

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 КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 46-76»
08-26.МКР.021.00.000 ПЗ

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

Шпіта Т. Ю. _____

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.

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

Шпіті Тарасу Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР):): Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 46-76»

керівник МКР Сухоруков Сергій Іванович д.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 Корпус 46-76,
Матеріал: Сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412-85
Програма випуску N=3500 шт.

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки, розмірний аналіз, карта налагоджень, Імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки, 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 _____

Шпіта Т. Ю.

Керівник МКР _____

Сухоруков С. І.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ABSTRACT.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ШЛЯХІВ ВИРШЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ	8
1.1 Технології лиття	8
1.2 Порівняльний аналіз існуючих програм	10
1.3 Аналіз процесу лиття в системі LVMFlow	15
1.4 Моделювання процесу виготовлення заготовки	23
1.5 Висновок до 1 розділу	25
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	26
2.1 Визначення типу виробництва та форми виробництва.....	26
2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі	31
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	33
2.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	35
2.5 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	42
2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 35H7$	49
2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки	53
2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	55
2.9 Розробка компоновки роботизованого технологічного комплексу	58
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.....	70
3.4 Обрання методу ціноутворення	70
3.5 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	71
3.6 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення	73

3.7 Прогнозування витрат на виконання роботи	74
3.8 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	80
3.9 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	82
3.10 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	93
4.4 Протипожежні заходи	95
4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях	95
4.6 Висновок до розділу 4	99
ВИСНОВОК	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	102
ДОДАТКИ	105

АНОТАЦІЯ

Шпіта Т. Ю. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Корпус 46-76». Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВІНТУ. Кафедра ТАМ, 2020. – 118 с. РПЗ, 6 аркушів формату А1, 2 аркуші формату А3.

Під час опрацювання даної теми було виконано аналіз існуючих систем автоматизованого моделювання ливарних процесів. Здійснений пошук шляхів підвищення точності та якості виготовлення заготовки та оброки деталі "Корпус 46-76".

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 підібрані та визначені відповідні режими різання і норми часу. Виконано підбір промислового робота та визначено алгоритм його роботи.

Для покращення конструкції заготовки було проведено імітаційне моделювання процесу лиття. Проаналізовано вплив радіуса заокруглення в місці спряження двох стінок. 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

Shpita T. Yu. Improving the design and technological process of processing the workpiece parts "Casing 46-76". Master's qualification work. - Vinnitsa: VNTU. Department of TAM, 2020. - 118 p. RPZ, 6 sheets of A1 format, 2 sheets of A3 format.

During the elaboration of this topic the analysis of the existing systems of automated modeling of foundry processes was performed. The search for ways to improve the accuracy and quality of the workpiece and workpiece parts "Housing 46-76".

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 selection of an industrial robot is performed and the algorithm of its work is determined.

To improve the design of the workpiece, simulation modeling of the casting process was performed. The influence of the radius of curvature in the place of conjugation of two walls is analyzed. 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 конструкції та технологічного процесу виготовлення та обробки заготовки деталі "Корпус 46-76".

Один із способів покращення якості та експлуатаційних властивостей деталей машин є закладання необхідних властивостей заготовки при її виготовленні. Умови протікання фазового переходу розплаву з рідкого стану в твердий стан багато в чому визначають якість виробу, а також продуктивність процесу і, в кінцевому рахунку, ефективність виробництва. На основі знання закономірностей протікання цих процесів необхідно створювати устаткування, що дозволяє в режимі реального часу управляти формуванням властивостей виливків. При розробці технології виготовлення вилівка класичним методом «проб і помилок» розв'язок технологічних труднощів, істотно сповільнює процес освоєння нового виробу і в силу особливостей способів лиття несе за собою великі матеріальні витрати. У зв'язку з цим у теперішній час для прискорення процесу розробки ливарної технології необхідно застосовувати комп'ютерне моделювання.

Метою роботи є підвищення економічності виготовлення деталі «Корпус 46-76» за рахунок удосконалення форми заготовки деталі.

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

- аналіз методів виготовлення заготовок з сірого чавуну;
- аналіз конструкції заготовки деталі "Корпус" та вибір методів їх виготовлення;
- модернізація конструкційних елементів та розмірів заготовки за рахунок моделювання процесу виготовлення виливка;
- удосконалення маршруту механічної обробки деталі "Корпус";
- визначення точності виготовлення циліндричних та плоских поверхонь деталі та заготовки;
- проведення розрахунків режимів різання;

- проведення удосконалення робочого місця на дільниці механічної обробки за рахунок використання промислових роботів;
- розрахунок економічної доцільності впровадження покращеного технологічного процесу;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Об'єкт дослідження: заготовка деталі «Корпус 46-76».

Предмет дослідження: Методи виготовлення заготовки та обробки деталі «Корпус 46-76».

Методи дослідження:

- огляд сучасних систем автоматизованого моделювання ливарних процесів;
- імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки САМ ливарного виробництва;
- розрахунок припусків на обробку припусків і розмірів на циліндричні поверхні.

Наукова новизна одержаних результатів: набула подальшого розвитку методика імітаційного моделювання процесу лиття заготовки деталі «Корпус 46-76».

