напруги короблення або утворення тріщин. Такий температурний режим забезпечується необхідною тривалістю остигання виливки у формі. Така тривалість витримки виливки у формі може бути встановлена спеціальним теплотехнічним розрахунком та вказана технологом у НТД – технологічній карті, або визначено за рекомендаціями довідкової літератури.

Передчасне вибивання при підвищеній температурі через меншу механічну міцність може призвести не тільки до спотворення форми і розмірів - короблення, але і до поломки виливки.

Контроль на операції вибивання зводиться до контролю часу витримки та спостереження за можливими механічними пошкодженнями виливків під час перевантаження та транспортування. Застосування механізованого вибивання за допомогою вібраційних пристроїв суттєво зменшує ймовірність механічних пошкоджень виливків.

1.3 Методи та засоби зменшення вірогідності появи дефектів при литті корпусних деталей

При виборі місць підведення металу слід керуватися такими міркуваннями:

- при виготовленні виливків зі сплавів з малою усадкою (сірі чавуни з пластинчастим графітом) метал, як правило, підводять до найтонших частин, що забезпечує більш рівномірне охолодження тонких і товстих стінок, зменшення внутрішніх напруг, короблення;

Місце підведення живильників для виливків із чавуну [4]. Для скорочення усадкових явищ у сірому чавуні необхідно при розробці технології заливання кожної деталі прагнути того, щоб температура металу по всіх перерізах вирівнювалася. Для цього існують різні прийоми, одним із яких є підведення металу в тонкі місця виливки. Цим ліквідується розігрів масивних частин виливків та досягається вирівнювання температурного режиму виливки. При необхідності у масивній частині виливки встановлюється холодильник. Живильники необхідно розташовувати таким чином і в тому кількості, щоб метал, що витікає з них, не міг інтенсивно розігріти стінку форми, горизонтальні поверхні форми швидко покривалися металом, рівень його у формі при заливці змінювався рівномірно (струмин металу в процесі заливання форми не повинна перериватися).

Рекомендації при виборі місця підведення металу у форму:

- підведення металу в тонке місце виливки сприяє вирівнюванню швидкості охолодження тонкої і масивнішої частин виливки, зменшенню напруг і усадкових раковин;

- при розташуванні живильників бажано, щоб струмінь не вдаряв у стінку форми або стрижня, горизонтальні поверхні форми швидко покривалися металом;
- рівень металу у формі у процесі заливання не повинен мати тривалих зупинок;
- частини стрижнів з вентиляційними каналами не повинні перегріватися потоком металу, що підводить;
- для чавунних виливків доцільна система замкненого типу (що сприяє затримці шлаку), що звужується (швидке заповнення металом з позитивним тиском);
- для зменшення швидкості потоку чавуну в каналах використовуються литникові системи, що гальмують. Їхня відмінність - використання місцевого опору - дроселя (наприклад, у вигляді сітки, щілини, раптового звуження каналу і подальшого розширення і т.д.)

Для вирівнювання швидкостей охолодження різних ділянок виливки і, отже, зменшення температурних напруг, застосовують підігрів форми або спеціальні формувальні суміші з низькою теплопровідністю та екзотермічні формувальні суміші для облицювання тонких стінок виливки. Для регулювання швидкості охолодження масивних теплових (термічних) вузлів виливки використовують внутрішні та зовнішні холодильники. Зовнішні холодильники повинні бути не суцільними, а у вигляді окремих плиток, брусків і т. д. Зазори між окремими холодильниками необхідно ретельно закладати, щоб уникнути появи заток. Для великих виливків бажано застосовувати пласкі холодильники. При охолодженні криволінійних поверхонь холодильники виконують за контуром. У середніх за габаритами виливках холодильники, створюючи різке переохолодження металу, сприяють виникненню в чавуні міждендритного та сітчастого графіту та утворенню структурно-вільного фериту або цементиту. Тому в середніх, а іноді і великих за масою виливках їх замінюють шилоподібними, ребристими або карборундовими з меншою теплопровідністю. Такі холодильники забезпечують необхідну графітову структуру чавуну у виливках.

Методи запобігання усадкових дефектів зводяться до створення таких умов твердіння, при яких недолік рідкого металу в кристалізується виливку або в окремих її вузлах заповнюється шляхом підведення додаткового рідкого металу [5].

Нами було проведено імітаційне моделювання процесу заповнення рідким металом форми для виготовлення заготовки деталі "Корпус 14.36". Після проведення аналізу отриманих результатів ми виявили, що є невелика вірогідність утворення усадочної раковини на стінці корпусу протилежній місцю підводу рідкого матеріалу (рис. 1.3).

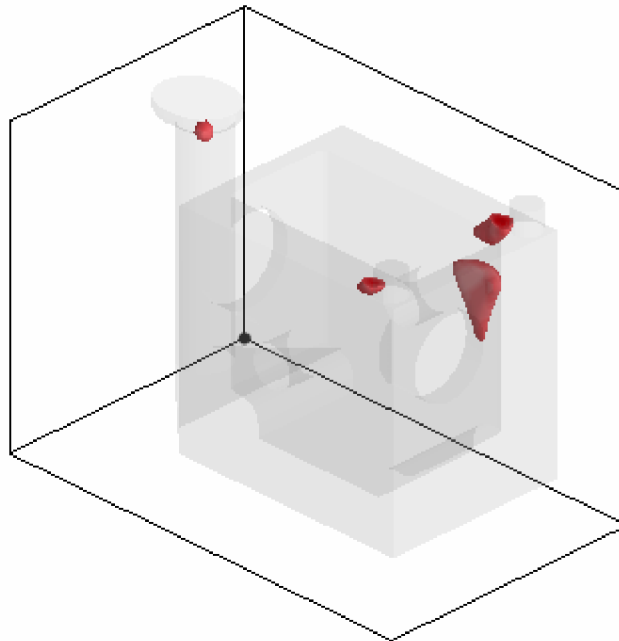


Рисунок 1.3 – Розподіл усадочних раковин при виготовленні заготовки деталі "Корпус 14.36"

Додаткове підведення металу до місця утворення усадкових дефектів повинно бути безперервним і продовжуватися до повного затвердіння виливка, отже, шар відливки, що кристалізується, повинен бути в контакті з рідким металом. Для компенсації усадки виливків використовують прибуток, тобто штучні ємності рідкого металу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Визначаємо тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 [6]:

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

Найбільш характерні переходи для обробки деталі “Корпус 14.36” (рис. 2.1):

- розточування поверхні $\varnothing 35,22H7$ попереднє;
- розточування поверхні $\varnothing 35,22H7$ попереднє;
- фрезерування пов. $107Js10\pm 0,07$ попереднє;
- фрезерування пов. $150Js10\pm 0,08$ остаточне;
- фрезерування пов. $144Js12\pm 0,2$ остаточне.

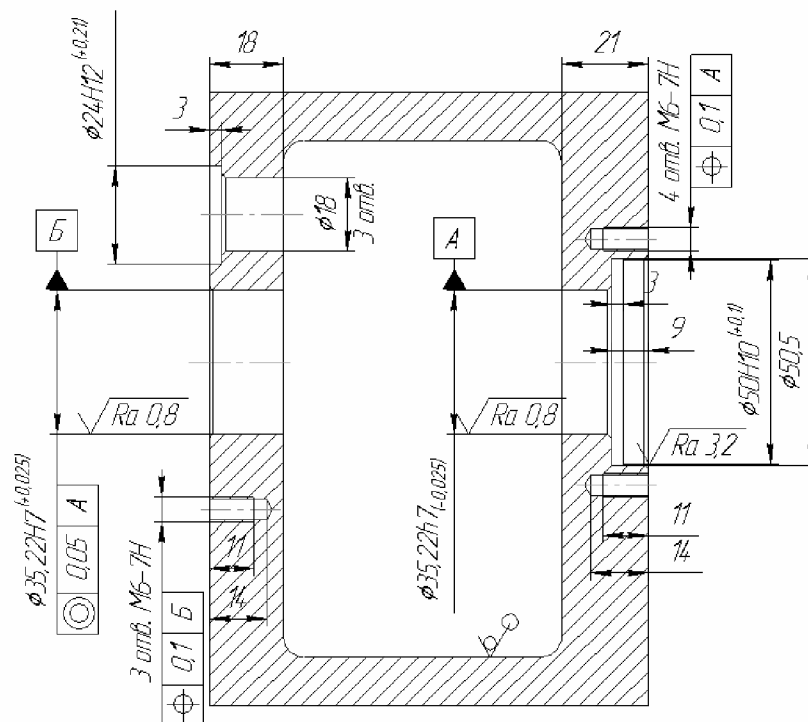


Рисунок 2.1 – Характерні поверхні деталі

Штучно-калькуляційний час [7]:

$$T_{шт-к.} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв]}. \quad (2.2)$$

Необхідна кількість верстатів для кожного переходу механічної обробки:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{шт.к.}}{60F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \text{ [шт]} \quad (2.3)$$

де $N = 3500$ шт. – річна програма випуску деталі “ Корпус 14.36 ”;

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

F_d – дійсний річний фонд часу ($F_d = 2040$ год);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Таблиця 2.1 – Характерні переходи обробки деталі Корпус 14.36

Переходи механічної обробки	$T_o \times 10^{-3}$, хв	φ_k	$T_{шт-к.}$, хв	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	O	$K_{з.о.}$
Розточування поверхні $\varnothing 35,22H7$ попереднє	$2 \cdot 0,2 \cdot d \cdot l =$ $= 2 \cdot 0,2 \cdot 35,22 \cdot 18 =$ $= 0,354$	1,98	0,701	0,014	1	0,014	0,75	53,57	34,78
Розточування поверхні $\varnothing 35,22H7$ попереднє	$0,18 \cdot d \cdot l =$ $= 0,18 \cdot 35,22 \cdot 18 =$ $= 0,328$	1,98	0,649	0,013	1	0,013	0,75	57,69	
Фрезерування пов. $107Js10 \pm 0,07$ попереднє	$2 \cdot 6 \cdot l =$ $= 2 \cdot 6 \cdot 153 =$ $= 1,836$	1,84	3,378	0,067	1	0,067	0,75	11,19	
Фрезерування пов. $150Js10 \pm 0,08$ остаточне	$2 \cdot 4 \cdot l =$ $= 2 \cdot 4 \cdot 147 =$ $= 1,176$	1,84	2,164	0,043	1	0,043	0,75	17,14	
Фрезерування пов. $144Js12 \pm 0,2$ остаточне	$4 \cdot l =$ $= 4 \cdot 150 =$ $= 0,6$	1,84	1,104	0,022	1	0,022	0,75	34,1	

Кількість верстатів

$$\begin{aligned}
 - C_{p1} &= \frac{3500 \cdot 0,701}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,014; & P &= 1 \text{ (шт.)}; \\
 - C_{p2} &= \frac{3500 \cdot 0,649}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,013; & P &= 1 \text{ (шт.)}; \\
 - C_{p3} &= \frac{3500 \cdot 3,378}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,067; & P &= 1 \text{ (шт.)}; \\
 - C_{p4} &= \frac{3500 \cdot 2,164}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,043; & P &= 1 \text{ (шт.)}; \\
 - C_{p5} &= \frac{3500 \cdot 1,104}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,022; & P &= 1 \text{ (шт.)}.
 \end{aligned}$$

Визначено фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.4)$$

Кількість операцій на i -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned}
 - O_1 &= \frac{0,758}{0,014} = 53,57; & - O_2 &= \frac{0,758}{0,013} = 57,69. \\
 - O_3 &= \frac{0,75}{0,067} = 11,19; & - O_4 &= \frac{0,75}{0,043} = 17,44; \\
 - O_5 &= \frac{0,75}{0,022} = 34,1.
 \end{aligned}$$

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{с.о.}$:

$$K_{з.о.} = \frac{53,57 + 57,69 + 11,19 + 17,44 + 34,1}{1+1+1+1+1} = 34,78,$$

що відповідає дрібносерійному виробництву, оскільки, коефіцієнт закріплення знаходиться в межах від 20 до 40.

Потрібний добовий випуск виробів N_{∂} :

$$N_{\partial} = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (2.6)$$

Розрахункова добова продуктивність лінії:

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-ксер}} \cdot \eta_z \text{ [шт.]}, \quad (2.7)$$

$$T_{шт-ксер} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i} \text{ [хв.]}, \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Середній штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-ксер} = \frac{0,701 + 0,649 + 3,378 + 2,164 + 1,104}{5} = 1,6 \text{ (хв.)}$$

Добова продуктивність лінії:

$$Q_{\partial} = \frac{952}{1,6 \cdot 0,75} = 793,7 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $Q_{\partial} = 794$ (шт.).

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{3500}{254} = 13,74 \text{ (шт.)} .$$

Приймаємо $N_{\partial} = 14$ (шт.).

Враховуючи попередні розрахунки приймаємо групову форму організації роботи.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ [шт.],} \quad (2.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{3500 \cdot 6}{254} = 82,18 \rightarrow 82 \text{ (шт.)}.$$

Розрахункове число змін:

$$C = \frac{T_{шт-ксп} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{1,6 \cdot 82}{476 \cdot 0,75} = 0,367.$$

Визначаємо кількість деталей у партії:

$$n = \frac{C_{пр} \cdot 476 \cdot 0,85}{T_{шт-ксп}} = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,75}{1,6} = 223,12 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 223 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь «Корпус» виготовляється із чавуну СЧ18 і призначена для забезпечення просторового розміщення інших деталей вузла, а саме клапанів, поршня із кільцями, підшипників ковзання та ін.

Основними конструкторськими базами деталі є основа та отвори М6.

Допоміжними конструкторськими базами деталі є отвори $\varnothing 35,22H7$, $\varnothing 65H7$, $\varnothing 60H8$.

Кріпильними поверхнями є різеві отвори М6-7Н, М8-7Н та прилягаючі плоскі поверхні. Решта поверхонь деталі є вільними.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні конструкторські бази. До них ставиться вимоги обробки:

$\varnothing 35,22H7$ - по 7 квалітету з шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм;

$\varnothing 65H7$ - по 7 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм;

$\varnothing 60H8$ - по 8 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм;

107Js10 \pm 0,07, 150Js10 \pm 0,08 - по 10 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм.

Поставлені вимоги щодо взаємного розміщення поверхонь:

– співвісність отворів $\varnothing 35,22H7$

співвісність отвору $\varnothing 60H8$ відносно отвору $\varnothing 65H7$.

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.1)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{573}{45} = 12,73.$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок коефіцієнта точності [7]

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
7	Ø35,22H7(2 пов.), Ø65H7	3	7×3=21
8	Ø60H8	1	8×1=8
10	150Js10(2 пов.), Ø50H10, 107Js10(2 пов.)	5	10×5=50
12	144Js12(2 пов.), Ø24H12(3 пов.)	5	12×5 = 60
14	інші поверхні	31	14×31 = 434
Всього		45	573

$$K_T = 1 - \frac{1}{12,73} = 0,921,$$

відповідно $0,921 > 0,8$ - деталь технологічна по коефіцієнту точності.

Коефіцієнт шорсткості

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}. \quad (2.2)$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості

Шорсткість	Розміри	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	Ø35,22H7(2 пов.)	2	2×0,8 = 1,6
1,6	Ø65H7, Ø60H8, 150Js10(2 пов.), 144Js12, 107Js10(2 пов.)	7	7×1,6 = 11,2
3,2	Ø50H10	1	1×3,2 = 3,2
6,3	інші поверхні	35	35×6,3 = 220,5
Всього		45	236,5

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	+								
12	+								
11(3)	+								
10(2)	+								
9	+								
3(2)	+								
1(8)	+								
0,75(7)	+								
$\Sigma 50$	$\Sigma 42$	$\Sigma 40$	$\Sigma 34$	$\Sigma 2$	$\Sigma 2$	$\Sigma 8$	$\Sigma 8$	$\Sigma 45$	$\Sigma 45$

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{42 + 34 + 2 + 8 + 45}{50 + 40 + 2 + 8 + 45} = 0,889,$$

відповідно $0,889 \geq 0,6$ – деталь відноситься до технологічних.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Деталь "Корпус 14.36" випускається в умовах дрібносерійного виробництва, оскільки маса деталі 7,14 кг, а програма випуску $N = 3500$ шт.

Проводимо аналіз різних способів виготовлення заготовок подібних деталей. Проаналізувавши різні способи отримання литих заготовок можна зробити висновок, що лиття в облицьований кокіль в даному випадку використовувати не доцільно. Остаточо приймаємо лиття в піщано-глинисті форми з ручною та машиною формовкою [3].

При виборі параметрів вхідних даних керуємося примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво дрібносерійне і виливок середньої складності приймаємо середні значення з вибраних діапазонів параметрів точності.

Таблиця 2.4 – Класи точності виливка

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка) Твердість не менше 90 одиниць		Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка) Твердість не менше 70 одиниць	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	7-12	11т	9т-13	11
Ступінь жолоблення елементів виливки	6-9	8	6-9	8
Ступінь точності поверхні виливка	10-17	14	12-19	16
Шорсткість поверхонь виливка	Ra = 40 мкм		Ra = 63 мкм	
Клас точності маси	5-13т	9	7-14	11т
Ряд припусків	5-8	7	7-10	9

Таблиця 2.5 – Вибір допусків та припусків для лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка)	Ø65H7	Ø60H8	Ø35,22H7	Ø18	150±0,08	107±0,07	144±0,2
Допуски розмірів	2,8	2,8	2,6	2,0	4,4	4,0	4,0
Допуск форми чи розміщення	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	2,2	-	-	-	-
Допуск зміщення через перекос стержня	1,8	1,8	1,4	-	-	-	-
Допуски маси	10%						
Допуски нерівностей	1,0						
Загальний допуск	4,0	4,0	4,4	2,6	4,2	4,2	3,6/4,4
Припуск мінімальний	0,8						
	Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	4	3	4	1	2	2	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	-	-	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	4	2	4	4	4
Припуск загальний	5,4	5,1	4,5	3,0	4,8	4,8	4,0/4,8
Розміри заготовки	Ø54,2	Ø49,8	Ø26,22	Ø12	159,6	116,6	152,8

Таблиця 2.6 – Лиття в піщано-глинясті форми

Лиття в піщано-глинясті форми (ручна формовка)	Ø65H7	Ø60H8	Ø35,22H7	Ø18	150±0,08	107±0,07	144±0,2
Допуски розмірів	4,0	4,0	3,6	2,8	4,4	4,0	4,0
Допуск форми чи розміщення	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Допуски зміщення по площині роз'єму	-	-	2,8	-	-	-	-
Допуск зміщення через перекося стержня	2,2	2,2	2,0	-	-	-	-
Допуски маси	16%						
Допуски нерівностей	1,6						
Загальний допуск	5,0	5,0	5,2	3,2	5,4	5,4	4,2/5,4
Припуск мінімальний	1,2						
	Кількість переходів механічної обробки						
По точності розмірів	4	3	4	1	2	2	2
По відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	-	-	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	4	2	4	4	4
Припуск загальний	6,2	5,8	6,3	3,3	6,2	6,2	5,1/6,2
Розміри заготовки	Ø52,6	Ø48,4	Ø22,62	Ø11,4	162,4	119,4	155,3

Визначаємо кількість переходів механічної обробки

Лиття в піщано-глинясті форми (машинна формовка):

- для розміру Ø65H7^(+0,03) $E \sum = \frac{T_{dem}}{T_{zag}} = \frac{30}{4000} = 0,0075$. Приймаємо 4 переходи

механічної обробки.

- для розміру Ø60H8^(+0,046) $E \sum = \frac{T_{dem}}{T_{zag}} = \frac{46}{4000} = 0,0115$. Приймаємо 3 переходи

механічної обробки.

- для розміру Ø35,22H7^(+0,025) $E \sum = \frac{T_{dem}}{T_{zag}} = \frac{25}{4400} = 0,0056$. Приймаємо 4

переходи механічної обробки.

- для розміру 150±0,08 $E \sum = \frac{T_{dem}}{T_{zag}} = \frac{160}{4800} = 0,033$. Приймаємо 2 переходи

механічної обробки.

- для розміру $107 \pm 0,07$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{140}{4400} = 0,032$. Приймаємо 2 переходи механічної обробки.

- для розміру $144 \pm 0,2$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{400}{4400} = 0,091$. Приймаємо 2 переходи механічної обробки.

На всі інші поверхні приймаємо один перехід механічної обробки.

Лиття в піщано-глинисті форми (ручна формовка):

- для розміру $\varnothing 65\text{H}7^{(+0,03)}$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{30}{5000} = 0,006$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

- для розміру $\varnothing 60\text{H}8^{(+0,046)}$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{46}{5000} = 0,0092$. Приймаємо 3 переходи механічної обробки.

- для розміру $\varnothing 35,22\text{H}7^{(+0,025)}$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{25}{5400} = 0,0046$. Приймаємо 4 переходи механічної обробки.

- для розміру $150 \pm 0,08$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{160}{5800} = 0,027$. Приймаємо 2 переходи механічної обробки.

- для розміру $107 \pm 0,07$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{140}{5400} = 0,026$. Приймаємо 2 переходи механічної обробки.

- для розміру $144 \pm 0,2$ $E \sum = \frac{T_{\text{дем}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{400}{5400} = 0,075$. Приймаємо 2 переходи механічної обробки.

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригоряння стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S, [\text{мм}] \quad (2.4)$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм.

Для чавуна $d_0 = 10$ мм, тому

$$d_{\min} = 10 + 0,1 \cdot 10 = 11 \text{ (мм)};$$

Отвір $\varnothing 18$ у виливку має більше значення ніж розрахований мінімальний розмір отвору, тому розрахований отвір не буде проливатись.

За розрахованими розмірами оформимо ескізів двох варіантів заготовки.

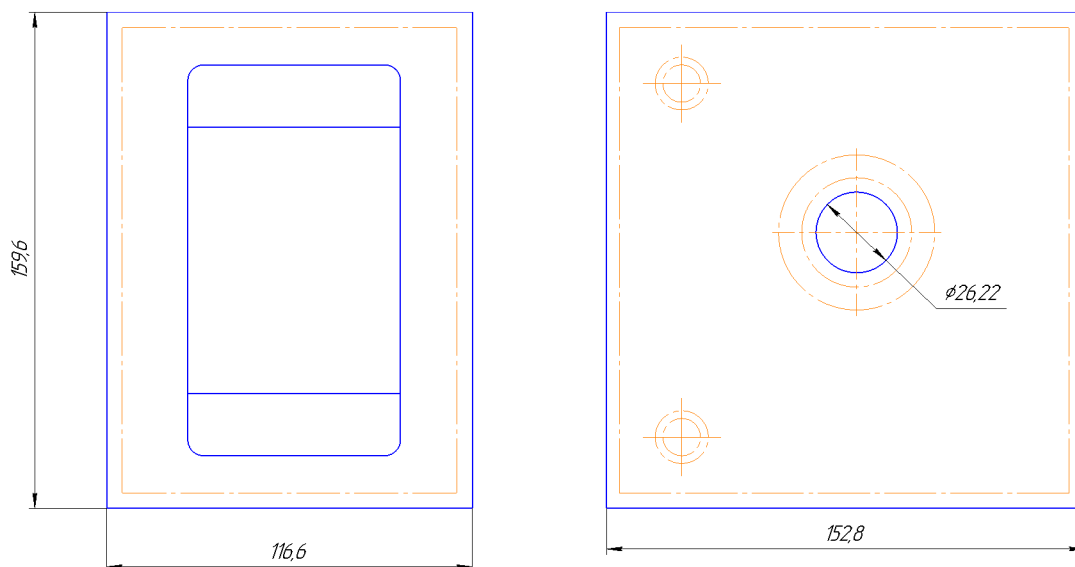


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

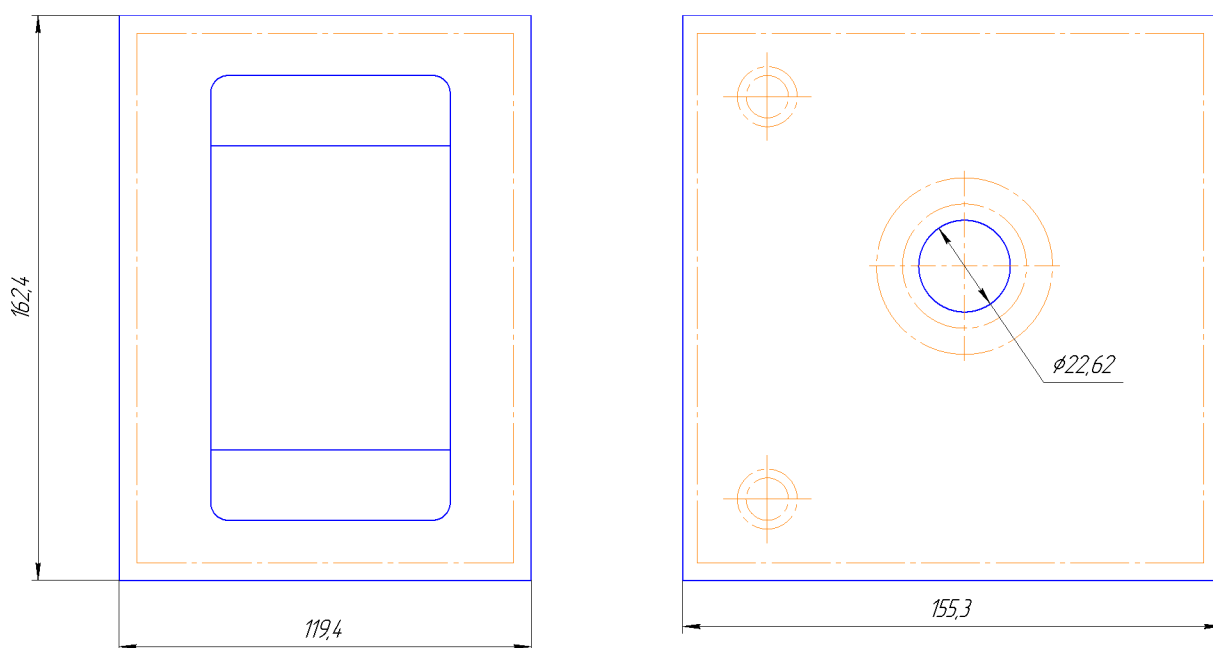


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки при литті в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

Проведемо розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для обох варіантів заготовки

Маса заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot \rho \text{ [кг]}. \quad (2.5)$$

Для розрахунку загального об'єм заготовки використаємо графічний редактор Компас (див. рис. 2.4, 2.5).

