

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»  
на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА  
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 12-04»  
08-26.МКР.009.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Ковганич В. В. \_\_\_\_\_

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
Сухоруков С. І. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Рецензент:

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»  
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТАМ  
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«05» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ковганичу Віталію Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Кришка 12-04»

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

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: Креслення деталі Кришка 12-04,  
Матеріал: Сталь 35Л ГОСТ 977-88  
Програма випуску N=5000 шт.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки, розмірний аналіз, карта налагоджень, моделювання процесу виготовлення заготовки, компоновка РТК, циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Сухоруков С.І., доцент кафедри ТАМ		
Економічна частина	Лесько О.Й., проф. кафедри ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження		
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач		
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень		
4	Розв'язання поставлених задач		
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів		
6	Виконання розділу «Економічна частина»		
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»		
8	Попередній захист МКР	26.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР	15.12	

Студент \_\_\_\_\_

Ковганич В. В.

Керівник МКР \_\_\_\_\_

Сухоруков С. І.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ABSTRACT.....	5
ВСТУП.....	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЛИВАРНИХ ПРОЦЕСІВ.....	8
1.1 Аналіз литої деталі.....	8
1.2 Обґрунтування способу формовки.....	11
1.3 Обґрунтування розташування деталі у формі при заливці.....	12
1.4 Обґрунтування вибору поверхні роз'єму форми і моделі.....	13
1.5 Вибір форми і розташування ливничкової системи.....	13
1.6 Моделювання ливарних процесів.....	14
1.7 Моделювання гідродинамічних процесів заповнення форми розплавом.....	16
1.8 Моделювання виготовлення заготовки.....	17
1.9 Висновок до 1 розділу.....	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	22
2.1 Визначення типу виробництва та форми виробництва.....	22
2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	29
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	32
2.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	34
2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	40
2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 110H7$ .....	47
2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки.....	52
2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	56
2.9 Розробка компоновки роботизованого технологічного комплексу.....	59
2.10 Висновок до 2 розділу.....	65
3 Економічна частина.....	66

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	66
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	69
3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	69
3.4 Виявлення основних конкурентів .....	70
3.5 Обрання методу ціноутворення .....	70
3.6 Оцінка к рівня якості інноваційного рішення.....	71
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення .....	73
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи .....	74
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки .....	81
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності .....	83
3.11 Висновки до розділу 3.....	86
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
4.1 Аналіз умов праці.....	87
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпечних умов праці .....	88
4.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи .....	94
4.4 Пожежна безпека .....	96
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	97
4.6 Визначення області працездатності обладнання з ЧПК дільниці механічної обробки деталі «Кришка 12-04» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	99
4.6 Висновок до розділу 4.....	100
ВИСНОВОК.....	102
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	104
ДОДАТКИ.....	107

## АНОТАЦІЯ

Ковганич В. В. Удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі «Кришка 12-04». Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, Кафедра ТАМ, 2020. – 119 с. РПЗ, 5 аркушів формату А1, 2 аркуші формату А2.

Під час опрацювання даної теми було виконано аналіз існуючих літературних джерел, здійснений пошук шляхів підвищення точності та якості виготовлення заготовки та обробки деталі " Кришка 12-04".

Опрацьовано та визначено тип виробництва, аналіз технологічності деталі та обрано в процесі порівняння метод виготовлення заготовки. Розроблено маршрут механічної обробки, за основу якого був взятий базовий технологічний процес. Відповідно до створеного технологічного процесу були дібрані і визначені відповідні режими різання і норми часу. Також було запропоновано використання промислового робота на робочому місці. Визначено режим його роботи.

Для покращення конструкції заготовки було проведено імітаційне моделювання процесу лиття. Обрано найбільш раціональний варіант розташування заготовки та ливникової системи. Це дозволило зменшити масу заготовки, підвищити якість та точність обробки. Виконано економічний розділ, в якому розрахована економічна ефективність удосконаленого технологічного процесу, комерційний потенціал та термін окупності розробки. Виконано розділ охорони праці та цивільного захисту.

## ABSTRACT

Koyganych V.V. Improvement of technological process of manufacturing and processing of preparation of a detail "Cover 12-04". Master's qualification work. - Vinnitsa: VNTU, Department of TAM, 2020. - 119 p. RPZ, 5 sheets of A1 format, 2 sheets of A2 format.

During the elaboration of this topic the analysis of the existing literature sources was carried out, the search for ways to improve the accuracy and quality of the workpiece and the processing of the part "Cover 12-04" was carried out.

The type of production, the analysis of manufacturability of a detail are developed and defined and the method of preparation of preparation is chosen in the course of comparison. The route of machining is developed, based on which the basic technological process was taken. In accordance with the created technological process, the appropriate cutting modes and time norms were selected and determined. The calculation of equipment and required employees has been performed.

To improve the design of the workpiece, simulation modeling of the casting process was performed. The most rational variant of arrangement of preparation and gutter system is chosen. The use of an industrial robot in the workplace was also suggested. This allowed to reduce the weight of the workpiece, improve the quality and accuracy of processing. The economic section is executed, in which the economic efficiency of the advanced technological process, commercial potential and payback period of development are calculated. The section on labor protection and civil protection has been completed.

## ВСТУП

В роботі розглядаються питання удосконалення технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Кришка 12-04".

Експлуатаційні властивості деталей машин істотно залежать від якості виготовленої заготовки. Традиційні способи виготовлення заготовки ґрунтуються на відомих методиках проектування заготовки та оснастки. Основними шляхами підвищення якості виготовлення заготовки є імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки. Коректний вибір методу моделювання залежить в першу чергу від методу виготовлення заготовки. При моделюванні методів пов'язаних з деформування металу зазвичай використовують методи скінченно-елементного моделювання. При вирішенні задач моделювання методів лиття використовують скінченно-різнісні алгоритми розв'язку.

**Метою роботи** є підвищення економічності виготовлення деталі «Кришка 12-04» за рахунок удосконалення форми заготовки деталі.

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

- аналіз сучасних методів виготовлення заготовок;
- аналіз конструкції заготовки деталі "Кришка" та методів їх виготовлення;
- модернізація форми та розмірів заготовки за рахунок імітаційного моделювання процесу виготовлення;
- модернізація маршруту механічної обробки з використанням сучасних методів моделювання технологічних процесів;
- визначення точності виготовлення деталі на основі розмірного аналізу конструкції деталі та заготовки;
- проведення оптимізації режимів різання;
- проведення удосконалення робочого місця за рахунок використання роботизованих комплексів;
- розрахунок економічної доцільності впровадження покращеного



технологічного процесу;

розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

**Об'єкт дослідження:** заготовка деталі «Кришка 12-04».

**Предмет дослідження:** Методи виготовлення заготовки та обробки деталі «Кришка 12-04».

**Методи дослідження:**

- аналітичний огляд сучасних методів виготовлення заготовок деталей;
- моделювання процесу виготовлення заготовки за допомогою сучасних САПР ливарного виробництва;
- розрахунок припусків на обробку плоских поверхонь за допомогою методу розмірних ланцюгів;

**Наукова новизна одержаних результатів:** набула подальшого розвитку методика моделювання процесу виготовлення заготовки.

**Практичне значення одержаних результатів:** полягає в удосконаленні конструкції та маршруту механічної обробки заготовки деталі «Кришка 12-04».

**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 САПР ливарних процесів.

**Апробація результатів.** Основні матеріали роботи розглядалися на Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)”.

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

## 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЛИВАРНИХ ПРОЦЕСІВ

Ливарне виробництво - важлива галузь машинобудування, що займається виготовленням фасонних деталей шляхом заливання розплавленого матеріалу в форму або порожнину, яка має конфігурацію необхідної виливки. Після заливки матеріалу, відбувається охолодження і його затвердіння - виходить вилівок, яка при необхідності в подальшому піддається механічній обробці. Тому головним завданням ливарного виробництва - отримання заготовок, максимально наближених до форми виготовлених деталей. На виробництві існує велика кількість методів лиття, такі як [1]: 1) лиття в землю; 2) лиття в кокіль; 3) лиття під тиском; 4) відцентрове лиття; 5) лиття по виплавлюваних моделях та інші. Кожен з методів має свої переваги і недоліки. Щоб правильно вибрати метод лиття потрібно враховувати велику кількість параметрів, такі як точність деталі, шорсткість, матеріал, службове призначення і т.д. Але раціональний вибір методу лиття не веде до отримання якісної виливки. В процесі лиття можуть виникнути дефекти, такі як переріви, порожнини, раковини, непроливи і т.д. Вони можуть бути виявлені безпосередньо після отримання виливки або ж при подальшій механічній обробці. При цьому заготовку намагаються доопрацювати або ж відправляють в циліоб на переплавку.

На сьогоднішній день розроблено велику кількість програмних продуктів, які допомагають інженерам-технологам в моделюванні і аналізі різних варіантів отримання заготовок. Однією з таких програм є NovaFlow & Solid, що дозволяє виробляти моделювання, засноване на фізичних теоріях теплових, дифузійних, гідродинамічних і деформаційних явищ і т.д.

### 1.1 Аналіз литої деталі

Конструюючи литу деталь, необхідно враховувати ливарні властивості сплаву, що заливається: рідкотекучість, кристалізацію і усадку.

Рідкотекучість - це здатність металів і сплавів, в розплавленому стані, заповнювати порожнини ливарної форми, текти по каналах, і відтворювати контури виливка. Кращу рідкотекучість мають сплави з постійною температурою затвердіння. Існують сплави, температура затвердіння як змінюється в деякому інтервалі температур. Такі сплави мають меншу рідкотекучість. Розмір мінімальної стінки виготовленої литтям також залежить від рівня рідкотекучості. Для меншої товщини стінки необхідна більша рідкотекучість. Температура та тепловіддача форми для заливання напряму впливають на рівень рідкотекучості.

Кристалізація це кристалів металу або сплаву під час охолодження заготовки. При цьому напрямку кристалізації залежить від розташування поверхні теплопередачі. Зазвичай він перпендикулярний до цієї поверхні. Швидкість розповсюдження кристалізації змінюється в залежності від відстані до поверхні теплопередачі. Вона максимальна біля поверхні та має мінімальне значення в центрі виливка.

Усадка - властивість металів і сплавів в змінювати свій об'єм при охолодженні. Відносна лінійна усадка  $K_{л}$  визначається зі співвідношення

$$K_{л} = \frac{l_{\phi} - l_{отл}}{l_{\phi}} \cdot 100\% , \quad (1.1)$$

де  $l_{\phi}$  - розмір форми,  $l_{отл}$  - розмір виливка при кімнатній температурі.

Розрізняють лінійну та об'ємну усадку. Так для вуглецевих сталей значення лінійної усадки знаходиться в межах 2 - 2,4%, для алюмінієвих сплавів цей діапазон складає 0,9 - 1,5%, а для мідних сплавів значення лінійної усадки знаходиться в межах 1,4 - 2,3%. Основним негативним наслідком лінійної усадки є поява тріщин в окремих місцях виливків. Об'ємна усадка залежить від рівня лінійної усадки і зазвичай визначається співвідношенням  $K_{об} = 3 K_{л}$ . У більшості випадків об'ємна усадка виникає в потовщених місцях виливки і призводить до утворення пористості.

Дані властивості металів та сплавів накладають обмеження на конструктивні особливості деталей, що виготовляються литтям.

Рівностінність. При проектуванні конструкції заготовки необхідно керуватись умовою однакової товщини стінок. Це дає можливість забезпечити рівномірності усадки і відсутності усадочних раковин. Якщо необхідно забезпечити міцність конструкції заготовки та її мінімальну вагу на тонкі стінки додають ребрами жорсткості. Зазвичай товщину ребер жорсткості  $t_p$  визначають в залежності від середня товщина стінки вилівка. Так для зовнішніх ребер товщина ребра дорівнює  $(0,8 - 0,9) \cdot t$ , а для внутрішніх  $(0,6 - 0,7) \cdot t$ .

Радіуси заокруглень [2]. Іноді в місцях сполучення стін можлива поява тріщин. Це відбувається внаслідок нерівномірності кристалізації. Для зменшення ймовірності появи тріщин ці місця сполучують радіусами. Радіуси заокруглень визначаються виразом

$$R = \frac{t_1 + t_2}{k}, \quad (1.2)$$

де  $t_1, t_2$  – товщини стінок;

$k$  – коефіцієнт, що залежить від методу лиття.

На сполученнях стінок зовнішніх поверхонь встановлюють значення радіуса заокруглення в два рази менше в порівнянні з радіусами заокруглень на сполученні внутрішніх поверхонь.

Ухили і конусність. Для підвищення якості заповнювання форми та для полегшення виймання заготовки з форми на необроблюваних поверхнях, розташованих перпендикулярно площині роз'єму передбачити ухили і конусність.

Отвори. При наявності отворів в деталі рекомендується виготовляти їх і в литій заготовці. Це зменшує ймовірність розкриття усадочних або газових раковин при свердлінні таких отворів у суцільному тілі заготовки. Для

підвищення точності оброблених отворів при розрахунку діаметру литого отвору додають припуск на механічну обробку.

## 1.2. Обґрунтування способу формовки

Формовка - це процес виготовлення штучних ливарних форм. Від якості і точності виготовлення таких форм буде залежати точність форми та повторюваність отриманих виливків. Процес формовки полягає в наступному:

- ущільнення суміші за допомогою вібростола або вручну. Ущільнення дозволяє підвищити міцність отриманої ливарної форми та забезпечити відповідний рівень піддатливості, газопроникності та ін.;

- утворення вентиляційних каналів, для виходу газів з порожнини форми;

- роз'єднання ливарної форми та моделі заготовки;

- складання ливарної форми. За необхідності відбувається додаткова обробка та встановлення стержнів.

Ливарні форми можуть бути декількох видів: сухі, сирі та інші. Використання відповідного виду форми залежить як від розмірів та маси вилівка, так і від хімічного складу ливарного сплаву.

Для заготовок масою менше 500 кг використовують сирі форми. Такі форми дешевші і простіші у виготовленні. У порівнянні з сухими формами немає необхідності проводити сушку форми.

Враховуючи те, що наша заготовка буде виготовлятися в умовах серійного виробництва тому у якості методу виготовлення заготовки можна використовувати лиття з ручним або машинним формування. Для покращення точності виготовлення та швидкості підготовки форми ми будемо використовувати машинне формування. За допомогою машинної формовки є можливість замінити такі ручні операції, як ущільнення формовочної суміші та розділення форми і мастер моделі на механізовані. За рахунок використання засобів механізації є можливість покращити якість ущільнення, а це в свою чергу призводить до зменшення кількості недоліків у виготовлених формах та

випливах, зменшити час на виготовлення форми і відповідно підвищити продуктивність праці.

Для механізації операції формування використовують машини імпульсного типу. Робочим тілом в таких машинах є повітря, а перенос енергії відбувається повітряною (газовою) хвилею. При цьому тиск повітря, що подається в форму, складає  $(6\div 10) \cdot 10^6$  Па. Час ущільнення формувальної суміші складає 0,02 - 0,05 с. Зайве повітря видаляється через вентиляційні канали. Для забезпечення ущільнення верхніх шарів у формі застосовують підпресування.

Для піщано-глинистих сумішей у звичайних умовах поверхнева твердість форми має досягати 89 - 94 одиниць [2]. Максимальне значення ущільнення формувальної суміші буде на роз'ємі напівформ. За рахунок більшого ущільнення формовочної суміші досягається підвищення технологічних параметрів ливарних форм. Це в свою чергу дає можливість підвищити геометричну точність виливків, зменшити ймовірність появи браку, зменшує рівень вібрації і шуму які негативно впливають на здоров'я працівника.

### 1.3. Обґрунтування розташування деталі у формі при заливці

Одним із основних завдань яке виникає при проектуванні ливарної форми є вибір положення виливка у формі. На цей вибір впливає розташування найбільш відповідальних поверхонь заготовки. Необхідно виконувати їх без ливарних дефектів. При виборі розташування виливка у ливарній формі використовуємо наступні рекомендації:

- виливок необхідно розташовувати так, щоб масивні частини виливків були розташовані ближче до верхньої частини виливка. Над ними встановлюємо прибуток;

- основні конструкторські бази і найбільш точні поверхні виливка необхідно намагатись розташовувати вертикально;

- необхідно забезпечити надійне розташування стержнів у ливарній формі під час заливки;

- тонкі стінки вилівка необхідно намагались розташовувати в нижній частині і вертикально по напрямку заливки. Таке положення при литті сталей, забезпечить найкоротший шлях металу до таких частин.

#### 1.4. Обґрунтування вибору поверхні роз'єму форми і моделі

Поверхня роз'єму форми - поверхня по якій відбувається контакт між верхньою та нижньою напівформами. Вона необхідна для забезпечення безпечного вилучення моделі з ливарної форми після її ущільнення. Також наявність напівформ необхідна для встановлення стержнів в ливарну форму. Поверхні роз'єму бувають плоскими та ступінчастими.

Форма поверхні роз'єму визначається з урахуванням конструкції моделі, наявністю або відсутністю стержнів, величину та напрямок формувальних нахилів і т.д. Хибний вибір поверхні роз'єму призводить до погіршення конфігурації вилівки, ускладнення формування ливарної оснастки та збільшення часу на складання.

При виборі поверхні роз'єму ливарної форми маємо керуватись такими вимогами:

- намагались використовувати плоску поверхню роз'єму форми для забезпечення простоти виготовлення ливарного оснащення;

- при наявності стержнів намагались розташовувати їх в нижній напівформи. Це полегшує процес складання напівформ, зменшує вірогідність появи браку;

- при виборі форми поверхні роз'єму враховуємо витрати на виготовлення, обробку та очистку вилівка;

- намагались формувати ливарну форму мінімальної висоти. Це дозволяє скоротити витрату формувальної суміші.

#### 1.5 Вибір форми і розташування ливникової системи

Ливникова система забезпечує рівномірну подачу металу у вилівок.

При формуванні конструкції ливникової системи необхідно забезпечувати такі умови подачі металу, які б перешкождали засмоктуванню повітря при заливанні металу у форму. При цьому необхідно забезпечити утримання неметалевих включень, що можуть потрапити в ливарну форму разом з потоком металу.

При формуванні конструкції ливарної системи необхідно забезпечувати постійність швидкості потоку металу: якщо швидкість потоку металу буде зависока може відбутись розмив стінок форми і каналів ливарної форми та ливникової системи, а при малих швидкостях заливання відбудеться утворення недоливів як наслідок швидкого охолодження металу.

Форма та конструкція ливникової системи дозволяє забезпечити рівномірне затвердіння виливка. Також вона дозволяє частково компенсувати усадку при охолодженні та затвердінні виливка.

Зазвичай конструкція ливникової системи формується з таких елементів: приймальний пристрій, стояк, зумпф, ливниковий хід, живильники.

## 1.6 Моделювання ливарних процесів

Комп'ютерне моделювання ливарних технологій отримало настільки потужний розвиток, що сьогодні вже можна говорити про реальну економії часу і матеріальних ресурсів на етапі проектування конструкції виливки з використанням віртуальних ливарних імітаторів [3].

Система автоматизованого моделювання ливарних процесів	Можливості програми
WINCast	Г, Т, Н, С
PROCast	Г, Т, Н, С
MAGMA	Г, Т, Н, С
SOLIDCast	Г, Т, О
LVMFlow	Г, Т
FLOW-3D	Г, Т



Можливості програм:

Г - гідродинамічний розрахунок заповнення розплавом форми;

Т - аналіз температурних полів і усадочних дефектів при кристалізації;

Н - розрахунок напружень і залишкової деформації в литві;

О - параметрична оптимізація литниково-живильної системи в автоматичному режимі;

З - моделювання структури (зерен структура, розподіл фериту і перліту, розмір графітних включень і т.п.).

Система автоматизованого проектування ливарних процесів «LVMFlow» дозволяє моделювати такі технологічні процеси: лиття по вишлавлюваних моделях; лиття в піщано-глинистий форму; лиття в кокіль; лиття в ізложницю; лиття під тиском.

Програма враховує: електронагрівачі; канали з теплоносіями; фільтри; протипригарні покриття; багаторазове використання форми. Канали з теплоносіями (газ, рідина, плазма) можуть використовуватися як нагрівачі і як холодильники.

Програма дозволяє: простежити та відобразити динаміку процесу заповнення ливарної форми металом і процесу охолодження та кристалізації металу вилівка в формі; отримати інформацію про полях швидкості, тиску, температури, рідкої фази і дефектах усадочного походження; зняти значення "термопар" в довільній точці вилівки і форми; зняти термічні і кінетичні криві.

Використовувані формати даних: для обміну інформацією з CAD системами використовуються формати: STL і DXF; банк даних теплофізичних властивостей використовує формат даних MS Access; для виведення графічної інформації використовуються формати BMP, AVI.

Модулі САМ ЛП «LVMFlow»:

Convertor - перетворення геометрії

Database - банк даних теплофізичних властивостей

Initial - формування початкових умов

Solid - моделювання затвердіння

QuickFlow - заповнення без урахування теплопередачі

Flow - заповнення з урахуванням теплопередачі

FlowSolid - заповнення форми і затвердіння

Browser - перегляд результатів моделювання.