Практичне значення одержаних результатів: полягає в удосконаленні конструкції та маршруту механічної обробки заготовки деталі «Корпус 46-76» та робочого місця для його реалізації.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: аналіз стану сучасних систем автоматизованого моделювання ливарних процесів.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи розглядались 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 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ

1.1 Технології лиття

Лиття – процес отримання литих заготовок з різноманітних матеріалів унаслідок переведення їх з твердого стану в рідкий і заливання отриманого розплаву в попередньо підготовлену порожнину. Лиття забезпечує високу точність виливків, низький відсоток браку, значне поліпшення механічних властивостей металу виливках та підвищення продуктивності праці за рахунок механізації процесу. Литтям виготовляються виливки зі сталі, чавуну і кольорових сплавів. При цьому є можливість виготовлення різних за призначенням виливків. Найбільш якісні та прості за технологією виготовлення є виливки з алюмінієвих, магнієвих та мідних сплавів. Більш складна технологія та оснащення для виготовлення виливків з залізовуглецевих сплавів та особливо сталі. Це виникає за рахунок великих швидкостей охолодження розплаву у ливарні формі і затвердіння виливків. Наслідком цього є виникнення в заготовці підвищених напружень, а в чавунному литві можливий поверхневий або наскрізний відбіл. Відбіл є дефектом структури виливків з сірого чавуну і виявляється в тонких частинах. Основна причина появи відбілу в виливках це малий вміст вуглецю і кремнію в чавуні. Ще однією причиною появи відбілу є підвищений вміст хрому, титану, марганцю, ванадію, які є карбідоутворюючими елементами.

Рівень складності технології виготовлення виливків залежить від конструкції деталі та ливарних властивостей матеріалу, з якого виготовляється виливок. Чим менші товщини стінки і розмірів виливка тим більшими є складнощі при її виробництві. Основними недоліками виготовлення виливки з тонкими стінками є недоливи, для сталевих та чавунних виливків наявність тріщини, а для виливків з чавуну - поверхневий або наскрізний відбіл. Також на рівень технологічності лиття впливає кількість і розташування отворів у

виливку та температура плавлення сплаву, що використовується. Чим вище температура заливається розплаву, тим менше його стійкість.

На етапі розробки технології лиття необхідно вирішувати такі задачі:

- вибір способу лиття;
- вибір ливниково-живильної системи;
- вибір температури заливки;
- вибір оптимальної швидкості течії розплаву;
- вибір форми ливників для запобігання коливання швидкостей потоку в процесі заливки.

З розвитком технологій та оснащення ливарного виробництва з'явилися системи автоматизованих машин, автоматизованих ліній і автоматизованих комплексів машин для лиття. Подальше вдосконалення ливарної технології, полягає в створенні автоматичних систем машин для виготовлення виливків, основними задачами яких буде формування якісної виливки за рахунок управління процесом лиття.

При виборі та підготовці технологічного процесу лиття металів відсутнє повне уявлення про фізичну картину процесу. Тому виникає необхідність прийняття рішень в умовах нестачі інформації. Це пов'язано з проблемами аналізу процесів фазових перетворень та інших, що відбуваються в умовах реального виробництва. Для вирішення таких задач в умовах сучасного машинобудівного виробництва застосовують системи, що дозволяють візуалізувати процес лиття та процеси що його супроводжують. Також з'являється можливість вдосконалити процес проектування виливків та ливарного оснащення. Це в свою чергу дозволяє скоротити витрати матеріалів та часу.

Результатом використання прикладних пакетів моделювання процесу лиття є дослідити фізичні явища, що відбуваються в процесі лиття в виливку. Це дає можливість уточнити параметри процесу, форму заготовки та ливарного оснащення на стадії проектування, що значно знижує відсоток браку, допомагає підвищити якість продукції і знизити її собівартість. Застосування систем комп'ютерного моделювання ливарних процесів, дозволяє зменшити витрати на

налагодження технології, за рахунок проведення імітаційного моделювання замість натурного експерименту. Також використання систем автоматизованого моделювання ливарних процесів (САМ ЛП) дозволяє перевірити можливість виготовлення литтям виливків складної форми.

Комп'ютерне моделювання та оптимізація ливарних технологій є важливим напрямком у розвитку програмних продуктів комп'ютерного інженерного аналізу САЕ (Computer Aided Engineering). Використання таких програм дозволяє відстежувати процеси, що відбуваються при заповненні розплавом ливарної форми в процесі охолодження та кристалізації металу. САЕ-програми моделювання процесу лиття дозволяють знаходити дефекти різної природи в виливку ще на стадії проектування. Також вони дають змогу проводити моделювання різних варіацій в технології, порівнювати якість виливки та обирати найбільш раціональний варіант технології і форми та розташування ливниково-живильної системи. Сучасні програми комп'ютерного моделювання здатні реалістично відобразити картину процесів, що відбуваються при заповненні рідким металом ливарної форми, кристалізації, відпалу і т.д.

1.2 Порівняльний аналіз існуючих програм

В даний час найбільш відомі такі програмні продукти, як LVMFlow, ProCAST, MAGMASOFT, CastCAE, SOLIDCast, PoligonSofti WinCast. Вони розрізняються по застосовуваних чисельних методів, аналізованих видів лиття, обсягом бази даних матеріалів, що використовуються операційним системам, одержуваним результатам, вимогам до апаратної підтримки та ін.

1.2.1 Програма моделювання ливарних процесів LVMFlow. Дана САМ ЛП може використовуватися практично для всіх ливарних процесів:

- ЛИТТЯ В ЗЕМЛЮ;
- ЛИТТЯ В КОКІЛЬ;
- ЛИТТЯ ПО ВИПЛАВЛЮВАНИХ МОДЕЛЯХ;

- лиття під тиском.

Використання LVMFlow дозволяє:

- проводити оптимізацію режими заливки розплаву і процесу затвердіння виливка;
- проводити оптимізацію форми та розміщення ливникової системи;
- проводити аналіз процесів лиття при використанні різних матеріалів з великої бази матеріалів

Також LVMFlow істотно прискорює дослідницьку роботу з проектування виливків, забезпечуючи хороший збіг результатів розрахунку з експериментальними даними.

1.2.2 Програма моделювання ливарних технологій ProCAST

Система ProCAST базується на методі кінцевих елементів, що забезпечує високу точність моделювання. Дана САМ ЛП дає можливість аналізувати геометрію виливка та форму розрахункової моделі виливка, проводити розрахунки більшості процесів теплового, кристалізаційного, металургійного, напружене-деформованого характеру.