Згідно результатів геометричного моделювання маса заготовки при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка) становить $M = 9586,79 \text{ г} = 9,586 \text{ кг}$, тоді коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 7,14 / 9,586 = 0,745.$$

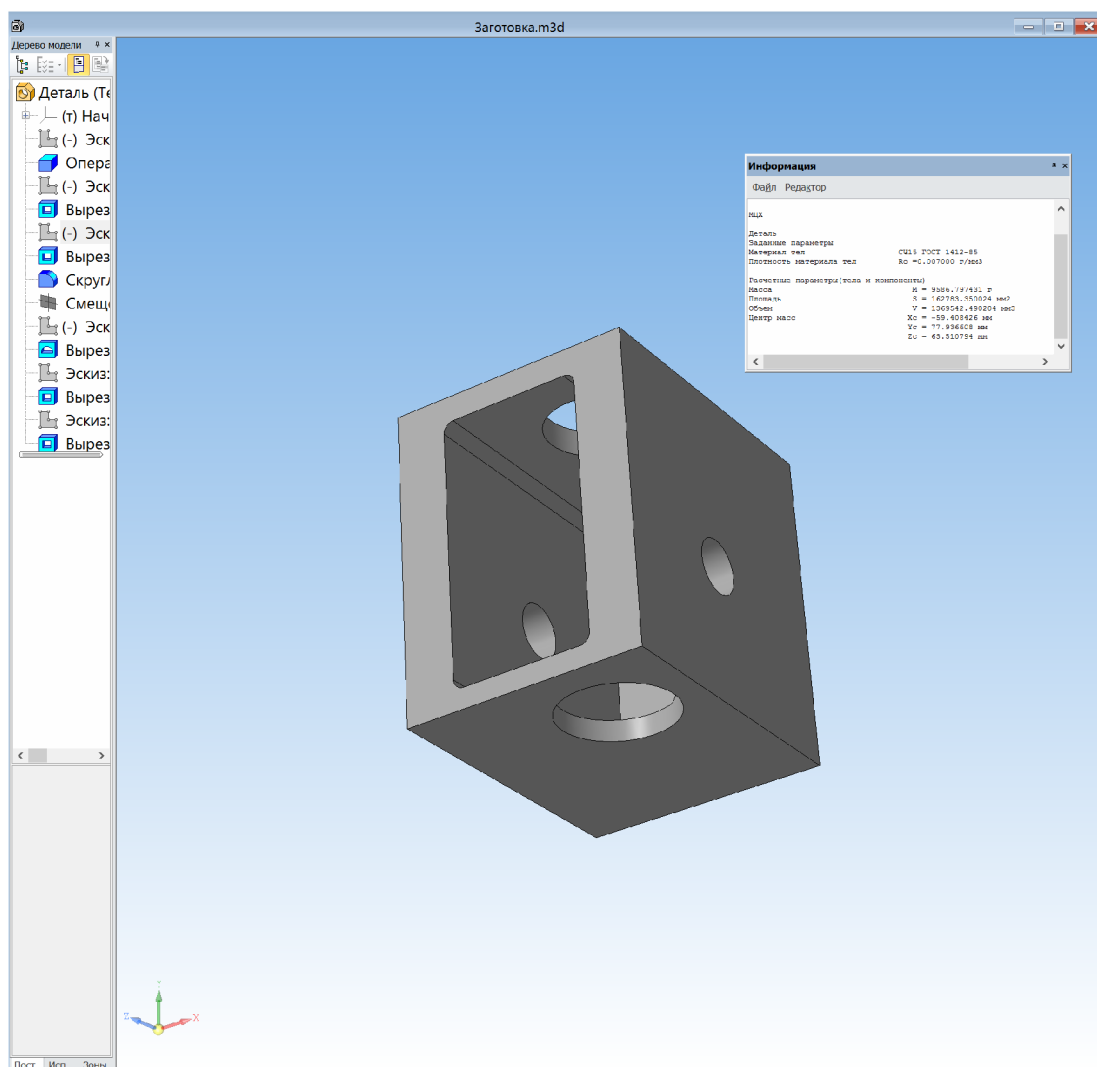


Рисунок 2.4 – Результат геометричного моделювання заготовки при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка)

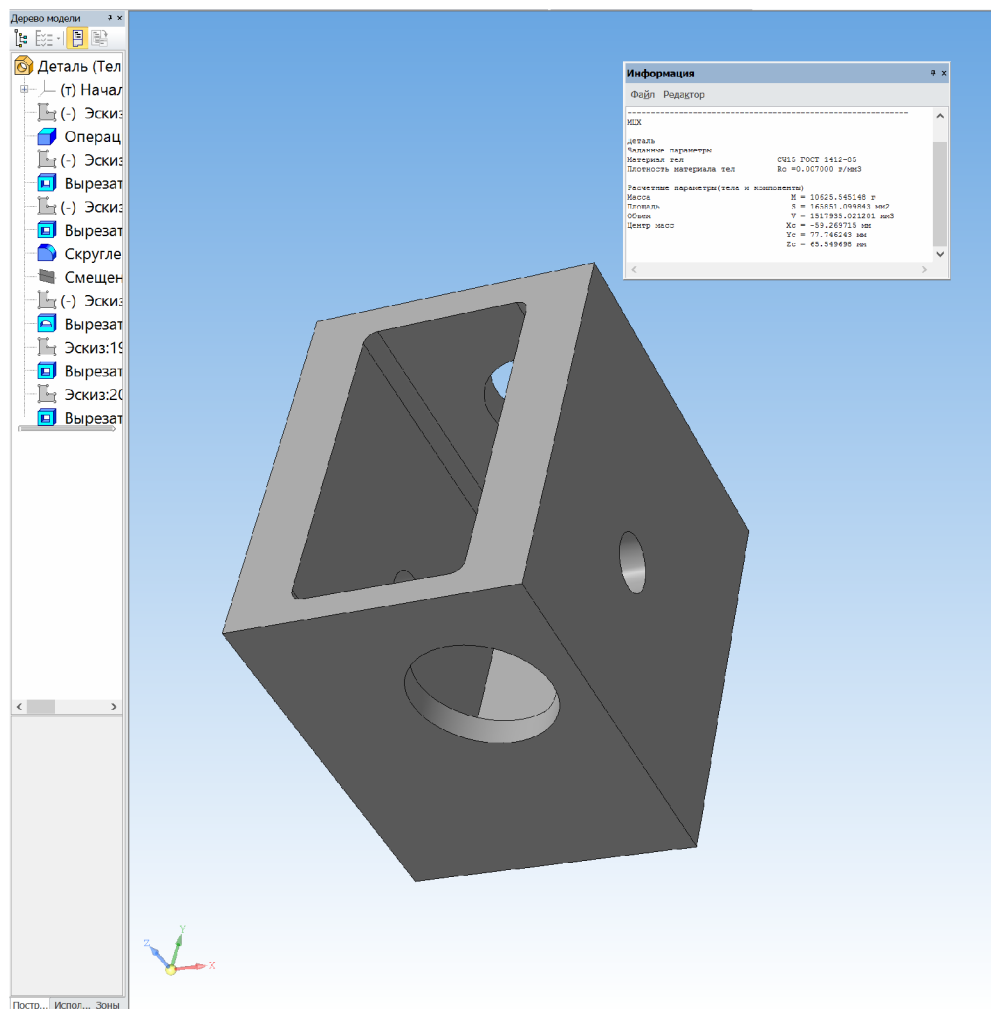


Рисунок 2.5 – Результат геометричного моделювання заготовки при литті в піщано-глинисті форми (ручна формовка)

Згідно результатів геометричного моделювання маса заготовки при литті в піщано-глинисті форми (ручна формовка) становить $M = 10625 \text{ г} = 10,625 \text{ кг}$, тоді коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 7,14 / 10,625 = 0,672.$$

Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми більший ніж при литті в піщано-глинисті форми, тобто менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці.

Для проведення техніко-економічного порівняння 2-х варіантів одержання заготовки визначимо вартість заготовки за формулою [8]:

$$C_{заг.лит} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх} \text{ [грн.]}, \quad (2.6)$$

де $C_{л}$ – базова вартість 1т заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва

Лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка):

$$C_{заг.лит} = \frac{9,586}{1000} \cdot 39000 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 1,1 - \frac{(9,586 - 7,14)}{1000} \cdot 6000 = 338,98 \text{ (грн)}.$$

Лиття піщано-глинисті форми (ручна формовка):

$$C_{заг.лит} = \frac{10,625}{1000} \cdot 39000 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1 - \frac{(10,625 - 7,14)}{1000} \cdot 6000 = 450,44 \text{ (грн)}.$$

Отже, вартість литої заготовки в піщано-глинисті форми (ручна формовка) вища, ніж при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка).

2.4 Розробка маршруту механічної обробки

Проводимо розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 35,22H7$ [9].

Допуск заготовки $T_z = 1800$ мм, допуск деталі $T_d = 25$ мм.

Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\varepsilon = 1,8 / 0,025 = 72.$$

Приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5, \varepsilon_2=4, \varepsilon_3=2,5.$$

Знайдемо уточнення на четвертому переході

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_2} = \frac{72}{5 \cdot 4 \cdot 2,5} = 1,44.$$

Допуск розміру складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 1,8 / 5 = 0,36 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,36 / 4 = 0,9 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,9 / 2,5 = 0,36 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,36 / 1,44 = 0,25 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 13 квалітету точності, після другого – 10 квалітету, після третього – 8 квалітету, після четвертого – 7 квалітету.

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

Вибір чорнових і чистових технологічних баз

У якості чистових технологічних баз будемо використовувати поверхні, які оброблені на попередній операції, а саме площина та отвори $\varnothing 35,22H7$ та $\varnothing 12$. Тобто будемо використовувати схему базування на площину та два пальці (рис. 2.6).

Тому на першій операції механічної обробки використаємо схему базування на три площини [10]. В цьому випадку вирішуються наступна задача: зв'язок обробленої та необробленої поверхонь на операції 005. Схема базування та поверхні, що обробляються зображена на рисунку 2.7.

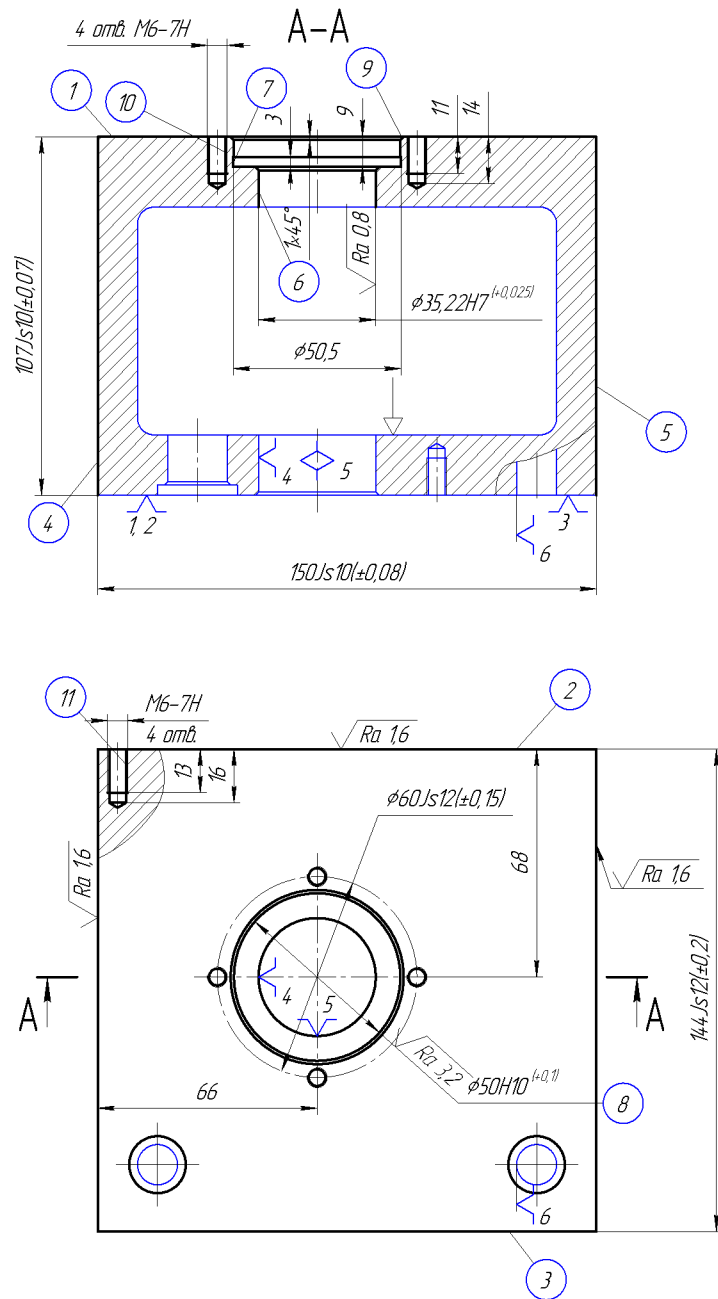


Рисунок 2.6 – Чистові технологічні бази (операція 010)

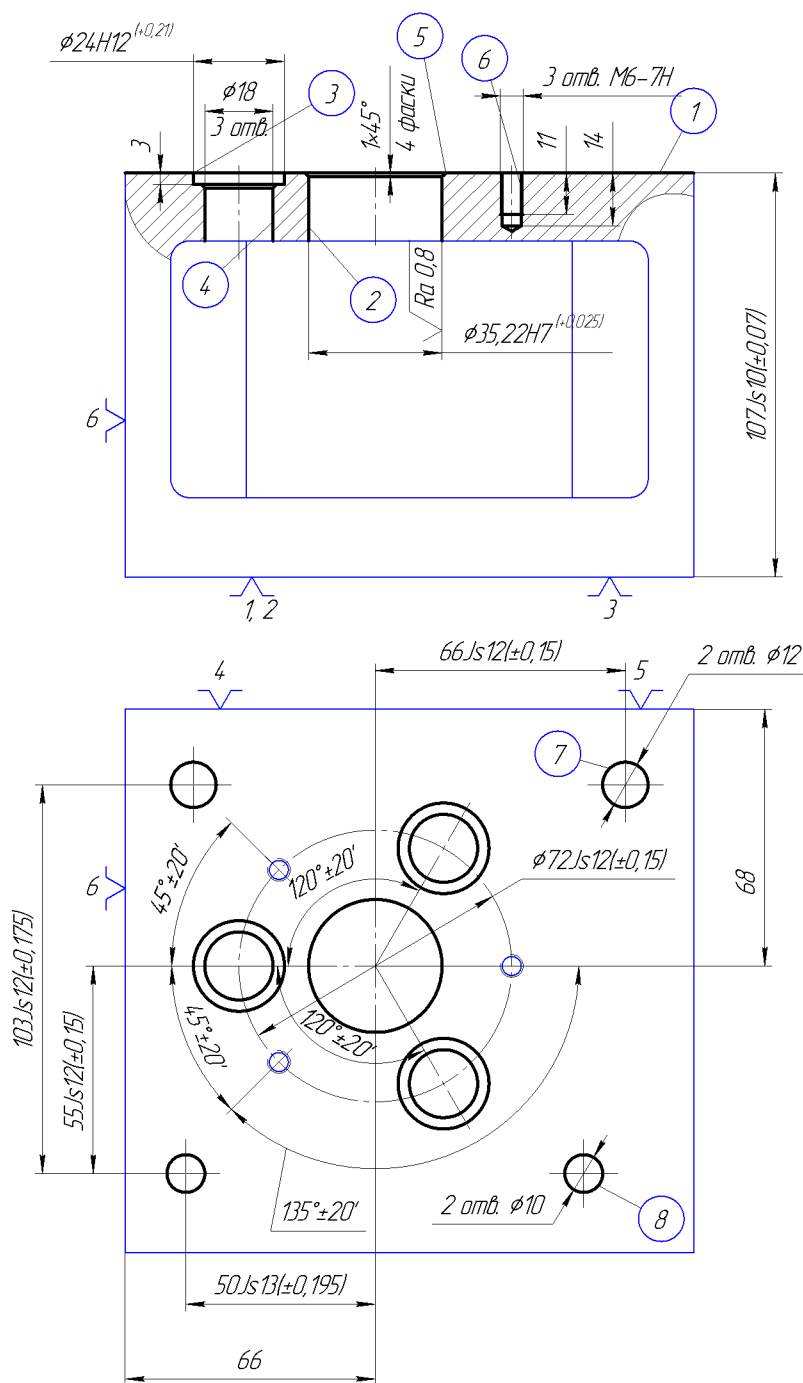


Рисунок 2.7 – Чорнові технологічні бази (операція 005)

Похибки базування на операції 010:

$\epsilon_{\phi 36, \phi 16, M8, M6} = 0$ – діаметральний розмір,

$\epsilon_{\phi 110, 107, 36} = 0$ – виконується обробка з одного установу;

$\epsilon_{\phi 32, 8, 31, 36, 27} = 0$ – виконується принцип співпадання вимірювальної та технологічної баз.

Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки

№ Операції	Операції і переходи	Схема базування	Тип обладнання
005	<p><i>Комбінована з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 4. Розточити отв. 2 попередньо. 5. Розточити отв. 2 попередньо. 6. Розточити отв. 2 попередньо та фаску 5 однократно. 7. Розсвердлити 3 отв. 4. 8. Цекувати 3 отв. 3 однократно. 9. Центрувати 3 отв. 6, 2 отв. 7 та 2 отв. 8. 10. Свердлити 3 отв. 6. 11. Свердлити 2 отв. 7. 12. Свердлити 2 отв. 8. 13. Нарізати різь в 3 отв. 6. 14. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 15. Розточити отв. 2 остаточно. 16. Зняти деталь 	<p>Схема базування</p>	<p>Вертикальний багатопозиційний верстат з ЧПК ЛТ260МФЗ</p>

Продовження таблиці 2.8

№ Операції	Операції і переходи	Схема базування	Тип обладнання
010	<p>Комбінована з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 3. Фрезерувати пов. 1 попередньо. 4. Фрезерувати пов. 2 попередньо. 5. Фрезерувати пов. 2 попередньо. 6. Фрезерувати пов. 4 попередньо. 7. Фрезерувати пов. 4 попередньо. 8. Фрезерувати пов. 3 однократно. 9. Фрезерувати пов. 5 попередньо. 10. Фрезерувати пов. 5 попередньо. 11. Розточити отв. 6 попередньо. 12. Розточити отв. 6 та 8 попередньо. 13. Розточити отв. 6 попередньо та фаску 9 однократно. 14. Розточити отв. 13 попередньо. 15. Розточити отв. 13 попередньо та фаску 17 однократно. 16. Розточити отв. 14 попередньо. 17. Розточити отв. 14 попередньо та фаску 17 однократно. 18. Розточити канавку 7 однократно. 19. Центрувати 4 отв. 10, 4 отв. 11, 3 отв. 15 та 4 отв. 16. 20. Свердлити 4 отв. 10 та 4 отв. 11. 21. Свердлити 3 отв. 15 та 4 отв. 16. 22. Нарізати різь в 4 отв. 10 та 4 отв. 11. 23. Нарізати різь в 3 отв. 15 та 4 отв. 16. 24. Цекувати 2 заглиблення 12. 25. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 26. Фрезерувати пов. 2 остаточно. 27. Фрезерувати пов. 4 остаточно. 28. Фрезерувати пов. 5 остаточно. 29. Розточити отв. 6 та 8 остаточно. 30. Розточити отв. 13 остаточно. 31. Розточити отв. 14 остаточно. 32. Зняти деталь 	<p>Схема базування</p> <p>$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)</p> <p>Technical drawing showing three views of a part: A-A (top view), A-A (front view), and Г-Г (side view). The part has a complex shape with a central hole and several smaller holes. Dimensions include diameters like 50.5, 60.12, 65H7, and 60H8, and various radii and chamfers. Numbered callouts 1-17 point to specific features.</p>	<p>Тип обладнання</p> <p>Вертикальний лазерний верстат з ЧПК SPINNER U5-620</p>

2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Приймаємо допуски на технологічні розміри та розміри заготовки [11]:

$$T(Z_1) = 1,8 \text{ (мм)}; \quad T(B_1) = 1 \text{ (мм)}; \quad T(B_2) = 0,52 \text{ (мм)};$$

$$T(B_3) = 1 \text{ (мм)}; \quad T(B_4) = 0,52 \text{ (мм)}; \quad T(B_5) = 0,2 \text{ (мм)};$$

$$T(B_6) = 0,2 \text{ (мм)}.$$

При цьому, враховуючи допуски конструкторських розмірів, матимемо наступні мінімальні та максимальні їх значення:

$$K_{1\max} = 150,08 \text{ (мм)}, \quad K_{1\min} = 149,92 \text{ (мм)}.$$

Розмірна схема технологічного процесу розміщена на рисунку 2.8.

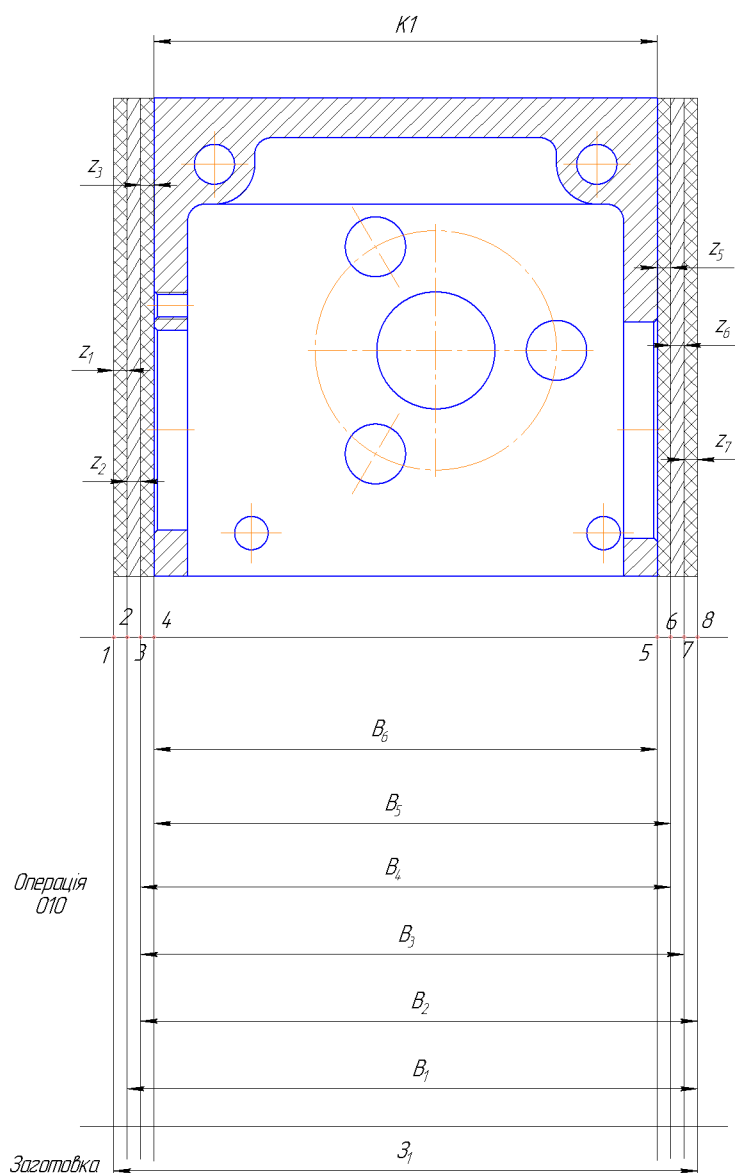


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний граф розміщений на рисунку 2.9, вихідний граф розміщений на рисунку 2.10, суміщений граф розміщений на рисунку 2.11.