### 1.7 Моделювання гідродинамічних процесів заповнення форми розплавом

У системі автоматизованого проектування ливарних процесів «LVMFlow» процес заливання розплаву металу у ливарну форми розглядається як течія ідеальної нестисливої рідини. При цьому є можливість не враховувати процеси теплопередачі. Течія металу описується рівняннями Нав'є-Стокса, де значення в'язкості розплаву металу враховується у вигляді поправки. Для визначення напрямку та швидкості руху шлаку в розплаві САПР ливарних процесів «LVMFlow» дає можливість моделювати рух включень в потік металу у вигляді частинок заданого радіусу. Даний САПР дозволяє проводити розрахунок процесу заповнення ливарної форми та процес затвердіння металу в ливарній формі. Дана програма дозволяє виконувати розрахунок як повної задачі (заповнення форми та затвердіння з урахуванням теплового розрахунку) так і окремо гідродинамічний розрахунок заповнення форми.

У проводиться розрахунок на основі прямокутної сітки методом кінцевих різниць. Розрахунок відбувається з інтегруванням по часу та автоматичним вибором кроку. Це спрощує процес генерації сітки, зменшує об'єм та час розрахунку у порівнянні з методом скінчених елементів [4].

За рахунок інтегрування по часу результати моделювання (температура, швидкість, тиск розплаву металу, частка рідкої фази та ін.) можна контролювати на кожному кроці ітерації. Результати розрахунків можна виводити на екран у вигляді ізометричного зображення (3D) і в перерізі проведеному у довільному місці (2D). У програмі є можливість обертати та масштабувати виведені на екран результати розрахунків. Також система має можливість виводити конкретні числові значення у довільній точці об'єму виливка.

Потік металу з розливного ковша надходить в порожнину форми через перетин, в якому знаходиться ливникова точка. Вважається, що цей розмір повністю заповнюється металом. Якщо потрібно сформувати струмінь з ковша в заливальну воронку, то необхідно над лійкою встановити невеликий циліндр з діаметром рівним діаметру струменя, що витікає з ковша.

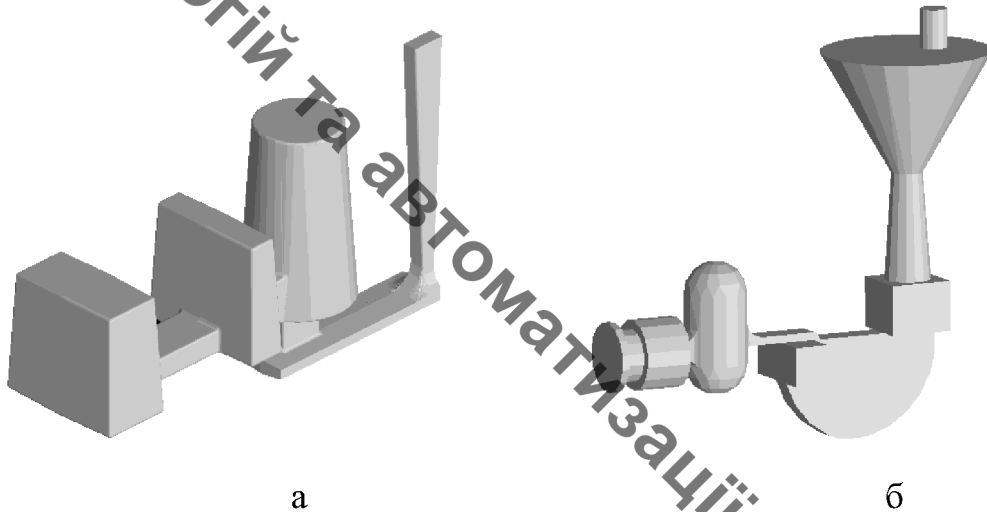


Рисунок 1.1 – Варіанти вихідних тривимірних моделей виливків

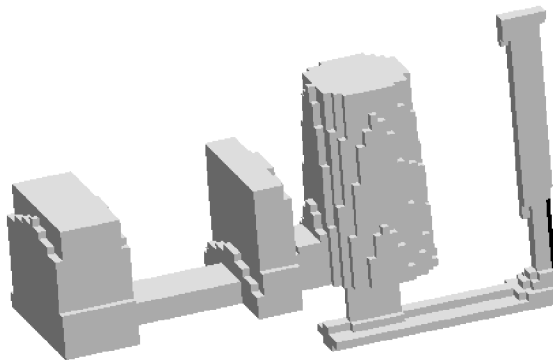


Рисунок 1.2. Виливок з кінцево-різницевої сіткою

У САПР ЛП «LVMFlow» реалізовано моделювання декількох типів лиття.

#### 1.8 Моделювання виготовлення заготовки

Перша стадія - моделювання заповнення форми металом з урахуванням теплообміну з навколишнім середовищем. Попередньо задаємо параметри, що

визначають динаміку заповнення форми (витрата металу і натиск), а потім включається режим моделювання.

Після заповнення форми металом відбувається його кристалізація.

Система забезпечує можливість проаналізувати дефекти усадочного походження.

Проведемо моделювання заповнення форми при виготовленні заготовки деталі "Кришка 12-04".

Для зменшення розмірів заготовки проведемо моделювання формування дефектів при різних формах ливникової системи.

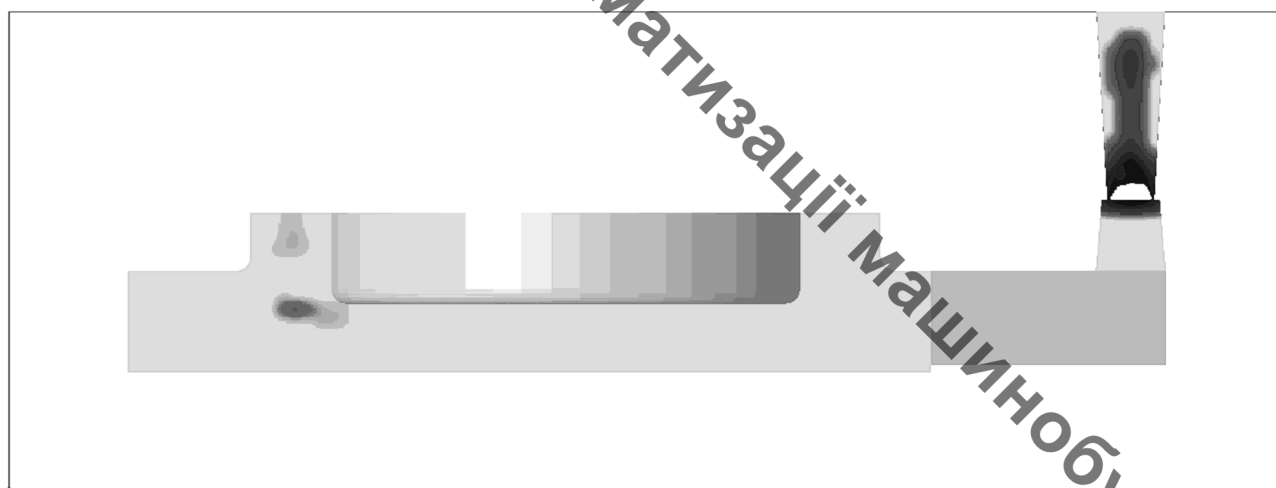


Рисунок 1.3 – Розподіл дефектів усадочного походження (1 варіант ливникової системи) в площині симетрії

Проаналізуємо можливість зменшення припуску при литті в піщано-глинисті форми (машинна формовка).

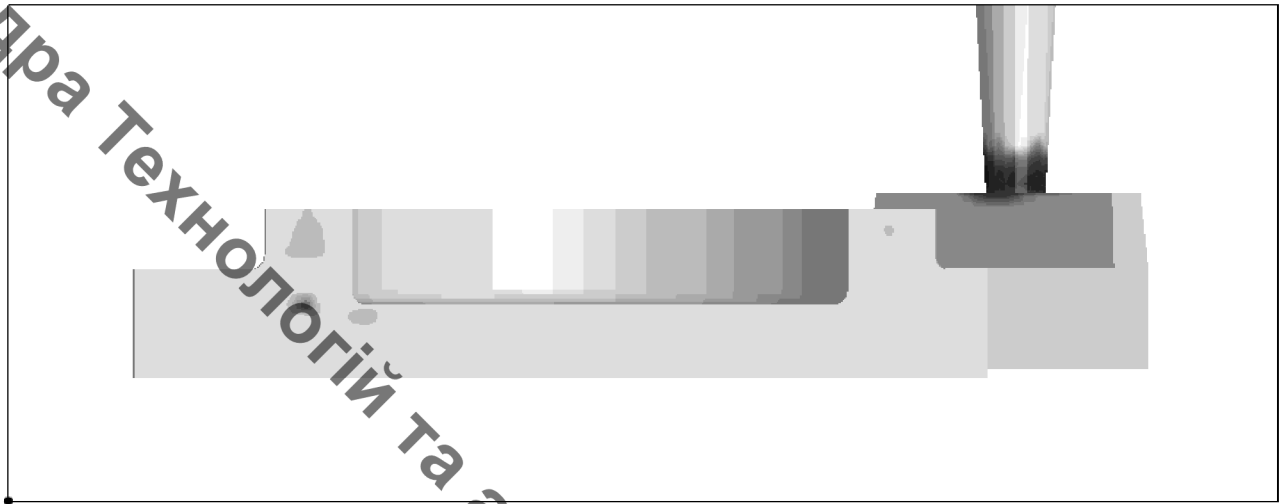


Рисунок 1.4 – Розподіл дефектів усадочного походження (2 варіант ливникової системи) в площині симетрії



Рисунок 1.5 – Розподіл дефектів усадочного походження (3 варіант ливникової системи) в площині симетрії

По результатам моделювання можна стежити за характером теплообміну в розрахунковій області, розташуванням гарячих зон. Крім того, є можливість отримати дані про час кристалізації різних областей виливки.

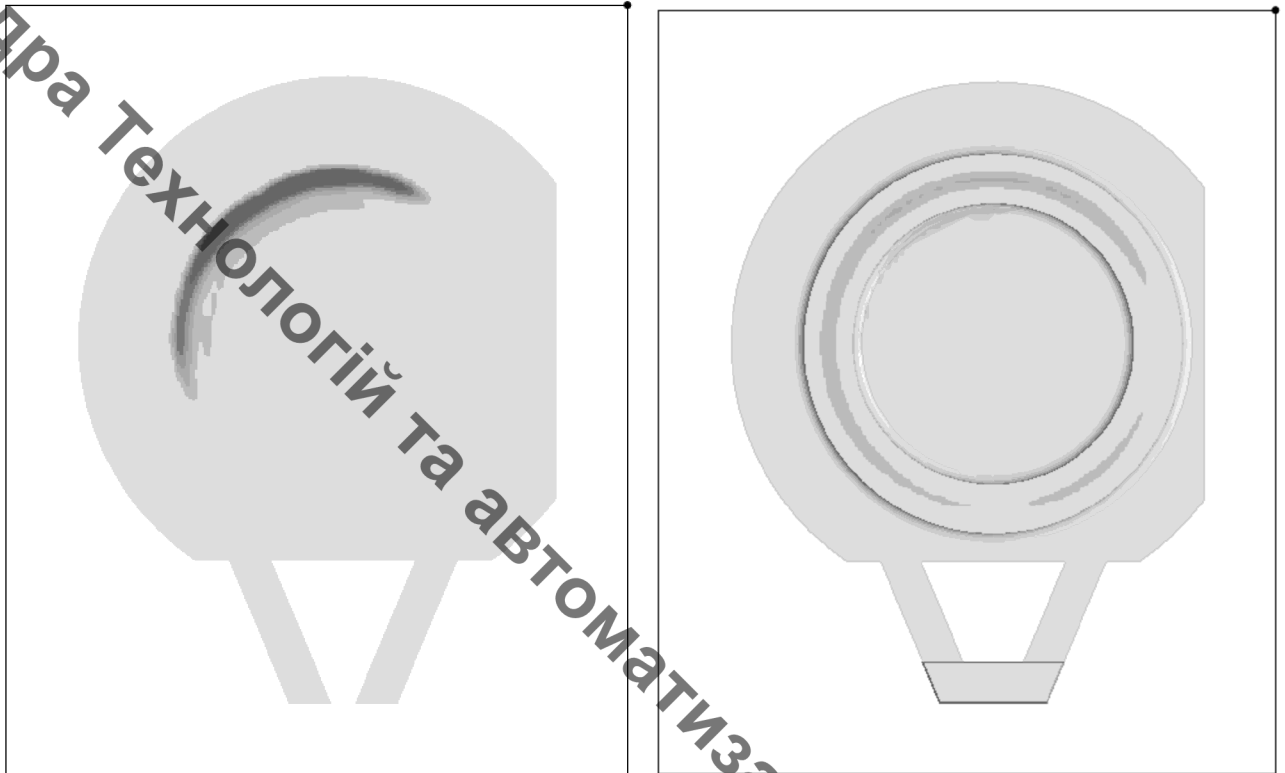


Рисунок 1.6 – Розподіл дефектів усадочного походження (1 варіант ливникової системи) по найбільш небезпечним перерізам

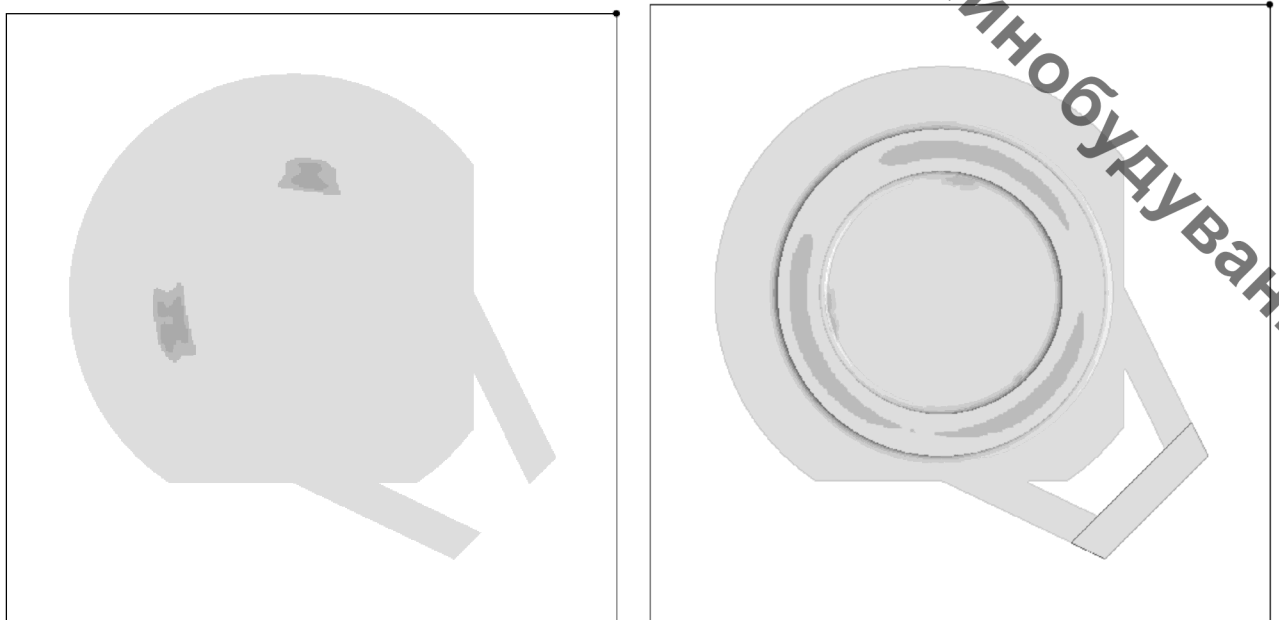


Рисунок 1.7 – Розподіл дефектів усадочного походження (2 варіант ливникової системи) по найбільш небезпечним перерізам



Рисунок 1.8 – Розподіл дефектів усадочного походження (3 варіант ливникової системи) по найбільш небезпечним перерізам

#### 1.9 Висновки до розділу 1

Удосконалення конструкції заготовки можливо проводити за рахунок аналізу проливаємості різних елементів конструкції. Так аналіз можливо провести за допомогою систем автоматизованого моделювання ливарних процесів «LVMFlow». В даному розділі проаналізовано різні варіанти ливникової системи. За результатами моделювання обрану найбільш раціональну схему. По аналізу розподілу усадочних пошкоджень обрано схему номер 2.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Визначення типу виробництва та форми виробництва

Тип виробництва визначаємо за ГОСТ 3.1121-84 [5]:

Коефіцієнт закріплення операцій

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

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

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

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

Встановлюємо найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Кришка 12-04”:

- точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  попереднє (12 квалітет);
- точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  попереднє (9 квалітет);
- точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  попереднє (8 квалітет);
- точіння поверхні  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  попереднє (12 квалітет);
- точіння поверхні  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  попереднє (10 квалітет);
- точіння поверхні  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  попереднє (9 квалітет).

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

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

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

де  $l, d$  – довжина та діаметр оброблюваної поверхні.



Точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  попереднє

$$T_{осн1} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 130 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,398 \text{ (хв).}$$

Точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  попереднє

$$T_{осн2} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 130 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,421 \text{ (хв).}$$

Точіння поверхні  $\varnothing 130e8 \begin{pmatrix} -0.085 \\ -0.148 \end{pmatrix}$  остаточнє

$$T_{осн3} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 130 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,468 \text{ (хв).}$$

Точіння  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  попереднє

$$T_{осн4} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 182 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,520 \text{ (хв).}$$

Точіння  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  попереднє

$$T_{осн5} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 182 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,551 \text{ (хв).}$$

Точіння  $\varnothing 182d9 \begin{pmatrix} -0.170 \\ -0.285 \end{pmatrix}$  остаточнє

$$T_{осн6} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 182 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,612 \text{ (хв).}$$

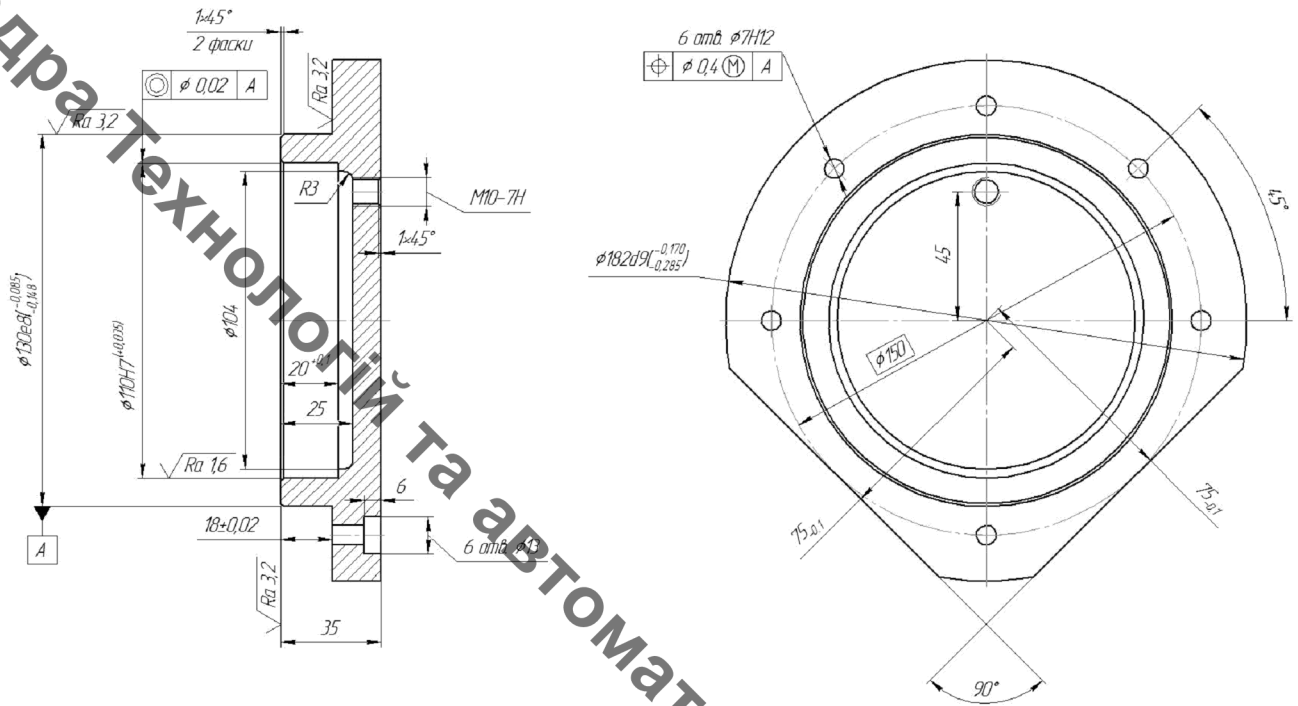


Рисунок 2.1 – Характерні поверхні деталі Кришка 12-04

Попередньо приймаємо тип виробництва великосерійний.

Визначено  $T_{шт-к}$ :

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

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт,

$T_o$  – основний час, що витрачається на обробку відповідної поверхні.