За допомогою системи ProCAST можливо моделювати такі види технологій:

- лиття в піщано-глинясті форми;
- лиття в кокіль;
- лиття по виплавлених моделях;
- лиття в оболонкові форми;
- лиття по моделях, що газифікуються;
- лиття під тиском;
- відцентрове лиття;
- безупинне і напівбезупинне лиття.

В оболонку ProCAST включені інструменти для більш точного визначення початкових умов технологічного процесу: розрахунок швидкості заливки з стопорного ковша, контроль рівня заповнення металу в ливниковій чаші, розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі для каналів охолодження форми і ін. База

даних ProCAST включає спеціалізований термодинамічний модуль для розрахунку теплових і механічних властивостей сплавів за необхідним хімічним складом. Таким чином, повністю виключається проблема пошуку необхідних властивостей вітчизняних марок сплавів або підбір їх аналогів із зарубіжних стандартів.

За допомогою даної САМ ЛП розраховуються такі теплофізичні властивості сплаву:

- теплопровідність;
- щільність;
- ентальпію;
- в'язкість;
- крива виділення твердої фази;
- температура ліквідус і солідус.

1.2.3 Програма моделювання ливарних процесів CastCAE

Для проведення моделювання процесу лиття в програму CastCAE необхідно завантажити геометричну модель ливарної форми і вказати межі області, заповненої піщано-глинистою сумішшю. Геометрична модель може бути приготовлена в будь-якій CAD-системі, конвертованій в формат STL. На геометричній моделі вилівка і ливарної форми програма будує сітку, що складається з кубічних комірок однакового розміру. Потім з бази даних вибираються матеріали для вилівка і ливарної форми. Програма CastCAE комплектується великою базою даних матеріалів. Це дозволяє уникнути необхідності додаткових досліджень для визначення властивостей матеріалу. Після проведення моделювання процесу лиття програма дозволяє проаналізувати велику кількість різних параметрів процесу, що дозволяють всебічно проаналізувати результати розрахунків.

При аналізі результатів моделювання можна побачити процес заповнення ливарної форми, розподіл температури по вилівку та ливарній формі, поле векторів швидкостей розплаву, ступінь пористості металу. Результати моделювання можливо представити у вигляді зміни відповідного поля в часі

або зміну відповідного поля в просторі. Застосування програми CastCAE дозволяє зберегти 15-20% використаної енергії, збільшити коефіцієнт використання металу до 0,75 за рахунок зниження ваги виливки, скоротити час процесу, а отже, підвищити продуктивність. Вага виливків зменшується приблизно на 5%. Застосування CastCAE знижує відсоток браку в середньому на 84%.

1.2.4 Програма моделювання ливарних процесів PoligonSoft

САПР ливарних процесів «ПолігонСофт» (PoligonSoft) - пакет програм, що дозволяє моделювати заповнення ливарної форми розплавом, процес теплообміну при кристалізації (теплопровідність, конвекцію та випромінювання), появу усадкові дефектів, деформації. Крім того, програма PoligonSoft має спеціальні можливості для моделювання процесу спрямованої кристалізації, лиття під тиском, безперервного лиття та проведення аналізу отриманих результатів на базі визначених критеріїв.

САМ ливарних процесів PoligonSoft дає змогу проводити моделювання таких ливарних технологій:

- лиття в піщано-глинясті форми;
- лиття в кокіль;
- лиття по виплавлюваних моделях;
- лиття в вакуумі;
- лиття під тиском;
- безперервне лиття;

За допомогою САМ ливарних процесів PoligonSoft можна проводити моделювання процесу:

- прогріву і охолодження форми перед заливанням розплаву;
- процесу заповнення форми розплавом;
- процесу зміни температури виливка і ливарної форми;
- процесу затвердіння виливки;
- процесів формування усадкових раковин, макро- і мікропористості;

Система PolygonSoft дозволяє:

- візуалізувати вилівок / ливарну форму під будь-яким кутом;
- створити будь-який перетин для виливка і ливарної форми;
- спостерігати за перебігом усіх процесів в об'ємі виливка;
- отримати будь-які розрахункові дані у вигляді колірних полів;
- отримати інформацію про швидкість і напрямок потоку в векторному вигляді;
- встановити «датчики» в будь-якому місці виливка / ливарної форми на будь-який розрахунковий параметр;
- побудувати графіки, записані за допомогою «датчиків»;
- створити анімаційний файл і багато іншого.

В результаті аналізу відомих систем автоматизованого проектування ливарних процесів можна виділити наступні найбільш опрацьовані системи автоматизованого моделювання ливарних процесів:

- «PolygonSoft» - дозволяє моделювати процеси затвердіння, утворення усадочних раковин, мікропористості, розвитку деформацій в інтервалі затвердіння; для деяких сплавів описує процеси формування структури і розподіл механічних властивостей; має спеціалізовані модулі для аналізу процесів заповнення форми при спеціальних видах лиття, обробки експериментальних даних для адаптації системи до умов конкретного виробника лиття;

- LVMFlow - система моделювання теплових і гідродинамічних процесів лиття в реальних цехових умовах для широкої номенклатури сплавів, матеріалів форми при гравітаційному лиття та лиття під тиском;

- ProCast - моделювання лиття в піщано-глинясту форму, спеціальні способи лиття різних сплавів; дозволяє моделювати процеси заповнення форми, прогнозувати структуру більшості багатокомпонентних промислових сплавів, здійснювати розрахунок залишкових напружень і пластичних деформацій в литві.

Перераховані системи дають можливість реалізувати комп'ютерну розробку технології виробництва виливків, моделювання ливарних процесів, проектування і виготовлення ливарного оснащення.