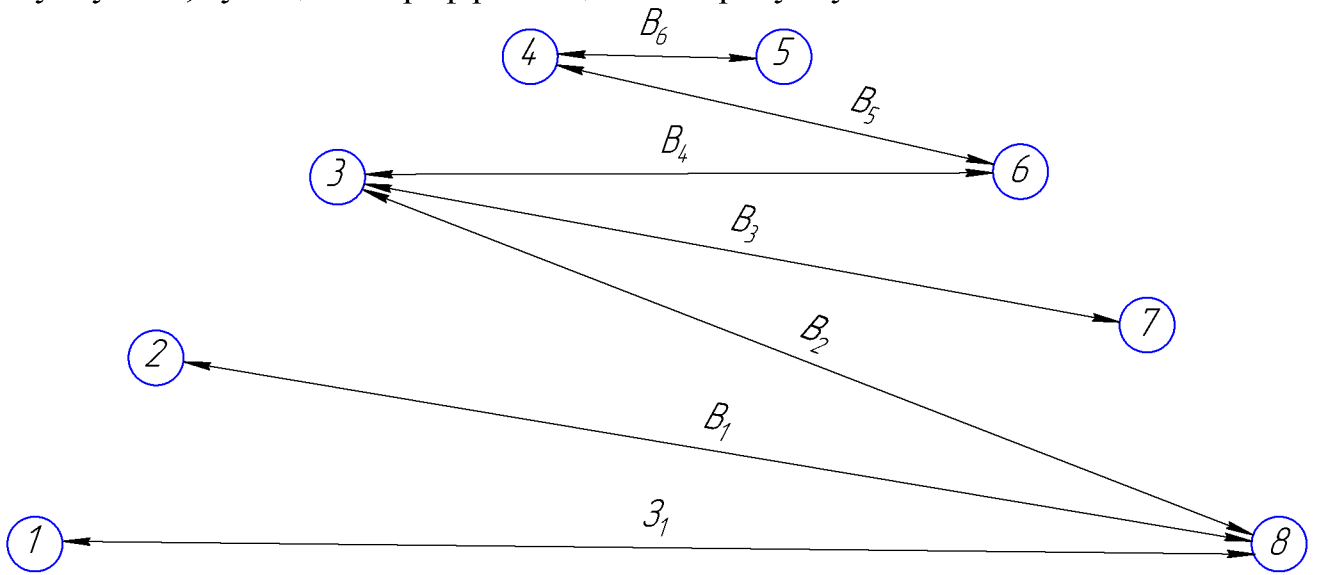


Рисунок 2.9 – Похідний граф

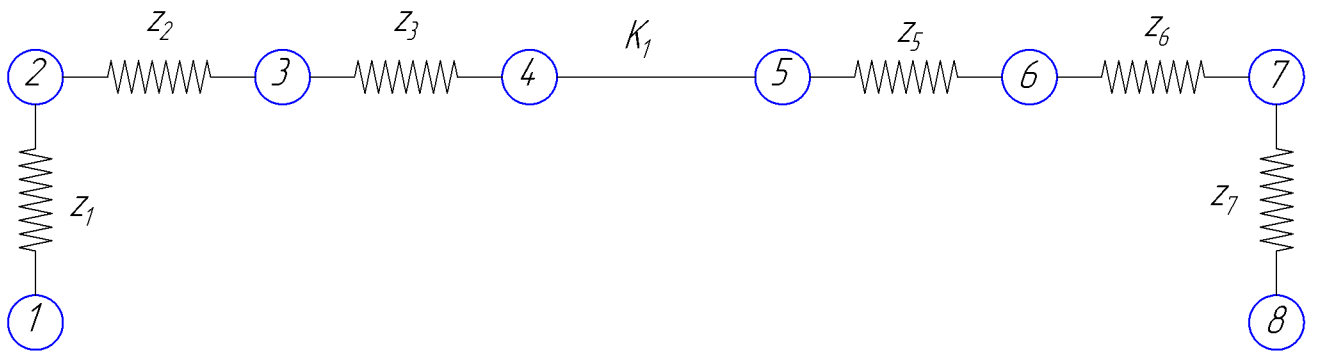


Рисунок 2.10 - Вихідний граф

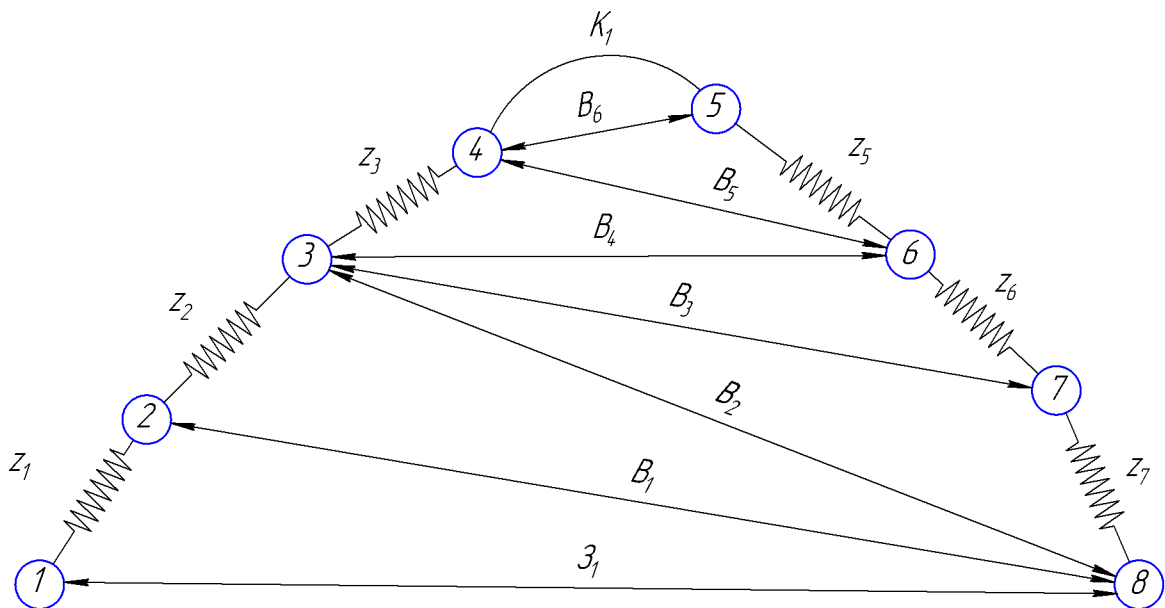


Рисунок 2.11 – Суміщений граф

Величину проміжних мінімальних припусків обираємо за допомогою довідників, враховуючи розміри та точність обробки нашої деталі.

$$z_1 = 1,1 \text{ (мм)};$$

$$z_2 = 0,6 \text{ (мм)};$$

$$z_3 = 0,3 \text{ (мм)};$$

$$z_5 = 0,3 \text{ (мм)};$$

$$z_6 = 0,6 \text{ (мм)};$$

$$z_7 = 1,1 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.9 – Рівняння технологічних розмірів ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
2	$-z_5 - B_6 + B_5 = 0$	$z_5 = B_5 - B_6$	B_5
3	$-z_3 - B_5 + B_4 = 0$	$z_3 = B_4 - B_5$	B_4
4	$-z_6 - B_4 + B_3 = 0$	$z_6 = B_3 - B_4$	B_3
5	$-z_7 - B_3 + B_2 = 0$	$z_7 = B_2 - B_3$	B_2
6	$-z_2 - B_2 + B_1 = 0$	$z_2 = B_1 - B_2$	B_1
7	$-z_1 - B_1 + Z_1 = 0$	$z_1 = Z_1 - B_1$	Z_1

Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція допусків технологічних розмірів і маршруту механічної обробки

$$1. B_6 = K_1 = 150 \pm 0,08 \text{ (мм)};$$

$$2. z_{5\min} = B_{5\min} - B_{6\max}$$

$$B_{5\min} = B_{6\max} + z_{5\min} = 150,08 + 0,3 = 150,38 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 150,38 + 0,2 = 150,58 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 150,48 \pm 0,1 \text{ (мм)}.$$

$$z_{5\max} = B_{5\max} - B_{6\min} = 150,58 - 149,92 = 0,66 \text{ (мм)}.$$

$$3. z_{3\min} = B_{4\min} - B_{5\max}$$

$$B_{4\min} = B_{5\max} + z_{3\min} = 150,58 + 0,3 = 150,88 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 150,88 + 0,52 = 151,4 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 151,14 \pm 0,26 \text{ (ММ)}.$$

$$z_{3\max} = B_{4\max} - B_{5\min} = 151,4 - 150,38 = 1,02 \text{ (ММ)}.$$

$$4. z_{6\min} = B_{3\min} - B_{4\max}$$

$$B_{3\min} = B_{4\max} + z_{6\min} = 151,4 + 0,6 = 152 \text{ (ММ)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 152 + 1 = 153 \text{ (ММ)};$$

$$B_3 = 152,5 \pm 0,5 \text{ (ММ)}.$$

$$z_{6\max} = B_{3\max} - B_{4\min} = 153 - 150,88 = 2,12 \text{ (ММ)}.$$

$$5. z_{7\min} = B_{2\min} - B_{3\max}$$

$$B_{2\min} = B_{3\max} + z_{7\min} = 153 + 1,1 = 154,1 \text{ (ММ)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 154,1 + 0,52 = 154,62 \text{ (ММ)};$$

$$B_2 = 154,36 \pm 0,26 \text{ (ММ)}.$$

$$z_{7\max} = B_{2\max} - B_{3\min} = 154,62 - 152 = 2,62 \text{ (ММ)}.$$

$$z_2 = B_1 - B_2$$

$$6. z_{2\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + z_{2\min} = 154,62 + 0,6 = 155,22 \text{ (ММ)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 155,22 + 1 = 156,22 \text{ (ММ)};$$

$$B_1 = 155,72 \pm 0,5 \text{ (ММ)}.$$

$$z_{2\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 156,22 - 154,1 = 2,12 \text{ (ММ)}.$$

$$7. z_{1\min} = B_{3\min} - B_{1\max}$$

$$B_{3\min} = B_{1\max} + z_{1\min} = 156,22 + 1,1 = 157,32 \text{ (ММ)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 157,32 + 1,8 = 159,12 \text{ (ММ)};$$

$$B_3 = 158,22 \pm 0,9 \text{ (ММ)}.$$

$$z_{1\max} = B_{3\max} - B_{1\min} = 159,12 - 155,22 = 3,9 \text{ (ММ)}.$$

Таблиця 2.10 – Значення технологічних розмірів та розмірів заготовки

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
max	156,22	154,62	153	151,4	150,58
min	155,22	154,1	152	150,88	150,38
НОМИНАЛ	$155,72 \pm 0,5$	$154,36 \pm 0,26$	$152,5 \pm 0,5$	$151,14 \pm 0,26$	$150,48 \pm 0,1$

Продовження таблиці 2.10

	B_6	Z_1
max	150,08	159,12
min	149,92	157,32
номинал	150±0,08	158,22±0,9

2.6 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Технологічний маршрут обробки поверхні $\varnothing 35,22H7$ складається із трьох переходів попереднього розточування та одного остаточного розточування.

Приймаємо значення значень R_z і T для заготовки дані параметри рівні 40 та 260 мкм відповідно. Для попереднього розточуванні приймаємо $R_z = T = 100/50/30$ мкм, на фінішному переході відповідно 20 та 25 мкм відповідно [11].

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \text{ [мкм]}. \quad (2.7)$$

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, \quad (2.8)$$

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 36)^2 + (0,7 \cdot 110)^2} = 81 \text{ (мкм)};$$

де $\Delta_k = 0,7$ мкм – питоме жолоблення відливка,

$l = 110$ мм – поверхня по якій відбувається обробка деталі,

$\delta = \pm 0,3$ мм – відхилення

$$\rho_3 = \sqrt{81^2 + 600^2} = 605,6 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \quad (2.9)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 605,6 = 36,3 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 36,3 = 1,815 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.10)$$

В нашому випадку похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 120 \text{ (мкм)}.$$

При попередній операції похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 120 \cdot 0,05 = 6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(40 + 260 + \sqrt{605,6^2 + 120^2}) = 2 \cdot 917 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{36,3^2 + 6^2}) = 2 \cdot 237 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{3\min}=2(50+50+2)=2\cdot 102 \text{ (мкм)}.$$

остаточне розточування:

$$2Z_{4\min}=2(30+30)=2\cdot 60 \text{ (мкм)}.$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 35,245 \text{ (мм)}.$$

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

для остаточного розточування:

$$d_4 = 35,245 - 2\cdot 0,06 = 35,125 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_3 = 35,125 - 2\cdot 0,102 = 34,921 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 34,921 - 2\cdot 0,237 = 34,447 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_1 = 34,447 - 2\cdot 0,917 = 32,613 \text{ (мм)}.$$

Найменші граничні розміри:

$$d_{\min 4} = 35,245 - 0,025 = 35,22 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3} = 35,125 - 0,039 = 35,086 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 2} = 34,92 - 0,1 = 34,82 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 1} = 34,45 - 0,39 = 34,06 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 32,6 - 1,8 = 30,8 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні граничні розміри:

$$2Z_{\min 4} = 35,245 - 35,125 = 0,12 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 4} = 35,22 - 35,086 = 0,134 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 3} = 35,125 - 34,92 = 0,205 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 35,086 - 34,82 = 0,266 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 2} = 34,92 - 34,45 = 0,47 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 34,82 - 34,06 = 0,76 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 1} = 34,45 - 32,6 = 1,85 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 34,06 - 30,8 = 3,26 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.11 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 35,22\text{H}8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 35,22\text{H}8$	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрах. розмір, мм d_p	Допуск мм δ	Граничний розмір		Граничні значення	
	Rz	T	ρ	ε_y				dmin	dmax	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	40	260	605,6	120		32,613	1,8	30,8	32,6		
розточування попереднє	100	100	36,3	6	$2 \cdot 917$	34,447	0,39	34,06	34,45	0,12	0,134
розточування попереднє	50	50	2	-	$2 \cdot 237$	34,921	0,1	34,82	34,92	0,205	0,266
розточування попереднє	30	30	-	-	$2 \cdot 102$	35,125	0,039	35,086	35,125	0,47	0,76
розточування остаточне	20	25	-	-	$2 \cdot 60$	35,245	0,025	35,22	35,245	1,85	3,26
Сума										2,645	4,42

Загальні припуски:

$$2Z_{0\min} = 1,85 + 0,47 + 0,205 + 0,12 = 2,645 \text{ (мм)} = 2645 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 3,26 + 0,76 + 0,266 + 0,134 = 4,42 \text{ (мм)} = 4420 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо мінімальні припуски на механічну обробку решти циліндричних поверхонь та розраховуємо відповідні граничні розміри і максимальні припуски, результат та хід розрахунку зображаємо у вигляді таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 60H8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 60H8$	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	54,51			58,386	1,9	56,5	58,4		
Розточув. попереднє	100	100	3,27	110	2·523	59,432	0,3	59,1	59,4	1	2,6
Розточув. попереднє	50	50	0,16	5,5	2·207	59,846	0,12	59,73	59,85	0,45	0,63
Розточув. остаточне	20	25	-	-	2·100	60,046	0,046	60	60,046	0,196	0,270
Ітого										1,646	3,5

2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

На прикладі покажемо вибір режимів різання свердління отвору $\varnothing 8$.

Визначаємо глибину різання: $t = 0,5D = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ (мм)}$.

Подача складає: $s = 0,15 \text{ мм}$.

Швидкість різання на токарній операції розраховується за формулою [12]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v \cdot [\text{м/хв}] \quad (2.11)$$

Вибираємо значення коефіцієнта C_v і показників степені

$$T = 60 \text{ хв.}, C_v = 9,8, q = 0,4, y = 0,5, m = 0,2.$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання, розраховується:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{\Gamma v} \cdot K_{lv}, \quad (2.12)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.13)$$

$$K_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1,0.$$

K_{Γ} – коефіцієнт, який характеризує групу сталі, $K_{\Gamma} = 1,0$,

n_v – показник степені, $n_v = 0,9$,

$K_{\Gamma v}$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки, $K_{\Gamma v} = 1,0$;

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки, $K_{lv} = 1,0$.

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 8^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 1,0 = 27,12 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання розраховується:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}. \quad (2.14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 27,12}{3,14 \cdot 8} = 664,48 \text{ (об/хв.)}$$

Сила різання при свердління розраховується за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_{po} \cdot D^{q_{po}} \cdot s^{y_{po}} \cdot K_p. \text{ [Н]} \quad (2.15)$$

де: $C_{po} = 68$, $q_{po} = 1$, $y_{po} = 0,7$; K_p – поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{Mp}, \quad (2.16)$$

де K_{Mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу та силові залежності:

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}, \quad (2.17)$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1,0.$$

n_p – показник степені, $n_p = 0,75$.

Сили різання:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,35^{0,7} \cdot 1,0 = 6522,09 \text{ (Н)}.$$

Крутний момент при свердління розраховується за формулою:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p. \text{ [Н·м]} \quad (2.18)$$

$C_M = 0,0345$, $q = 2$, $y_{po} = 0,8$;

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,0 = 59,58 \text{ (Н·м)}.$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ [кВт]}, \quad (2.19)$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{59,58 \cdot 408,32}{9750} = 2,5 \text{ (кВт)}.$$

Розрахунок режимів різання для розточування отвору Ø35,22.

Приведемо приклад розрахунку режимів різання для обробки на токарному верстаті.

Подача складає: $s = 2,8$ мм.

Розраховуємо режими різання для свердлильної операції.

$s = 2,8$ мм/об – подача при точінні;

$t = 1,2$ мм – глибина різання при розточуванні;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{\Gamma v} \cdot K_{Iv},$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується:

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{0,9} = 1,44,$$

$K_{\Gamma v}$ – коефіцієнт, який характеризує групу сталі за обробкою;

n_v – показник степені $K_{\Gamma v}$;

$K_{\Gamma v}$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки, $K_{\Gamma v}=1$;

K_{Iv} – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки, $K_{Iv}=0,35$.

$$K_v = 1,44 \cdot 0,35 \cdot 0,8 = 0,5.$$

$$v = \frac{243 \cdot 35.22^{0,4}}{60^{0,2} \cdot 0,81^{0,5} \cdot 2,8^{0,7}} \cdot 0,5 = 77,92 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання при точінні розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \text{ [Н]}$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}$$

Значення коефіцієнта C_p і показників степені вибираємо з таблиці.

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0,75} = 0,85,$$

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,65.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,2^1 \cdot 2,8^{0,75} \cdot 77,92^{-0,15} \cdot 0,65 = 4546,78 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{4546,78 \cdot 77,92}{1020 \cdot 60} = 5,79 \text{ (кВт)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 77,92}{\pi \cdot 37} = 400,26 \text{ (об/хв.)}.$$

$N_b > N$ (7,5 кВт > 1,44 кВт) – обробка заданої поверхні можлива.

Таблиця 2.13 – Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, то, хв.				
	Формула	Параметри			Результат
		D	d	l	
010 – Комбінована					
Фрезерувати площину 1 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 1 попередньо	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 2 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 2 попередньо	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 4 попередньо	6l			144	0,864
Фрезерувати площину 4 попередньо	4l			144	0,576
Фрезерувати площину 3 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 5 попередньо	6l			144	0,864
Фрезерувати площину 5 попередньо	4l			144	0,576
Розточити пов. 6 попередньо	0,2dl		35,22	21	0,147
Розточити пов. 6 та 8 попередньо	0,18dl		35,22	21	0,133
Розточити пов. 6 попередньо	0,17dl		35,22	12	0,072
Розточити пов. 13 попередньо	0,2dl		60	10	0,12
Розточити пов. 13 попередньо	0,18dl		60	10	0,108
Розточити пов. 14 попередньо	0,2dl		65	10	0,13
Розточити пов. 14 попередньо	0,18dl		65	10	0,117
Розточити пов. 7 однократно	0,2dl		50,5	6	0,061
Центрувати 4 отв 10, 4 отв. 11, 3 отв 15 та 4 отв 16 однократно	0,52dl		2	3	0,047
Свердлити 4 отв 10 та 4 отв. 11	0,52dl		6	14	0,349
Свердлити 3 отв 15 та 4 отв. 16	0,52dl		8	10	0,291
Нарізати різь в 4 отв 10 та 4 отв. 11	0,4dl		6	11	0,211
Нарізати різь в 3 отв 15 та 4 отв. 16	0,4dl		8	10	0,224
Фрезерувати площину 1 остаточно	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 2 остаточно	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 4 остаточно	4l			144	0,576
Фрезерувати площину 5 остаточно	4l			144	0,576
Розточити пов. 6 остаточно	0,17dl		35,22	12	0,072
Розточити пов. 13 остаточно	0,17dl		60	10	0,102
Розточити пов. 14 остаточно	0,17dl		65	10	0,111
Всього					11,427

2.8 Визначення технічних норм часу на операції

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-з}}{n} + T_{шт} \text{ [хв.]}, \quad (2.20)$$

де T_{n-3} – підготовчо-заключний час:

$$T_{n-3} = 14 + 2 + 3 + 1 + 3 + 2 + 10 = 30 \text{ (хв.)};$$

n – кількість деталей в настоюваній партії, що рівне визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi} \text{ [шт.]}, \quad (2.21)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 3500$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 1$ день;

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

Тоді

$$n = \frac{3500 \cdot 1}{252} = 13,88 = 14 \text{ (шт.)};$$

$T_{ум}$ – норма штучного часу, що визначається за формулою[12]:

$$T_{ум} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от} \text{ [хв.]}, \quad (2.22)$$

де T_0 - основний час, що рівний для операції 010.

Таблиця 2.14 – Норми основного часу для операції 010

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_0 , хв.				
	Формула	Параметри			Результат
		D	d	l	
010 – Комбінована					
Фрезерувати площину 1 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 1 попередньо	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 2 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 2 попередньо	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 4 попередньо	6l			144	0,864

Продовження таблиці 2.14

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, то, хв.				
	Формула	Параметри			Результат
		D	d	l	
010 – Комбінована					
Фрезерувати площину 4 попередньо	4l			144	0,576
Фрезерувати площину 3 попередньо	6l			150	0,9
Фрезерувати площину 5 попередньо	6l			144	0,864
Фрезерувати площину 5 попередньо	4l			144	0,576
Розточити пов. 6 попередньо	0,2dl		35,22	21	0,147
Розточити пов. 6 та 8 попередньо	0,18dl		35,22	21	0,133
Розточити пов. 6 попередньо	0,17dl		35,22	12	0,072
Розточити пов. 13 попередньо	0,2dl		60	10	0,12
Розточити пов. 13 попередньо	0,18dl		60	10	0,108
Розточити пов. 14 попередньо	0,2dl		65	10	0,13
Розточити пов. 14 попередньо	0,18dl		65	10	0,117
Розточити пов. 7 однократно	0,2dl		50,5	6	0,061
Центрувати 4 отв 10, 4 отв. 11, 3 отв 15 та 4 отв 16 однократно	0,52dl		2	3	0,047
Свердлити 4 отв 10 та 4 отв. 11	0,52dl		6	14	0,349
Свердлити 3 отв 15 та 4 отв. 16	0,52dl		8	10	0,291
Нарізати різь в 4 отв 10 та 4 отв. 11	0,4dl		6	11	0,211
Нарізати різь в 3 отв 15 та 4 отв. 16	0,4dl		8	10	0,224
Фрезерувати площину 1 остаточно	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 2 остаточно	4l			150	0,6
Фрезерувати площину 4 остаточно	4l			144	0,576
Фрезерувати площину 5 остаточно	4l			144	0,576
Розточити пов. 6 остаточно	0,17dl		35,22	12	0,072
Розточити пов. 13 остаточно	0,17dl		60	10	0,102
Розточити пов. 14 остаточно	0,17dl		65	10	0,111
Всього					11,43

T_e – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_e = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{uz} \text{ [хв.]}, \quad (2.23)$$

Приймаємо

$$T_e = 0,25 + 0,35 + 0,4 + 0,1 = 1,1 \text{ (хв.)};$$

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

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (11,43 + 1,1) = 0,88 \text{ (хв.)};$$

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

$$T_{ом} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (11,43 + 1,1) = 0,63 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 11,43 + 1,1 + 0,88 + 0,63 = 14,04 \text{ (хв.)};$$

Штучно-калькуляційний час матиме значення:

$$T_{шт-к} = \frac{30}{14} + 14,04 = 16,18 \text{ (хв.)}$$

Аналогічним способом визначаємо норми часу на інші поверхні деталі та отриманий результат заносимо до таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Звідна таблиця технічних норм часу по операціям

Номер і найменування операції	T_o , хв	T_e , хв			$T_{об}$, хв	$T_{ом}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{шт-к}$, хв	n	$T_{шт-к}$, хв
		$T_{y.c} + T_{z.o}$	$T_{y.n}$	T_{uz}						
Комбінована 005	4,715	0,6	0,65	0,1	0,406	0,290	6,49	30	14	8,63
Комбінована 010	11,43	0,6	0,4	0,1	0,88	0,63	14,04	30	14	16,18

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 8,63 + 16,18 = 24,81 \text{ (хв.)}$$

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Розробка технічного завдання на пристосування

Назва та галузь застосування

Пристосування спеціальне для верстата моделі ЛТ260МФ3. Операція 005, Свердлильна 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 ЛТ260МФ3 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 ЛТ260МФЗ, 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 М12.