Програма випуску деталі "Кришка 12-04"  $N=5000$  шт, а маса деталі – 3,247 кг, тому попередньо приймаємо виробництво великосерійне. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к1} = T_{оч1} \cdot \varphi_k = 0,398 \cdot 2,14 = 0,852 \text{ (хв).}$$

$$T_{шт-к2} = T_{оч2} \cdot \varphi_k = 0,421 \cdot 2,14 = 0,9 \text{ (хв).}$$

$$T_{шт-к3} = T_{оч3} \cdot \varphi_k = 0,468 \cdot 2,14 = 1,002 \text{ (хв).}$$

$$T_{шт-к4} = T_{оч4} \cdot \varphi_k = 0,52 \cdot 2,14 = 1,113 \text{ (хв).}$$

$$T_{шт-к5} = T_{оч5} \cdot \varphi_k = 0,551 \cdot 2,14 = 1,179 \text{ (хв).}$$

$$T_{\text{шт-к6}} = T_{\text{осн6}} \cdot \varphi_k = 0,612 \cdot 2,14 = 1,309 \text{ (хв.)}$$

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

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

де  $N = 5000$  шт. – річна програма випуску деталі "Кришка 12-04";

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

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

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

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

Розраховуємо кількість верстатів:

$$C_{p1} = \frac{5000 \cdot 0,852}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,033 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p2} = \frac{5000 \cdot 0,9}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,035 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p3} = \frac{5000 \cdot 1,002}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,039 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p4} = \frac{5000 \cdot 1,113}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,044 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p5} = \frac{5000 \cdot 1,179}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,045 \text{ (шт.)}$$

$$C_{p6} = \frac{5000 \cdot 1,309}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,049 \text{ (шт.)}$$

Розрахункове значення заокруглено до більшого числа. Для всіх переходів механічної обробки приймаємо кількість верстатів  $P=1$ .

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

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

$P_i$  – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на відповідному робочому місці:

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

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

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

$$O_1 = \frac{0,8}{0,033} = 24,24;$$

$$O_2 = \frac{0,8}{0,035} = 22,85;$$

$$O_3 = \frac{0,8}{0,039} = 20,51;$$

$$O_4 = \frac{0,8}{0,044} = 18,18;$$

$$O_5 = \frac{0,8}{0,045} = 17,17;$$

$$O_6 = \frac{0,8}{0,049} = 16,32.$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях  $\Sigma O_i$ :

$$\Sigma O_i = 24,24 + 22,85 + 20,51 + 18,18 + 17,17 + 16,32 = 119,27.$$

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

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

$$K_{з.о.} = 119,27/6 = 19,88.$$

Остаточно приймаємо тип виробництва – середньосерійне.

Визначаємо форму організації роботи.

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

де 255 кількість робочих днів в року;

$$N_d = \frac{5000}{255} = 19,61 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо  $N_d = 20$  шт.

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{\text{шт-к.сер}} \cdot \eta_z}, [\text{шт}] \quad (2.8)$$

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

$F_d$  – добовий фонд часу роботи обладнання ( $F_d = 952$  хв.),

$\eta_z$  – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{\text{шт-к.сер}} = \frac{\sum T_{\text{шт-к}_i}}{\sum n_i}, [\text{хв}] \quad (2.9)$$

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

$\Sigma n$  – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-ксер} = \frac{0,852 + 0,9 + 1,002 + 1,113 + 1,179 + 1,309}{6} = 1,059 \text{ (хв)},$$

$$Q_d = \frac{952}{1,059} \cdot 0,85 = 764,1 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо  $Q_d = 764$  шт.

За результатами розрахунків обираємо групову форму організації роботи.

Визначаємо кількість деталей в партії для одночасного запуску.

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

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

$$n = \frac{5000 \cdot 6}{254} = 118,1 \text{ (шт)}. \text{ Приймаємо } 119 \text{ шт.}$$

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

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

$$C = \frac{1,059 \cdot 119}{476 \cdot 0,85} = 0,311 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо  $C_{зм. пр.} = 1$  зміна.

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

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

$$n = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{1,059} = 382,1 \text{ (шт).}$$

Приймаємо  $n_{пр.} \approx 383$  (шт).

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

## 2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Якісний аналіз.

Деталь „Кришка 12-04” є однією із деталей спеціалізованих вузлів та механізмів. Основне службове призначення деталі в обмеженні осьового і радіального переміщення підшипника, що встановлюється в отворі  $\varnothing 110H7$ . Кришка 12-04 кріпиться за допомогою отворів  $\varnothing 7H12$ .

Основними конструкторськими базами деталі, є отвори  $\varnothing 130e8$  та торець. Допоміжними конструкторськими базами є отвір  $\varnothing 110H7$  та інший торець. Кріпильними є отвори  $\varnothing 7H12$ . Інші поверхні деталі є вільними поверхнями.

До нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори  $\varnothing 13$  заглиблення 25 мм.

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

Тип виробництва деталі „Кришка 12-04” середньосерійний, матеріал – Сталь 35Л ГОСТ 977-88, тому як метод виготовлення заготовки вибираємо лиття. Цей метод забезпечить мінімальну механічну обробку та значну економію матеріалу.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Коефіцієнт уніфікації:

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

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

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{10 + 12 + 1 + 4 + 19}{11 + 18 + 1 + 4 + 19} = 0,867$$

Оскільки виконується умова  $K_y \geq 0,6$  ( $0,867 \geq 0,6$ ) деталь відноситься до технологічних.

Таблиця 2.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Розміри				
Лінійні	Діаметральні	Різьбові	Кутові	Шорсткість
75 <sub>-0,1</sub> (2 розм.)*	Ø182d9	M10-7H*	90° *	6,3 (15 пов.)*
45*	Ø150*		45° (3 розм.)*	3,2 (3 пов.)*
35*	Ø130e8*			1,6 (1 пов.)*
25*	Ø110H7*			
20 <sup>+0,1</sup> *	Ø104			
18±0,02	Ø13 (6 розм.) *			
6*	Ø7H12 (6 розм.)			
1 (3 розм.)*	R3*			
$\sum_{заг} = 11$	$\sum_{заг} = 18$	$\sum_{заг} = 1$	$\sum_{заг} = 4$	$\sum_{заг} = 19$
$\sum_{уніф} = 10$	$\sum_{уніф} = 12$	$\sum_{уніф} = 1$	$\sum_{уніф} = 4$	$\sum_{уніф} = 19$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{ср}} = \frac{1}{5,56} = 0,179.$$

Середній клас шорсткості складає:



$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{105,7}{19} = 5,56$$

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка  $0,119 < 0,32$  ( $K_{ш} < 0,32$ ).

Коефіцієнт точності

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

де  $T_{cp}$  – середній квалітет точності

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 (Ø110H7)	1	1,6×1 = 1,6
3,2 (Ø130e8, 18±0.02, 20 <sup>+0.1</sup> )	3	3,2×3 = 9,6
6,3 (всі інші)	15	6,3×15 = 94,5
Всього	19	105,7

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{234}{19} = 12,31.$$

Таблиця 2.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
7	Ø110H7	1	7×1=7
8	Ø130e8	1	8×1=8
9	Ø182d9, 18±0.02	2	9×2=18
11	75 <sub>-0,1</sub>	1	10×1=10
11	20 <sup>+0,1</sup>	1	11×1=11
12	Ø7H12	1	12×1=12
14	всі інші	12	14×12=168
Всього		19	234

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова  $0,918 > 0,8$  ( $K_T > 0,8$ ).

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

### 2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.

Дана деталь – Кришка 12-04 випускається в умовах середньосерійного виробництва, оскільки маса деталі 3,247 кг (легкі деталі масою до 10 кг), а програма випуску  $N = 5000$  шт. ( в межах 5000 – 50000 шт.).

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

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

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

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

Для прийнятого в розділі 1 варіанту положення виливка та компоновки ливникової системи розраховуємо розміри виливка:

$$35 + 1,2 + 1,4 = 37,6 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 182 + 2 \cdot 2,2 = \varnothing 186,4 \text{ (мм);}$$

$$18 + 1,4 - 1,4 = 18 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 130 + 2 \cdot 2,2 = \varnothing 134,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 104 - 2 \cdot 2,2 = \varnothing 99,6 \text{ (мм);}$$

$$25 + 1,4 = 26,4 \text{ (мм).}$$

Масу заготовки визначаємо методом створення 3d моделі.

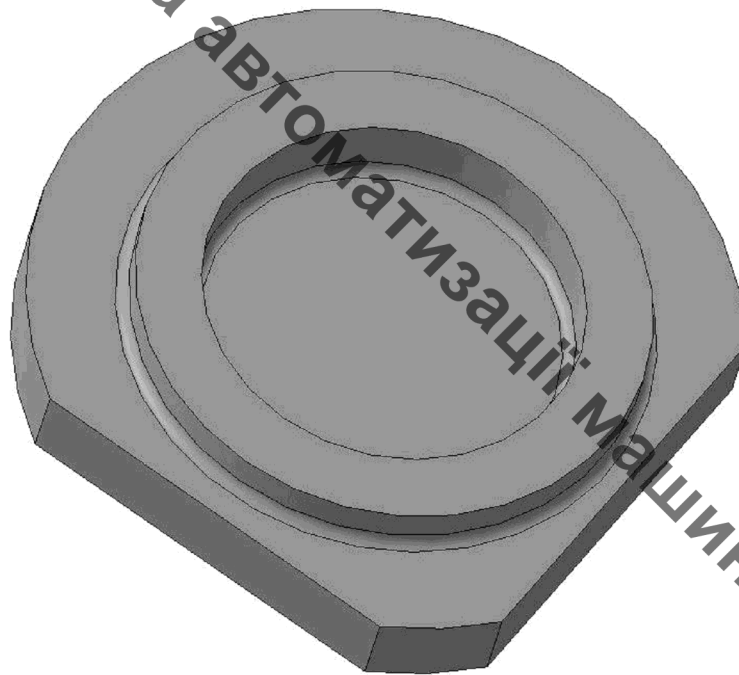


Рисунок 2.2 – Вилівок піщано-глиниста форма (машинне формування)

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

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

При литті в піщано-глинисті форми (машинне формування) для всіх варіантів компоновки ливарної оснастки:

$$K_{т.м.1} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{3,247}{4,681} = 0,693;$$

$$K_{т.м.2} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{3,247}{4,607} = 0,705;$$

$$K_{т.м.3} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{3,247}{4,756} = 0,682.$$

За результатами розрахунків остаточно обираємо конфігурацію за варіантом 2. Зменшення вани вилівка за такою схемою складає 3,2%

#### 2.4 Розробка маршруту механічної обробки

Задана деталь “Кришка 12-04” відноситься до класу фланців [7]. Враховуючи те, що заготовка виготовляється в серійному виробництві, тому для підвищення продуктивності обробки бажано застосовувати верстати з ЧПК та багатоцільові верстати.

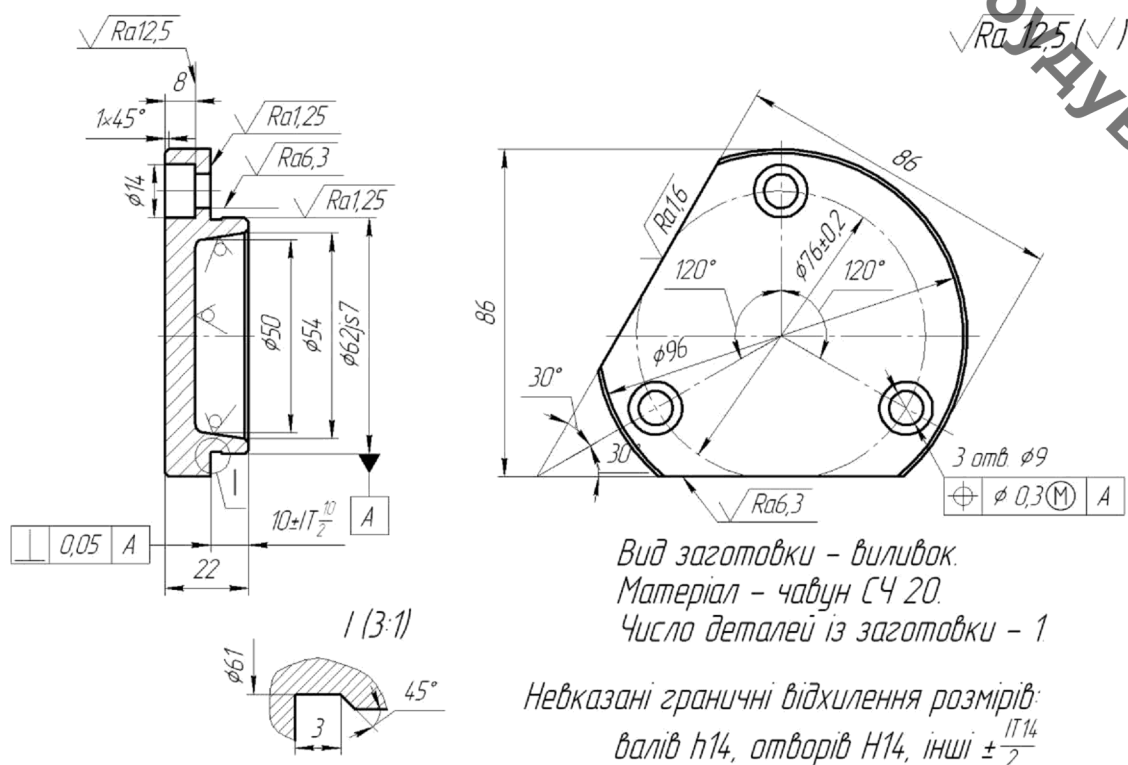


Рисунок 2.4 – Ескіз типової деталі типу "Фланець"

Після чистової обробки проводиться доводочні операції: фрезерування лисок, обробка отворів, точіння канавки. При фрезеруванні заготовка встановлюється на призму. така схема базування дає похибку базування у вигляді зміщення осі заготовки. Отвори обробляють по кондуктору або на верстатах з ЧПК, точність яких складає  $\pm 0,01$  мм.

Таблиця 2.5 – Маршрут механічної обробки типової деталі «Фланець»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62$ js7/ $\varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96$ / $\varnothing 62$ js7 остаточно, точити поверхню $\varnothing 62$ js7 під шліфування, точити канавку B=3 і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9$ / $\varnothing 14$ , фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105H7Ф4	Наладка УСП
035	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62$ js7 та шліфувати торець $\varnothing 96$ js7 остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	
045	Помити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

Фінішною операцією для типової деталі є шліфування, яке здійснюється після термообробки. Базування заготовки проводять по центровочним отворам в повідковому патроні, центра упорні. При установці в 3-х кулачковому патроні похибка базування для діаметральних розмірів  $\varepsilon_{\sigma}=0$ . При шліфуванні досягається необхідний квалітет точності та шорсткість поверхні.

Вибір способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки отвору  $\text{Ø}84\text{H}7$ .

Загальне уточнення [8]:

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

Визначаємо загальне уточнення для розміру  $\text{Ø}110\text{H}7^{(+0,035)}$ . При розрахунку враховуємо допуск заготовки на розмір при литті в піщано-глинясті форми. Допуск заготовки – 2200 мкм, допуск деталі – 35 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 2,2/0,035 = 62,8.$$

Приймаємо 4 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5, \varepsilon_2 = 3,5, \varepsilon_3 = 2,2.$$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на четвертому переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{62,8}{5 \cdot 3,5 \cdot 2,2} = 1,63.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

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

$$T_2 = T_1/\varepsilon_2 = 0,44/3,5 = 0,126 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2/\varepsilon_3 = 0,126/2,2 = 0,057 \text{ (мм)};$$

$$T_4 = T_3/\varepsilon_4 = 0,057/1,63 = 0,035 \text{ (мм)}.$$

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 – 4 переходи розточування.

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

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Проміжне уточнення	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø130e8	$\varepsilon=2/0,54=$ $=37$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=3,5$ $\varepsilon_3=2,12$	$T_3=2$	16	Точіння попер. Точіння попер. Точіння остаточ.
			$T_1=0,4$	12	
			$T_2=0,114$	9	
			$T_3=0,054$	8	
Ø182d9	$\varepsilon=2,9/0,115$ $=25,2$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=3$ $\varepsilon_3=1,68$	$T_3=2,9$	16	Розточування попер. Розточування попер. Розточування остаточ.
			$T_1=0,58$	12	
			$T_2=0,193$	10	
			$T_3=0,115$	9	

Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз.

Похибка базування на поверхні розміри яких утворюється за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю [8].

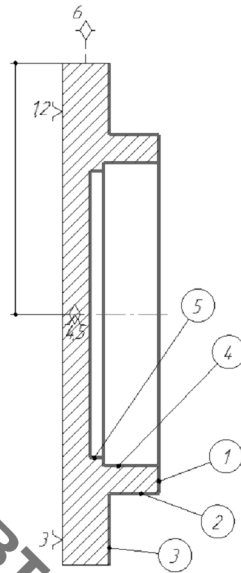


Рисунок 2.5 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

В якості чорнових баз на перших операції 005 використаємо схему базування на в 3-х кулачковий патрон.

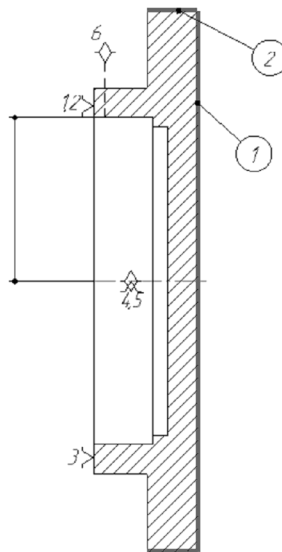


Рисунок 2.6 – Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

Використання даних схем базування дозволяє забезпечити необхідні вимоги точності.

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



Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки деталі "Кришка 12-04"

№ п.п	Назва операції: вміст переходу	Схема базування	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 2, 3 попередньо по контуру.</li> <li>3. Точити поверхні 2, 3 попередньо.</li> <li>4. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>5. Розточити поверхню 4 попередньо.</li> <li>6. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>7. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>8. Точити поверхні 1, 2, 3 остаточно.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити поверхні 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 однократно.</li> <li>4. Фрезерувати 2 пов. 3 однократно.</li> <li>5. Центрувати отв. 4 та 7 отв. 5</li> <li>6. Свердлити отв. 4.</li> <li>7. Свердлити 7 отв. 5.</li> <li>8. Цекувати 7 отв. 6.</li> <li>9. Нарізати різь в отв. 4</li> <li>10. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарний револьверний центр з ЧПК HAAS ST-20Y
015	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Розточити поверхню 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхні 2,3,4 однократно.</li> <li>4. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 160HT

## 2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів.

Призначаємо допуски на технологічні розміри згідно довідника [10].

Для заготовки приймаємо 15 квалітет точності.

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

Таблиця 2.8 – Попередні допуски технологічних розмірів

Технологічний розмір	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
Допуск, мм	0,7	0,6	0,5	0,4	0,25	0,25	0,2	0,1	1,7	1,4	1,1

Прийняті допуски будемо використовувати для розрахунках технологічних розмірів. На першому етапі проведення розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу (рис. 2.8).

$$K_{1\max} = 35 \text{ (мм)}, K_{1\min} = 34,38 \text{ (мм)};$$

$$K_{2\max} = 25,52 \text{ (мм)}, K_{2\min} = 25 \text{ (мм)};$$

$$K_{3\max} = 18,02 \text{ (мм)}, K_{3\min} = 17,88 \text{ (мм)}.$$

Розмірна схема технологічного процесу

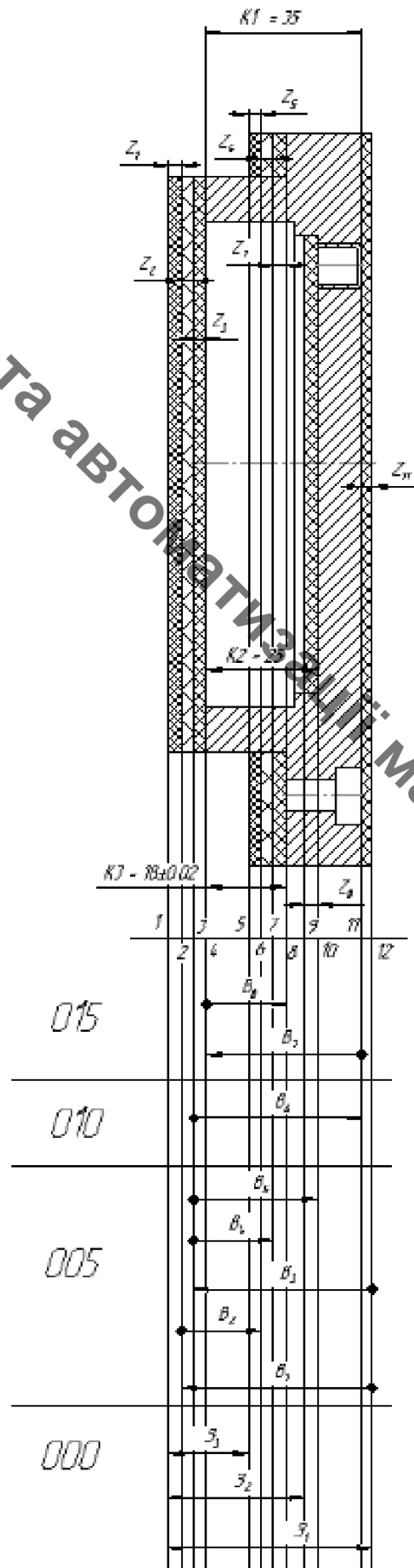


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф.