В результаті порівняльного аналізу програм для моделювання процесу отримання виливка по достовірності результатів моделювання, їх наочному уявленню, широким можливостям і зручному інтерфейсу була обрана програма САЕ для аналізу різних ливарних технологій LVMFlow.

Використання пакета LVMFlow в ливарному виробництві дозволяє:

- скоротити витрати на відпрацювання технології лиття, за рахунок проведення імітаційного моделювання замість натурального експерименту;
- підвищити точності виливка, виготовляти виливки складної конфігурації, які практично не вимагають додаткової обробки;
- використовувати велику базу матеріалів для моделювання;
- підвищити продуктивність роботи та кваліфікацію технолога-ливарника.

1.3 Аналіз процесу лиття в системі LVMFlow

Система LVMFlow може бути використана для комп'ютерного моделювання процесів, які відбуваються в ливарній формі при виготовленні заготовки деталі "Корпус 46-76". Комп'ютерне моделювання теплових і гідродинамічних процесів лиття в системі LVMFlow відбувається на основі рівняння тепломасопереносу. САПР ЛП дає можливість:

- простежити заповнення ливарної форми металом;
- розрахувати температурні поля виливки та ливарної форми;
- провести розрахунок поля рідкої фази;
- розрахувати поле швидкостей розплаву;
- розрахувати поле тисків;
- оцінити можливі дефекти в виливку;
- розрахувати напруги і деформацію виливка;
- розрахувати розміри прибутків і ливникової системи;
- підібрати розміри оболонок для прибутків.

Аналіз технологічного процесу виготовлення виливків в системі комп'ютерного моделювання ливарних процесів LVMFlow складається з наступних прийомів і етапів:

1. Конвертація геометрії виливки в формат LVMFlow.
2. Створення розрахункової кінцево-об'ємної сітки.
3. Вибір властивостей матеріалів.
4. Зазначення граничних умов.
5. Проведення розрахунку температурних полів.
6. Контроль зміни розрахункових параметрів в будь-який момент часу.
7. Розрахунок напружень та деформацій у виливку.

Комп'ютерне моделювання дозволяє відстежувати всі процеси, які відбуваються в металі при заповненні ливарної форми, затвердінні та виникненні усадочних дефектів.

1.3.1 3D-Імпорт

Для зв'язку з системами геометричного моделювання в пакеті LVMFlow існує конвертор (модуль «3D-Імпорт») для перенесення файлів формату STL у внутрішній формат LVMFlow. Конвертор також виконує наступні функції:

1. Зміна орієнтації виливка в просторі. У процесі налагодження технології необхідно змінювати орієнтацію виливка щодо центра ваги. Для повороту виливка передбачена два варіанти:

- числове завдання кутів Ейлера;
- зміна положення виливка в просторі за допомогою пристрою "миша" з візуальним контролем за його орієнтацією.

2. Масштабування геометричних образів виливки. «3D-імпорт» дозволяє змінювати масштаб геометричного образу виливки з допомогою вибору системи одиниць вимірювання (мм, см, дюйми).

3. Складання конструкції з геометричних образів, збережених в різних файлах. Це дозволяє моделювати різні конструкції та поєднання за рахунок використання окремих файлів з геометрію виливків, ливниково-живильною системою, прибутками.

4. Розподіл елементів вилівка за кольором. Кольори вводяться для подальшого (в модулі «Початкові умови») призначення матеріалів тіл вилівка та інших елементів ливарного оснащення.