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 – 5000 грн.;

економічна перевага в порівнянні з іншими.

Вихідні дані для пристосування:

– креслення деталі “Корпус 14.36”,

– річний об’єм випуску деталей $N_p=2500$ шт.

– маса деталі $m=7,14$ кг.

– матеріал деталі СЧ 18 ГОСТ 1412-79.

3.2 Розробка і вибір схеми базування і закріплення заготовки

За своєю формою, конструкцією та технологічними ознаками дана деталь відноситься до класу типових корпусних деталей.

Обробка деталі на заданій операції здійснюється на фрезерному верстаті з ЧПК моделі ЛТ260МФ3.

На операції 005, комбінована з ЧПК, виконується фрезерування площини, розточування поверхонь та свердління отворів.

Наша деталь базується на три площини. Пристосування монтується на столі верстата і кріпиться болтами.

Настройка на розмір виконується по установу з точністю $\pm 0,01$ мм.

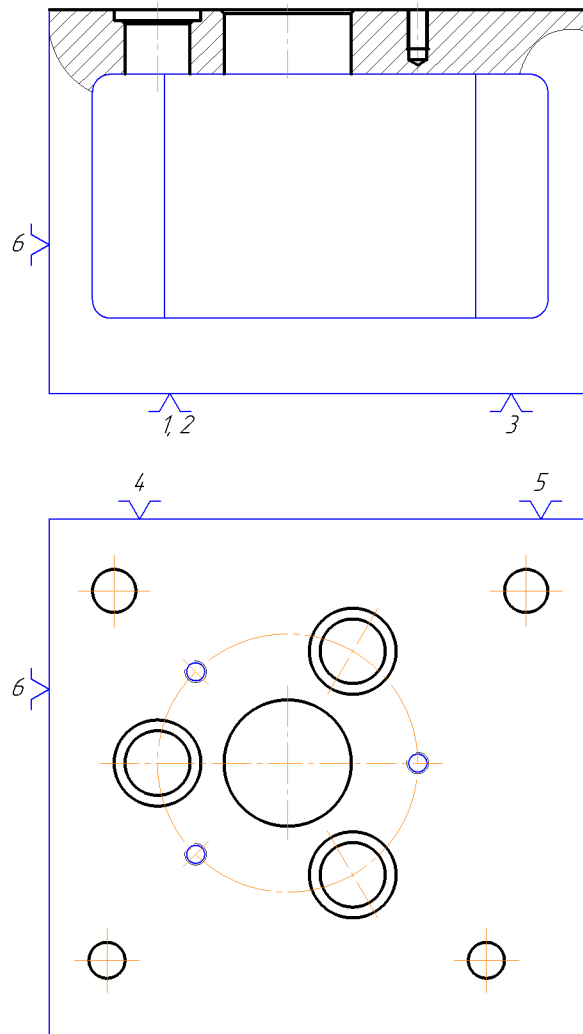


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки

$\varepsilon_{636} = \varepsilon_{613} = 0$ – обробка з одного установу;

$\varepsilon_{655} = \varepsilon_{617} = 0$ – виконується принцип співпадання баз.

Похибка базування для розміру $\varepsilon_{612} = TA_{74} + TC = 300 + 0 = 300$ мкм.

Похибка $\varepsilon_{612} = 300 < TA_{14} = 430$, тобто похибка базування входить в поле допустимого значення розміру.

3.3 Розробка конструктивної схеми пристосування

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

В процесі закріплення сили затиску не повинно порушуватись положення заготовки, яке вона отримала після базування [13].

Деталь встановлюється на два установчих пальця і площину.

Пальці запресовані в вертикальну плиту, яка приварена до основи пристосування. Через отвори плити також проходять тяги, які за допомогою розрізних шайб затискають 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.

Деталь затискається за допомогою пневмокамери, штоку і швидкоз'ємної шайби.

Монтується пристосування на столі верстата гвинтами M12×1,5.

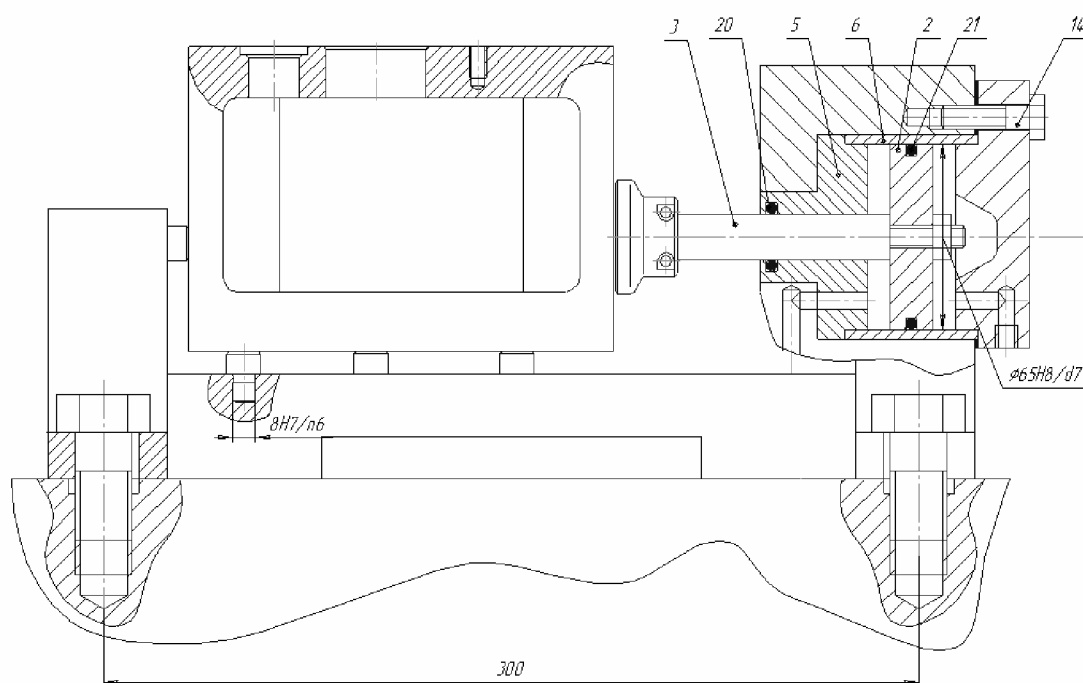


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема верстатного пристосування

3.4 Визначення сил закріплення та параметрів затискного пристрою

В процесі обробки отворів свердлінням, зенкерування і розсвердлюванням 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, притискаючи заготовку до установочної поверхні.

При кріпленні заготовки в зажимний механізм пневматичного типу (рисунок 3.4) не потрібно великого затискного зусилля. В цьому випадку сила затискання повинна забезпечити надійне притискання прихватів до заготовки тільки в момент засвердлювання. 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.

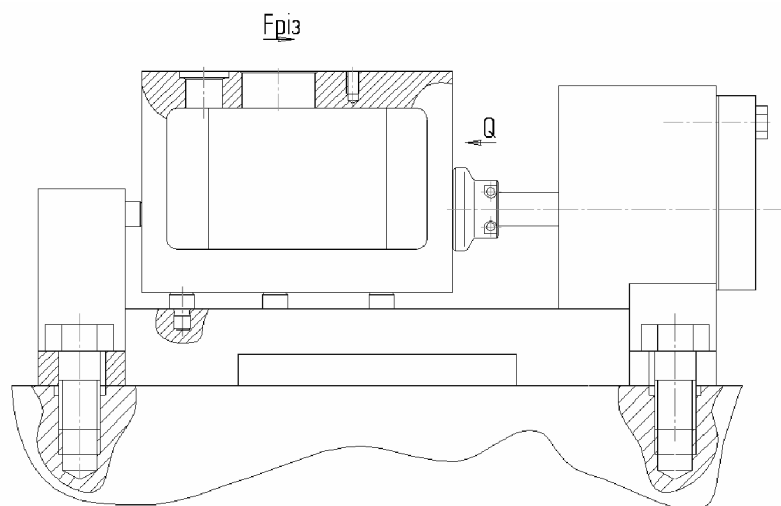


Рисунок 3.3 – Схема сил, що діють на заготовку при свердлінні

Складаємо рівняння рівноваги дії сил.

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

$$M_{mp1} = M_{mp2} = Q \cdot f_{mp} \cdot l. \text{ [Нм]} \quad (3.2)$$

Звідси, сила закріплення складає:

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

Визначаємо момент різання M_p за формулою:

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

Поправочні коефіцієнти і показники степенів [6]:

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

$$K_p = K_{MH} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{190}{190}\right)^{0.6/0.6} = 1.$$

Тоді

$$M_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 16^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 = 14,83 \text{ (Нм)}$$

Знаючи значення моменту різання, знайдемо силу закріплення Q:

$$Q = \frac{14,83}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,055} = 898 \text{ (Н)}.$$

Сила на приводі становить:

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

де i_c – передаточне відношення сил [14]:

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

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

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

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

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

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_{np} дорівнює:

$$F_{np} = \frac{2 \cdot 898}{2,9} = 619,3 \text{ (Н)}.$$

Хід плунжера знаходимо за формулою:

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

де $\Delta_{gap} = 0,4$ 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,

$$S(Q) = 0,4 + 0,06 + 619/1000 + 0,4 = 1,2 \text{ (мм)}.$$

Хід привода знаходимо за формулою [14]:

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

де $i_n = 5,67$ – передаточне відношення переміщень [14].

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

3.5 Аналіз точності пристосування

Визначення складових похибки установки

Похибка установки – це відхилення фактично-досягнутого положення заготовки або виробу від бажаного. За характером виявлення є випадковою.

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + E_{np}^2}, \text{ [мкм]} \quad (3.8)$$

Проведемо розрахунки на точність для розміру $55 \pm 0,3$. Необхідною умовою обробки є правило, коли сумарна похибка (ε_Σ) повинна бути меншою, ніж допуск $T_{дет.}$ на відповідний розмір $\varepsilon_\Sigma < T_{дет.}$

Сумарна похибка пристосування визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{н.и}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (3.9)$$

де T – допуск виконуємого розміру; для розміру 55 він складає 0,6 мм;

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

K_{T1} – коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах; приймаємо $K_{T1} = 0,8$ ($K_{T1} = 0,8 \dots 0,85$);

K_{T2} – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, яка викликається факторами, не залежними від пристосування; приймаємо $K_{T2} = 0,6$ ($K_{T2} = 0,6 \dots 0,8$);

ω – економічна точність обробки; приймаємо $\omega = 0,02$ мм для свердління по 10 – му квалітету;

ε_δ – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення;

ε_y – похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{и}$ – похибка деталі через зношення установчих елементів пристосування;

$\varepsilon_{п.и.}$ – похибка від перекосу (зміщення) інструменту.

В нашому випадку похибка базування складає $\varepsilon_6 = 300$ мкм.

Сила зажиму направлена перпендикулярно розміру $55 \pm 0,3$, а тому не впливає на розмір. Приймаємо $\varepsilon_3 = 0$.

Похибка установки пристосування на верстаті $\varepsilon_B = 0,01$ мм – за рекомендацією.

Величина зносу для пальців $E_{и} = U$ (U – лінійний знос установчих елементів пристосування);

$$U = \frac{NK_y(1 + 0,03L)0,79t_i}{m - m_1 \cdot \dot{I}_1 - m_2 \cdot 0,1Q / FNV}, \quad (3.10)$$

де N – число встановлюваних заготовок;

K_y – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

L – довжина шляху ковзання заготовки по опорах при досиланні її до упора, мм (визначається за умовами експлуатації пристосування);

t_M – машинний час обробки заготовки в пристосуванні, хв;

m, m_1, m_2 – коефіцієнти;

Π_1 – критерій зносостійкості;

Q – навантаження на опору, Н;

F – площа торкання опори з базовою поверхнею заготовки, мм²;

HV – твердість матеріалу опори по Віккерсу, рекомендації з її вибору наведені в [14].

Міжремонтний період Π заміни чи відновлення установчих елементів

$$\Pi = \frac{12K[N]}{N_r}, \quad (3.11)$$

де K – коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність зносу установчих елементів ($K = 0,8 \dots 0,85$);

[N] – допустиме число встановлюваних заготовок до граничного зносу установчих елементів;

N_p – річна програма випуску деталей.

$$\varepsilon_{и} = 0,045 \text{ (мм)ю}$$

Похибка від перекосу (зміщення) інструменту $\varepsilon_{п.и.} = 0$, тому що відсутні напрямні елементи для інструменту.

Підставляємо отримані значення параметрів у вихідну формулу (3.9):

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

- умова виконується.

Вибір розрахункових параметрів, що визначають точність пристосування

На даній операції нам необхідно отримати розмір $55 \pm 0,3$.

В якості розрахункових параметрів вибираємо наступні: $S_{\max \text{ ц}}$, $S_{\max \text{ ср}}$ – максимальний зазор між циліндричним пальцем та відповідним отвором в заготовці та максимальний зазор між зрізаним пальцем і у відповідним отвором в заготовці.

Призначимо на діаметри пальців поле допуску f7.

Виконавчі розміри діаметрів пальців

$$d_{ц} = d_{ср} = 10 f7 = 10_{-0,034}^{-0,016} = 9,984_{-0,018} \text{ (мм)}.$$

Максимальний зазор між пальцями та отворами

$$S_{\max \text{ ц}} = S_{\max \text{ ср}} = 0,043 + 0,034 = 0,077 \text{ (мм)},$$

де $D_{ср}$, $D_{ц}$ – діаметри отворів під пальці в заготовці, $D_{ц} = D_{ср} = 10^{+0,043}$ (мм);

$L_{д} = 155,4$ (мм) – відстань між осями отворів;

$ITL_{д}$ – допуск відстані, $ITL_{д} = \pm 0,05 \text{ мм}$;

$\omega_{\text{дон}}$, $\gamma_{\text{дон}}$ – допустиме зміщення бічне та допустиме кутове зміщення,
 $\omega_{\text{дон}} = \pm 0,2 \text{ мм}$, $\gamma_{\text{дон}} = 5'$;

Розрахунок точності виготовлення деталей пристосування з використанням розмірного аналізу

Максимальне бічне зміщення заготовки:

$$0,5 \cdot S_{\text{maxи}} = 0,5 \cdot S_{\text{maxcp}} = 0,5 \cdot 0,077 = 0,0385 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм},$$

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

Максимальне кутове зміщення дорівнює

$$\gamma_{\text{max}} = \arctg[0,5 \cdot (S_{\text{maxи}} + S_{\text{maxcp}}) / L] = \arctg[0,5 \cdot (0,077 + 0,077) / 155,4] = \arctg 0,00049 < 5'$$

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

Розрахунковий діаметр зрізаного пальця

$$d_{\text{cp.p}} = d_{\text{cp.max}} - 0,25 \cdot ITd_{\text{cp}} = 9,984 - 0,25 \cdot 0,018 = 9,9795 \text{ (мм)}$$

Розрахунковий діаметр отвору під зрізаний палець

$$D_{\text{cp.p}} = D_{\text{cp.min}} + 0,25 \cdot ITD_{\text{cp}} = 10 + 0,25 \cdot 0,018 = 10,00045 \text{ (мм)};$$

$$S_{\text{minи}} = 0,016 \text{ (мм)};$$

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

Розрахункове зміщення вісі зрізаного пальця

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

Для пальців діаметром 10 мм ширина стрічки $d=4$ мм. Тоді

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

$$4 \leq 0,25 \cdot (10,00045 + 9,9795) \cdot (10,00045 - 9,9795) / 0,083 \approx 7,12$$

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:

1) площа поршня:

$$F = \frac{P}{p} = \frac{619,3}{0,4} = 1548 \text{ (мм}^2\text{)}$$

де P – необхідне зусилля на штоці, Н.

p – тиск стиснутого повітря, МПа.

2) діаметр циліндру:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1548}{3,14}} = 76,4 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо 80 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):

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

витрати повітря за хід (робочий чи холостий):

$$q = 6 \cdot F \cdot V = 6 \cdot 2,62 \cdot 0,6 = 9,43 \text{ (л/хв.)}$$

внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d_T = 4,6 \sqrt{\frac{q}{w}} = 4,6 \sqrt{\frac{9,43}{17}} = 11,8 \text{ мм} \approx 12 \text{ (мм)}.$$

Враховуючи дрібносерійний тип виробництва, річний обсяг виготовлення деталей $N = 3500$ шт., приймаємо механізований затискний механізм з пневмоприводом. Затискний механізм в нашому випадку складається з пневмоциліндру та накладної плити, яка кріпиться до кондуктора за допомогою шарніра.

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.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 14.36» відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника, згідно [15], могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

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

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

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Головними елементами робочого місця розробника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до [16, 17].

Згідно із [18] 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.

Під час безпосередньої роботи з монітором, необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

1. Верхній край екрану монітора повинен знаходитися на одному рівні з очима користувача.

2. Під час роботи потрібно звертати особливу увагу на положення шиї, хребта, ліктів, кистей, стегон і ступень.

3. Клавіатура повинна знаходитися під тим же кутом, що і передпліччя.

4. Слід систематично робити перерви. Фахівці рекомендують кожен годину робити перерву на п'ять-десять хвилин.

5. Кожні десять-п'ятнадцять хвилин роботи за комп'ютером необхідно дати відпочинок очам, закриваючи їх на якусь мить.

6. Слід встановити монітор так, щоб від нього не відбивалося світло.

7. Читання паперових документів вимагає сильнішого освітлення, ніж читання з екрану монітора. Якщо працівник одночасно працює за комп'ютером і з паперовими документами, слід скористатися настільною лампою.

8. Екран монітора й інші поверхні комп'ютера необхідно регулярно протирати.

Приміщення із робочими місцями користувачів комп'ютерів для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК повинні мати достатні технічні засоби захисту відповідно до [19].

Категорія приміщення з електробезпеки – без підвищеної небезпеки, згідно [20].

ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

– увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;

- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до оператора;

- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;

- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері;

- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися;

- для уникнення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу «миша» належить забезпечувати вільну велику поверхню столу для переміщення миші і зручного упору ліктьового суглоба;

- не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми;

- періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття, оскільки сприяє підсиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту.

При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища. Встановлено, що при температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає падати. За такої високої температури та вологості практично все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту. При підвищенні вологості піт не випаровується, а стікає краплинами з поверхні шкіри.

Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Робота, яка виконується розробником, згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [21]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.1 (відповідно до [22]).

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціонування та систематичне вологе прибирання.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 14.36» можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. 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	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	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 комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях справляє багатоплановий вплив на працівника, зокрема на його емоційний стан, працездатність, мотивацію, продуктивність і безпеку праці.

Рівень освітлення на робочих місцях впливає на гостроту зору, тривалість ясного бачення, контрастну чутливість і здатність бачити на далекій і близькій відстані. Нормальна гострота зору, тобто здатність розрізняти дрібні предмети, у працівників, що не страждають на дефекти зору, досягається лише при освітленні

50-70 лк. Для максимальної здатності ока розрізняти такі предмети необхідна освітленість 600-1000 лк.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 4.4 (відповідно [23]):

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлен.		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) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум

Шумом прийнято вважати звуки, які негативно впливають на організм людини і заважають його роботі та відпочинку. Ступінь такого впливу переважно залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати на більшість органів та систем організму людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в [24]. 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)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	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.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Під час виконання роботи із використанням ПК на працівника діє підвищений рівень електромагнітного поля. Випромінювання ПК можуть бути небезпечними для здоров'я. Низькочастотні поля при тривалому опроміненні сидять біля ПК людей можуть привести до порушень фізіологічних процесів.

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

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

Таблиця 4.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10 В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів	20 кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15 кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення параметрів захисту в умовах дії загрозливих чинників НС

4.3.1 Дія радіації на живі організми

Кінцевим результатом початкової дії іонізуючих випромінювань є порушення структури тканини і клітин. Після припинення процесу опромінення живого організму біохімічні зміни не припиняються тому, що утворені іони і радикали продовжують свою активну дію ще деякий період часу. Виникає період вторинної дії променів [25].

Особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань такі:

- біологічний ефект залежить від поглинутої дози випромінювання. Ця залежність прямо пропорційна – із зростанням дози посилюється ефект;
- ефект опромінення пов'язаний із розподілом дози за часом, тобто із місткістю поглинання енергії. Ступінь променевого ураження залежить від розділу сумарної дози на окремі фракції. Якщо число фракцій зростає;

- ураження живого організму зменшується тому, що в ньому між окремими порціями ураження розпочинається відновлення деяких функцій [26].

4.3.2 Визначення часу початку дезактивації місцевості, зараженої внаслідок аварії на АЕС

Вихідні дані: Рівень радіації, виміряний через $t = 0,7$ годин після зараження, складає $P_t = 2,3$ р/год. Для виконання робіт потрібно $t_p = 7,7$ год, допустима доза опромінення $D_{дон} = 8$ р.

Визначимо рівень радіації через 1 год після аварії за формулою

$$P_1 = P_t t^{0,5} \quad [\text{р/год}], \quad (4.1)$$

де P_t – рівень радіації, виміряний через t год після аварії, р/год.

Знаходимо час початку дезактивації місцевості за допомогою такої формули

$$D_M = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}} \quad [\text{р}], \quad (4.2)$$

де t_n, t_k – час початку та кінця опромінення, год;

$K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення радіації ($K_{осл} = 1$ для відкритої місцевості).

Час кінця опромінення визначимо за формулою:

$$t_k = t_p + t_n \quad [\text{год}]. \quad (4.3)$$

Прирівнявши можливу дозу опромінення до допустимої отримаємо:

$$\sqrt{t_p + t_n} - \sqrt{t_n} = \frac{D_{дон} K_{осл}}{2P_1} = a \quad [\text{год}]. \quad (4.4)$$

Піднесемо до квадрату обидві частини рівняння (4.4)

$$t_p + t_n - 2\sqrt{t_n}\sqrt{t_p + t_n} + t_n = a^2, \quad (4.5)$$

або

$$2\sqrt{t_n}\sqrt{t_p + t_n} = t_p + 2t_n - a^2. \quad (4.6)$$

Знову піднесемо до квадрату обидві частини рівняння (4.6)

$$4t_n t_p + 4t_n^2 = (t_p - a^2)^2 + 4t_n(t_p - a^2) + 4t_n^2, \quad (4.7)$$

звідки

$$t_n = \frac{(t_p - a^2)^2}{4a^2} \text{ [год]}. \quad (4.8)$$

Після підстановки відомих значень у формули (4.1, 4.4, 4.8), отримаємо:

$$P_1 = 2,3 \cdot 0,7^{0,5} = 1,92 \text{ (р/год)};$$

$$a = \frac{8 \cdot 1}{2 \cdot 1,92} = 2,08 \text{ (год)};$$

$$t_n = \frac{(7,7 - 2,08^2)^2}{4 \cdot 2,08^2} = 0,65 \text{ (год)}.$$

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 [27].

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 14.36" з урахуванням результатів імітаційного моделювання, тому $k_{нов} = 25$. Розроблено алгоритм для аналізу якості виготовлення заготовки деталі "Корпус 14.36" 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 14.36", 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 [27], 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	3	2
2	3	3	2
3	2	3	2
4	3	2	3
5	3	3	4
6	2	2	3
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 =32	СБ ₂ =33	СБ ₃ =32

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{32 + 33 + 32}{3} = 32,33. \quad (5.1)$$

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Так як деталь "Корпус 14.36" 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 150 сільськогосподарських підприємств, які можуть використовувати корпус для ремонту навантажувачів сільськогосподарської продукції.

Оскільки загальний ресурс роботи навантажувача, до складу якого входить деталь "Корпус 14.36", 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 ВАТ Промтехпостач м. Кривий Ріг. В таблиці 5.5 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.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, Корпус (навантажувач НР-А3Е)	Корпус у складі навантажувача Ш1-ПША	Відношення параметрів нового виробу і 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

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.

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 5.6, для цього скористаємося формулами:

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

або

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

де P_{Hi} , P_{Bi} - 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	27,63	24,81	1,11	0,5
Економічні показники				
Собівартість продукції	1480	1260	1,175	0,7
Капітальні вкладення	140000	150000	0,933	0,3

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

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

$$q_3=27,63/24,81=1,11.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{ЯВ} = 1,5 \cdot 0,25 + 1,5 \cdot 0,25 + 1,11 \cdot 0,5 = 1,305.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 30,5%.