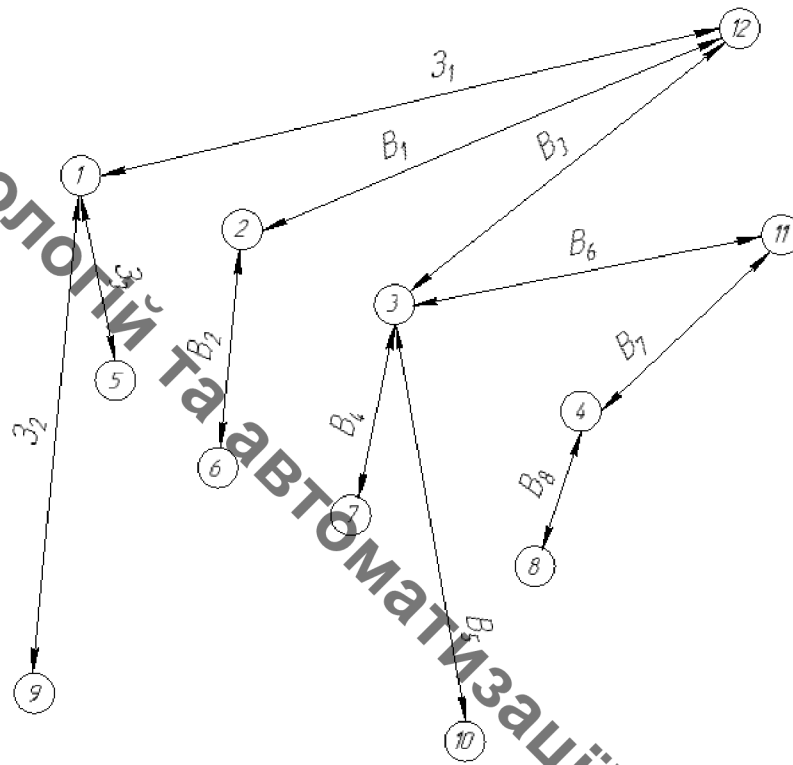


Рисунок 2.9 – Похідне граф-дерево

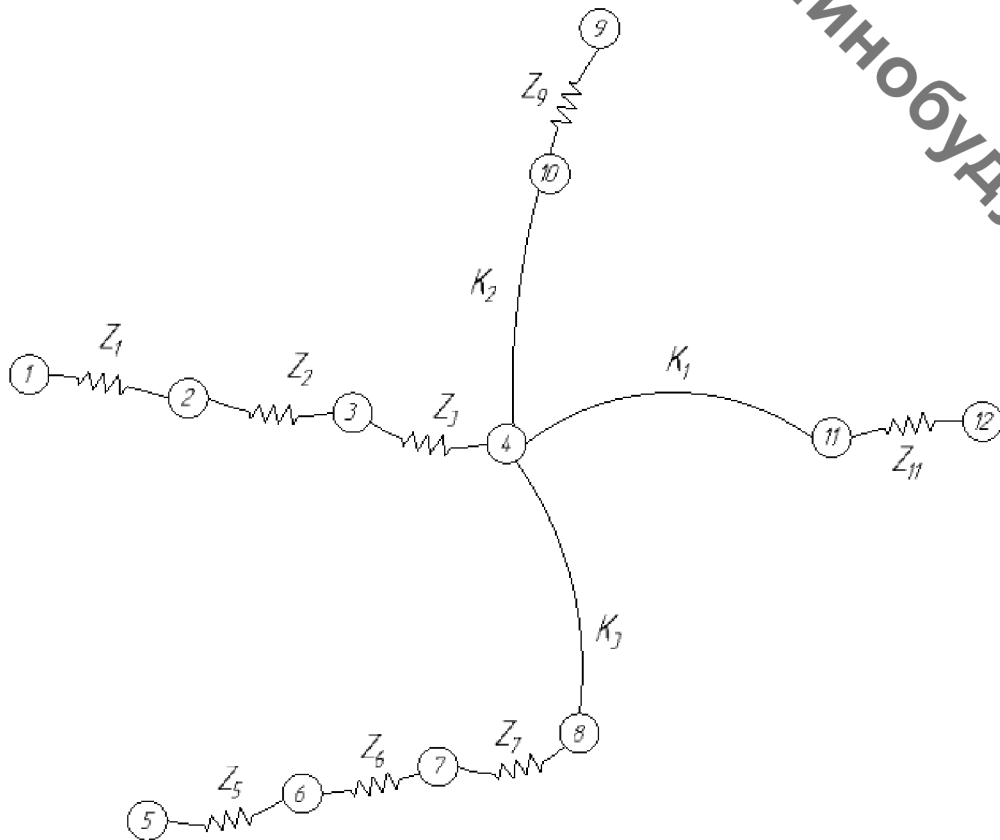


Рисунок 2.10 – Вихідне граф-дерево

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

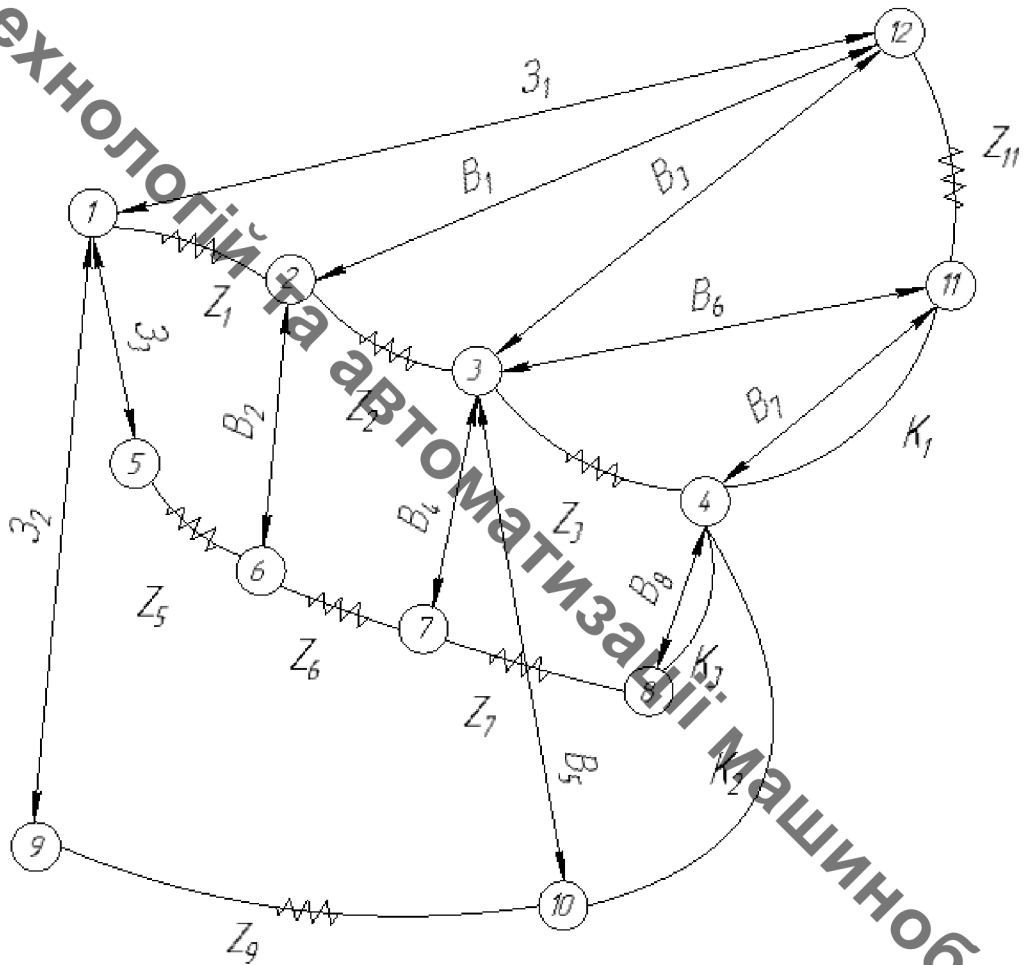


Рисунок 2.11 – Суміщене граф-дерево

Проміжні мінімальні припуски призначаємо нормативним способом.

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

$$Z_{3\min}=0,4 \text{ (мм)}; Z_{5\min}=1,2 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6\min}=0,8 \text{ (мм)}; Z_{7\min}=0,4 \text{ (мм)};$$

$$Z_{9\min}=0,6 \text{ (мм)}; Z_{11\min}=0,6 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.9 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$B_7 - K_1 = 0$	$B_7 = K_1$	$B_7$
2	$B_8 - K_3 = 0$	$B_8 = K_3$	$B_8$
3	$B_7 - Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_6 - B_7$	$B_6$
4	$B_5 - B_6 + B_7 - K_2 = 0$	$K_2 = B_5 - B_6 + B_7$	$B_5$
5	$B_3 - Z_{11} - B_6 = 0$	$Z_{11} = B_3 - B_6$	$B_3$
6	$B_1 - Z_2 - B_3 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_3$	$B_1$
7	$Z_1 - Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = Z_1 - B_1$	$Z_1$
8	$B_4 + Z_7 - B_8 + B_7 - B_6 = 0$	$Z_7 = -B_4 + B_8 - B_7 + B_6$	$B_4$
9	$B_2 + Z_6 - B_4 + B_3 - B_1 = 0$	$Z_6 = -B_2 + B_4 - B_3 + B_1$	$B_2$
10	$Z_3 + Z_5 - B_2 + B_1 - Z_1 = 0$	$Z_5 = -Z_3 + B_2 - B_1 + Z_1$	$Z_3$
11	$Z_2 + Z_9 - B_5 + B_3 - Z_1 = 0$	$Z_9 = -Z_2 + B_5 - B_3 + Z_1$	$Z_2$

Таблиця 2.10 – Технологічні розміри

Розмір, що визначається	Розрахунок
1	2
$B_7$	$B_7 = K_1$ $B_7 = 35_{(-0,62)} \text{ (мм)}$ .
$B_8$	$B_8 = K_3$ $B_8 = 18(\pm 0,02) \text{ (мм)}$ .
$B_6$	$Z_3 = B_6 - B_7$ $B_{6 \min} = Z_{3 \min} + B_{7 \max} = 0,4 + 35 = 35,4 \text{ (мм)}$ ; $B_{6 \max} = B_{6 \min} + IT(B_6) = 35,4 + 0,25 = 35,65 \text{ (мм)}$ ; $B_6 = 35,525 (\pm 0,125) \text{ (мм)}$ ; $Z_{3 \max} = B_{6 \max} - B_{7 \min} = 35,6 - 34,38 = 1,22 \text{ (мм)}$ .
$B_5$	$K_2 = B_5 - B_6 + B_7$ $B_{5 \max} = B_{6 \min} + K_{2 \max} - B_{7 \min} = 35,4 + 25,52 - 34,38 = 26,54 \text{ (мм)}$ ; $B_{5 \min} = B_{6 \max} + K_{2 \min} - B_{7 \max} = 35,65 + 25 - 35 = 25,65 \text{ (мм)}$ . $B_5 = 26,09 (\pm 0,45) \text{ (мм)}$ .

Продовження таблиці 2.10

1	2
B <sub>3</sub>	$Z_{11\min} = B_{3\min} - B_{6\max}$ $B_{3\min} = Z_{11\min} + B_{6\max} = 0,6 + 35,65 = 36,25 \text{ (MM)};$ $B_{3\max} = B_{3\min} + IT(B_3) = 36,25 + 0,5 = 36,75 \text{ (MM)};$ $B_3 = 36,75_{(-0,5)} \text{ (MM)};$ $Z_{11\max} = B_{3\max} - B_{6\min} = 36,75 - 35,4 = 1,35 \text{ (MM)}.$
B <sub>1</sub>	$Z_{2\min} = B_{1\min} - B_{3\max}$ $B_{1\min} = Z_{2\min} + B_{3\max} = 0,8 + 36,75 = 37,55 \text{ (MM)};$ $B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 37,55 + 0,7 = 38,25 \text{ (MM)};$ $B_1 = 38,25_{(-0,7)} \text{ (MM)};$ $Z_{2\max} = B_{1\max} - B_{3\min} = 38,25 - 36,25 = 2 \text{ (MM)}.$
З <sub>1</sub>	$Z_{1\min} = З_{1\min} - B_{1\max}$ $З_{1\min} = Z_{1\min} + B_{1\max} = 1,2 + 38,25 = 39,45 \text{ (MM)};$ $З_{1\max} = З_{1\min} + IT(З_1) = 39,45 + 1,7 = 41,15 \text{ (MM)};$ $З_1 = 41,15_{(-1,7)} \text{ (MM)}.$ $Z_{1\max} = З_{1\max} - B_{1\min} = 41,15 - 37,55 = 3,6 \text{ (MM)}.$
B <sub>4</sub>	$Z_{7\min} = -B_{4\max} + B_{8\min} - B_{7\max} + B_{6\min}$ $B_{4\max} = B_{8\min} - B_{7\max} + B_{6\min} - Z_{7\min} =$ $= 17,98 - 35 + 35,4 - 0,4 = 17,98 \text{ (MM)};$ $B_{4\min} = B_{4\max} - IT(B_4) = 17,98 - 0,4 = 17,58 \text{ (MM)};$ $B_4 = 17,78 (\pm 0,2) \text{ (MM)}.$ $Z_{7\max} = -B_{4\min} + B_{8\max} - B_{7\min} + B_{6\max} =$ $= -17,58 + 18,02 - 34,38 + 35,65 = 1,71 \text{ (MM)}.$
B <sub>2</sub>	$Z_{6\min} = -B_{2\max} + B_{4\min} - B_{3\max} + B_{1\min}$ $B_{2\max} = B_{4\min} - B_{3\max} + B_{1\min} - Z_{6\min} =$ $= 17,58 - 36,75 + 37,55 - 0,8 = 17,58 \text{ (MM)};$ $B_{2\min} = B_{2\max} - IT(B_2) = 17,58 - 0,6 = 16,98 \text{ (MM)};$ $B_2 = 17,28 (\pm 0,3) \text{ (MM)}.$ $Z_{6\max} = -B_{2\min} + B_{4\max} - B_{3\min} + B_{1\max} =$ $= -16,98 + 17,98 - 36,25 + 38,25 = 3 \text{ (MM)}.$

Продовження таблиці 2.10

1	2
3 <sub>3</sub>	$Z_{5min} = -3_{3max} + B_{2min} - B_{1max} + 3_{1min}$ $3_{3max} = B_{2min} - B_{1max} + 3_{1min} - Z_{5min} =$ $= 16,98 - 38,25 + 39,45 - 1,2 = 16,98 \text{ (мм);}$ $3_{3min} = 3_{3max} - IT(3_3) = 16,98 - 1,1 = 15,88 \text{ (мм);}$ $3_3 = 16,43 (\pm 0,55) \text{ (мм).}$ $Z_{5max} = -3_{3min} + B_{2max} - B_{1min} + 3_{1max} =$ $= -15,88 + 17,58 - 37,55 + 41,15 = 5,3 \text{ (мм).}$
3 <sub>2</sub>	$Z_{9min} = -3_{2max} + B_{5min} - B_{3max} + 3_{1min}$ $3_{2max} = B_{5min} - B_{3max} + 3_{1min} - Z_{9min} =$ $= 25,65 - 36,75 + 39,45 - 0,6 = 27,75 \text{ (мм);}$ $3_{2min} = 3_{2max} - IT(3_2) = 27,75 - 1,4 = 26,35 \text{ (мм);}$ $3_2 = 27,05 (\pm 0,7) \text{ (мм).}$ $Z_{9max} = -3_{2min} + B_{5max} - B_{3min} + 3_{1max} =$ $= -26,35 + 26,54 - 36,25 + 41,15 = 5,09 \text{ (мм).}$

Таблиця 2.11 – Значення технологічних розмірів та розмірів заготовки

Технологічний розмір	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
	38,25	17,28	36,75	17,78	26,09	35,525
Допуск	0,7	0,6	0,5	0,4	0,45	0,25

Продовження таблиці 2.11

Технологічний розмір	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>3</sub>
	35	18	41,15	27,05	16,43
Допуск	0,62	0,04	1,7	1,4	1,1

2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні  $\varnothing 110H7$

Для проведення розрахунків приймаємо:

- для заготовки  $R_Z = 150$  мм,  $T = 250$  мкм;



- при попередньому розточуванні приймаємо  $R_Z = T = 100$  мкм;
- при попередньому розточуванні приймаємо  $R_Z = T = 50$  мкм;
- при чистовому розточуванні  $R_Z = 20$  мкм,  $T = 25$  мкм ;
- при тонкому розточуванні  $R_Z = 10$  мкм,  $T = 20$  мкм

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, проводимо користуючись формулою:

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

Сумарне значення просторових відхилень згідно [10] визначається:

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

де  $\rho_{\text{жол}}$  – просторові відхилення спричинені жолобленням;

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

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 110)^2 + (0,7 \cdot 20)^2} = 64,39 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{зм}} = T_{20} = 0,11 \text{ (мм)};$$

$$\rho = \sqrt{64,39^2 + 110^2} = 127,46 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

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

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 127,46 = 7,6 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 7,6 = 0,4 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при попередньому розточуванні:

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

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, що при установці в самоцентруючому трьохкулачковому патроні складає 110 мкм. Відповідно похибка установки:

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

При попередньому зенкеруванні похибка установки, внаслідок того, що переходи виконуються в одному пристосуванні складатиме:

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

Мінімальний припуск:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + 250 + \sqrt{127,46^2 + 110^2}) = 2 \cdot 568 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(100 + 100 + \sqrt{7,6^2 + 5^2}) = 2 \cdot 209 \text{ (мкм)}.$$

чистове розточування:

$$2Z_{3\min} = 2(50 + 50 + 0,38) = 2 \cdot 100 \text{ (мкм)}.$$

тонке розточування:

$$2Z_{4\min} = 2(20+25) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}.$$

При тонкому розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 110,035 \text{ (мм)}.$$

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

для чистового розточування:

$$d_3 = 110,035 - 2 \cdot 0,045 = 109,945 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 109,945 - 2 \cdot 0,100 = 109,745 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_1 = 109,745 - 2 \cdot 0,209 = 109,327 \text{ (мм)}.$$

для заготовки:

$$d_{\text{зар}} = 109,327 - 2 \cdot 0,568 = 108,191 \text{ (мм)}.$$

Найменші граничні розміри визначаємо, віднімаючи допуск від заокругленого найбільшого значення граничного розміру:

$$d_{\min 4} = 110,035 - 0,035 = 110 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 3} = 109,945 - 0,054 = 109,891 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 2} = 109,75 - 0,14 = 109,61 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min 1} = 109,33 - 0,54 = 108,79 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 108,2 - 2,2 = 106 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків  $Z_{\max}^{zp}$ :

для тонкого розточування:

$$2Z_{\min 4} = 110,035 - 109,945 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 4} = 110 - 109,891 = 0,109 \text{ мм} = 109 \text{ (мкм)};$$

для чистового розточування:

$$2Z_{\min 3} = 109,945 - 109,75 = 0,195 \text{ мм} = 195 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 109,891 - 109,61 = 0,281 \text{ мм} = 281 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 109,75 - 109,33 = 0,42 \text{ мм} = 420 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 109,61 - 108,79 = 0,82 \text{ мм} = 820 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 109,33 - 108,2 = 1,13 \text{ мм} = 1130 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 108,79 - 106 = 2,79 \text{ мм} = 2790 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{0\min} = 1130 + 420 + 195 + 90 = 1835 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 2790 + 820 + 281 + 109 = 4000 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.12

Таблиця 2.12 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору  $\varnothing 110H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 110$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, мм $d_p$	Допуск мкм $\delta$	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	$R_z$	T	$\rho$	$\epsilon$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	127,46			108,191	2,2	106	108,2		
Розточув. попереднє	100	100	7,68	110	2·568	109,327	0,45	108,79	109,33	1,02	2,87
Розточув. попереднє	50	50	0,38	5,5	2·209	109,745	0,14	109,61	109,75	0,225	0,488
Розточув. остаточне	20	25	-	0,275	2·100	109,945	0,054	109,891	109,945	0,2	0,233
Читове розточув.	10	20	-		2·45	110,035	0,035	110	110,035	0,09	0,109
Ітого										1,535	3,7

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 0,109 - 0,09 = 0,019 \text{ (мм);}$$

$$\delta_5 - \delta_4 = 0,054 - 0,035 = 0,019 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,281 - 0,195 = 0,086 \text{ (мм);}$$

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

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,820 - 0,420 = 0,4 \text{ (мм);}$$

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

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 2,79 - 1,13 = 1,66 \text{ (мм);}$$

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

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення.