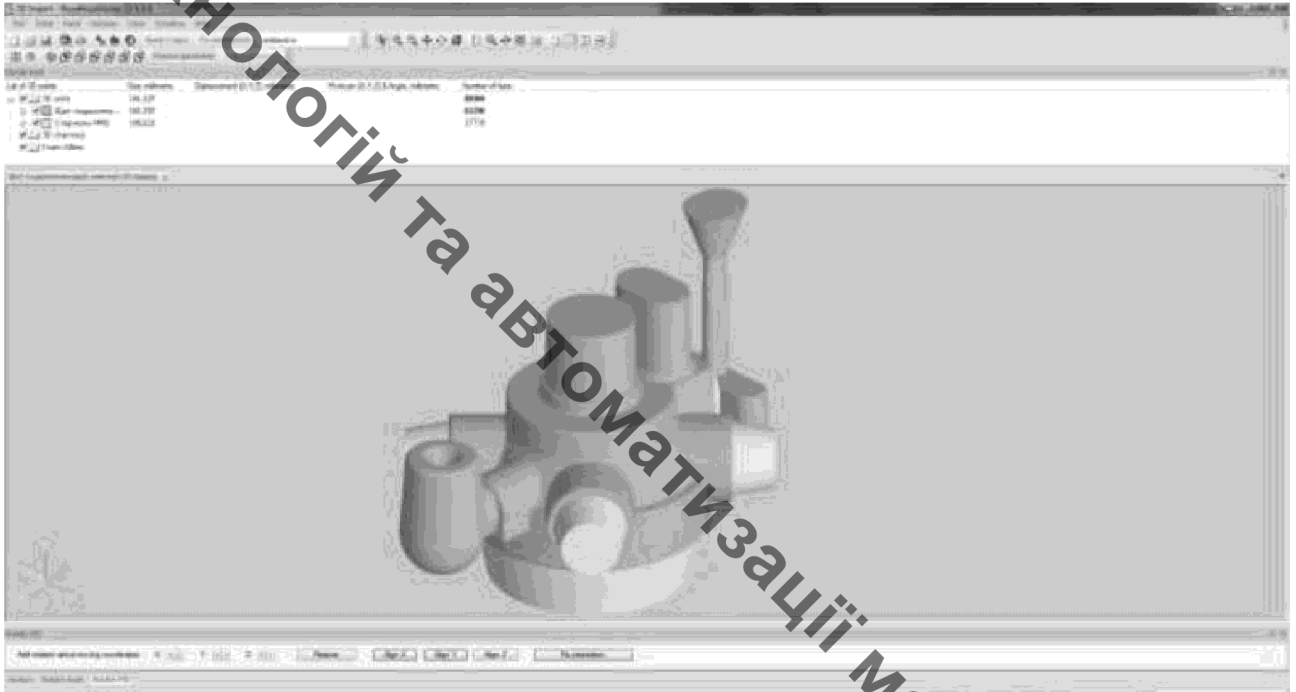


Рисунок 1.1 – Геометрія вилівки в модулі 3D Імпорт

1.3.2 База даних матеріалів

Більшість матеріалів які використовуються при литті є багатокомпонентними системами. Тому необхідно знати їх фазову діаграму, яка використовується при моделюванні процесу кристалізації. Але на даний час вивченими є лише фазові діаграми стану, а повні багатокомпонентні діаграми стану відсутні. Тому при в модулі «База даних» використовується метод деформацій двухкомпонентної діаграми стану для проведення наближеного розрахунку положення фазових рівноваг многокомпонентного сплаву. Для цього в модулі дані по матеріалах розділені на класи: вуглецеві сталі, леговані

Крім класів ливарних сплавів в базі даних існує клас матеріалів форм, куди занесені формувальні, вогнетривкі і ізоляційні матеріали, які найбільш часто використовуються у виробництві.

Моделювання процесів лиття відбувається в широкому температурному інтервалі, на якому значення теплофізичних властивостей матеріалів можуть

зміняться в кілька разів. Тому, як для матеріалів форм, так і для сплавів введені температурні залежності теплопровідності, теплоємності, щільності.

Якщо база даних не містить потрібних користувачеві сплавів і матеріалів форм, вона може бути поповнена самим користувачем. Введення і коригування даних здійснюється в простому діалозі і супроводжується графічним відображенням значень, які вводяться. Коригуються тільки дані по металам і матеріалами форм, параметри класів користувачем не коригуються. Така корекція, а також введення нових класів сплавів проводяться розробником на замовлення користувача.

У даній роботі застосовується сплав СЧ20 з бази даних програми. Хімічний склад сірого чавуну СЧ20, отриманий за допомогою спеціалізованого САМ ЛП LVMFlow, показаний на рис. 1.2.

Изменить сплав

Жидкий сплав Аустенит Цементит Графит

Новое имя: EN-GJL-200 (S)

По умолчанию для расчетов свойства будут построены по фазам

Хим. состав, %	Коэфф. Диффузии, 10 ⁻⁶ см ² /сек	Qсг, кДж/кг
Fe: 93.67	0.06	180.000
C_: 3.350	0	П. текучести, %: 70.000
Si: 2.050	0	П. протекания, %: 30.000
Mn: 0.700	0	Степень черноты: 0.1
Cr: 0.000	0	Комментарии
P_: 0.150	0	
S_: 0.080	0	
Cu: 0.000	0	
Ni: 0.000	0	
Mo: 0.000	0	
V_: 0.000	0	
Al: 0.000	0	
Sn: 0.000	0	
Ti: 0.000	0	
Bi: 0.000	0	Кол-во символов не больше 255.
Mg: 0.000	0	

Да Отменить

Рисунок 1.2 – Хімічний склад сірого чавуну СЧ20

На рис. 1.3–1.7 наведені діаграми, отримані відповідно до властивостями, показаними на рис. 1.2.