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:

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

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

$$I_{\text{еп}} = (1260 \cdot 0,7 + 150000 \cdot 0,3) / (1480 \cdot 0,7 + 140000 \cdot 0,3) = 45882 / 43036 = 1,066;$$

$$K = 1,305 / 1,066 = 1,224 > 1.$$

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 [28]:

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

де: М – 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:

$$Z_o = \frac{20000}{22} \cdot 14 = 12727,27 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати розрахунків основної заробітної плати [28]

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	20000	909,09	14	12727,28
2.	Інженер-технолог	15000	681,81	12	8181,81
4.	Інженер-конструктор	14000	636,36	8	5090,91
Всього					260000

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. [28];

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 5.8 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3	0,119	4	78,23	9,31
Фрезерний з ЧПК SPINNER U5-620	0,614	4	78,23	48,03
Всього				57,34

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

$$Z_d = (26000 + 57,34) \cdot 12\% = 3126,88 \text{ (грн.)}.$$

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

$$(26000 + 57,34 + 3126,88) \cdot 0,22 = 6420,53 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, яке використовується під час виготовлення деталі "Корпус 14.36".

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, 1 050 000 грн;

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

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

Відповідно:

$$A_{\Sigma} = \frac{1050000}{12} \cdot \frac{7}{12} = 51042 \text{ (грн.)},$$

$$A = \frac{51042}{3500} = 14,58 \text{ (грн./шт.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot Ц_B \text{ [Грн.]}, \quad (5.9)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 8,897 кг,

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 39 грн./кг.,

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

V_i – маса відходів i -го найменування, 1,757 кг,

C_v – ціна відходів i -го найменування, 10 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.9 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сірий чавун СЧ 18	39	8,897	1,757	10	364,11
					364,11

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу СЧ 18 і відповідно отримаємо:

$$M = 8,897 \cdot 39 \cdot 1,1 - 1,757 \cdot 10 = 364,11 \text{ (грн.)}$$

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 2023 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{опт} = 4,107$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{розп} = 1,769$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів АТ "Вінницяобленерго" та $C_{перед} = 0,485$ грн./кВт - тариф на послуги з передачі електричної енергії НЕК "УКРЕНЕРГО".

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:

$$Ц_{e1} = 6,36 \cdot 8 \cdot 0,119 \cdot 0,9 = 5,45 \text{ (грн.)},$$

$$Ц_{e2} = 6,36 \cdot 8 \cdot 0,614 \cdot 0,9 = 28,12 \text{ (грн.)},$$

Звідси:

$$Ц_e = Ц_{e1} + Ц_{e2} = 5,45 + 28,12 = 33,57 \text{ (грн.)}.$$

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

$$I_B = (1 \dots 3) (3_o + 3_p), \quad (5.11)$$

$$I_B = 2 \cdot (26000 + 57,34) = 52114,68 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = (26000 + 57,34 + 3126,88 + 6420,53 + 14,58 + 364,1 + \\ + 33,57 + 52114,68 = 88131,68 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{\text{зар}} = 88131,68 / 0,95 = 92770,19 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

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

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:

$$ЗВ = 92770,19 / 0,9 = 103077,98 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 103,078 тис. грн.

5.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект від модернізації дільниці механічної обробки деталі "Корпус 14.36" 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 14.36", складає щороку приблизно 3500 шт. Середня ціна подібних корпусів 1480 грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусу за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші корпуси для навантажувачів приблизно на 15% дешевше, тобто в середньому за 1260 грн. або на 220 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 2024 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік впровадження (2025 р.) – приблизно 2500 шт.;

2-й рік впровадження (2026 р.) – приблизно 3000 шт.;

3-й рік впровадження (2027 р.) – приблизно 3500 шт.;

4-й рік впровадження (2028 р.) – приблизно 3000 шт.

У 2029 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 $\Delta C_0 = 220$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N_1 = 2500$ 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.; $C_0 = 1260$ грн;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2024 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 2024 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора ΔP_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2025 р.) складе:

$$\Delta P_1 = (2500 \cdot 220) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 93954 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_2 = (3000 \cdot 220) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 112745 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_3 = (3500 \cdot 220) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 131489 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_4 = (3000 \cdot 220) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 112745 \text{ (грн.)}$$

5.10 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:

$$ПП = \frac{93954}{(1+0.1)^1} + \frac{112745}{(1+0.1)^2} + \frac{131489}{(1+0.1)^3} + \frac{112745}{(1+0.1)^4} = 354386,4 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 354386,4 - 103077,98 = 251308,42 \text{ (грн.)}$$

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:

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

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 251308,42$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 103077,98$ грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 251308,42 / 103077,98} - 1 = 0,28 = 28\%$$

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 2023 році в Україні $d = (0,10...0,18)$;

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

$$\tau_{\text{мін}} = 0,14 + 0,1 = 0,24 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 24\%.$$

Оскільки величина $E_B = 28\% > \tau_{\text{мін}} = 24\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B,$$
$$T_{\text{ок}} = 1/0,28 = 3,57.$$

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.

ВИСНОВКИ

В запропонованій роботі було проведено аналіз причини появи дефектів в литих заготовках типу Корпус. Визначено конструкторські та технологічні заходи, які зменшують вірогідність появи таких дефектів. Проведено імітаційне моделювання процесу лиття заготовки деталі "Корпус 14.36" виявлені місця можливої появи дефектів.

В роботі для деталі "Корпус 14.36" проведено кількісний та якісний аналіз конструкції деталі, визначено тип виробництва – дрібносерійне та організацію роботи – групова. У якості способу виготовлення заготовки вибрано лиття в піщано-глинисті форми (машинна формовка). Проведено розмірний аналіз розробленого технологічного процесу механічної обробки. Для розміру $\varnothing 25H8$ 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 005 Комбінована з ЧПК спроектовано верстатне пристосування. На даній операції виконується фрезерування площини, розточування поверхонь та свердління отворів.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було проаналізовано умови праці на робочому місці та розраховано режими роботи виробничого персоналу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження. Розраховано кошторис капітальних витрат на впровадження розробленого маршруту механічної обробки. Термін окупності розробленого проекту складає 3,15 роки

В результаті виконання даної роботи проведено повний розрахунок, який необхідний для виготовлення деталі "Корпус 14.36".

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванова Л.Х., Шапран Л.О., Хитько А.Ю. Точності деталей та виливків. Припуски на механічне оброблення виливків: Навч. посібник. – Д.: НМетАУ, 2010. – 92 с.
2. Die Casting Defects and How to Avoid Them / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dolincasting.com/13-die-casting-defects-and-how-to-avoid-them.html>
3. 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
4. 11 Injection Molding Defects and How to Prevent Them / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.intouch-quality.com/blog/injection-molding-defects-and-how-to-prevent>
5. Щербаков А. О. Аналіз причин появи дефектів в литих заготовках Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”, Вінниця.
6. Мельничук П.П. Технологія машинобудування / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков // – Житомир: ЖДТУ, 2005 – 882 с.
7. Дусанюк Ж. П. Технологічні процеси виготовлення деталей машин. Навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 196 с.
8. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
9. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.
10. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / Руденко П. О. –К. : Вища школа, 1993. – 414 с.

11. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С.Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
12. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг.ред. М.П. Мазура - Львів: Новий світ - 2000, 2010. - 422 с.
13. Дубровська Г.М. Системи сучасних технологій : навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Г. М. Дубровська, А. П. Ткаченко. - 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - 352 с.
14. Петров О.В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О.В. Петров, С.І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
15. Кобилянський О.В. Основи охорони праці (в двох частинах). Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, Ч. 2. – 2007. – 171 с.
16. ДСТУ-НБА3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>
17. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028
- 18 НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
19. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с
20. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

21. 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>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

24. 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>

25. 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.

26. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.

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

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

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 14.36»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 89,7 Схожість 10,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. 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.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____ Щербаков А.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Козлов Л.Г.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

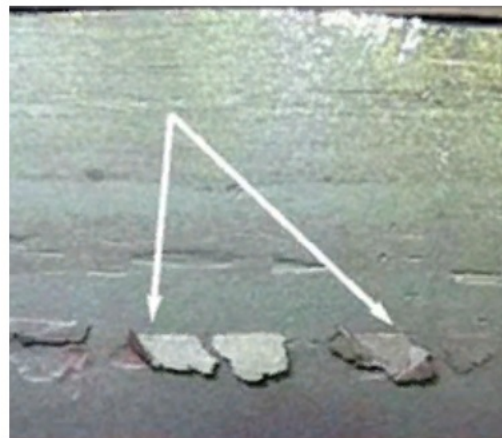
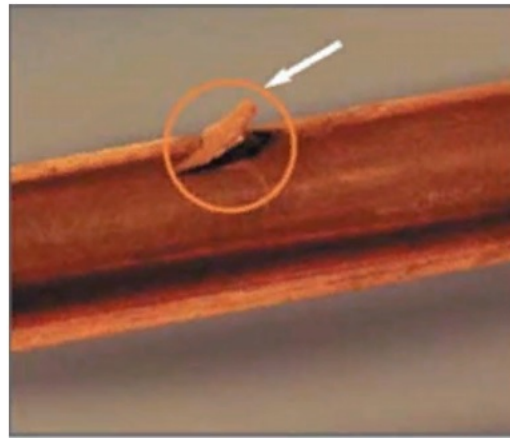
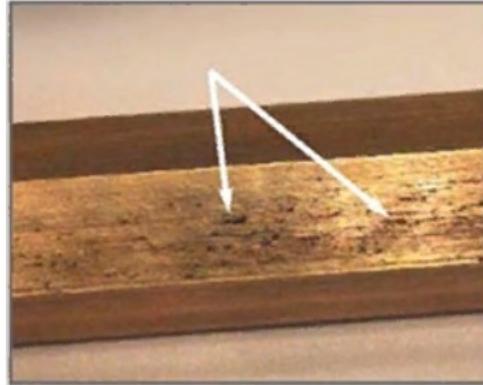
**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 14.36»**

Основні види дефектів виливків з чавуну

Недоливи

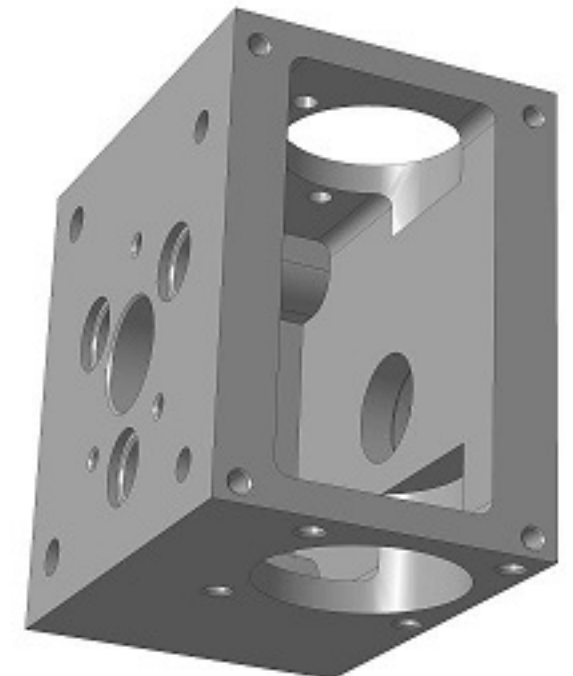
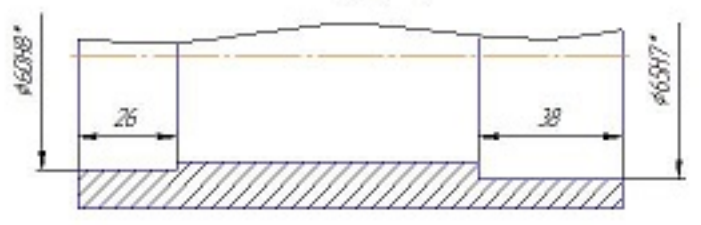
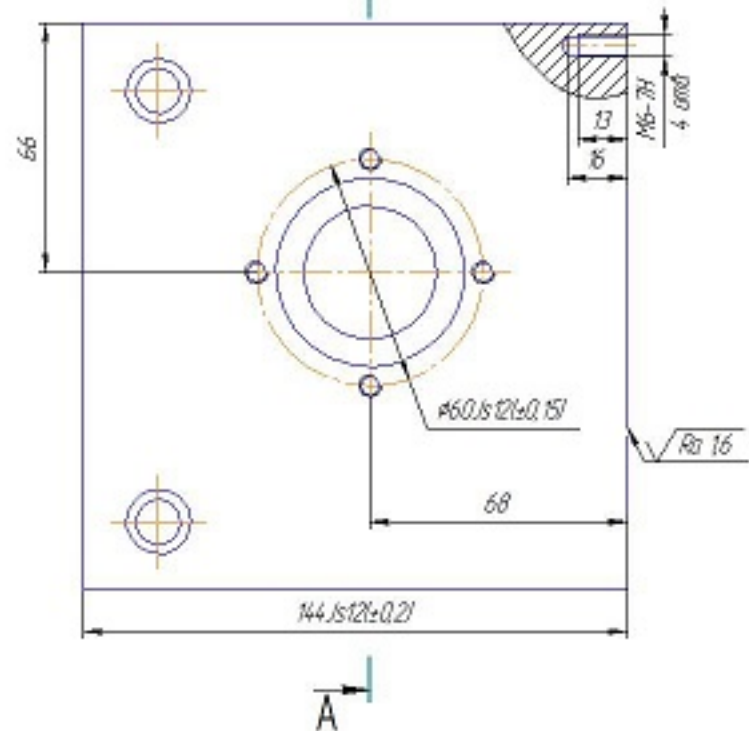
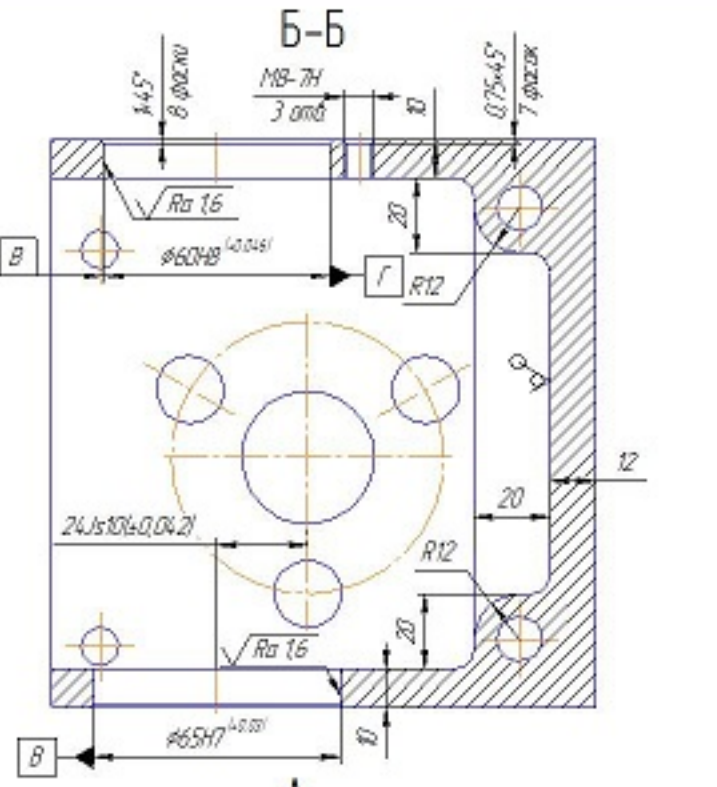
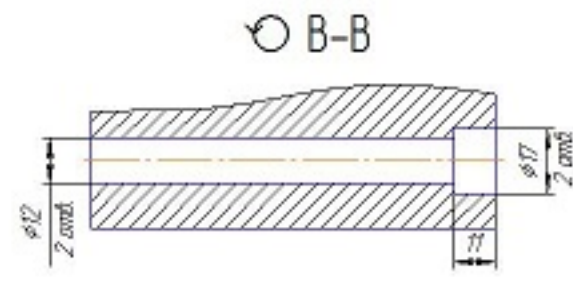
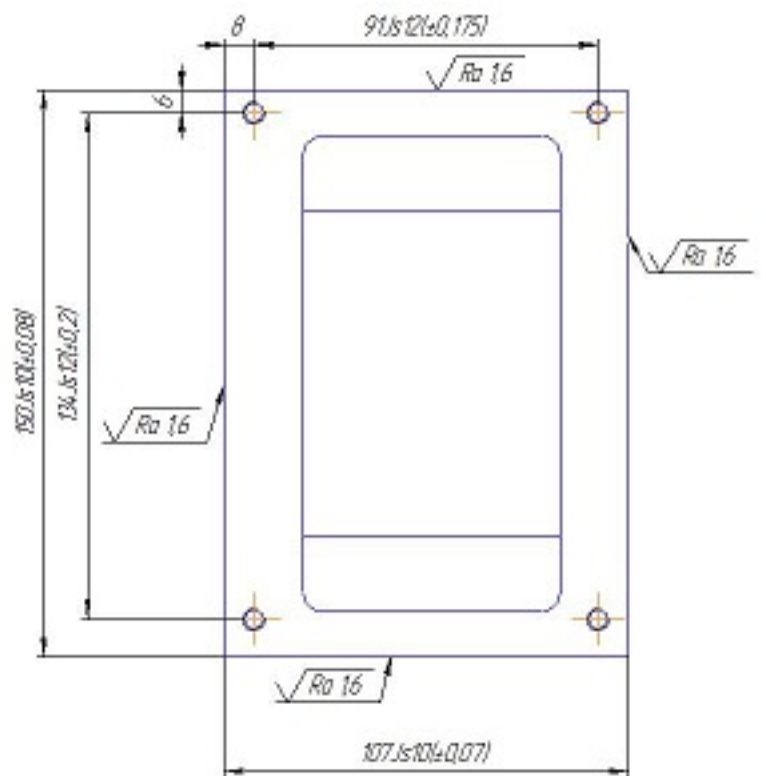
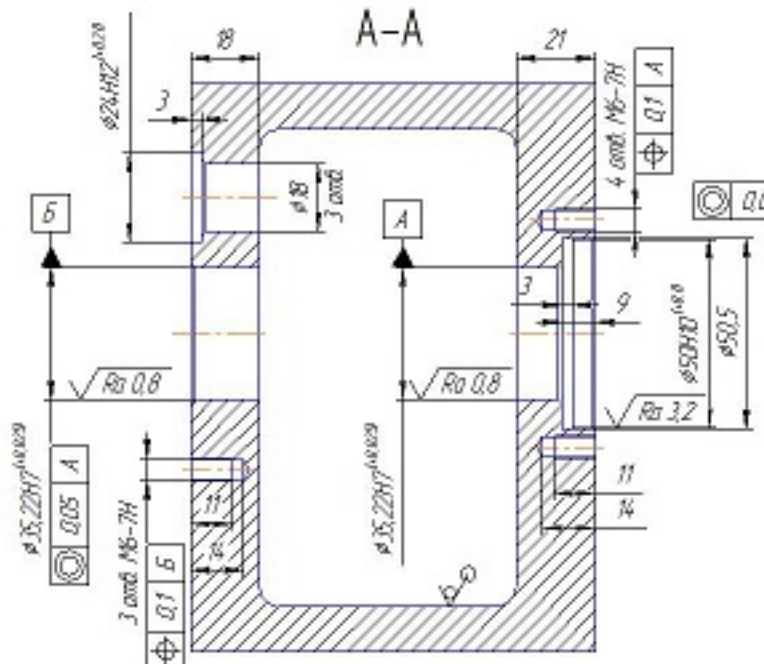
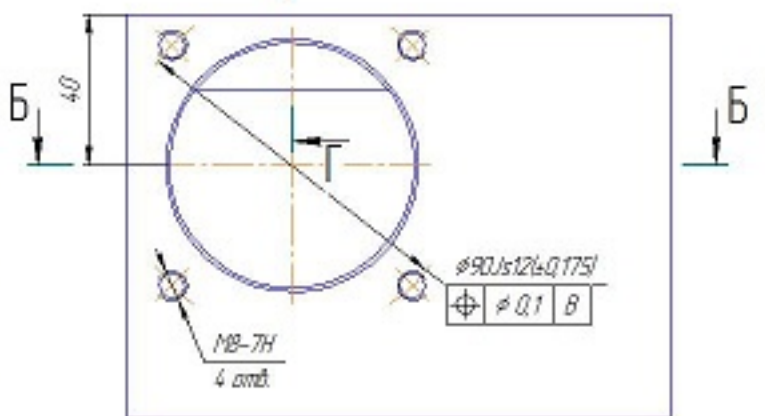
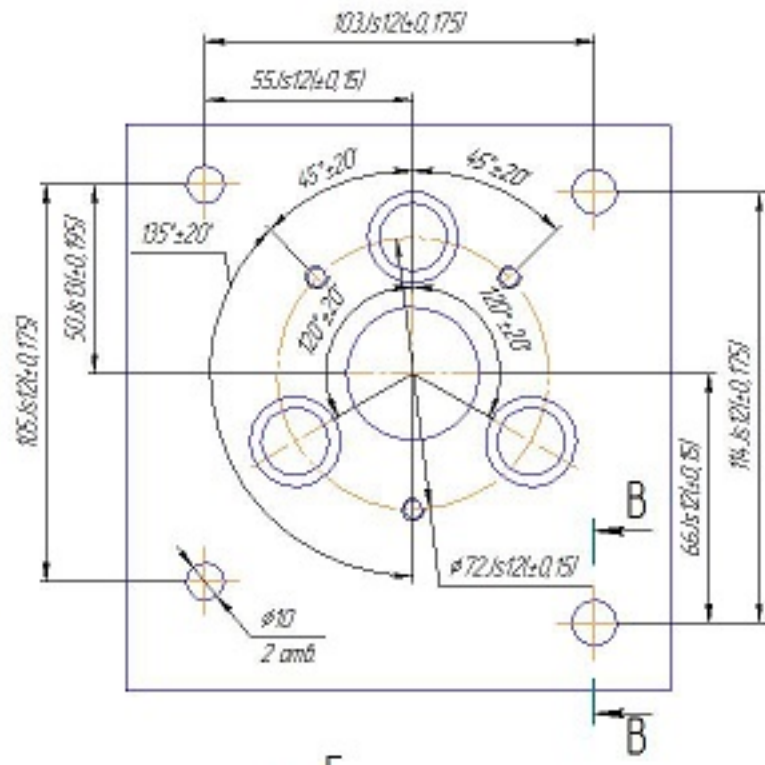
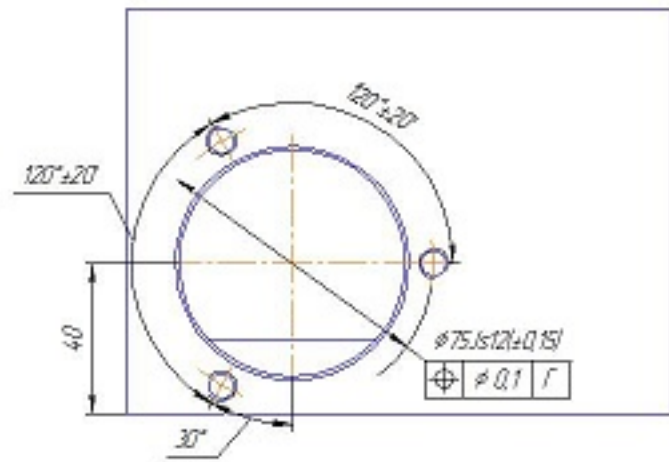