Таблиця 2.13 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні розміром  $\varnothing 130e8$

Поверхні	Припуск $2Z_{\min}$	Розрахункові розміри	Допуск, мм	Проміжні розміри, мм
$\varnothing 130e8$				
Заготовка $\varnothing 134,56_{-2,5}$	-	-	2,5	$\varnothing 134,56_{-2,5}$
Точіння попереднє	2,11	131,678	0,46	$\varnothing 131,68_{-0,46}$
Точіння попереднє	0,267	130,934	0,12	$\varnothing 130,93_{-0,12}$
Точіння остаточне	0,121	130	0,115	$\varnothing 130e8$

## 2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

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

Операція 010. Токарно-револьверна з ЧПК

Модель верстата – 1В340Ф30

Розрахунок режимів різання для розточування отвору  $\varnothing 110H7$ .

Ріжучий інструмент: Різець прохідний Т15К6.

Глибину різання:

$$t = (D-d)/2 = (109,814-109,21)/2 = 0,302 \text{ (мм)}.$$

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

Приймаємо  $S=0,3$  мм/об.

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

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця  
 $V_{\text{таб}} = 106 \text{ м/хв}$  [8]. Матеріал без корки  $K_{\text{пв}}=1$ ; матеріал різців Т15К6,  $K_{\text{ув}}=1$ ;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{пв}} \cdot K_{\text{ув}} = 106 \cdot 1 \cdot 0,85 = 90,1 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 90,1 / 3,14 \cdot 109,814 = 319,48 \text{ (об/хв)}.$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n = 350 \text{ (об/хв)}$ .

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 109,814 \cdot 350 / 1000 = 98,71 \text{ (м/хв)}.$$

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

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

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

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = l_{\text{р.х.}} \cdot i / n \cdot s = 28 \cdot 1 / 350 \cdot 0,3 = 0,28 \text{ (хв.)},$$

де  $l_{\text{р.х.}} = l_{\text{г}} + y + \Delta = 25 + 3 + 0 = 28 \text{ (мм)}$ .

Розрахунок режимів різання для свердління шести отворів  $\varnothing 7$ .

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне ГОСТ 10903-77.

Визначення припуску на обробку:

$$t = 7/2 = 3,5 \text{ (мм)}.$$

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

$$S_0 = S_{таб} \cdot K_{1s} = 0,39 \cdot 1,0 = 0,39 \text{ (мм/об)}.$$

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

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

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

Визначаємо швидкість різання. Допустиму ріжучими властивостями інструмента,  $V_{таб} = 19,4 \text{ м/хв}$ ,  $K_{1v} = 0,8$  [8]:

$$V = V_{таб} \cdot K_{1v} = 19,4 \cdot 0,8 = 15,52 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 15,52}{3,14 \cdot 7} = 449 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Тоді  $n_{пр} = 400 \text{ об/хв}$ .

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 400}{1000} = 14,137 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо потужність різання при заданих режимах різання,  $N_{таб} = 0,19$  (кВт).

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

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



Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складає:

$$t = L / s \cdot n = 21 / 0,4 \cdot 400 = 0,14 \text{ (хв.)},$$

де  $L = l_n + l_n + l_p = 2 + 2 + 17 = 21$  (мм).

для 6-и отворів

$$T = t \cdot 6 = 0,14 \cdot 6 = 0,84 \text{ (хв.)}.$$

Таблиця 2.14 – Режими різання Операція 005 - Токарно-револьверна з ЧПК

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	S <sub>хв</sub> , мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	Точити торець 1, 3 та поверхню 2 попередньо	0,7	0,2	72,8	364	150,5
3	Точити торець 3 та поверхню 2 попередньо	0,4	0,3	113,4	378	156,4
4	Розточити отвір 4, торець 6 попередньо.	0,8	0,2	82,4	412	140,7
5	Розточити отвір 4, торець 6 попередньо.	0,4	0,25	109	436	150,4
6	Розточити отвір 5, торець 7 однократно.	0,6	0,25	105,25	421	137,5
7	Розточити отвір 4, торець 6 остаточно.	0,15	0,35	216,3	618	213,5
8	Точити торець 1, 3 та поверхню 2 остаточно	0,35	0,35	220,15	629	256,7

Оптимізація на EOM режимів різання на поверхні чистового точіння

Ø130e8 здійснюємо за допомогою електронної програми.

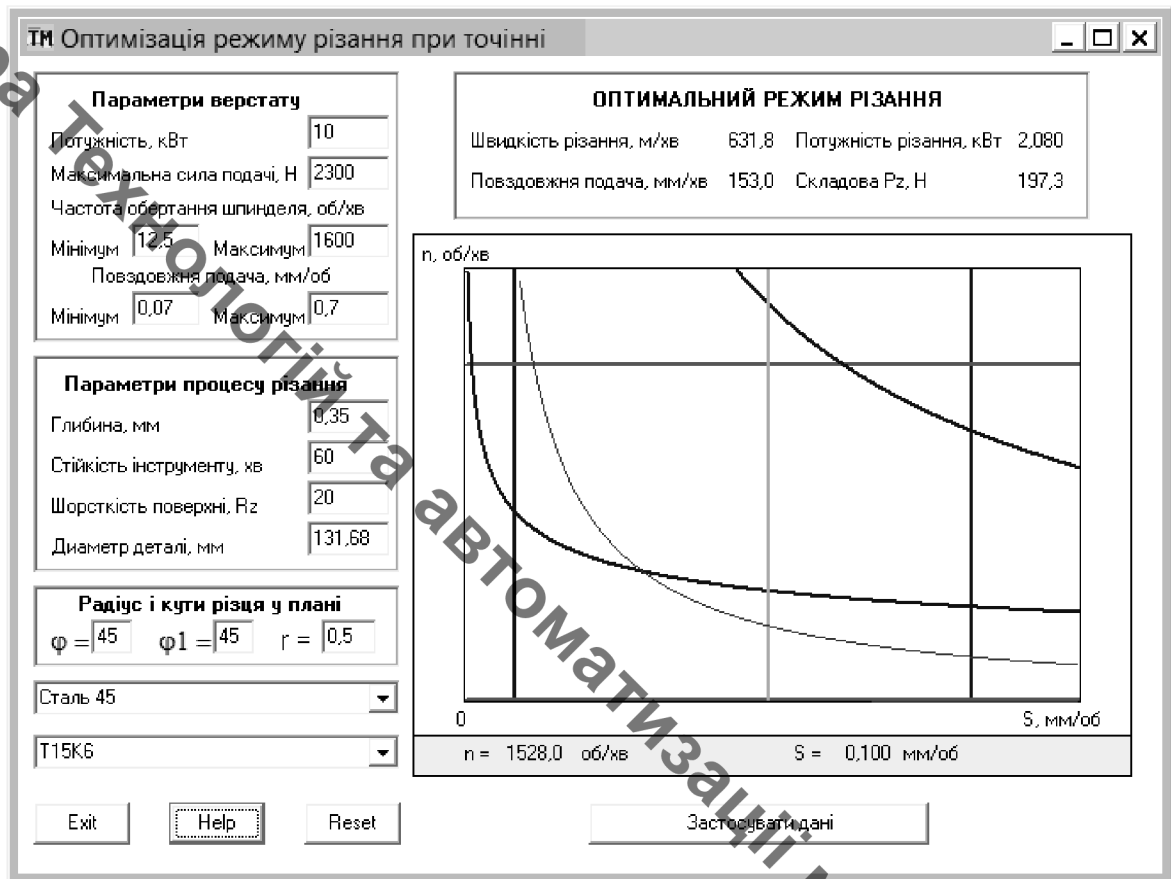


Рисунок 2.12 – Оптимізація режимів різання для чистового точіння  $\varnothing 130e8$

## 2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Визначаємо основний технологічний час (підрізання торця):

$$t_o = T_o = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3}, [\text{хв}] \quad (2.18)$$

Так, наприклад, при виконанні другого переходу маршруту механічної обробки операції 005, де обробляється торець деталі, маємо:

$$T_{o2} = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 (182^2 - 130^2) \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ (хв)}.$$

Основний час для операції 005:

$$\begin{aligned}
T_o &= 0,17 \cdot d \cdot l + 0,037 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,052 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + \\
&\quad + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,2 \cdot d \cdot l + 0,052 \cdot (D^2 - d^2) + 0,19 \cdot d \cdot l = \\
&= 0,17 \cdot 130 \cdot 18 + 0,037 \cdot (182^2 - 130^2) + 0,18 \cdot 130 \cdot 18 + 0,052 \cdot (182^2 - 130^2) + \\
&\quad + 0,18 \cdot 110 \cdot 20 + 0,18 \cdot 104 \cdot 5 + 0,18 \cdot 110 \cdot 20 + 0,2 \cdot 130 \cdot 18 + 0,052 \cdot (130^2 - 110^2) + \\
&\quad + 0,19 \cdot 110 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 5,874 \text{ (хв.)};
\end{aligned}$$

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

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

де  $T_{\epsilon}$  – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

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

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

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

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

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

Тоді

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

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

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_{\epsilon}) = 0,07 \cdot (5,874 + 0,95) = 0,476 \text{ (хв.)};$$

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

$$T_{om} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (5,874 + 0,95) = 0,337 \text{ (хв.)};$$

Тоді маємо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 5,874 + 0,95 + 0,476 + 0,337 = 7,637 \text{ (хв.)};$$

Час виконання операцій називається штучно-калькуляційним і визначається:

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

де  $T_{шт}$  – штучний час, хв.;

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

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

$n$  – кількість деталей в партії, шт.;

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

де  $N$  – річна програма випуску деталей,  $N = 5000$  шт.;

$t$  – кількість днів запасу деталей на складі,  $t = 2$  день;

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

Тоді

$$n = \frac{5000 \cdot 2}{252} = 39,68 = 40 \text{ (шт.)};$$

$$T_{шт-к} = 30/40 + 7,637 = 8,387 \text{ (хв.)}$$

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

Таблиця 2.15 – Норми штучно-калькуляційного часу

Номер і найменування операції	$T_o, \text{ хв}$	$T_g, \text{ хв}$			$T_{об}, \text{ хв}$	$T_{от}, \text{ хв}$	$T_{шт}, \text{ хв}$	$T_{п-з}, \text{ хв}$	$n$	$T_{шт-к}, \text{ хв}$
		$T_{у.с} + T_{з.о}$	$T_{у.л}$	$T_{уз}$						
Токарно-револьверна з ЧПК	5,972	0,45	0,4	0,1	0,476	0,337	7,637	30	40	8,387
Токарно-револьверна з ЧПК	4,53	0,45	0,4	0,1	0,208	0,234	5,503	30	40	6,253
Токарно-револьверна з ЧПК	2,157	0,45	0,4	0,1	0,121	0,132	2,815	30	40	3,565

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 8,387 + 6,253 + 3,565 = 18,325 \text{ (хв.)}$$

## 2.9 Розробка компоновки роботизованого технологічного комплексу

Основними завданнями які необхідно вирішити при розробці роботизованого технологічного комплексу є вибір промислового робота (ПР), розрахунок траєкторій руху елементів ПР та розробка алгоритму роботи РТК.

Для обробки деталі "Кришка" на 005 операції використовується верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30.

Основні параметри верстата моделі 1В340Ф30:

клас точності верстата - П;

найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм – 400;

кількість інструментів в револьверній головці, шт. – 8;

переміщення каретки X,Z, мм – 110, 310;

габарити верстата (довжина, ширина, висота (мм)) – 2840, 1770, 1670;

маса, кг – 36000;

потужність головного приводу, кВт – 6;

межі частот обертання шпинделя min/max об/хв – 45/2000;

межі робочих подач супорта та шпинделя – 1-2500

### 2.9.1 Вибір промислового робота (ПР) для РТК

Для переміщення деталі "Кришка" на операції 005, вибраний промисловий робот моделі "Бриг -10", з наступними характеристиками:

- вантажопідйомність руки робота – 10 кг;
- число ступіней рухливості руки робота – 5;
- число рук промислового робота – 1;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів - пневматичний;
- система керування - циклова;
- число програмованих координат - 4;
- засіб програмування переміщень - по упорам;
- ємність пам'яті системи, число кроків - 28;
- похибка позиціонування -  $\pm 0,3$  мм;
- найбільший виліт руки – 1260 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с;  
 $z = 100/0,3$ ;  $r = 600/0,8$ ;  $x = 100/0,3$ ;
- кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с;  
 $\varphi = 220/90$ ;  $\alpha = 180/90$ ;
- габаритні розміри, мм - 800x780x620;
- маса, кг - 300.

### 2.9.2 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів промислового робота

Побудову траєкторії руху елементів промислового робота виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру захватного пристрою промислового робота. Для початку поєднаємо початок

траєкторії з нульовою точкою, що відповідає початковому положенню промислового робота.

Таблиця 2.16 – Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм (град)
r0 1	Переміщення руки ПР вперед	550
z1 2	Переміщення вузла ПР вниз	150
	Затиск заготовки схватом ПР	-
z2 3	Переміщення руки ПР вгору	150
r3 4	Переміщення руки ПР назад	550
$\alpha$ 4 5	Ротація кисті на ПР за год. стрілкою	90°
$\phi$ 5 6	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r6 7	Переміщення руки ПР вперед	550
x7 8	Переміщення ПР вліво	70
	Затиск патрона	
	Розтиск схвату ПР	
r8 9	Переміщення руки ПР назад	550
	Вистій руки ПР (робота верстата)	
r9 10	Переміщення руки ПР вперед	550
	Затиск заготовки схватам ПР	
	Розтиск патрона	
x10 11	Переміщення ПР вправо	70
r11 12	Переміщення руки ПР назад	550
$\phi$ 12 13	Поворот руки ПР проти год. стрілки	90°
$\alpha$ 13 14	Ротація кисті на ПР проти год. стрілки	90°
r14 15	Переміщення руки ПР вперед	550
z15 16	Переміщення вузла ПР вниз	150
	Розтиск схвата ПР	
z16 17	Переміщення руки ПР вгору	150
r17 18	Переміщення руки ПР назад	550

Представимо на рисунку 2.13 фрагменти траєкторії переміщення ПР

### 2.9.3 Розробка алгоритму роботи РТК

Для визначення робочого циклу  $T_p$  та значення циклової продуктивності  $Q_{ц}$  необхідно побудувати циклограму функціонування роботизованого технологічного комплексу. За рахунок поєднання часу виконання окремих переходів і скороченні тривалості несуміщених переходів з'являється можливість скоротити  $T_p$ .

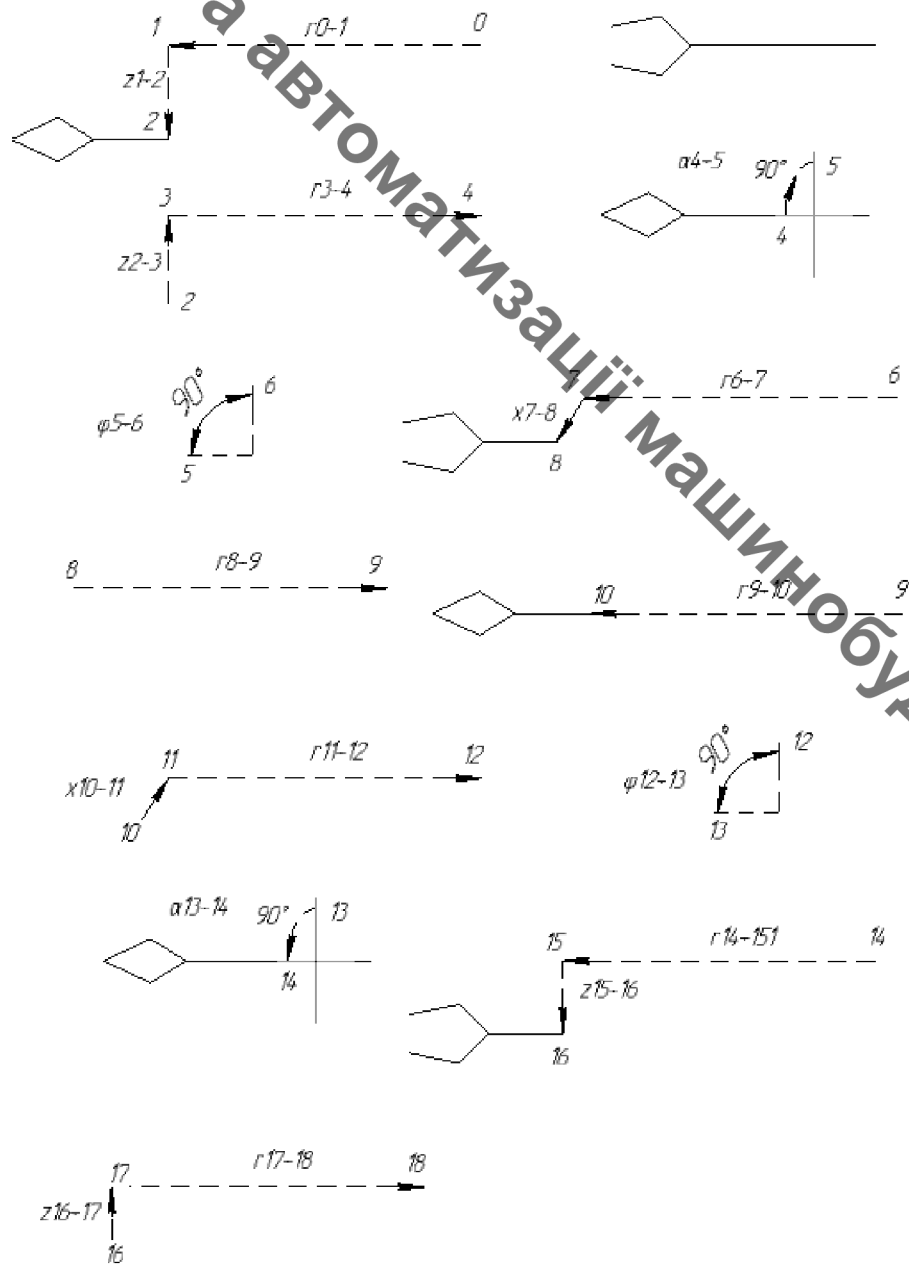


Рисунок 2.13 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР



В результаті побудови траєкторії переміщення робочого органу промислового робота з'явилась можливість визначити час виконання кожного руху:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; \text{ [c]} \quad (2.23)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, \text{ [c]} \quad (2.24)$$

де  $\varphi_I$  – кути поворотів механізмів;

$l_I$  – лінійні переміщення механізмів;

$\omega_I, V_I$  – швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

$$t_{0-1} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{1-2} = \frac{0,15}{0,3} = 0,5(c);$$

$$t_{2-3} = \frac{0,15}{0,3} = 0,5(c);$$

$$t_{3-4} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{4-5} = \frac{1,57}{0,575} = 2,73(c);$$

$$t_{5-6} = \frac{1,57}{0,575} = 2,73(c);$$

$$t_{6-7} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{7-8} = \frac{0,07}{0,3} = 0,23(c);$$

$$t_{8-9} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{9-10} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{10-11} = \frac{0,07}{0,3} = 0,23(c);$$

$$t_{11-12} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{12-13} = \frac{1,57}{0,575} = 2,73(c);$$

$$t_{13-14} = \frac{1,57}{0,575} = 2,73(c);$$

$$t_{14-15} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c);$$

$$t_{15-16} = \frac{0,15}{0,3} = 0,5(c);$$

$$t_{16-17} = \frac{0,15}{0,3} = 0,5(c); \quad t_{17-18} = \frac{0,55}{0,8} = 0,69(c).$$

Таблиця 2.17 – Алгоритм роботи РТК

	Коментар	Величина переміщення, мм, (град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	550	0,8	0,69
	Переміщення руки ПР вниз	150	0,3	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	150	0,3	0,5
	Переміщення руки ПР назад	550	0,8	0,69
Сума				2,68
Установка заготовки на верстат	Ротація кісті на ПР за год. стрілкою	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Переміщення руки ПР вперед	550	0,8	0,69
	Досилка кісті ПР вліво	70	0,3	0,23
	Розтиск схвату ПР			0,2
	Переміщення руки ПР назад	550	0,8	0,69
Сума				7,27
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні			3
	Обробка заготовки			(5,714 хв) 342,8
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			3
Сума				348,8
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	550	0,8	0,69
	Затиск заготовки схватом ПР			0,2
	Досилка кісті ПР вправо	70	0,3	0,23
	Переміщення руки ПР назад	550	0,8	0,69
Сума				1,81
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР проти год. стрілки	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Ротація кісті на ПР проти год. стрілки	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Переміщення руки ПР вперед	550	0,8	0,69
	Переміщення руки ПР вниз	150	0,3	0,5
	Розтиск схвату ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	150	0,3	0,5
	Переміщення руки ПР назад	550	0,8	0,69
Сума				8,04
Тактовій стіл	Переміщення на одну позицію			2,5

## 2.10 Висновок до 2 розділу

В даному розділі було проведено удосконалення форми заготовки та маршруту механічної обробки деталі «Кришка 12-04». Проведено моделювання процесу заповнення піщано-глинистої форми з різними варіантами ливникової системи. Також проведено аналіз утворення усадочних дефектів при різних розмірах припусків на розміри. За результатами аналізу проведеного моделювання обрано варіант 2, як найбільш раціональний з огляду якості заготовки та мінімізації маси вишивка. В результаті удосконалення базового маршруту механічної обробки деталі «Кришка 12-04» кількість операцій зменшилась до 3 операції. В розділі було проведено аналіз конструкції та технологічності деталі. Також були призначенні режими різання та норми часу на всі переходи механічної обробки. В розділі було проведено розробку роботизованого технологічного комплексу. Обрано модель промислового робота (ПР), розраховано траєкторії руху елементів ПР та розроблено алгоритм роботи РТК.