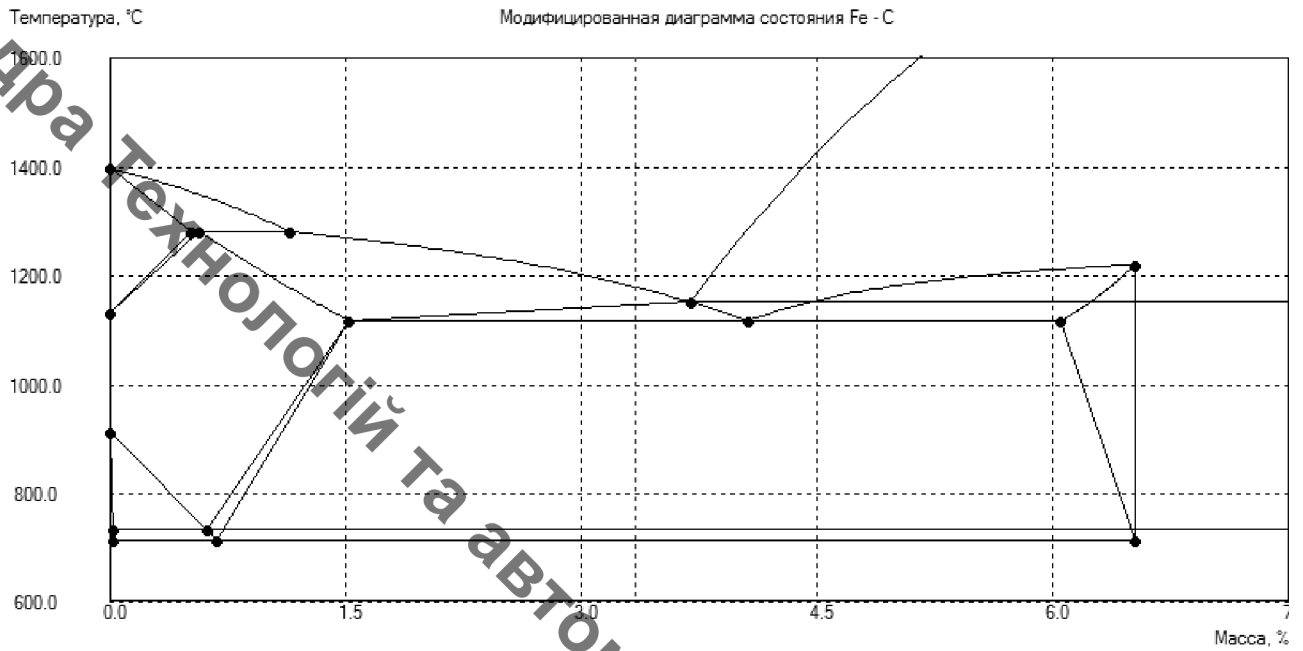


Рисунок 1.3 – Модифікована діаграма Fe-C для сплаву СЧ20

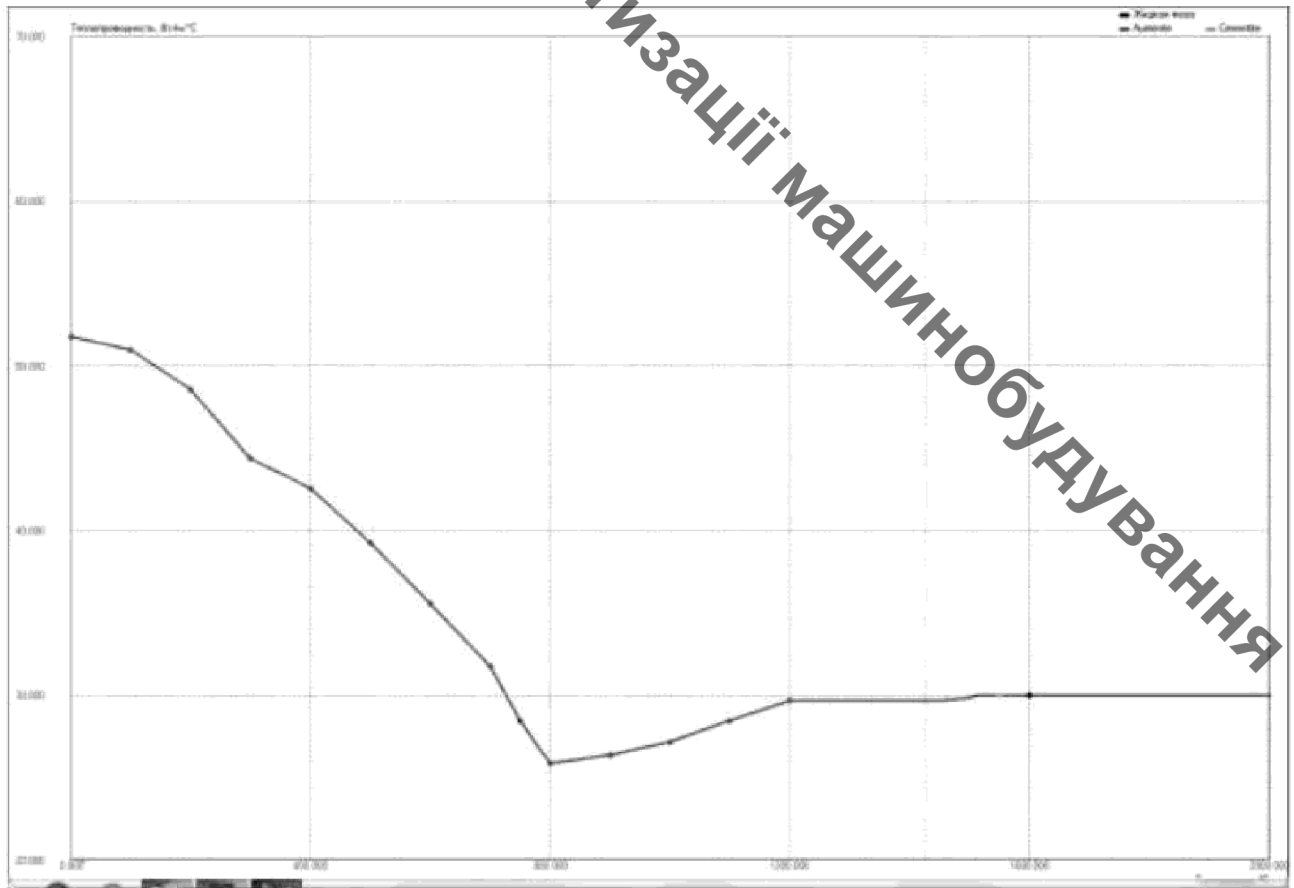


Рисунок 1.4 – Залежність теплопровідності сплаву СЧ20 від температури

1.3.3 Початкові умови

У модулі «Початкові умови» необхідно, перш за все, створити в розрахунковій області сітку, на якій будуть вирішуватися рівняння

тепломасопереносу. У LVMFlow елементарним елементом сітки є куб. Тому для автоматичної генерації сітки досить ввести один параметр або розмір елемента (крок сітки), або загальна кількість вузлів сітки. Чим менше крок сітки, тим сітка щільніше і тим точніше буде розрахунок.

Задаємо на кордонах розрахункової області умови теплообміну (граничні умови). Завдання граничних умов здійснюється вибором одного з наступних чотирьох варіантів:

- на кордоні розрахункової області підтримується задана температура;
- межа розрахункової області є площиною симетрії;
- за межами кордону розрахункової області розташовується нескінченна форма;
- межа розрахункової області є кордоном «форм-повітря».

Потім задаються початкові температури форми і заливається металу. Створену в системі геометричного моделювання конструкцію можна доповнити побудовою оболонки навколо будь-якої частини виливки. Для цього достатньо вказати частина виливки і задати товщину оболонки. Оболонка стає таким же елементом технологічної оснастки, як і ті деталі, які побудовані в системі геометричного моделювання. У разі неоднорідного технологічного оснащення для кожного матеріалу можна задати свою власну початкову температуру.