Засмічення поверхні



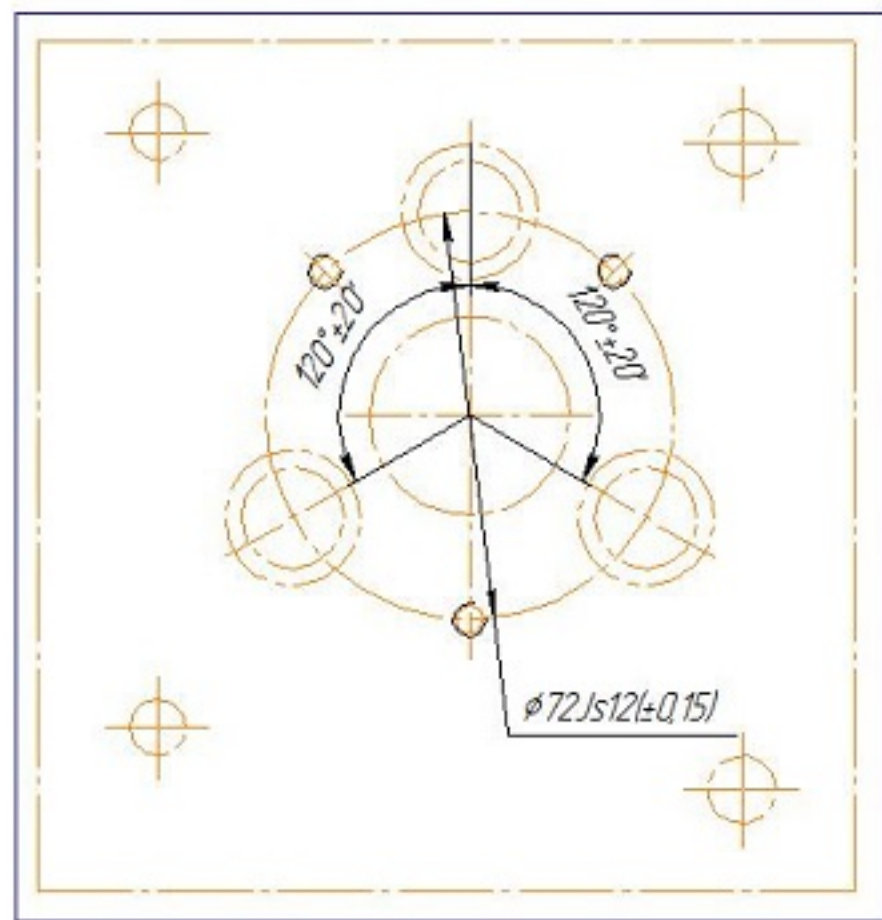
Газові раковини



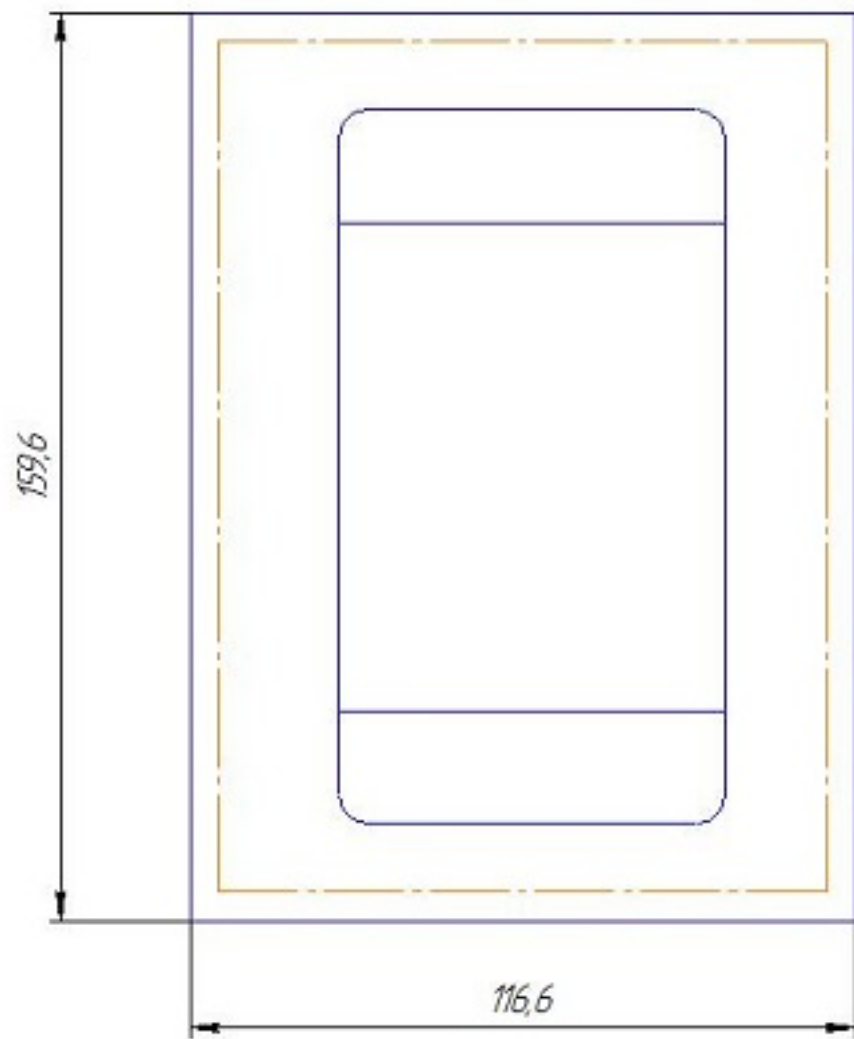


1. Внутрішню поверхню після ретельної очистки фарбувати світлою маслянистою фарбою
2. Гострі краї притупити
3. Невказані лінійні радіуси R1.5мм
4. Невказані граничні відхилення Н14, н14, ± 17/4
5. * Розмір для вибірок

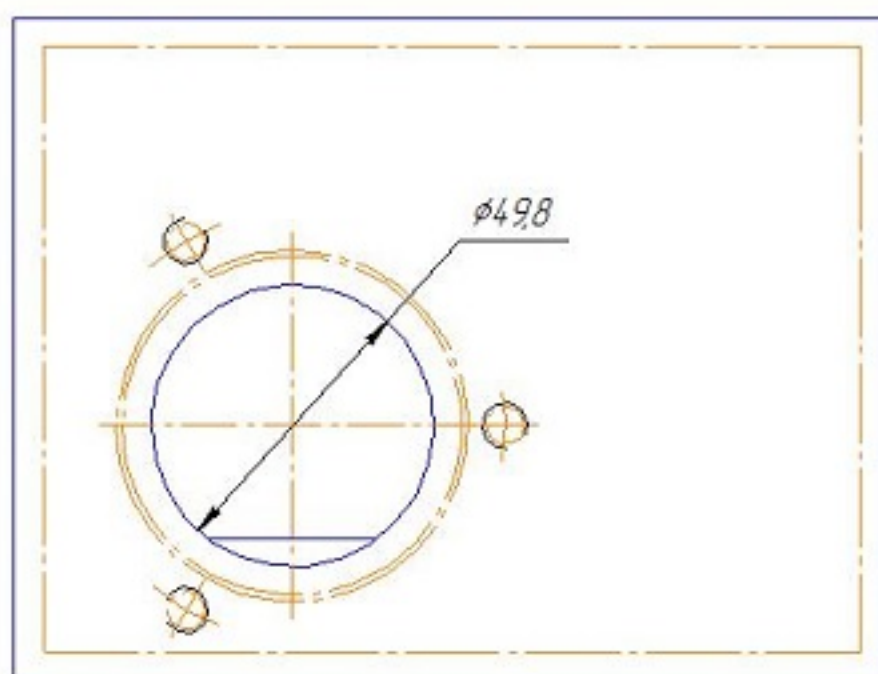
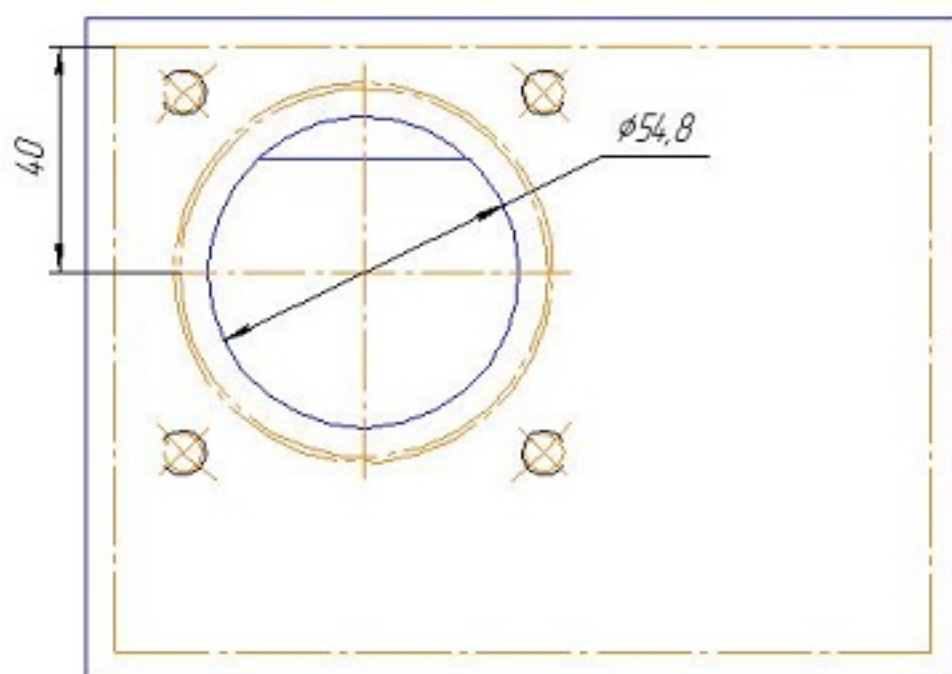
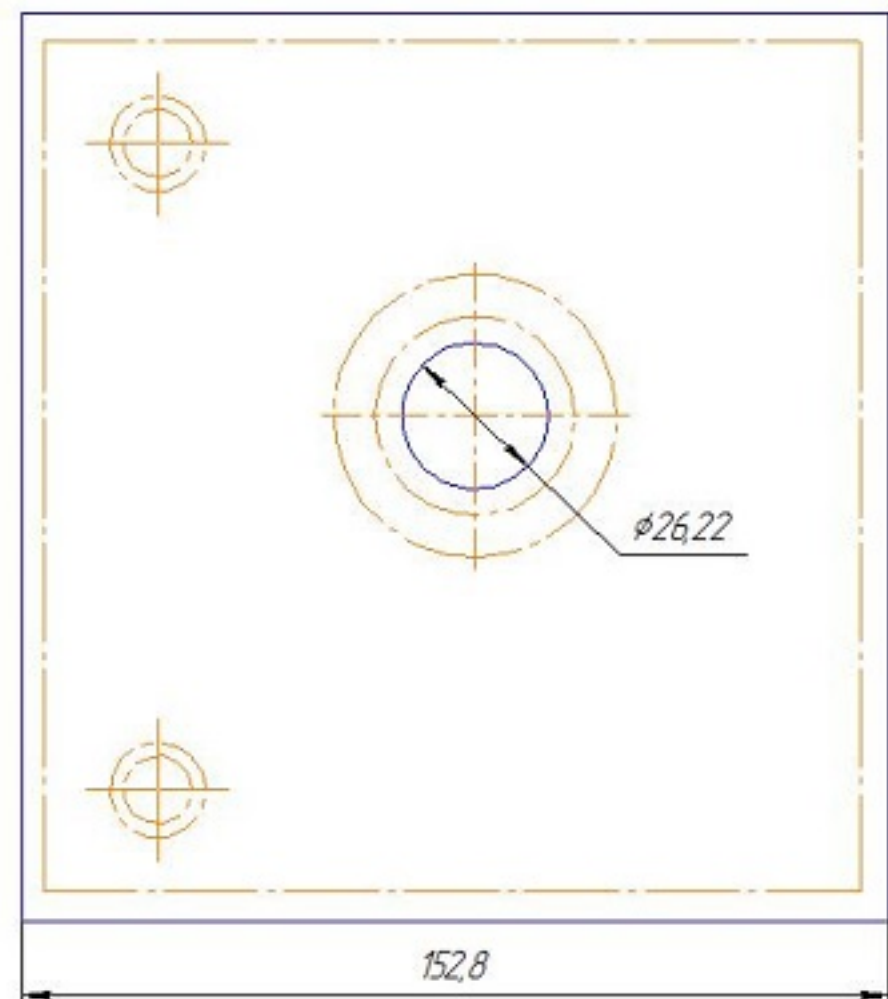
08-64.МКР.025.00.001					Лист 7.4			Всього 11		
Корпус 14.36					Лист 7.4			Всього 11		
С418 ГОСТ 14.12-85					Лист 7.4			Всього 11		
					Лист 7.4			Всього 11		



A



A



1. Точність вилівка 11т-8-14-9 ГОСТ 7505-89
2. Невказані на кресленні радіуси заокруглень 3.5 мм.
3. Невказані на кресленні формувальні нахили 2 - 4.
4. H14; h14; $\pm T 14/2$.

				08-64.МКР.025.00.002		
				Корпус 14.36		
				Вилівка		
				СЧ18 ГОСТ 1412-85		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Сергей А.О.				9,586	1:1
Упроб.	Козлов ЛГ.				Лист	Листов
Исполн.	Сергей О.В.				ВНТУ	
Упроб.	Козлов ЛГ.				ст. гр. 1ПМ-22м	
				Копирован		Формат А2

Копия №

Лист №

Изм. №

Копия №

Лист №

Изм. №

Маршрут механічної обробки

08-64.МКР.025.00.200 ПЛ

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	<p style="text-align: center;"><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $114,3_{-0,16}^{+0,16}$ 3. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $112,1_{-0,13}^{+0,13}$ 4. Розточити отв. 2 попередньо в розмір $\phi 34,06_{-0,39}^{+0,39}$ 5. Розточити отв. 2 попередньо в розмір $\phi 34,82_{-0,1}^{+0,1}$ 6. Розточити отв. 2 попередньо в розмір $\phi 35,086_{-0,039}^{+0,039}$ та фаску 5 однакратно. 7. Розсвердлити 3 отв. 4. 8. Цекувати 3 отв. 3 однакратно. 9. Центрувати 3 отв. 6, 2 отв. 7 та 2 отв. 8. 10. Свердлити 3 отв. 6 в розмір. 11. Свердлити 2 отв. 7 в розмір. 12. Свердлити 2 отв. 8 в розмір. 13. Нарізати різь в 3 отв. 6. 14. Фрезерувати пов. 1 остаточно. 15. Розточити отв. 2 остаточно. 16. Зняти деталь. 	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓) 	Вертикальний багатопольовий верстат з ЧПК ЛТ260МФ3

010	<p style="text-align: center;"><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $109,6_{-0,6}^{+0,6}$ 3. Фрезерувати пов. 1 попередньо в розмір $107,9_{-0,2}^{+0,2}$ 4. Фрезерувати пов. 2 попередньо в розмір $147,6_{-0,9}^{+0,9}$ 5. Фрезерувати пов. 2 попередньо в розмір $145,1_{-0,45}^{+0,45}$ 6. Фрезерувати пов. 4 попередньо в розмір $155,72_{-0,5}^{+0,5}$ 7. Фрезерувати пов. 4 попередньо в розмір $154,36_{-0,26}^{+0,26}$ 8. Фрезерувати пов. 3 однакратно. 9. Фрезерувати пов. 5 попередньо в розмір $152,5_{-0,5}^{+0,5}$ 10. Фрезерувати пов. 5 попередньо в розмір $151,14_{-0,26}^{+0,26}$ 11. Розточити отв. 6 попередньо в розмір $\phi 34,06_{-0,39}^{+0,39}$ 12. Розточити отв. 6 в розмір $\phi 34,82_{-0,1}^{+0,1}$ та 8 попередньо. 13. Розточити отв. 6 попередньо в розмір $\phi 35,086_{-0,039}^{+0,039}$ та фаску 9 однакратно. 14. Розточити отв. 13 попередньо розмір $\phi 59,1_{-0,3}^{+0,3}$ 	$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓) 	Вертикальний багатопольовий верстат з ЧПК SPINNER U5-620
-----	--	------------------------------	---

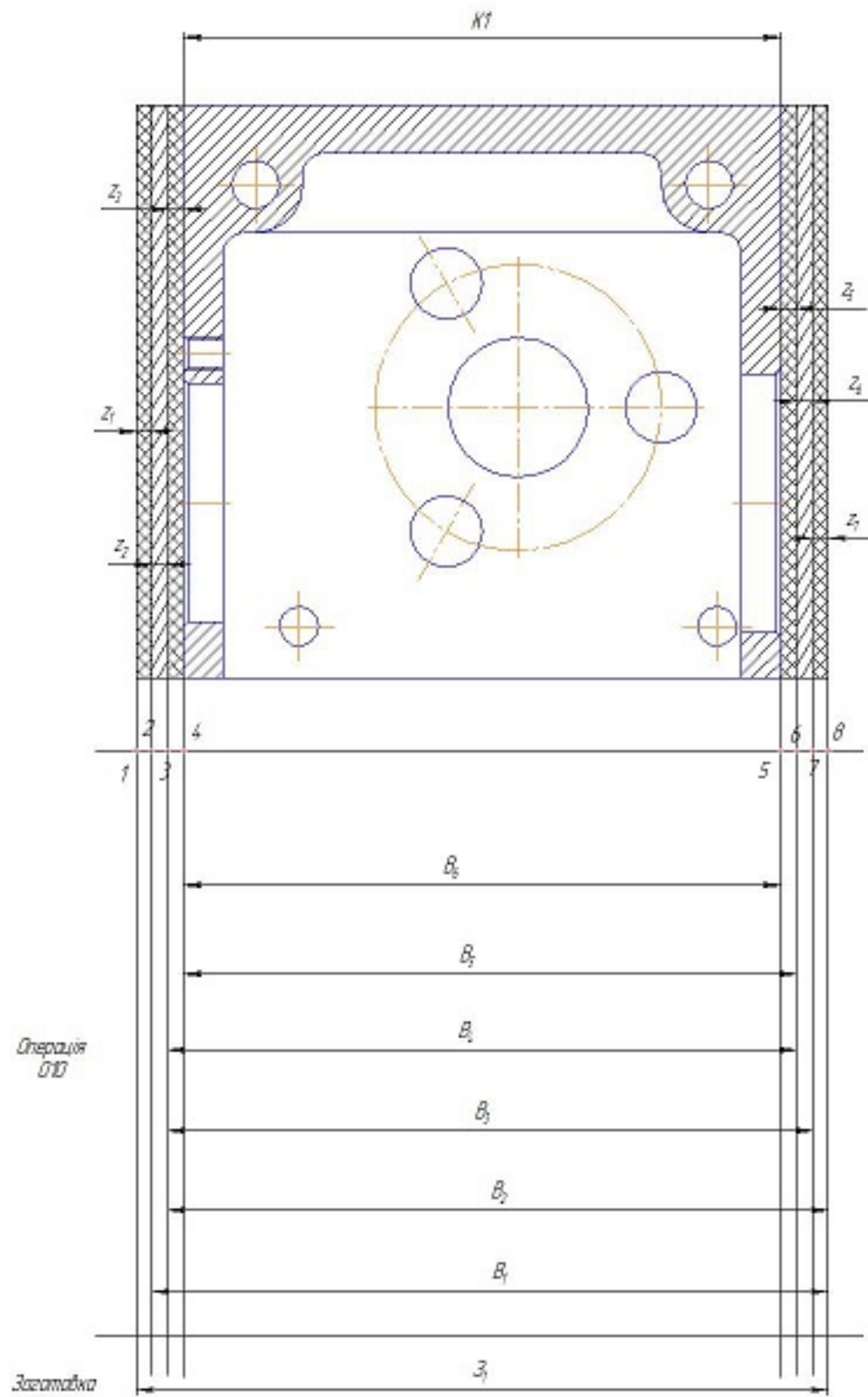
Маршрут механічної обробки (Лист 2)

08-64.МКР.025.00.200 ПП

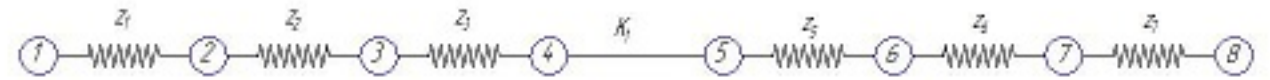
№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
010	<p>15. Розточити отв. 13 попередньо в розмір $\phi 59,73^{+0,12}$ та фаску 17 однократно.</p> <p>16. Розточити отв. 14 попередньо в розмір $\phi 63,12^{+0,46}$.</p> <p>17. Розточити отв. 14 попередньо в розмір $\phi 64,16^{+0,19}$ та фаску 17 однократно.</p> <p>18. Розточити канавку 7 однократно.</p> <p>19. Центрувати 4 отв. 10, 4 отв. 11, 3 отв. 15 та 4 отв. 16.</p> <p>20. Свердлити 4 отв. 10 та 4 отв. 11.</p> <p>21. Свердлити 3 отв. 15 та 4 отв. 16.</p> <p>22. Нарізати різь в 4 отв. 10 та 4 отв. 11.</p> <p>23. Нарізати різь в 3 отв. 15 та 4 отв. 16.</p> <p>24. Цекувати 2 заглиблення 12.</p> <p>25. Фрезерувати пов. 1 остаточно.</p> <p>26. Фрезерувати пов. 2 остаточно.</p> <p>27. Фрезерувати пов. 4 остаточно.</p> <p>28. Фрезерувати пов. 5 остаточно.</p> <p>29. Розточити отв. 6 та 8 остаточно.</p> <p>30. Розточити отв. 13 остаточно.</p> <p>31. Розточити отв. 14 остаточно.</p> <p>32. Зняти деталь</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}\ (\checkmark)$</p>	<p>Вертикальний лазерний верстат з ЧПК SPINNER U5-620</p>

08-64.МКР.025.00.200 ПП

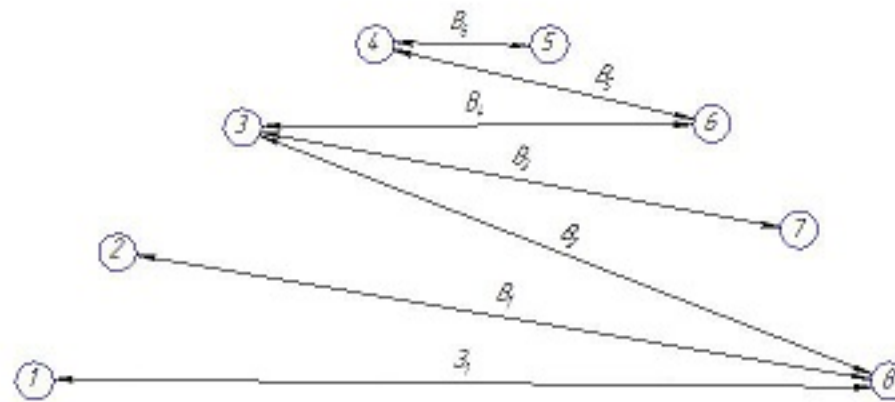
Розмірний аналіз технологічного процесу



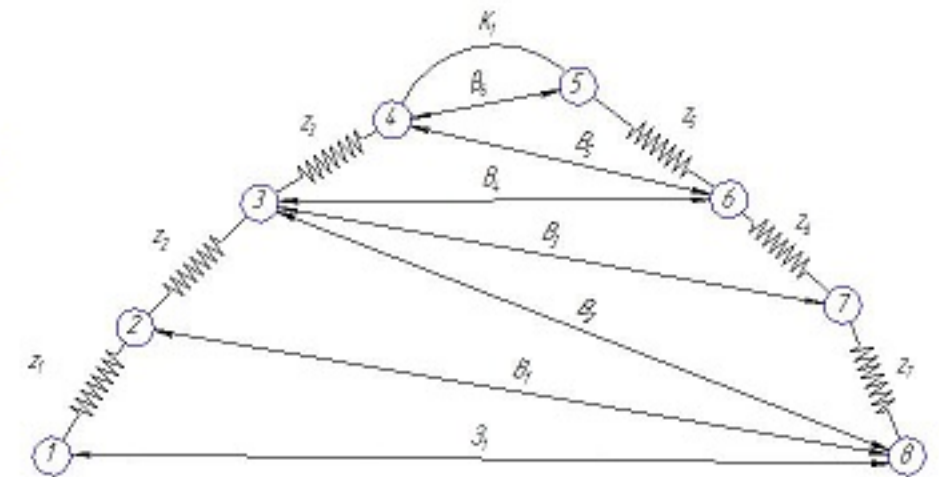
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщене граф-дерево



Технологічні розміри та розміри заготовки

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8
min	155,22	154,1	152	150,88	150,38	149,92	157,32	
max	156,22	154,62	153	1514	150,58	150,08	159,12	

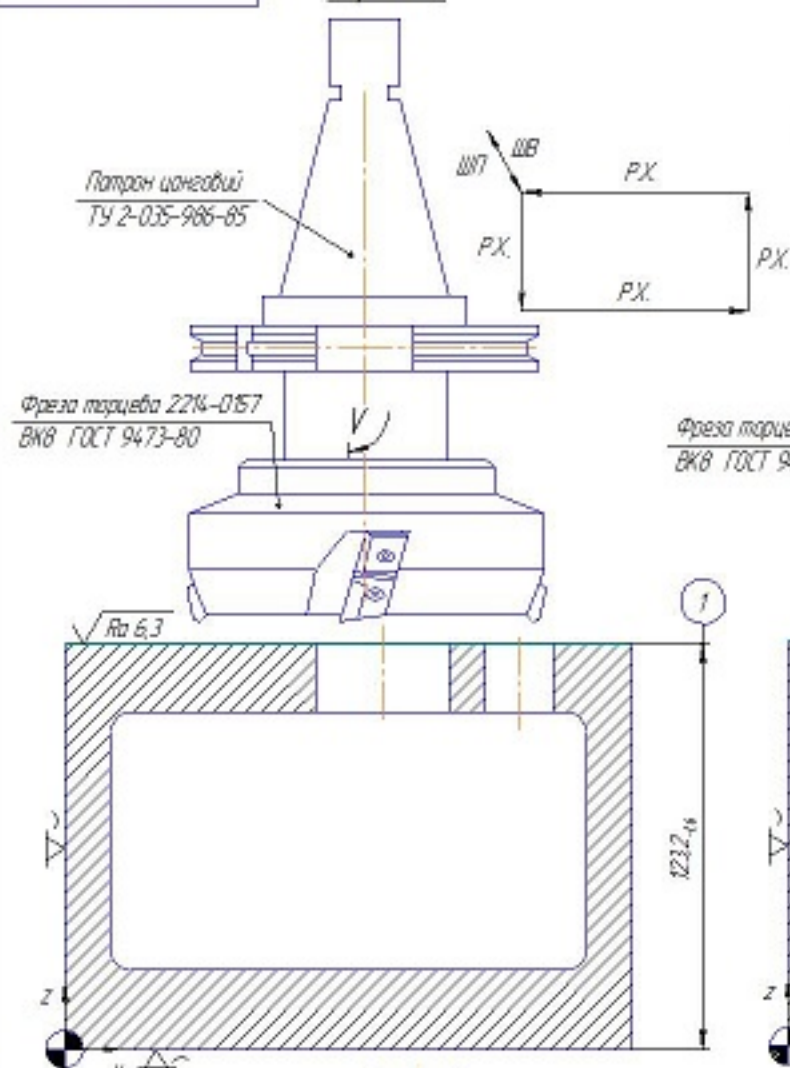
Граничні припуски

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_7
min	11	0,6	0,3	0,3	0,6	11
max	39	2,12	1,02	0,66	2,12	2,62