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки по удосконаленню дільниці механічної обробки деталі "Кришка 12-04", 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, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – 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
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

Продовження таблиці 3.1

	2	3	4	5	6
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
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

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	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 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дерібо О.В.	Савуляк В. В.	Сердюк О.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	1	2	2
3	2	2	3
4	3	3	2
5	3	4	4
6	1	2	2
7	3	3	2
8	2	3	4
9	2	2	3
10	3	3	2
11	3	2	3
12	4	4	3
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =29	СБ <sub>2</sub> =32	СБ <sub>3</sub> =31

Середньоарифметична сума балів  $\overline{СБ}$

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{29 + 31 + 32}{3} = 30,66$$

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

### 3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Так як деталь "Кришка 12-04" 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.

Оскільки загальний ресурс роботи масляного насосу, до складу якого входить деталь "Кришка 12-04", є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко-економічні показники можна припустити що нагнітач тиску буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

### 3.3 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Враховуючи те, що деталь "Кришка 12-04" не може бути реалізована самостійно, тому канали збуту будь обиратись для всього виробу, а саме масляного насосу НВ-32-12.

Канали збуту - це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів. Зважаючи на те, що нагнітачі тиску розповсюджуються на заводи-виробники переробної техніки та на фірми, що розповсюджують запасні частини до такої техніки, основними каналами розповсюдження будуть:

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

### 3.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуском масляних насосів крім Вінницького агрегатного заводу займається ОАО "Гідросила" м. Кропивницький. В таблиці 3.4 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 3.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, масляний насос НВК-32	Масляного насосу НВ-32-12	Відношення параметрів нового пристосування і параметрів аналога
Кількість операцій	шт.	4	3	1,33
Кількість одиниць обладнання	шт.	4	3	1,33
Сумарний час механічної обробки	хв.	24,12	20,74	1,16

Аналізуючи таблицю 3.4 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог. Вона має меншу собівартість при вищому номінальному тиску, що дозволить отримати кращі експлуатаційні характеристики.

### 3.5 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на масляний насос складовою частиною якого є кришка необхідно враховувати ціну основного конкурента на аналогічний за характеристиками нагнітач тиску.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію лише за рахунок підвищених експлуатаційних характеристик. Але собівартість таких насосів 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 приладу ніж у аналога, пропонується продавати даний насос за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

### 3.6 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 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість операцій		8		0,3
Кількість одиниць обладнання		8		0,3
Сумарний час механічної обробки	9			0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (3.1)$$

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

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

$\alpha_i$  - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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 3.6, 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 3.6 – Основні технічні та економічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Технічні показники				
Кількість операцій	4	3	1,33	0,3
Кількість одиниць обладнання	4	3	1,33	0,3
Сумарний час механічної обробки	24,12	20,74	1,16	0,4
Економічні показники				
Собівартість продукції	2000	1800	1,11	0,7
Капітальні вкладення	95000	100000	0,95	0,3

$$q_1=1/3=1,33;$$

$$q_2=4/3=1,33;$$

$$q_3=24,12/20,74=1,16.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{ЯВ} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (3.2)$$

$$K_{ЯВ}=1,33 \cdot 0,3+1,33 \cdot 0,3+1,16 \cdot 0,4=1,262.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 26,2%.

### 3.7 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:

$$K=I_{тп}/I_{еп}, \quad (3.3)$$

де  $I_{тп}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{еп}$  – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}, \quad (3.4)$$

де  $P_{bei}$   $P_{nei}$  – економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = (1800 \cdot 0,7 + 100000 \cdot 0,3) / (2000 \cdot 0,7 + 95000 \cdot 0,3) = 1,045;$$

$$K = 1,262 / 1,045 = 1,207 > 1.$$

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

### 3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [14]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (3.5)$$

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

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

$t$  – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{10500}{22} \cdot 15 = 7159,09 \text{ (грн.)}.$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	10500	477,27	15	7159,09
2.	Інженер-технолог	8300	377,27	13	4904,54
4.	Інженер-конструктор	8300	377,27	14	5281,78
Всього					17345,41

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (3.6)$$

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  $K_c=1,37$ ;

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

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{3m}} \left[ \frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (3.7)$$

де:  $M_n$  – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 вересня 2020 року –  $M_n = 5000$  грн.;

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

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

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

$$C_4 = 5000 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 58,36 \text{ (грн./год.)};$$

Таблиця 3.8 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Токарно-револьверний 1В340Ф30 (налагодження)	0,133	4	58,36	7,76
Токарно-револьверний НААС 20У (налагодження)	0,109	4	58,36	6,36
Токарно-револьверний 160НТ (налагодження)	0,104	4	58,36	6,07
Всього				20,19

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

$$Z_d = (17345,41 + 20,19) \cdot 12\% = 2083,87 \text{ (грн.)}.$$

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

$$(17345,41 + 20,19 + 2083,87) \cdot 0,22 = 4278,88 \text{ (грн.)}.$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

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

$$A = \frac{Ц}{T_{Н.В.}} \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$  – строк корисного використання обладнання (міс.);

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

Таблиця 3.9 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютер Lenovo	10000	4	1	208,3
Приміщення	200000	25	1	666,67
Токарно-револьверний 1В340Ф30	150000	5	0,5	1250
Токарно-револьверний HAAS 20Y	210000	5	0,5	1750
Токарно-револьверний 160HT	230000	5	0,5	1916,67

Відповідно:

$$A = 208,3 + 666,67 + 1250 + 1750 + 1916,67 = 5791,64 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.],} \quad (3.8)$$

де:  $H_i$  – витрати матеріалу  $i$ -го найменування, 4,528 кг,

$C_i$  – вартість матеріалу  $i$ -го найменування, 28,2 грн./кг.,

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

$B_i$  – маса відходів  $i$ -го найменування, 1,466 кг,

$C_b$  – ціна відходів  $i$ -го найменування, 6 грн./кг.

$n$  – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.10 – Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 35	28,2	4,528	1,466	6	131,78
					131,78

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь 35 і відповідно отримаємо:

$$M = 4,528 \cdot 28,2 \cdot 1,1 - 1,466 \cdot 6 = 131,78 \text{ (грн.).}$$

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_n \text{ [грн.],} \quad (3.9)$$



де:  $B$  – вартість 1 кВт-години електроенергії. На 1 січня 2020 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить  $B = 3,063$  грн./кВт згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця".

$P$  – установлена потужність обладнання;

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

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт використання потужності.

Таблиця 3.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютер Lenovo	15 днів = $15 \cdot 8 = 120$ годин	0,5	1
Приміщення (освітлення)	120	0,9	1
Токарно-револьверний 1В340Ф30	40	12	0,9
Токарно-револьверний НААС 20У	40	12	0,9
Токарно-револьверний 160НТ	40	10	0,9

$$B_{e1} = 3,063 \cdot 0,5 \cdot 120 \cdot 1 = 183,78 \text{ (грн.)},$$

$$B_{e2} = 3,063 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 1 = 330,8 \text{ (грн.)},$$

$$B_{e3} = 3,063 \cdot 12 \cdot 40 \cdot 0,9 = 1323,22 \text{ (грн.)},$$

$$B_{e4} = 3,063 \cdot 12 \cdot 40 \cdot 0,9 = 1323,22 \text{ (грн.)},$$

$$B_{e5} = 3,063 \cdot 10 \cdot 40 \cdot 0,9 = 1102,68 \text{ (грн.)},$$

$$B_e = 183,78 + 330,8 + 1323,22 + 1323,22 + 1102,68 = 4263,7 \text{ (грн.)}.$$

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

$$V_{in}=(1...3) (3_o+3_p) , \quad (3.10)$$

$$V_{in}= 2 \cdot (17345,41 + 20,19) = 34731,2 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V = 17345,41 + 20,19 + 2083,87 + 4278,88 + 5791,64 + \\ + 131,78 + 4263,7 + 34731,2 = 67646,67 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за  $V_{zag}$  формулою:

$$V_{zag} = \frac{V}{\alpha}, \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$V_{zag} = 67646,67 / 0,95 = 71207,02 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = V_{zag} / \beta, \quad (3.12)$$

де  $\beta$  – 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:

$$ЗВ = 71207,02 / 0,9 = 79118,91 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 79,118 тис. грн.

### 3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект модернізації дільниці механічної обробки деталі "Кришка 12-04" 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 масляних насосів складає щороку приблизно 20000 шт. Середня ціна подібних виробів 1800 грн. Оскільки собівартість виготовлення кришки за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші насоси приблизно на 10% дешевше, тобто в середньому за 1620 грн. або на 180 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що масляні насоси даного типорозміру буде 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 масляних насосів.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 травня 2021 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2022-го, 2023-го, 2024-го та 2025-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 8000 шт.;

2-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 10000 шт.;

3-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 12000 шт.;

4-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 10000 шт.

У 2026 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розраховуємо 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta/100), \quad (3.13)$$

де  $\Delta\Pi_0$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми домовилися, що  $\Delta\Pi_0 = 180$  грн;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що  $N = 8000$  шт.;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$\Pi_0$  – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;  $\Pi_0 = 1800$  грн;

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

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2020 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

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

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток. У 2020 році  $\vartheta = 18\%$ .

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора  $\Delta\Pi_1$  протягом першого року від реалізації нашої розробки (2021 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (8000 \cdot 180) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 245990,16 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (10000 \cdot 180) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 252139,91 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (12000 \cdot 180) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 302567,89 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (10000 \cdot 70) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 252139,91 \text{ (грн.)}$$

### 3.10 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  $E_{\text{абс}}$ . Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (3.14)$$

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

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

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (3.15)$$

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

$\tau$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

$\tau$  – 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  $E_{abc} > 0$ , то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо  $E_{abc} < 0$ , то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Весь час, що характеризує рух платежів буде мати вигляд, представлений на рисунку 3.1

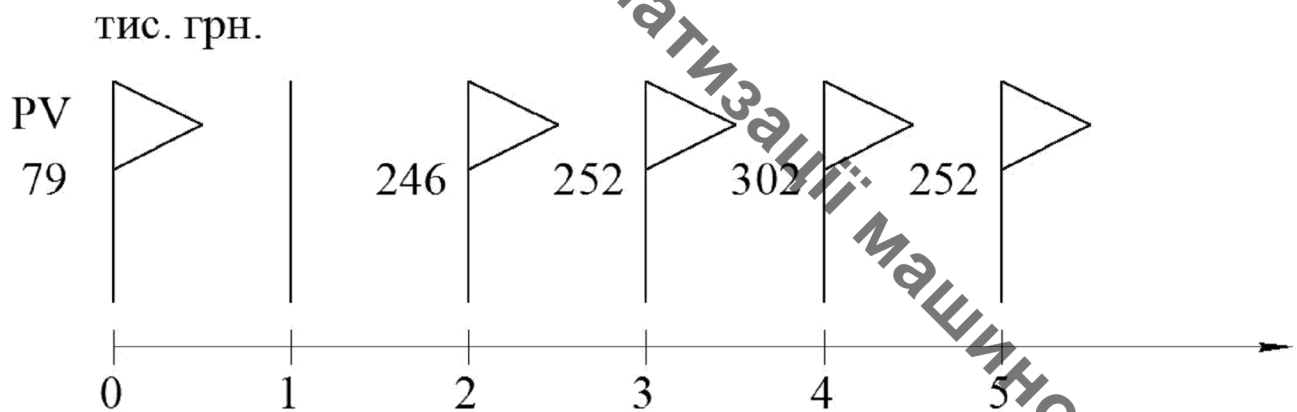


Рисунок 3.1. – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

$$ПП = \frac{245990,16}{(1+0,1)^2} + \frac{252139,91}{(1+0,1)^3} + \frac{302567,89}{(1+0,1)^4} + \frac{252139,91}{(1+0,1)^5} = 755951,08 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 755951,08 - 79118,91 = 676832,17 \text{ грн.}$$

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:

$$E_B = \sqrt[T]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (3.16)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій,  $E_{abc} = 676832,17$  грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 79118,91$  грн.;

$T_j$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 676832,17 / 79118,91} - 1 = 0,37 = 37\%.$$

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  $\tau_{\min}$  визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.17)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні  $d = (0,08...0,16)$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05...0,2)$ , але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,12 + 0,10 = 0,22 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 22\%.$$

Оскільки величина  $E_v = 37\% > \tau_{\text{мін}} = 22\%$ , то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_v,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,37 = 2,7.$$

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.

### 3.11 Висновки до розділу 3

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 2,7 років.



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

На дільниці, де виготовлюється деталь деталі «Кришка 12-04» діють небезпечні та шкідливі фактори фізичної, хімічної та психологічної груп.

В процесі механічної обробки виділяється стружка, туман мінеральних мастил, ЗОР, які видаляються через вентиляційну систему. При цьому можливий вплив на робітників шкідливих і небезпечних факторів:

- підвищений вплив шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- рухомі машини і механізми, рухомі частини верстатів;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищена температура робочої зони;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини;
- гострі кромки, заусениці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструмента, обладнання;
- недостатня освітленість робочої зони.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- токсичні;
- подразнюючі.

Ці фактори виникають внаслідок застосування у виробництві ЗОР для нормальної роботи ріжучого інструменту і можуть бути причиною хронічних та гострих отруєнь. Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть бути на дільниці: фізичні перевантаження, монотонність роботи.

## 4.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпечних умов праці

Обладнання на дільниці пофарбовано відповідно нормам машинобудування НОВ-2 "кольори фарбування металорізальних верстатів". Станини верстатів пофарбовані у світлозелені кольори, рухомі частини - у кремовий, внутрішні частини огорожень рухомих частин верстатів, лампи, сигналізуючі про порушення технічного процесу, кнопки, рукоятки вимикачів, а також аварійні кнопки - у червоний. Переpletіння світлових прийомів, стіни над рівнем 2,5-3 м пофарбовані у білий колір, так як біла поверхня відбиває більше 80% падаючого світла, створюючи добру освітленість. Панелі пофарбовані у світлозелений колір.

### 4.2.1 Мікроклімат

Показниками, які характеризують мікроклімат виробничих приміщень є температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Мікроклімат на підприємстві вимірюють в виробничих приміщеннях, де знаходяться працівники на постійних і непостійних робочих місцях. Оптимальні показники мікроклімату розповсюджуються на всю робочу зону, допустимі - встановлюються диференціально для робочих місць. Згідно [18] на даній дільниці проводяться роботи категорії Пб - середньої важкості, пов'язані з постійним переміщенням і роботи, які не потребують переміщення ваги. В таблиці 1 наведені допустимі норми вологості температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні згідно [18].

Вимірювання показників мікроклімату необхідно проводити на початку, всередині і в кінці холодного та теплого періодів року. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 100 Вт/м при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Допустимі показники мікроклімату потрібно підтримувати.

Таблиця 4.1 – Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря в холодний і теплий період року

Період робіт	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/хв		
		Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост. і не пост. не більше	Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост. і не пост. не більше	
		В.М.	Н.М.	В.М.	Н.М.					
		На робочих місцях								
Оптимальна	постійні	не постійні	постійні	не постійні	Оптимальна	Допустима на робочих місцях пост. і не пост. не більше				
Холодний	26	18	21	23	15	13	70	75	0,2	Не більше 0,4
Теплий	26	21	27	29	16	15	65	При 26° С 70	0,3	0,2...0,5

В даному цеху внаслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій механічної обробки виникає виробничий пил, який може викликати професійні захворювання. Крім захворювань запиленість викликає підвищення зношування поверхонь тертя. Головним засобом боротьби з пилом та шкідливими речовинами є вентиляція. В нашому цеху використовуємо природну та механічну вентиляцію. При природній вентиляції повітрообмін проходить за рахунок різниці температур повітря в приміщенні і зовні, а також в результаті дії швидкості повітря. В якості природної вентиляції використовуємо неорганізовану вентиляцію, при якій постування і видалення повітря проходить через нещільності і пори зовнішніх огорожень, через вікна. В якості механічної використовуємо приточно-витяжну вентиляцію, яка забезпечує видалення шкідливих речовин і подачу в цех чистого повітря.

Системи опалення, вид і параметри теплоносія, а також типи нагрівальних пристроїв передбачаються з урахуванням теплової енергії навколишніх конструкцій у відповідності з характером і призначенням [19] в приміщенні даного цеху передбачені система опалення, внутрішнього водопроводу, гарячого водопостачання, каналізації. Система опалення використовується з умови забезпечення температури повітря в приміщеннях в холодний і перехідний періоди року на рівні 16°С. Опалення - центральне,

водяне і парове з радіаторами і ребристими трубами. Нагріваючі прилади встановлюються біля зовнішніх вікон.

#### 4.2.2 Освітленість

При виконанні в приміщенні робіт Пв розряду слід приймати систему комбінованого освітлення  $E=200$  лк [20].

Характеристика зорових робіт - дуже високої точності, найменший розмір об'єкту розрізнення від 0,15 мм до 0,3 мм. В таблиці 3.2 наведені нормативні значення КЕО при природному і штучному освітленні згідно [20] для нашого цеху.

Таблиця 4.2 – Нормування освітленості за СНиПШ-4-79

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комбін.	Комбін.
Високоточн.	Більше 0,15 до 0,3	2	в	Середин.	Середин.	750	2,5

Природне освітлення (КПО<sub>п</sub>,  $e_n^{III}$ , %);

при боковому освітленні  $e_n^{III} = 2,5\%$ .

Суміщене освітлення - при боковому освітленні,  $e_n^{III} = 1,5\%$ .

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c, \quad (4.1)$$

де  $e_n^{III}$  – значення коеф. природного освітлення в III поясі світлового клімату;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату;

$c$  – коефіцієнт сонячності клімату.

Природне освітлення:  $e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,68\%$ .

При виконанні робіт Ів розряду слід приймати систему комбінованого освітлення  $E=2000$  лк.

Отже, освітленість робочої зони дільниці відповідає нормам [20].

Таблиця 4.3 – Рівень освітленості

Лампи	Освітленість від загального освітлення в системі	
	Найбільша	Найменша
Газорозрядні	750	500

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела місцевого освітлення. Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт ІІ розряду при люмінесцентних лампах 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються повинно складати 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк. Аварійне освітлення передбачається, якщо відключення робочого освітлення може викликати: порушення норм обслуговування обладнання, тривале порушення технічного процесу.

#### 4.2.3 Шум

На дільниці має місце шум, джерелами якого є робота обладнання, інструменту, ударні процеси, що виникають внаслідок руху деталей із змінним прискоренням. Характеристикою шуму на робочих місцях являються рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах. В таблиці 4 наведені допустимі рівні звукового тиску в октавних полосах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні на робочих місцях виробничих приміщень та на території підприємства згідно [21]. Для установок вентиляції, кондиціонування повітря та повітряного опалення допустимі рівні шуму необхідно приймати на 5дБ менше рівнів, указаних в табл. 4.4

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц									рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Дія шуму на людину може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональний розлад. Довготривала дія інтенсивного шуму може призвести до патологічного стану слухового апарату, до його перетворення і виникнення професійного захворювання. Шум викликає зміни серцево-судинної системи.

Заходи по зниженню шуму на нашій ділянці приводні двигуни розташовані в нішах станини, стінки яких покриті звукоізолюючими матеріалами.

#### 4.2.4 Вібрація

Причиною виникнення вібрації на ділянці являються виникаючі при роботі машин і агрегатів неврівноважені силові дії. Згідно [22] вибираємо категорію вібрації по санітарним нормам та критерій оцінки – 3 тип "а" - межа зниження продуктивності. Санітарні норми одно числових показників вібраційного навантаження до оператора для довго тривалості зміни 8 годин наведені в табл. 4.5

Методи захисту від вібрації.

Заходи, щодо захисту від дії вібрації поділяють на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні. Також вони можуть бути розподілені як колективні та індивідуальні.