Наступний крок розробка формату параметрів заливки. У LVMFlow закладена можливість моделювання трьох видів заливки: гравітаційне лиття, лиття під тиском і заливка з ковша. Завдання місця живильника металом (ливникової точки) проводиться на кордоні розрахункової області в точці, яка належить відливання або ливниково-живильної системи. Для гравітаційного лиття задається натиск-висота стовпа рідини над перерізом, в якому встановлена ливникова точка, і коефіцієнт, який характеризує зменшення потоку розплаву, який викликається тертям рідини об стінки заливного пристрою.

Для лиття під тиском задається або швидкість вхідного потоку, або масова витрата розплаву. При завданні одного з параметрів, другий автоматично

розраховується. Зміна швидкості вхідного потоку в часі можна задати спочатку формуванням таблиці "час-швидкість" або організацією системи сенсорів. Встановлені в литві сенсори працюють таким чином: коли фронт розплаву проходить через сенсор, відбувається зміна швидкості вхідного потоку. Для заливки з ковша задаються параметри ковша і по ним розраховується потік розплаву, який впливає з ковша в початковий момент часу і переріз струменя розплаву.

Після цього вводяться параметри додаткових технологічних прийомів. На кордоні «метал-форма» можна ввести параметри, які характеризують протипригарне покриття, а також параметри, які враховують утворення повітряних зазорів між металом і формою в процесі затвердіння виливки. Зрештою, встановлюються датчики. Для більш детального аналізу користувач може встановити датчики в будь-якому місці розрахункової області (в литві або оснащенні). Покази датчиків виводять у вигляді графіків залежності виведеної функції (температури, швидкості зміни температури, частки рідкої фази, швидкості течії розплаву, вхідного потоку розплаву).

1.3.4 Моделювання заповнення і кристалізація

У LVMFlow є три розрахункових модуля: «Кристалізація», «Моделювання течії розплаву», «Повна завдання».

У модулі «Кристалізація» форма спочатку вважається миттєво заповненою розплавом і моделюється процес затвердіння сплаву. В основі моделі лежить невірноважна теорія кристалізації багатокomпонентного сплаву.

У модулі «Моделювання течії розплаву» моделюється заповнення форми розплавом, яке розглядається як протягом ідеальної рідини без урахування процесів теплопередачі. Перебіг описується рівняннями Нав'є-Стокса, де в'язкість враховується у вигляді поправки. Для вивчення руху в розплаві сторонніх (шлакових) частинок в пакеті передбачена можливість моделювання руху кулястих частинок заданого радіусу і щільності.

Одночасне моделювання процесів заповнення форми розплавом і його затвердіння здійснюється в модулі «Повна завдання». У кожному окремому

модулі процеси тепломасопереносу описуються замкнутої динамічної системою рівнянь, заснованих на законах збереження енергії, імпульсу, маси, рівнянь стану багатокomпонентних сплавів, які вирішуються на прямокутній сітці методом контрольних обсягів (МКО) з автоматичним вибором кроку інтеграції за часом.

Динаміка процесу несе велику кількість інформації, тому відображення результатів моделювання в пакеті приділяється велика увага. Результати моделювання такі як температура, частка рідкої фази, швидкість течії розплаву, тиск в розплаві, частка усадочних дефектів виводять на кожному кроці. Висновок способу виливки (також, як і полів функцій, які характеризують її стан) проводиться у вигляді ізометричного зображення (3-D) і в довільному плоскому розрізі (2-D), в кольоровій гамі, яка відповідає встановленою шкалою. Функції звернення і масштабування доповнюють можливості перегляду. Для отримання більш детальної інформації можна розрахувати чисельне значення поля (температури, частка рідкої фази, швидкості, частинки дефектів) в довільній точці розрахункової області.

1.3.5 Моделювання заповнення ливарної форми і утворення усадочних дефектів

По механізму освіти виділяють два типи усадочних дефектів:

1) раковини (макропористість) і 2) мікропористість.

Макропористістю утворюється при поганому заповненні виливка вище дзеркала розплаву, коли відсутній необхідний його обсяг для компенсації усадки. Для прогнозування макропористі моделюється виникнення і рух дзеркала розплаву. Переміщення дзеркала обумовлено об'ємної усадкою, а його виникнення відбувається через формування при затвердінні ізольованих один від одного обсягів розплаву.

Мікропористість утворюється при нестачі тиску нижче дзеркала в області теоретично достатнього потоку розплаву. Падіння тиску в глибині зони з формально хорошими умовами надходження рідкого металу відбувається з наступних причин: велика об'ємна усадка, утруднений рух рідкого металу в

твердо-рідкої зоні, ізоляція від зовнішнього тиску при формуванні твердої фази на межах додатка тиску. Для прогнозування мікропористості вирішується диференціальне рівняння фільтраційного течії.

Для виконання етапу попереднього моделювання в програмі КОМПАС було створено кілька варіантів вилівка деталі "Корпус", щоб на стадії моделювання перевірити, який з варіантів (розміщення виливків у формі, технологічних факторів) є найбільш підходящим.

1.4 Моделювання процесу виготовлення заготовки

Головним завданням при проектуванні конструкції заготовки є отримання достатньої якості при мінімальному використанні матеріалу. Припуск на обробку плоских та циліндричних поверхонь завжди вибирається заздалегідь визначеного діапазону значень. При цьому, зазвичай, вибирають середнє значення. Системи імітаційного моделювання ливарних процесів дозволяють провести перевірку якості отриманої заготовки без проведення натурного експерименту. Це дозволяє вибрати припуски та розміри інших конструктивних елементів наближеними до оптимальних.