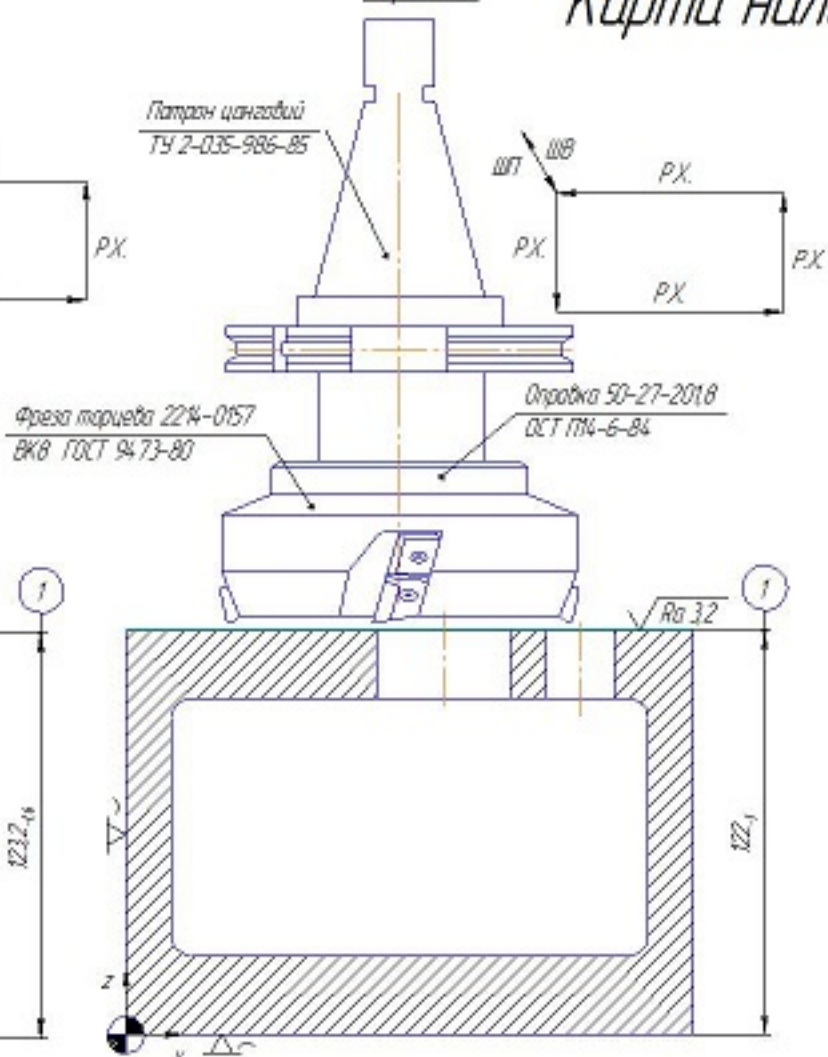
				08-64.МКР.025.00.300 П/Л		
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	Розмірний аналіз технологічного процесу		
Дата	Дата	Дата	Дата	Лист 1	Листів 1	
Місце	Місце	Місце	Місце	ВНТУ		
Місце	Місце	Місце	Місце	ст. ар. 1114-221		

Карта налагодження

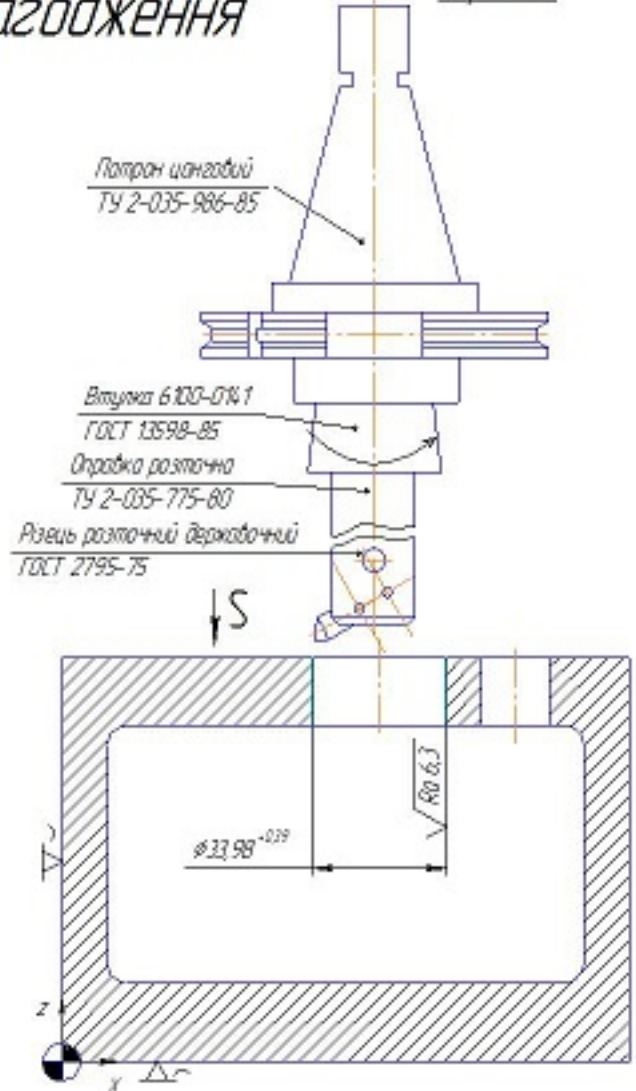
Перехід 2



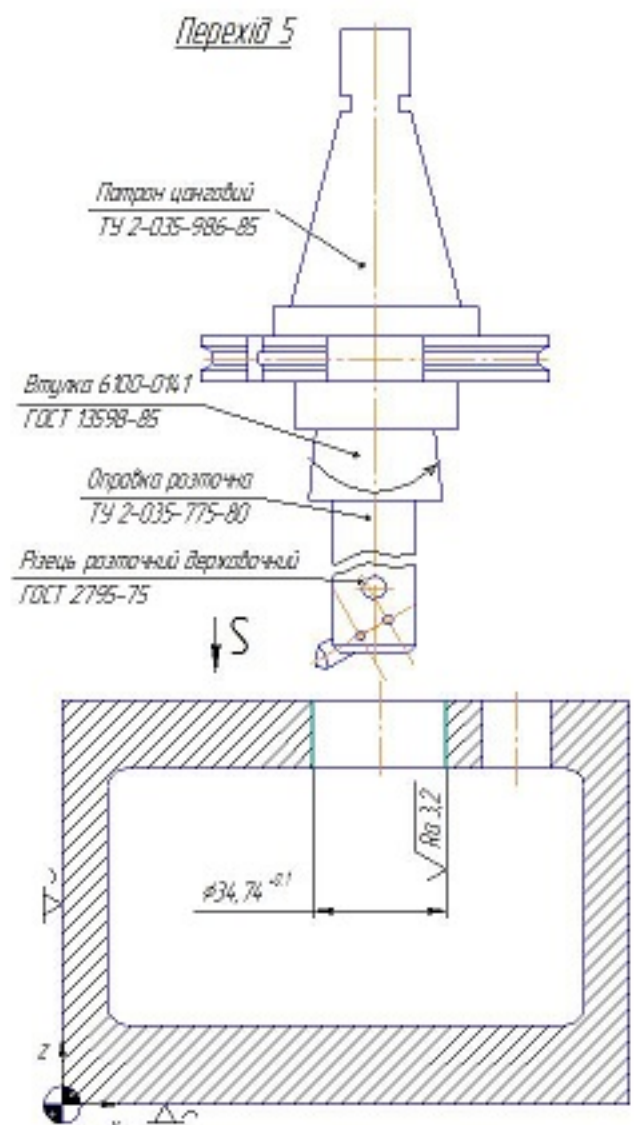
Перехід 3



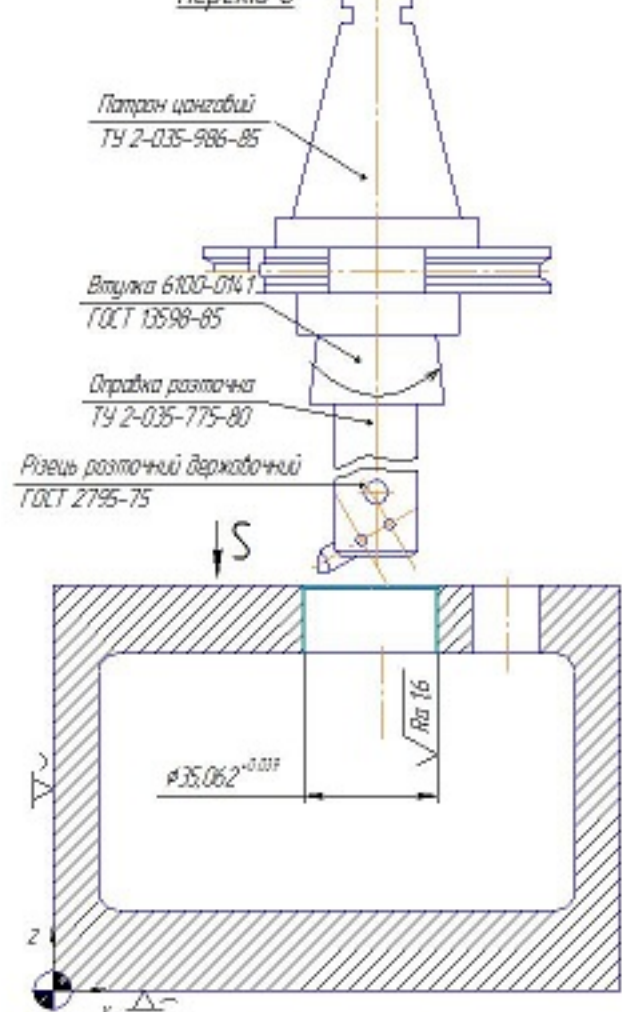
Перехід 4



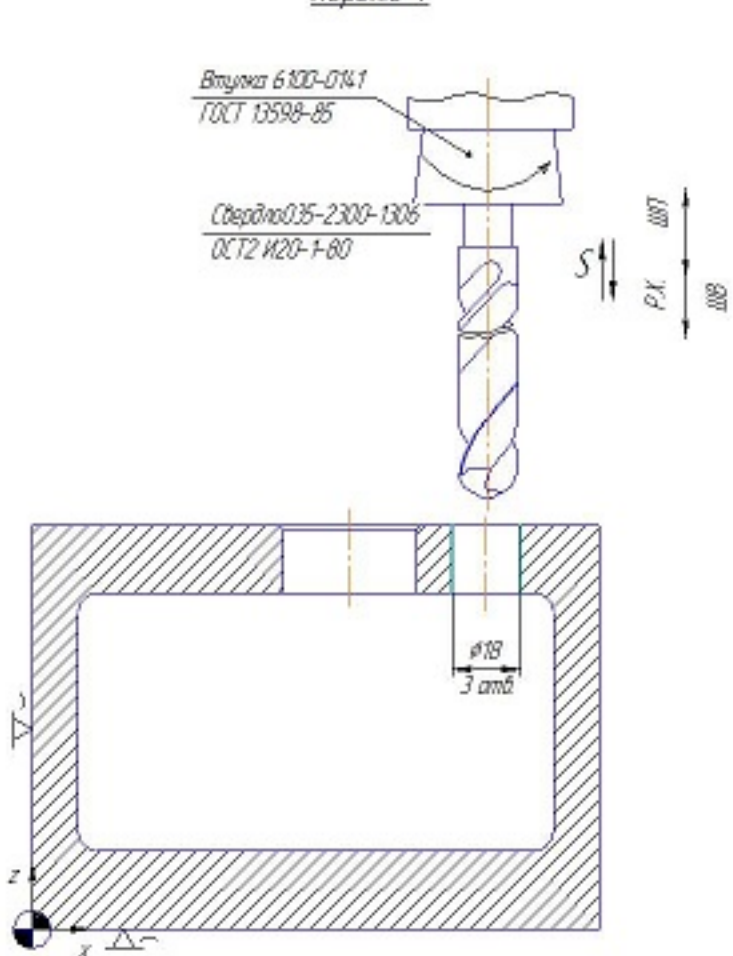
Перехід 5



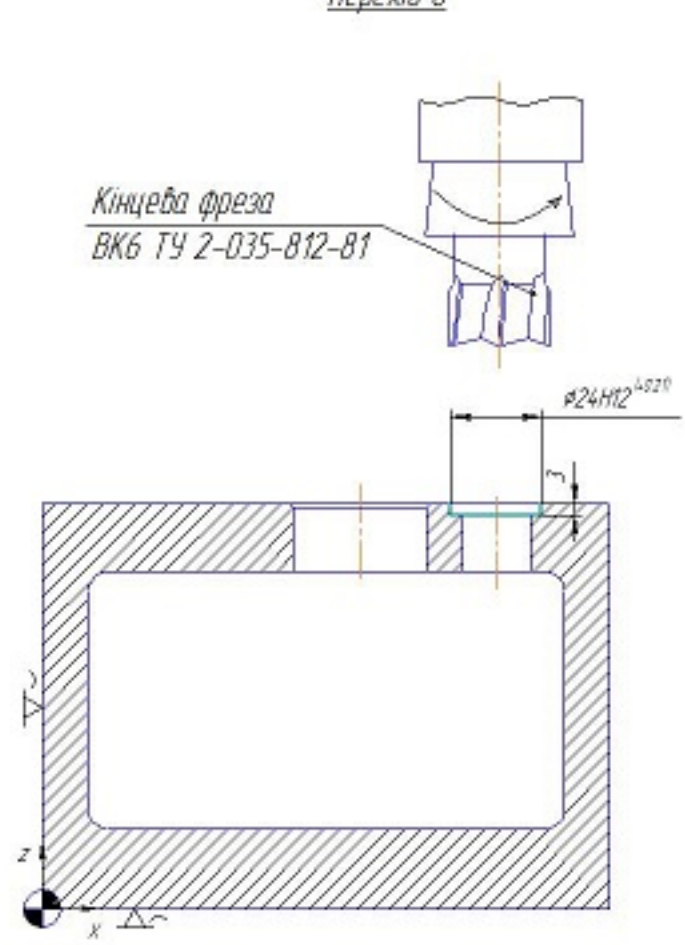
Перехід 6



Перехід 7



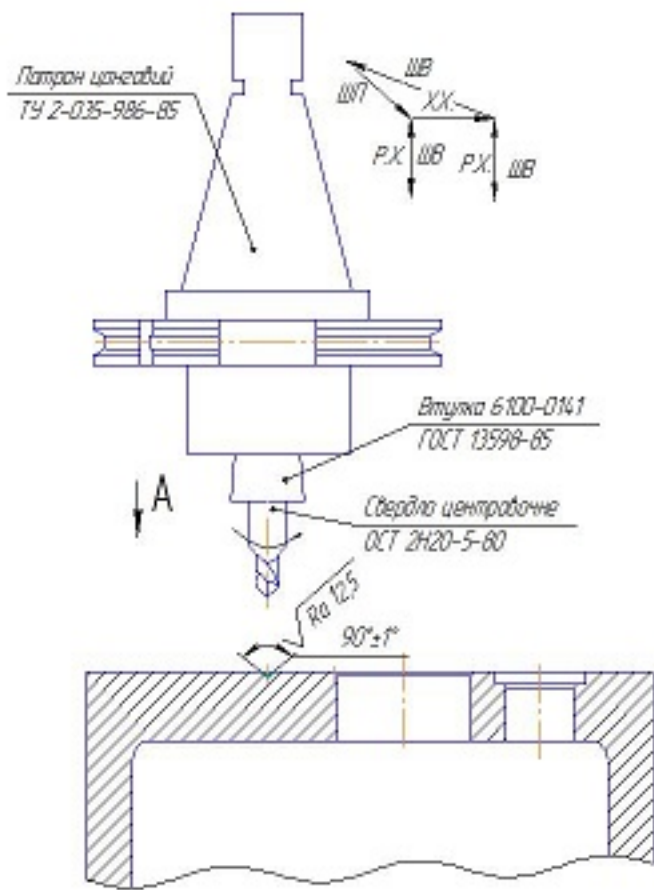
Перехід 8



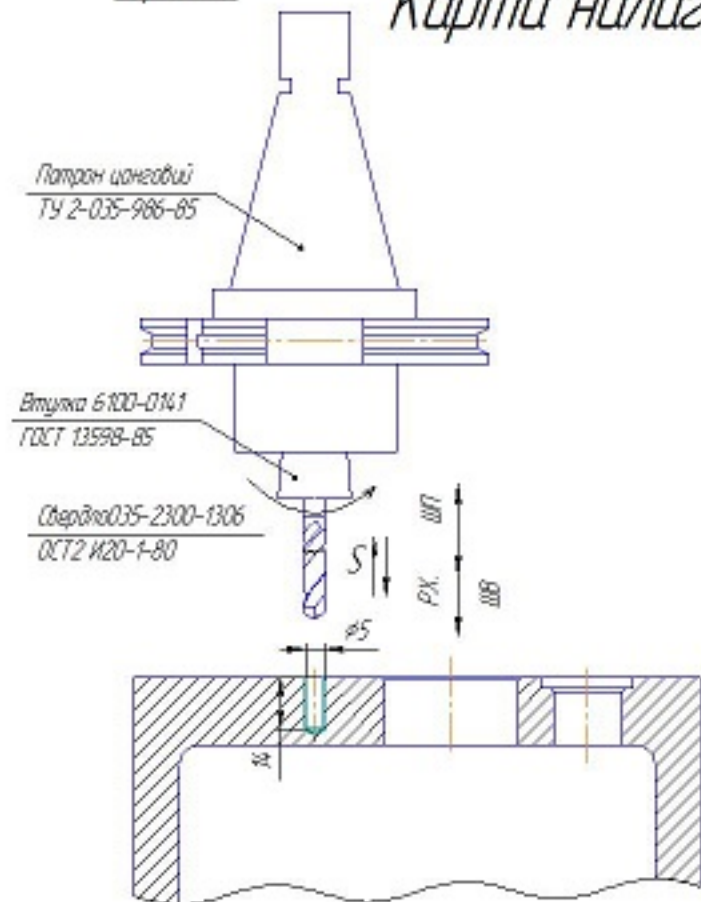
15	Розточити отвір 2 остаточно	28,2	15	900	0,09	
14	Фрезерувати под. 1 остаточно	39,2	18	250	0,65	
13	Нарізати різь в отв. 6	107,2	0,25	245	0,25	
12	Свердлити отв. 8	104,5	0,5	400	0,32	
11	Свердлити отв. 7	41,2	4,0	400	0,22	
10	Свердлити отв. 6	23,5	3,0	400	0,11	
9	Центрувати отв. 6, 7 та 8	28,2	15	300	0,09	
8	Центрувати отв. 3	39,2	18	250	0,65	
7	Розсвердлити отв. 4	107,2	0,25	630	0,25	
6	Розточити отвір 2 попередньо	104,5	0,5	2460	0,32	
5	Розточити отвір 2 попередньо	41,2	4,0	1250	0,22	
4	Розточити отвір 2 попередньо	23,5	3,0	1250	0,11	
3	Фрезерувати под. 1 попередньо	28,2	15	300	0,09	
2	Фрезерувати под. 1 попередньо	39,2	18	250	0,65	
Матеріал	Калібрована з ЧПК	ЛТ260МФ3	V	t	л	Е
Називання операції	Обладнання		м/х	т	об/хв	мм/хв
08-64.МКР.025.00.003						
Карта налагодження						
Лист 11						
ВНТУ						
ст. ар. 1314-22н						