До технічних заходів відносять:

– зменшення вібрації в джерелі її виникнення полягає у виборі таких кінематичних і технологічних схем, при яких процеси, що викликані ударами, різкими прискореннями виключаються (заміна кулачкових і кривошипних механізмів гідроприводами, штампування – пресуванням тощо);

Таблиця 4.5 – Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації	Направлення дії	Нормативні, скоректовані по частоті і еквівалентні значення			
			віброприскорення		віброш вид кості	
			м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с·10 <sup>-2</sup>	дБ
Загальна	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> ,	0,1	100	0,2	92
Локальна		Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub> ,	2,0	125	2	112

– вібродемпфування зводиться до перетворення механічної коливальної енергії в тепло. Досягається за рахунок використання конструкційних матеріалів з великим внутрішнім тертям (пластмаси, гума), нанесенням на віброуючі поверхні шару пружнов'язких матеріалів (мастики, пінопласт, пластикат тощо);

– віброгасіння – віброуюче обладнання встановлюється на масивні фундаменти. Масу фундаменту підбирають таким чином, щоб амплітуда коливань підшви фундаменту не перевищувала 0,1...0,2 мм, а для особливо точного обладнання – 0,005 мм;

– віброізоляція полягає в зменшенні передачі коливань від джерела вібрації до об'єкту, що захищається. Це досягається введенням в систему пружного елемента (віброізолятори, амортизатори, пружні каретки тощо).

Пружні елементи, що вводяться в коливальну систему можуть бути: пружинними; гумово-металевими; гумовими з ребристої або дірчастої гуми.

До організаційних заходів відносять:

– організаційно-технічні (своєчасний ремонт та обслуговування обладнання за технологічним регламентом, контроль вібрації, дистанційне керування вібронебезпечним обладнанням);

– організаційно- режимні (режим праці та відпочинку, заборону залучення до вібраційних робіт осіб молодших 18 років, тощо);

Для профілактики віброзахворювання необхідний раціональний режим праці і відпочинку. Загальний час контакту з віброуючими машинами не

повинен перевищувати 2/3 тривалості робочого дня, включаючи перерви на 10-15 хв. на кожні 60 хв роботи. До робіт з віброуючими машинами та механізмами допускаються особи що досягли 18 років і пройшли медичне обстеження.

До лікувально-профілактичних заходів відносяться:

- медичний огляд (періодичний – 1 раз на рік);
- лікувальні процедури (фізіологічні процедури, вітаміно- та фітотерапія).

4.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

#### 4.3.1 Техніка безпеки

На робочому місці працівник зобов'язаний:

- повністю виконувати вимоги з охорони праці, пожежної безпеки, передбачені відповідними правилами, інструкціями, наказами, розпорядженнями;
- тримати в порядку і чистоті своє робоче місце, не порушувати санітарні правила у службових та загальних приміщеннях;
- утримуватись від дій, які заважають іншим працівникам виконувати свої обов'язки;
- дотримуватись дисципліни праці і виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;



- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

#### 4.3.2 Електробезпека

По способу захисту людини від уражень електричним струмом електричні вироби в цеху відповідають 2-му класу і відносяться до категорії з особливою небезпекою, зокрема струмопровідна підлога та агресивна атмосфера. Основний засіб захисту – занулення.

Корпуса апаратів, джерел живлення, а також установки і маніпулятори повинні бути заземлені; категорично забороняється використання контурів заземлення в якості оберненого дроту зварного ланцюга. Пристрої для перемикання і підключення електричних ланцюгів повинні бути захищені кожухами; номінальний струм плавких запобіжників не повинен перевищувати струм, вказаний в схемі. Працюючий повинен бути забезпечений окулярами для захисту очей. Монтажні роботи і ремонт обладнання потрібно проводити тільки після вимкнення електричного струму.

До обслуговування електроустановок допускаються особи, які закінчили спец, курси та школи.

Захист від електричного струму. В електричних схемах обладнання передбачено блокуючий пристрій на випадок падіння або збільшення напруги. Режими різання - регламентовані, контроль за цим веде технолог цеху.

Конструкція обладнання повинна забезпечити виключення до регламентованих рівнів шуму, обладнання не повинно служити джерелом виділення в робочу зону виробничих приміщень шкідливих речовин (шуму, газів, парів) вище ГДК, а також великої кількості теплоти, вологи, які змінюють метеорологічні умови. Обладнання повинно мати засоби сигналізації про порушення нормального режиму роботи. Органи управління повинні забезпечити надійність пуску і швидкість зупинки, зручне використання, зусилля для переміщення повинне бути невелике.

#### 4.4 Пожежна безпека

Категорія приміщень за пожежною і вибухонебезпекою [23] - "Д". Ступінь вогнестійкості - 2.

Це будівлі з несучими і відгороджуючими конструкціями з природніх та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

При категорії "Д" ступені дії вогнестійкості 2 по [24] визначається допустима кількість поверхів, площа поверху у межах кожного відліку необмежена. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до ближнього евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо зовні.

Таблиця 4.6 – Мінімальна вогнестійкість окремих елементів

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій, год. (над ризикою) максимальні межі розповсюдження вогню по ним, см							
	Стіни			Колони	Драбинні площадки	Плити, настили	Елементи покриття	
	несучі	самонесучі	Внутрішні несучі				Плити, прогони	Балки, ферми, арки
2	2/0	1/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Таблиця 4.7 – Ступінь вогнестійкості будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м будівлі
			одноповерхових
Д	6	ШБ	20000

Кількість евакуаційних виходів слід приймати не менше 2.

При проектуванні виробничого приміщення передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з [25]: висота

від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного знаходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Для запобігання пожеж в цеху необхідно провести ряд заходів з техніки безпеки, а саме:

- встановити пожежні сповісники;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробування обладнання; оснащення дільниць засобами пожежегасіння, встановити новий комплект пожежного щита, забезпечити вільний доступ до пожежного інвентарю.

#### 4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація - це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншими чинниками, що призвело (може призвести) до загибелі людей та/або значних матеріальних втрат. Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є: матеріальні збитки, істотне погіршення стану довкілля, наявність або загроза загибелі людей, чи суттєві погіршення умов їх життєдіяльності [17].

Радіація — випромінювання, випускання променів будь-яким тілом, наприклад Сонцем (сонячна радіація) чи іншим джерелом. Під радіацією розуміють потоки елементарних частинок і квантів, проходження яких через речовину викликає її іонізацію. Це електрони, позитрони, протони, нейтрони та ін. елементарні частинки, а також атомні ядра і електромагнітне випромінювання гамма-, рентгенівського і оптичного діапазонів.

Існує кілька видів випромінювання. Альфа-випромінювання – це потік важких часток, що складаються з нейтронів і протонів, не здатне проникнути навіть крізь аркуш паперу і людську шкіру. Стає небезпечним, тільки при попаданні всередину організму з повітрям, їжею, через рану. Бета-випромінювання являє собою потік негативно заряджених часток, здатних проникати крізь шкіру на глибину 1-2 см. Гамма-випромінювання – має

найвищу проникну здатність. Такий вид випромінювання може затримати товста свинцева або бетонна плита.

Вплив радіації на живий організм викликає в ньому різні зворотні і незворотні біологічні зміни. І ці зміни діляться на дві категорії – соматичні, викликані безпосередньо у людини, і генетичні, що виникають у нащадків. Важкість впливу радіації на організм людини залежить від того, як відбувається цей вплив – відразу чи порціями. Більшість органів встигає відновитися, тому вони краще переносять серію короткочасних доз, в порівнянні з тією ж сумарною дозою опромінення за один раз.

У загальному випадку ступінь ушкоджень організму залежить від інтенсивності і тривалості впливу радіації на нього. Наслідки для здоров'я в результаті радіаційного опромінення прийнято поділяти на дві основні категорії: стохастичні і не стохастичні.

Дія радіації на радіоелектроніку верстатів на ділянці залежить від виду випромінювання, дози радіації та умов навколишнього середовища. Дане робоче місце має в своєму складі верстати з ЧПК, які вмішують велику кількість проводів, напівпровідників, різноманітні елементи електроніки. Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації через високу концентрацію вільних носіїв електричних зарядів. В радіоелектронній апаратурі сучасних верстатів з числовим програмним керуванням радіація викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть виникнути порушення роботи елементів схеми, що призводить до пошкодження апаратури. Якщо потік у-променів, проходить через елементи радіоелектронної апаратури, то в них виникають вільні носії зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може привести до включення або взагалі до виходу пристрою з ладу.

Іонізуюче випромінювання може викликати зворотні і незворотні зміни в матеріалах, елементах радіотехнічної, електротехнічної, оптичної та іншої апаратури.

Незворотні зміни в матеріалах ведуть до порушень структури кристалічної ґратки внаслідок виникнення дефектів, а також в результаті проходження різних фізико-хімічних процесів.

Електромагнітний імпульс (ЕМІ) захвачує спектр частот від десятків до кількох сотень мегагерц, тобто діапазон, в якому працюють установки електропостачання та ін.

Час наростання ЕМІ до максимального становить кілька мільярдних частинок секунди, що значно менше часу спрацювання відомих електронних систем захисту. Це значить, що в момент приходу ЕМІ чутливе електронне обладнання одержить дуже велике перевантаження, протистояти якому воно не зможе.

Уражаюча дія ЕМІ пов'язана з акумулюванням його енергії довгими металевими предметами, рамними і каркасними конструкціями, лініями електропередач та зв'язку, в них виникають сильні наведені струми, які руйнують підключене електронне устаткування. У районі дії ЕМІ безпосередній контакт людини зі струмопровідними предметами небезпечний.

4.6 Визначення області працездатності обладнання з ЧПК ділянки механічної обробки деталі «Кришка 12-04» в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій оцінки для електронних систем верстата 1В340Ф30 в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_{\delta} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\delta}}{U_{6(z)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (4.2)$$

де  $U_{\delta}$  – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{6(r)}$  – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Знаходимо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{Д} = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} \cdot N \text{ [В]}, \quad (4.3)$$

де N - допустимі коливання напруги в мережі (N=10%)

$U_{ж}$  – робоча напруга системи ЧПК верстата 1В340Ф30, В;

$$U_{Д} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 10 = 26,4 \text{ (В)}.$$

У зв'язку з тим, що окремі елементи цих систем можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то стійкість роботи системи в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

Визначимо максимальну вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_{B(\Gamma)}} \text{ [дБ]}, \quad (4.4)$$

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ (дБ)}.$$

Звідки

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\sigma}}{10^{\frac{K_{\sigma}}{20}}} \text{ [В]}, \quad (4.85)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{26,4}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,264 \text{ (В)}.$$

Максимально допустиме значення вертикальної складової напруженості електричного поля:

$$E_B = \frac{U_\Gamma}{l_\Gamma}, \left[ \frac{B}{M} \right] \quad (4.6)$$

де  $l_\Gamma$  – довжина горизонтальної частки струмопровідного кабелю.  $l_\Gamma = 1,9$  м.

$$E_B = \frac{0,264}{1,9} = 0,139 \left( \frac{B}{M} \right).$$

#### 4.7 Висновок до розділу 4

Для дільниці механічної обробки деталі «Кришка 12-04» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. Визначено необхідну кількість світильників для забезпечення загального освітлення дільниці.

Проаналізовано безпеку в надзвичайних ситуаціях. При визначенні області працездатності електромеханічних частин верстата ІВ340Ф30 на дільниці механічної обробки деталі «Кришка 12-04» в умовах дії електромагнітного імпульсу було виявлено наступне: апаратна частина верстатів з ЧПК збереже працездатність при вертикальній складовій напруженості електричного поля від 0 до 0,139 В/м.

## ВИСНОВОК

Підвищення точності виготовлення заготовки є досить складним технічним завданням, що включає в себе рішення конструкторських та технологічних питань, проведення додаткових досліджень, розробку специфічного апаратного і програмного забезпечення.

Підвищення якості і точності виготовлення заготовок можна досягнути за рахунок використання імітаційного моделювання на етапі проектування оснащення. Проведено моделювання декількох варіантів положення заготовки та ливарного оснащення. Вибрано найбільш раціональне положення. Це дозволило зменшити вагу заготовки на 3,2 %.

В технологічному розділі було проведено удосконалення маршруту механічної обробки деталі «Кришка 12-04» із застосуванням обладнання яке забезпечить задані параметри точності деталі. В порівнянні з базовим маршрутом механічної обробки кількість операцій зменшилась до 3 операції. Також було проведено аналіз технологічності деталі. У якості фінішної операції механічної обробки найбільш точної поверхні – внутрішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 110H7$  використано тонке розточування. Також були призначені режими різання та норми часу на переходи механічної обробки. Було проведено розробку роботизованого технологічного комплексу. Обрано модель промислового робота (ПР) для операції 005, розраховано траєкторії руху елементів ПР та розроблено алгоритм роботи РТК.

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію дільниці механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує



депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проєкту складає 2,7 роки.

Для дільниці механічної обробки деталі «Кришка 12-04» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. При визначенні області працездатності електромеханічних частин верстата 1В340Ф30 на дільниці механічної обробки деталі «Кришка 12-04» в умовах дії електромагнітного імпульсу було виявлено наступне: апаратна частина верстатів з ЧПК збереже працездатність при вертикальній складовій напруженості електричного поля від 0 до 0,139 В/м.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковганич В. В. Використання САМ ливарних процесів / В. В. Ковганич, Т. Ю. Шпіта, С. І. Сухоруков // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)”, Вінниця.
2. Хричиков В. Е. Ливарне виробництво чорних і кольорових металів: Навч. посібник. / В. Е. Хричиков, О. В. Меньяло – Видання друге, доопрацьоване. -Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015.–89с.
3. Абрамов К. В. До питання про комп’ютерне моделювання ливарних процесів / К. В. Абрамов, Т. Г. Сабірзянов // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - 2009. - Вип. 22. - С. 53-58.
4. Кукуй Д. М. Теория и технология литейного производства: В двух ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Адрианов. – Минск : Новое знание, 2011. – 216 с.
5. Дусанюк Ж. П. Технологічні процеси виготовлення деталей машин. Навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 196 с.
6. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. / [Дусанюк Ж.П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін. ] – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с
7. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с
8. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйшая школа, 1983.— 256 с.
9. Титов Н. Д. Технология литейного производства / Н. Д. Титов, Ю. А. Степанов. – М. : Машиностроение, 1974. – 432 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / [Абрамов Ю. А., Андреев В. Н., Горбунов Б. И. и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч I. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч II. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с

13. Мельников Н.Г., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 1990. -352 с.

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

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

16. Кобилянський О.В. Основи охорони праці (в двох частинах). Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, Ч. 2. – 2007. – 171 с.

17. 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.

18. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

19. СНиП 3.05.04-85 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации

20. СНиП II-4-79. Природне і штучне освітлення

21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки

22. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда.  
Вибрационная безопасность

23. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по  
взрывопожарной и пожарной опасности

24. СНиП 2.09.02-85 Производственные здания

25. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ  
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_ (підпис)

«05» жовтня 2020 р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА  
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 12-04»

08-26.МКР.009.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Сухоруков С. І. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Ковганич В. В. \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
 а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Кришка 12-04» за удосконалення конструкції заготовки та досягнення вищої якості та точності для відповідальних поверхонь;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) удосконалення конструкції елементів заготовки;

б) модернізація технологічного процесу механічної обробки для підвищення якості та точності відповідальних поверхонь;

в) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Кришка 12-04».

Необхідність розгляду методів виготовлення заготовки та вибору найбільш раціональної конструкції ливарного оснащення.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	2.09.20 р.	21.09.20 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	2.09.20 р.	21.09.20 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	2.09.20 р.	5.10.20 р.	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	10.09.20 р.	25.11.20 р.	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	10.09.20 р.	25.11.20 р.	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	29.10.20 р.	25.11.20 р.	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма



необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

#### 8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Додаток Б

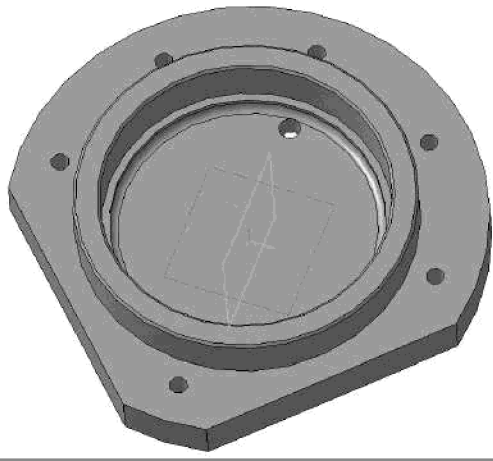
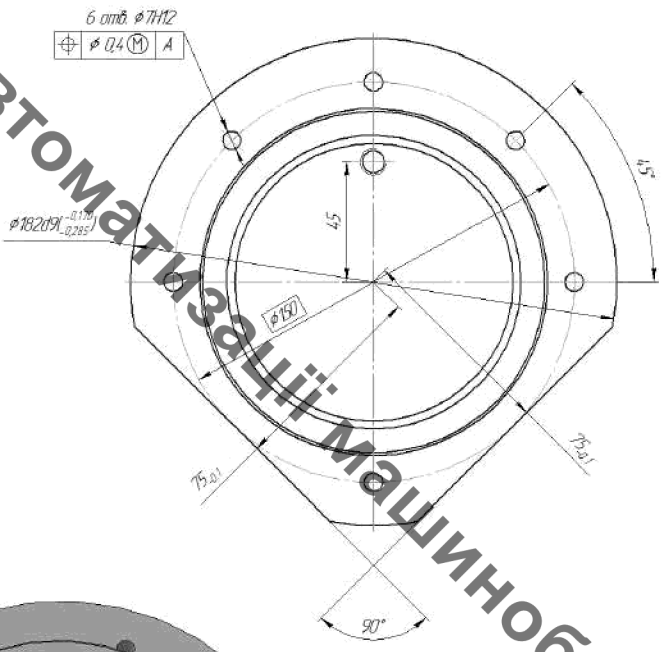
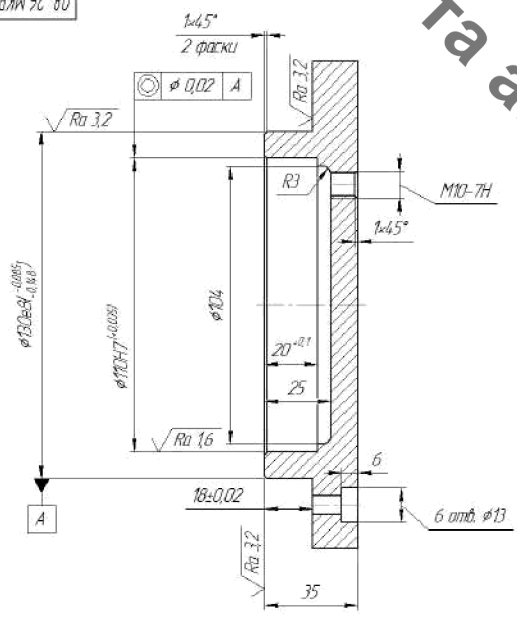
Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

# Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

08-26.МКР.РТК.009.00.001

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\sqrt{I})}$



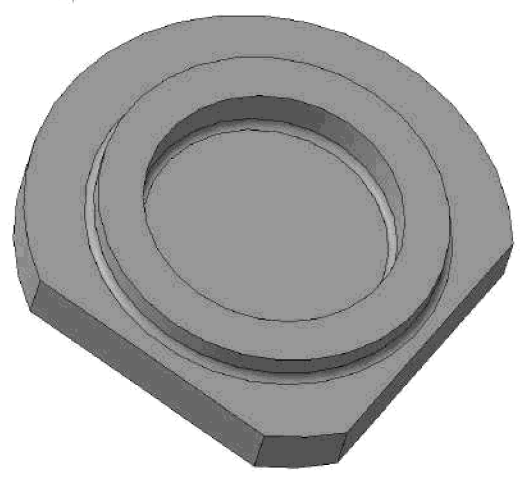
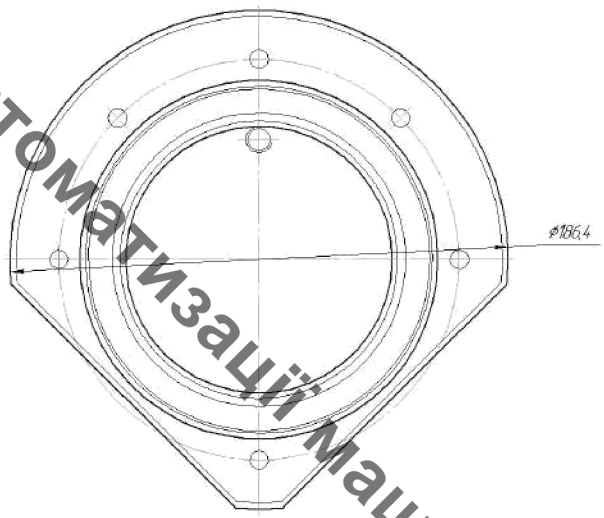
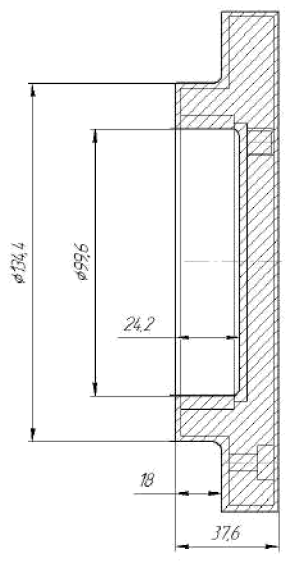
Невказані граничні відхилення розмірів по Н14, h14,  $\pm \frac{1}{2}$