Карта налагодження

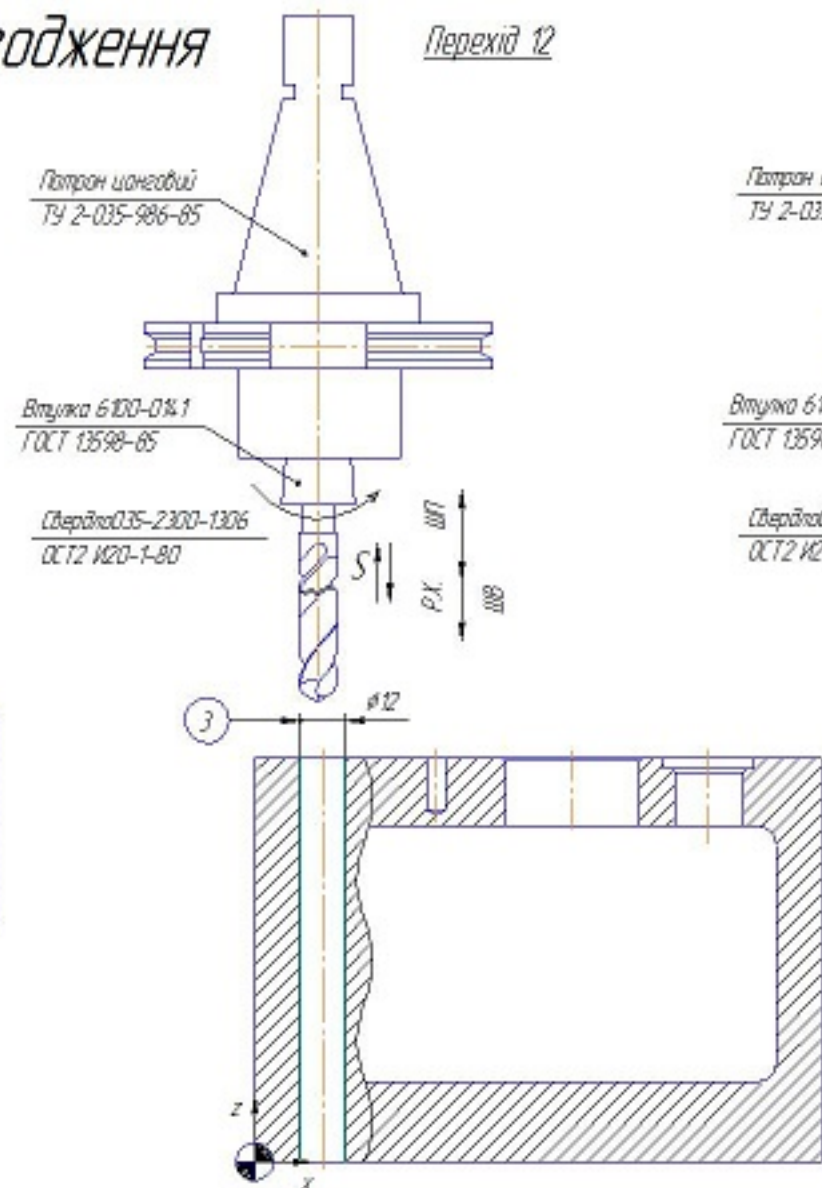
Перехід 9



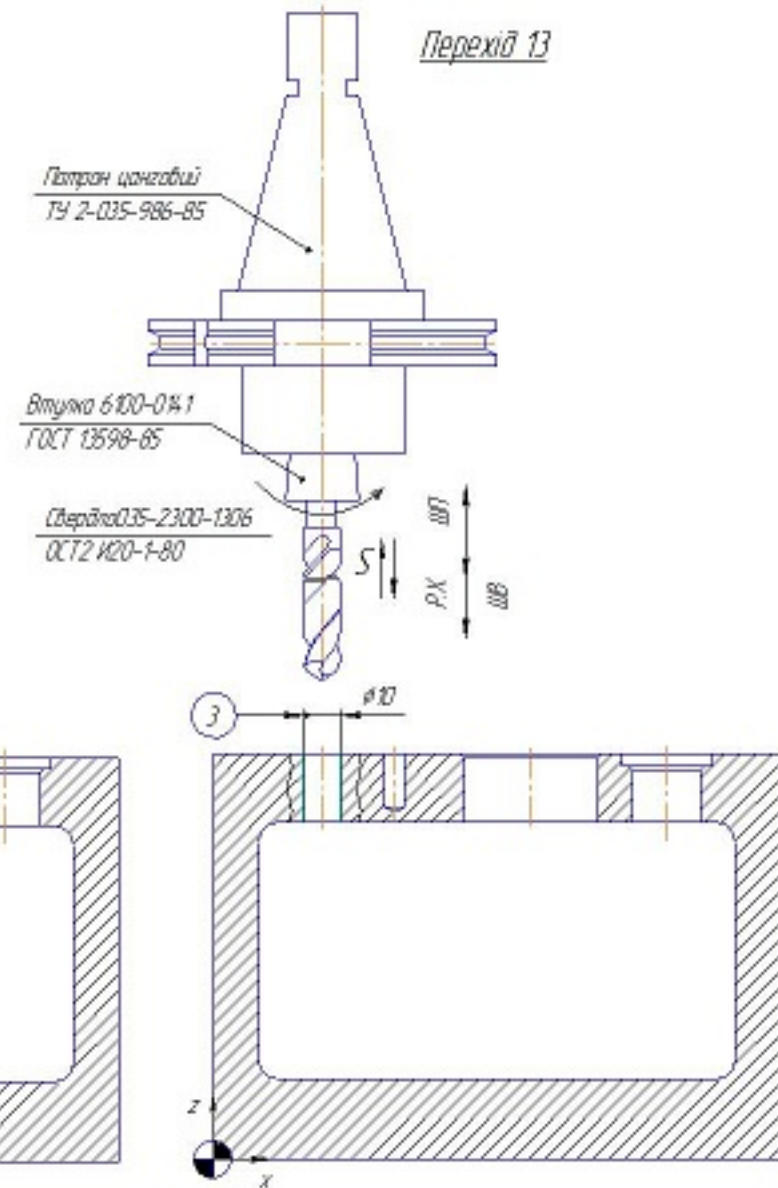
Перехід 11



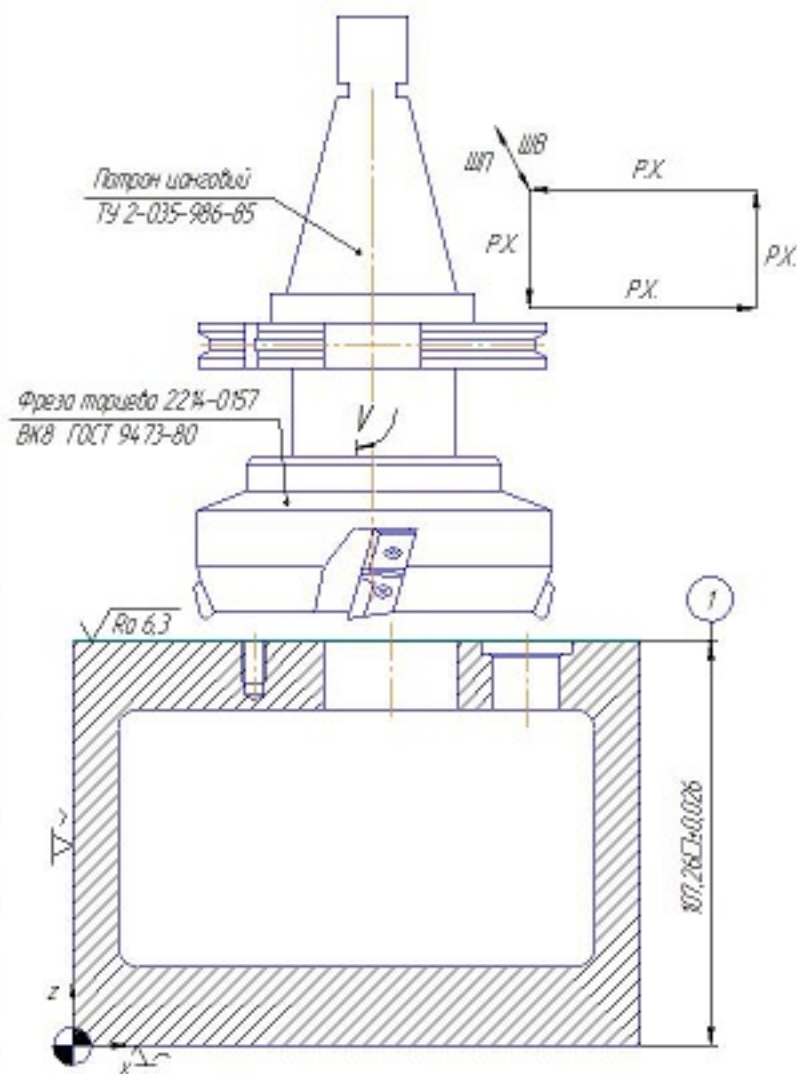
Перехід 12



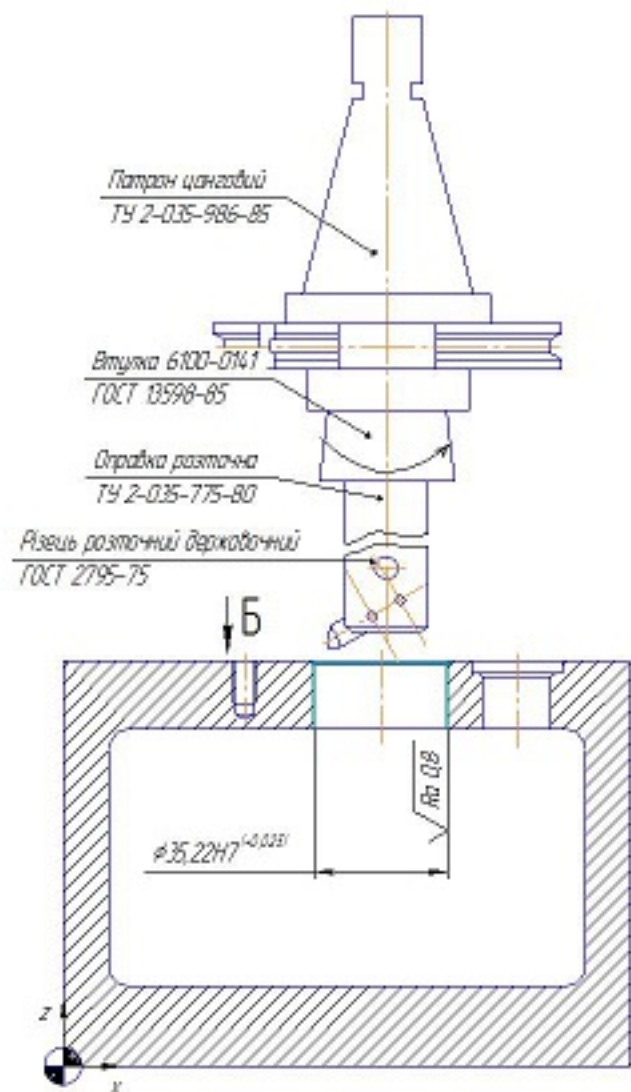
Перехід 13



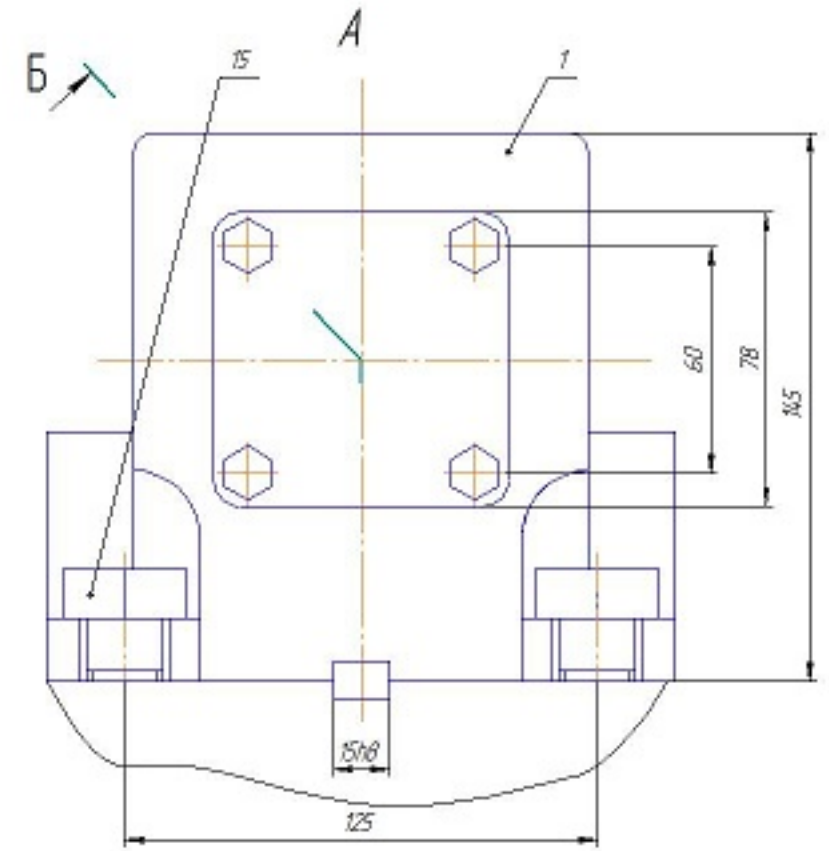
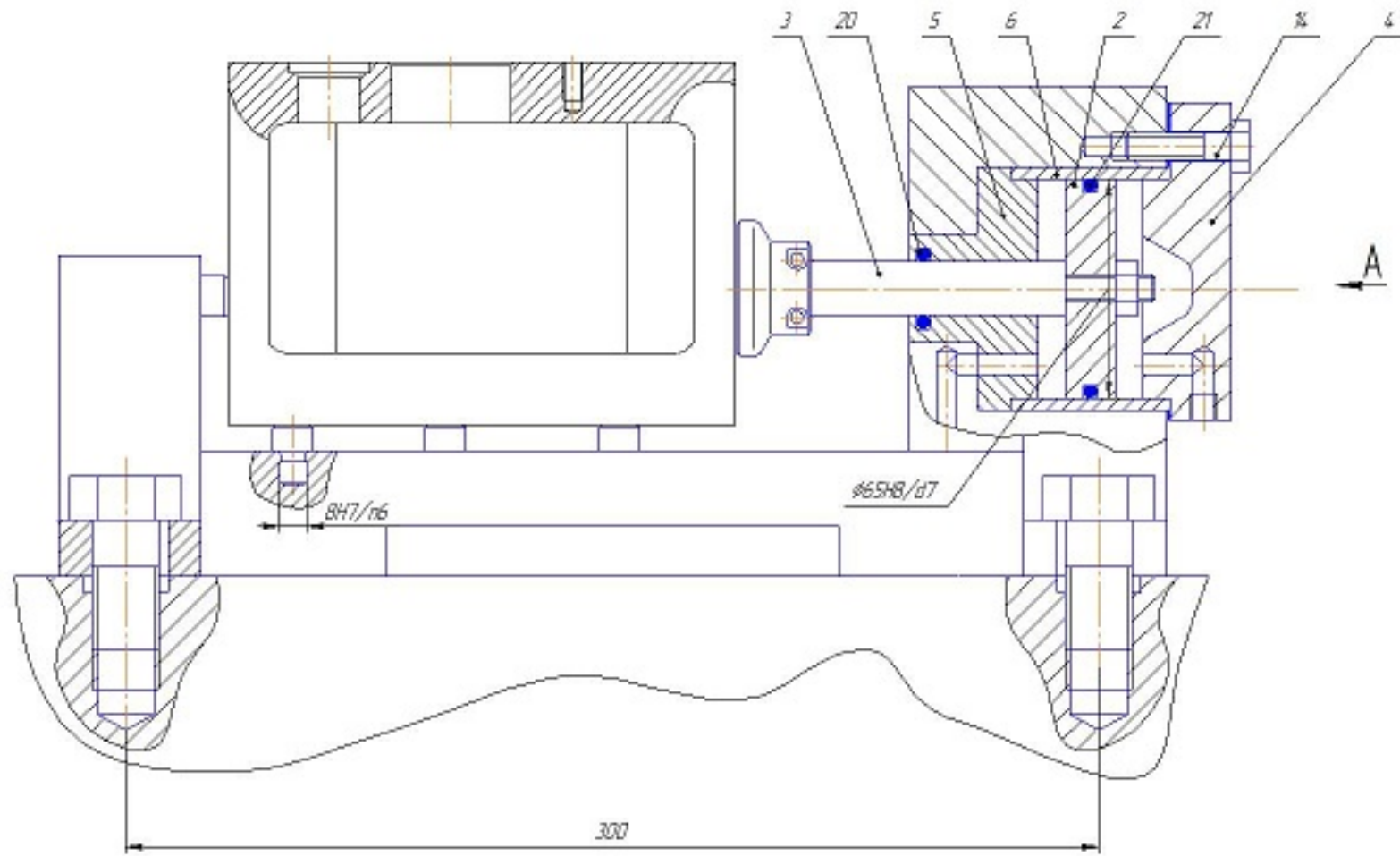
Перехід 14



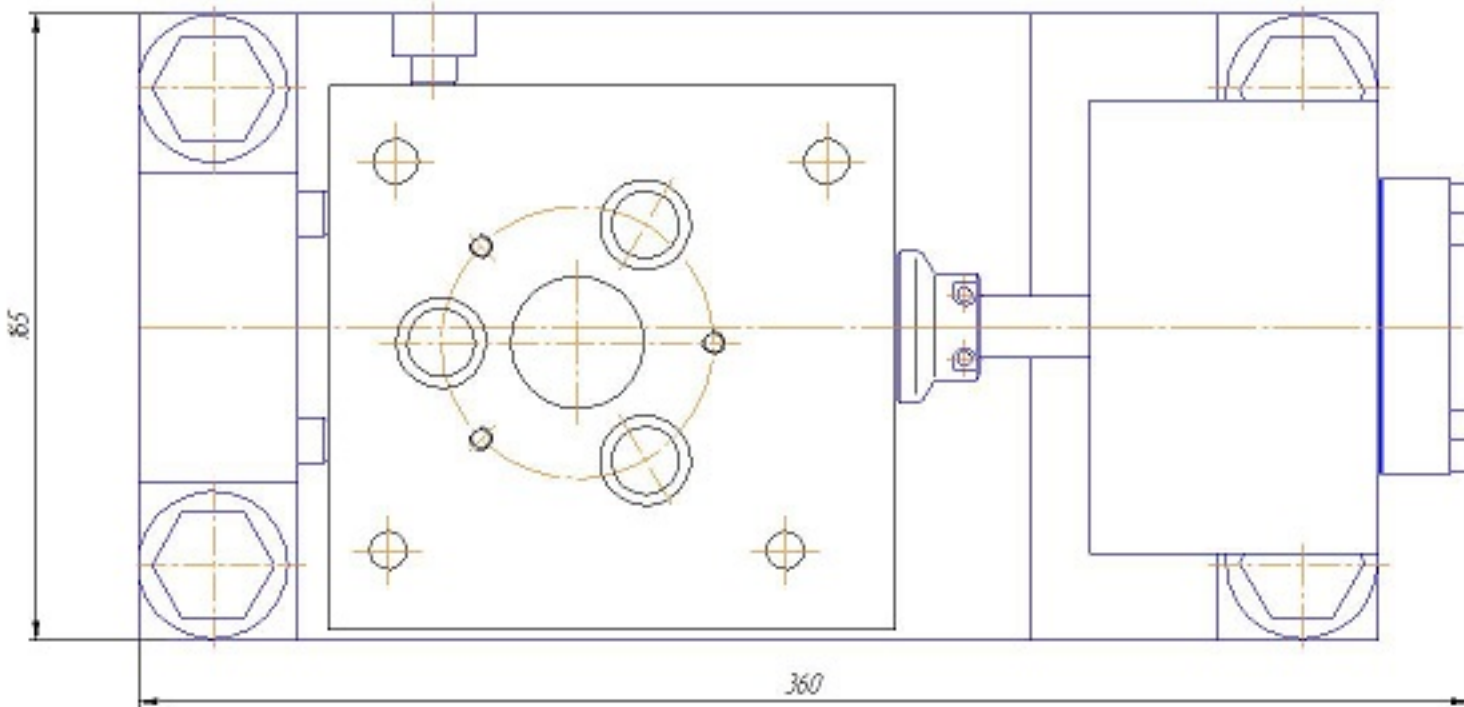
Перехід 15



Б-Б



Б-Б

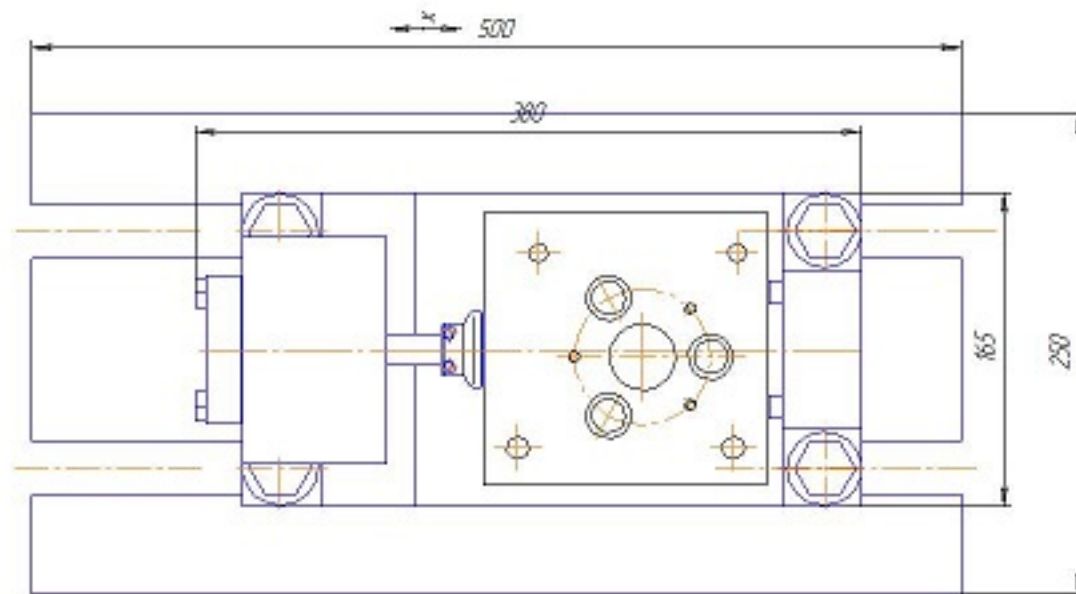
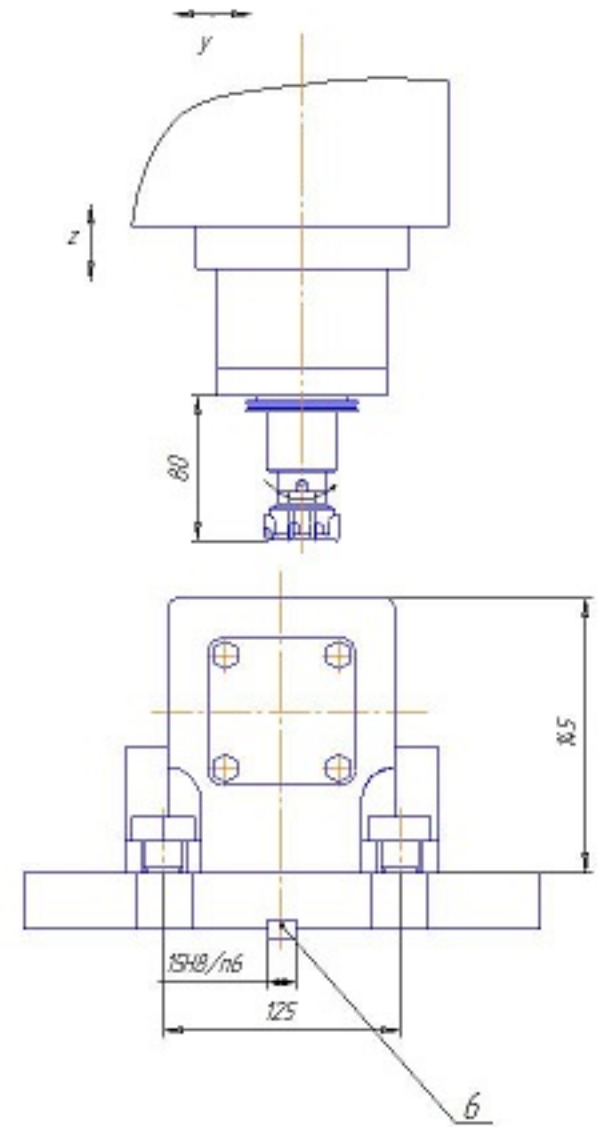
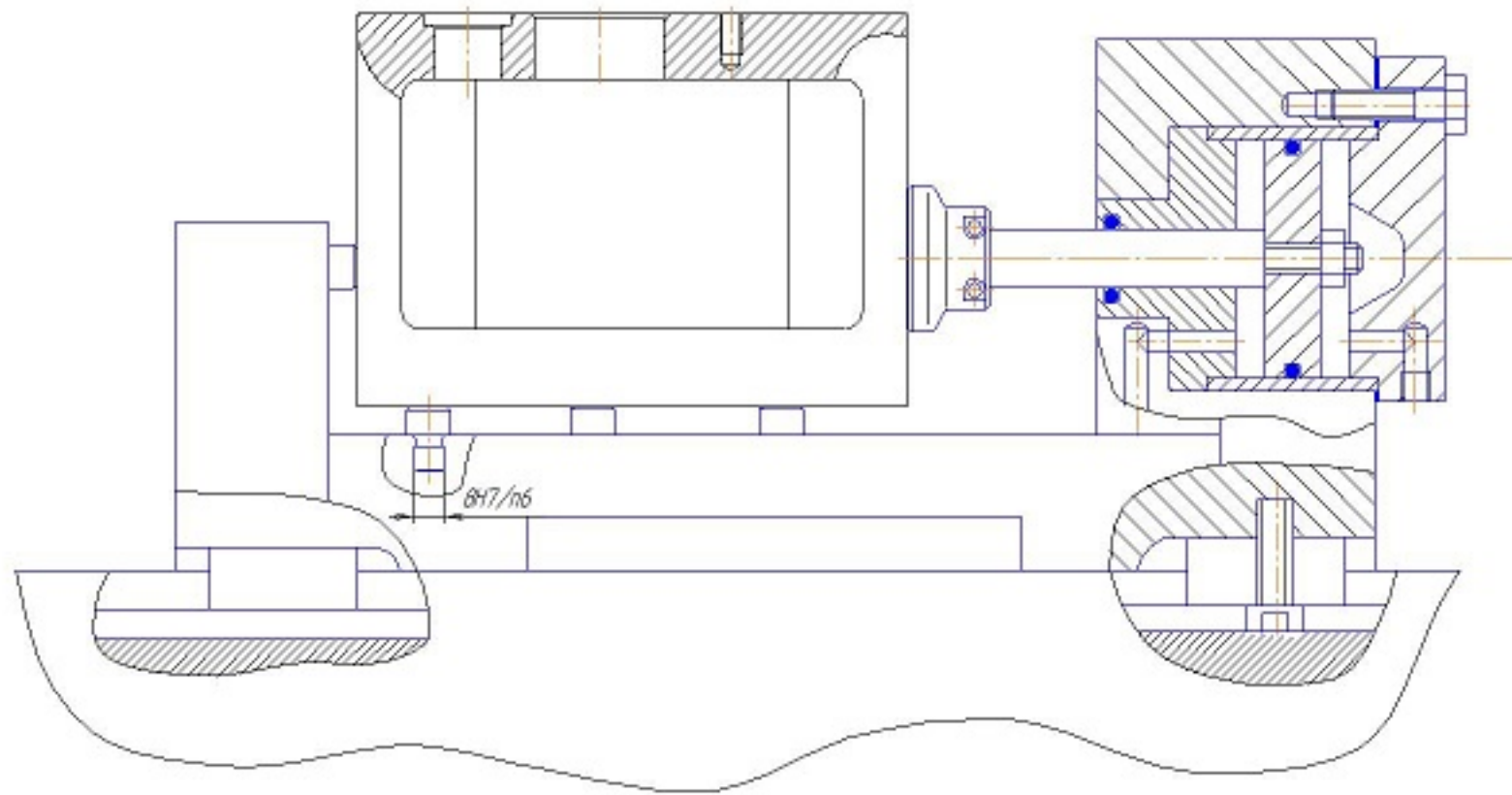


- Технічна характеристика*
1. Зусилля зажиму H , кН.....100
 2. Тиск повітря в магістралі P , МПа.....0,4
 3. Хід штока L , мм.....16
- Технічні вимоги*
1. При знятті елементів базування вище допустимої норми зняти їх на ноці.
 2. Періодично виконувати очищення елементів механізму від металевих пилю, стружки і бруду.
 3. Контроль пристосування проводити не рідше, ніж один раз на місяць.

				08-64.МКР.025.01.000 СК			
Лист	Листів	№ докум.	Листів	Листів	Листів	Листів	Листів
1	1	025.01.000	1	1	1	1	1
Верстатне пристосування				11			
Складальне креслення							
				ВНУ			
				ст. ар. 114-221			

Монтаж пристосування на верстаті

A (1:1)



1. Пристосування фіксувати за допомогою чотирьох болтів М20х40,58 ГОСТ 7805-70.
2. Відхилення положення вісі симетрії деталі від вісі шпинделя не більше 0,01 мм.
3. Після встановлення пристосування на верстат приділити пневматичні з тиском 0,4 МПа до пневмоциліндрів і перевірити роботу механізму в режимі холостого ходу.

				08-64.МКР.025.00.400 ПЛ		
№	Лист	№ докум.	Лист	Монтаж пристосування на верстаті	Лист	Листів
Контр.	Шпindel 40	Контр. 10'				12
Технік.				Лист	Листів	
Начальн.	Сергей 128			ВНТУ		
Інж.	Контр. 10'			ст. ар. 1114-22м		