08-26.МКР.РТК.009.00.001					Лист		Маса		Кількість	
Кришка 12-04					3,247		11			
Сталь 35А ГОСТ 1050-88					ВН14		20.11.14-19.14		Формат А2	

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

08-26.МКР.009.00.002

√ Ra 16 (√)



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

Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10

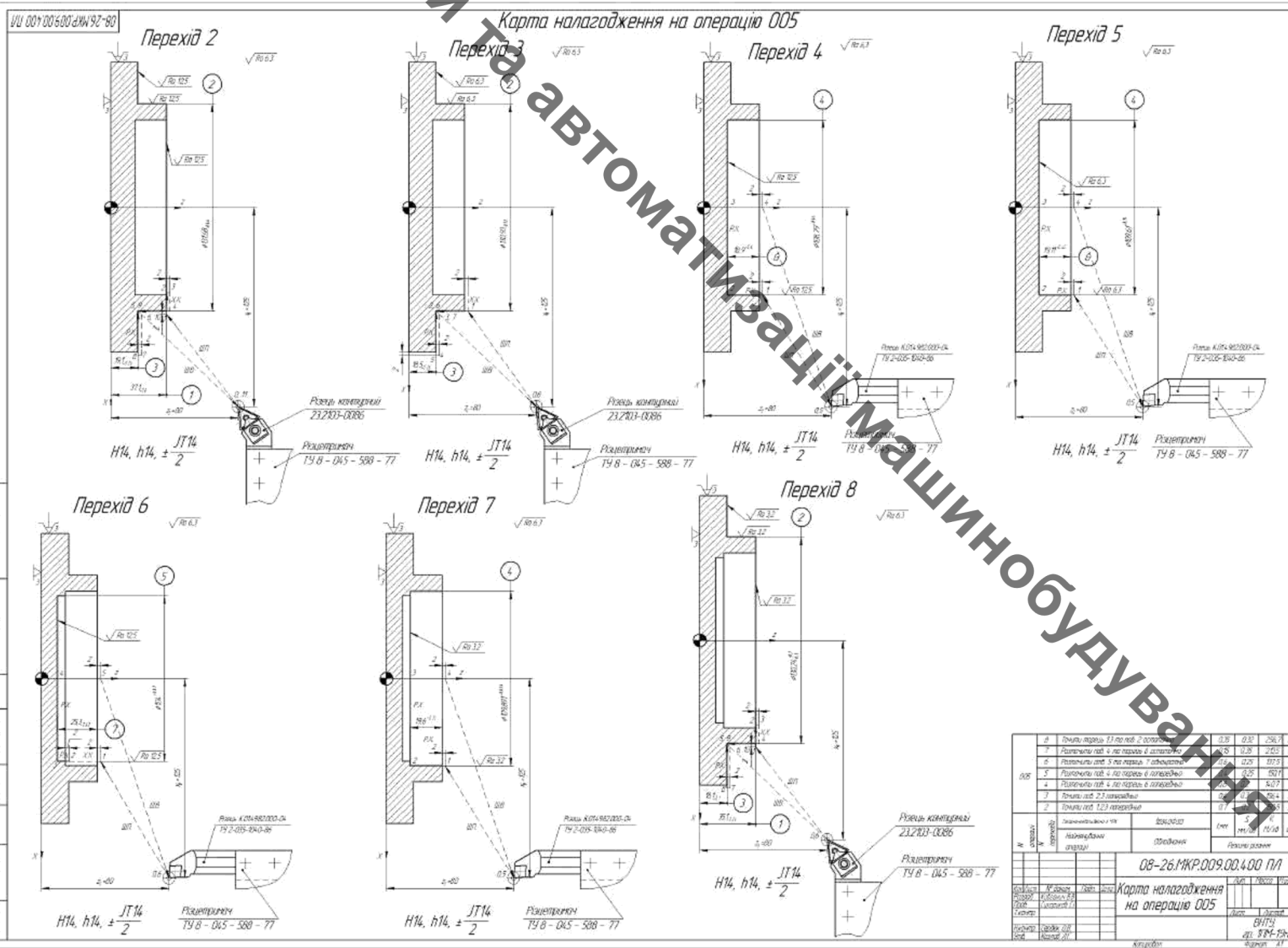
				08-26.МКР.009.00.002	
№ документа	№ документа	Розробник	Дата	Лист	Кількість
Кришка 12-04	Кришка 12-04			4,607	11
(вильбок)	(вильбок)				
Матеріал	Сталь 35Л ГОСТ 977-88	ВН14			
Знак		20.11.14-19.14			
Контроль					
Матеріал	Сталь 35Л ГОСТ 977-88	ВН14			
Знак		20.11.14-19.14			
Контроль					

п.п.	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити поверхні 1 в розмір <math>38,25_{-0,7}</math>, 2 в розмір <math>\phi 131,68_{-0,4}</math> та 3 в розмір <math>18,6 \pm 0,3</math> по контуру.</li> <li>3. Точити поверхні 2 в розмір <math>\phi 130,93_{-0,12}</math> та 3 в розмір <math>17,4 \pm 0,2</math>.</li> <li>4. Розточити поверхню 4 в розмір <math>\phi 108,79^{+0,45}</math>.</li> <li>5. Розточити поверхню 4 в розмір <math>\phi 109,61^{+0,14}</math>.</li> <li>6. Розточити поверхню 5 однократно.</li> <li>7. Розточити поверхню 4 остаточно.</li> <li>8. Точити поверхні 1, 2, 3 остаточно.</li> <li>9. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30</p>
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Точити поверхні 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхню 2 в розмір <math>\phi 182,92_{-0,25}</math>.</li> <li>4. Фрезерувати 2 пов. 3 однократно.</li> <li>5. Центрувати отв. 4 та 7 отв. 5</li> <li>6. Свердлити отв. 4.</li> <li>7. Свердлити 7 отв. 5.</li> <li>8. Цекувати 7 отв. 6.</li> <li>9. Нарізати різь в отв. 4</li> <li>10. Точити поверхню 2 в розмір <math>\phi 182d9</math>.</li> <li>11. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарний револьверний центр з ЧПК HAAS ST-20Y</p>
015	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити і закріпити деталь.</li> <li>2. Розточити поверхню 1 однократно.</li> <li>3. Точити поверхні 2,3,4 однократно.</li> <li>4. Зняти деталь.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 160НТ</p>

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

08-26-МКР.009.00.200 П1					
Машинист	№ операції	Посл.	Дата	Маршрут механічної обробки	Лист
Резерв	Контроль Д.В.				Листов
Інженер	Специаліст С.				Т
Машинист	Специаліст С.				
Машинист	Специаліст С.				
Машинист	Специаліст С.				

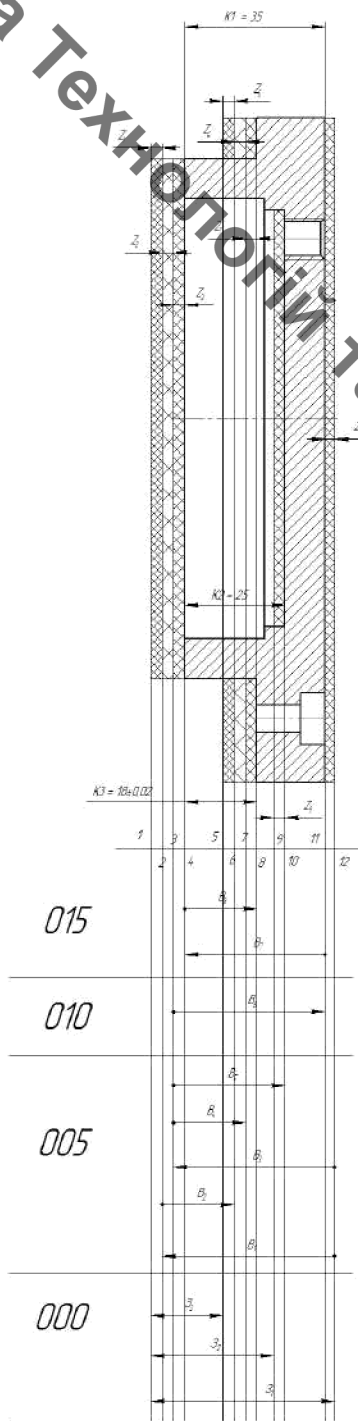
Карта налагодження на операцію 005



№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції	№ операції
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

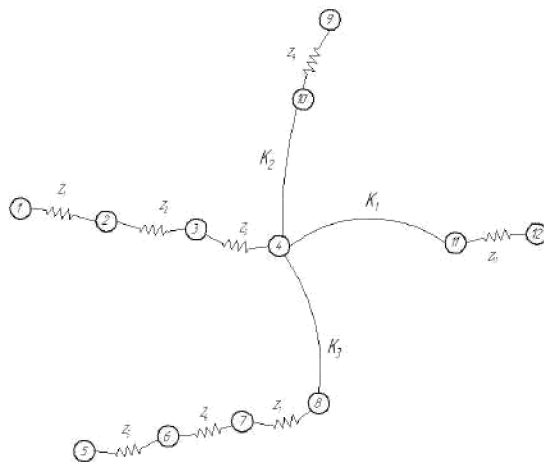
08-26.МКР.009.00.400 ПЛ  
Карта налагодження на операцію 005  
ВНТУ  
дл. 314-124  
Формат А1

Розмірна схема технологічного процесу

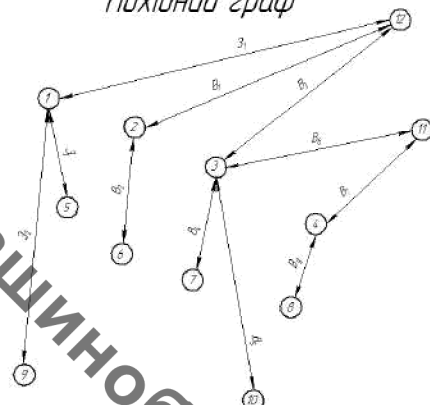


015  
010  
005  
000

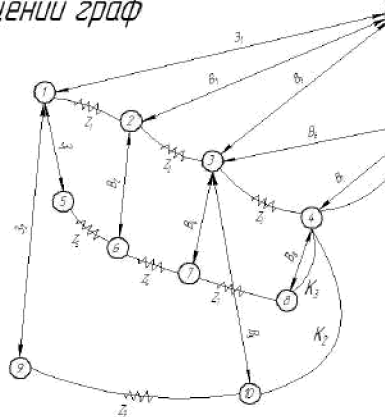
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф



Технологічні розміри та розміри заготовки

	$V_1$ , мм	$V_2$ , мм	$V_3$ , мм	$V_4$ , мм	$V_5$ , мм	$V_6$ , мм	$V_7$ , мм	$V_8$ , мм	$V_9$ , мм	$V_{10}$ , мм	$V_{11}$ , мм
тип	37,55	16,98	36,25	17,58	25,65	35,4	34,38	17,98	39,54	26,35	15,88
тех	38,25	17,58	36,75	17,98	26,54	35,65	35	18,02	41,15	27,75	16,98

Припуски на механічну обробку поверхонь

	$Z_1$ , мм	$Z_2$ , мм	$Z_3$ , мм	$Z_4$ , мм	$Z_5$ , мм	$Z_6$ , мм	$Z_7$ , мм	$Z_8$ , мм	$Z_9$ , мм
тип	1,2	0,8	0,4	1,2	0,8	0,4	0,6	0,6	
тех	3,6	2	1,22	5,3	3	1,71	5,09	1,35	

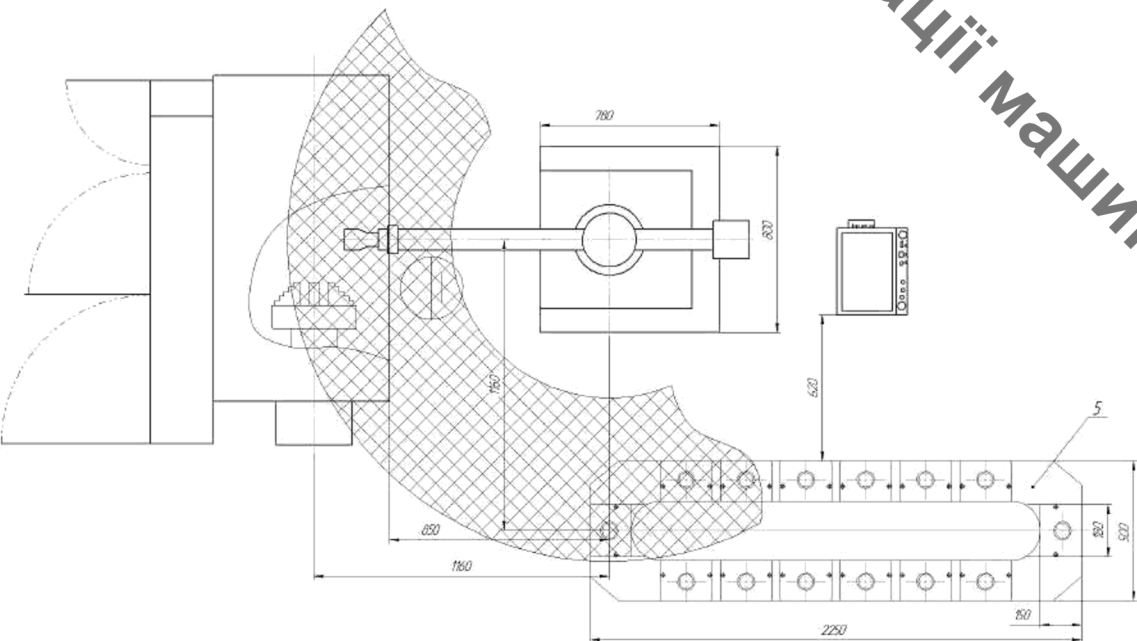
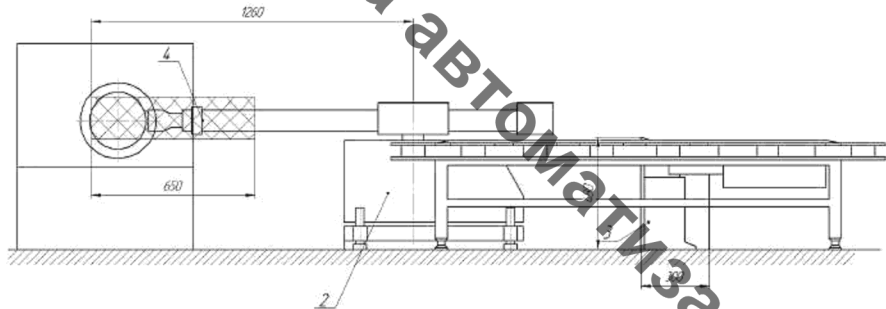
				08-26.МКР.009.00.300 ПЛ		
Директор	№ документа	Дата	Змін	Розмірний аналіз технологічного процесу		
Інженер	Кодифікатор	Дата	Лист	Листів	1	
Конструктор	Специфікація	Дата	11М-19М			
Замовник	Сторона	Дата	Формат А1			

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

08-26.МКР.009.00.500 ПП

### Компоновка РТК



1. Верстат моделі 1В34.0Ф30
2. ПР моделі Бриг-10Б
3. Пристрій керування
4. Захватний пристрій
5. Тактовий стіл СТ 150

**Технічні характеристики ПР**

- вага робота - 80 кг.
- число ступенів вільності - 5;
- число руж - 1;
- число робочих пристроїв на одній руці - 1;
- привод шліфних руд - пневматичний;
- система керування - шкідлива;
- число програмованих координат - 4;
- час програмованого переміщення - по координаті;
- вага підйомного механізму - 28 кг;
- максимальна швидкість - 0,3 м/с;
- максимальна сила дії - 1250 Н;
- швидкість переміщення м/с; швидкість м/с;
- $t = 600/0,3$
- $x = 400/0,3$
- кути повернення / швидкість / °/с;
- $\alpha = 220/20$ ;
- $\beta = 180/20$ ;
- загальні розміри мм - 800x780x620;
- марка мр - ХХІ.

**Характеристика робочого місця**

- 1 Коefіцієнт використання КвР 0,053
- 2 Коefіцієнт відносного завантаження Кзв 0,65
- 3 Режим роботи ПР негнкий

				08-26.МКР.009.00.500 ПП			
				Компоновка РТК			
				ПМ-19м			
				Формат А1			

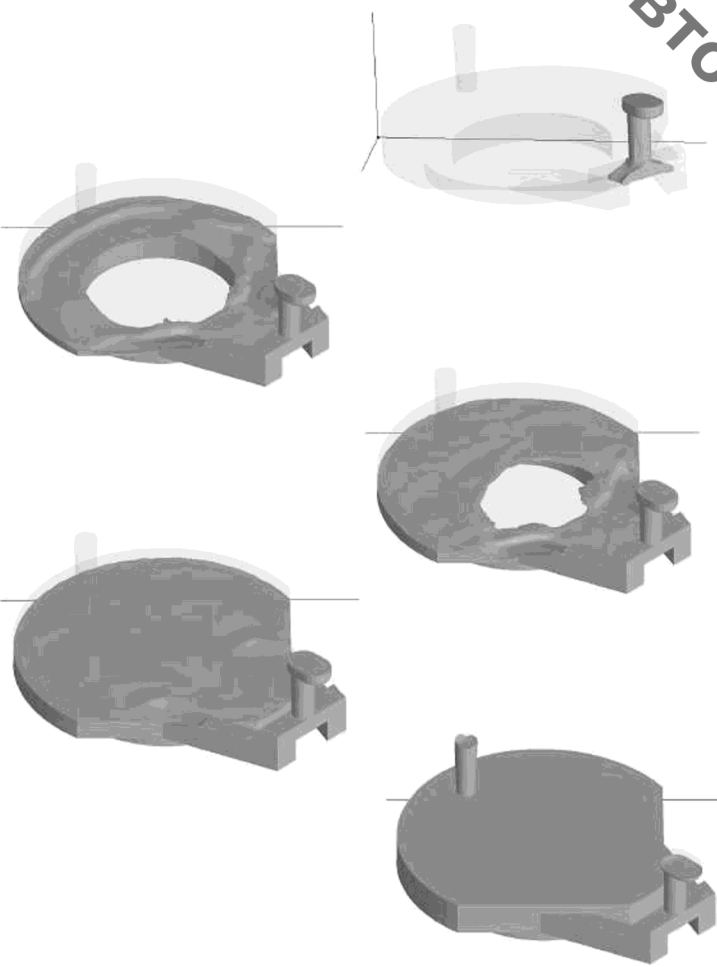


Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

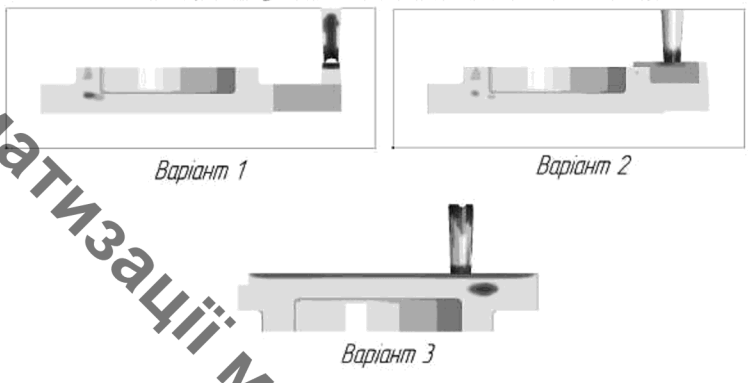
08-26.МКР.009.00.100.П/Л

Моделювання процесу виготовлення заготовки

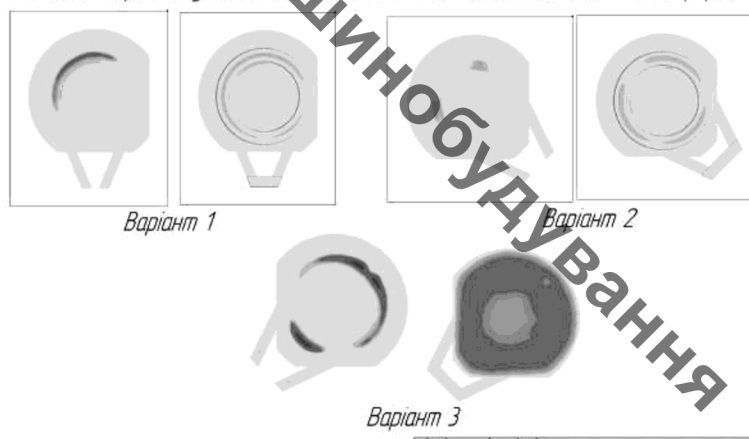
Етапи заповнення ливарної форми розплавом



Розподіл дефектів усадочного походження в площині симетрії



Розподіл дефектів усадочного походження по найбільш небезпечним перерізам



				08-26.МКР.009.00.100.П/Л			
Склад:	М.Савчук	Дата:	2023.09.15	Модель:	Модель	Версія:	1.0
Створено:	М.Савчук	Процес:	Модель	Виготовлення:	Модель	Матеріал:	Сталь
Змінено:	М.Савчук	Масштаб:	1:1	Виробник:	М.Савчук	Сторінка:	1/1