Розмір радіуса заокруглень напряму впливає на проливаємість заготовок та вибирається в залежності від розмірів спряжених поверхонь

$$r = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3} \right) \frac{a+b}{2} \text{ [мм]} \quad (3.1)$$

Визначимо діапазон значень радіуса заокруглень на зовнішніх поверхнях для деталі «Корпус 46-76».

$$r = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3} \right) \frac{\left(\frac{65-35}{2} \right) + (24-16)}{2} = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3} \right) \frac{23}{2} = 2 \dots 4 \text{ (мм)}.$$

Проведемо моделювання процесу виготовлення заготовки деталі «Корпус 46-76» з розмірами радіусів заокруглень 2, 3 та 4 мм.

На рис 1.6 представлено модель скінченої сітки деталі «Корпус 46-76» з ливниковою системою.

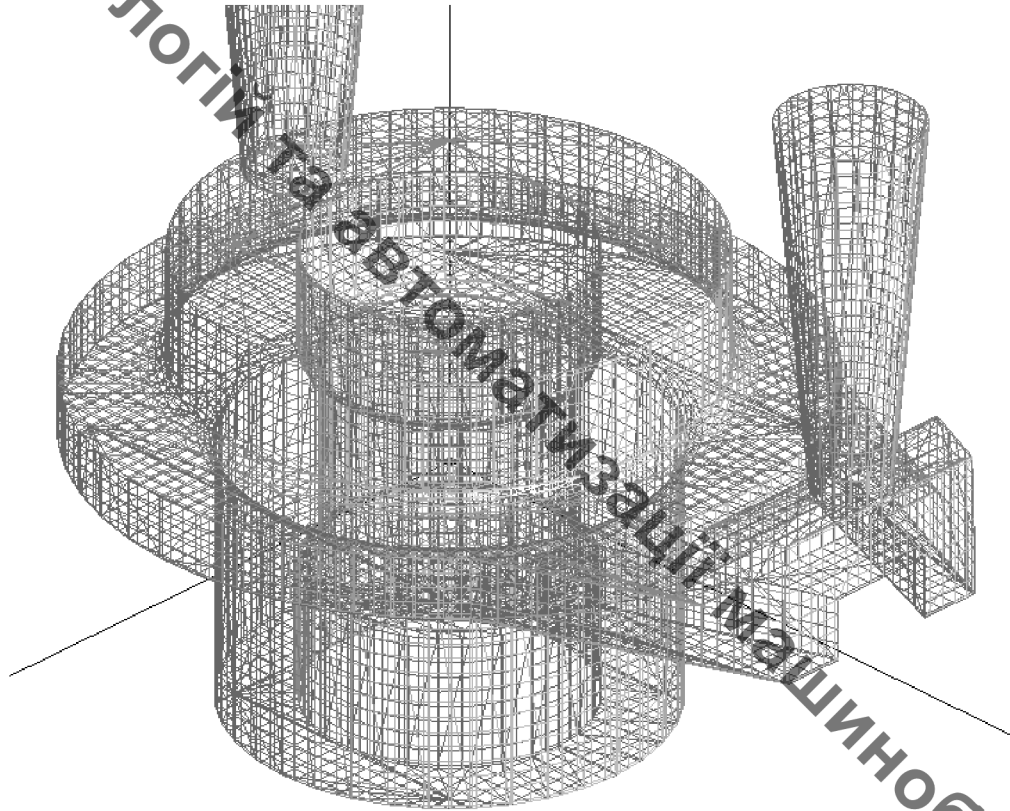


Рисунок 1.6 – Розрахункова сітка вилівка та ливникової системи

В результаті проведених досліджень виявилось, що для всіх моделей вилівка деталі при різних радіусах заокруглень якість отриманого вилівка є достатньою. Дефекти усадочного характеру утворення у всіх варіантах відрізняються дуже незначно і в більшості залежать від швидкості заповнення ливарної форми і її початкової температури.

Система автоматизованого моделювання ливарних процесів дозволяє також визначити розподіл твердості отриманого вилівка після його кристалізації (див рисунок 1.7), час кристалізації кожного елемента вилівка (Рис. 1.8).

Проведені дослідження показали можливість використання радіусу заокруглення 2 мм. За рахунок цього вага вилівка зменшилась з 2,768 кг ($r = 4$ мм) до 2,704 кг ($r = 2$ мм) або 2,4%.

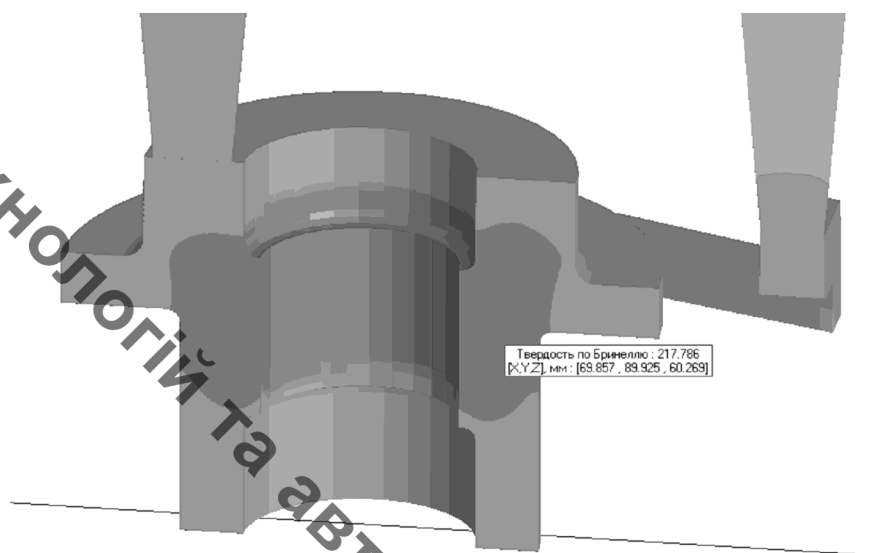


Рисунок 1.7 – Розподіл твердості по Брінелю по тілу заготовки

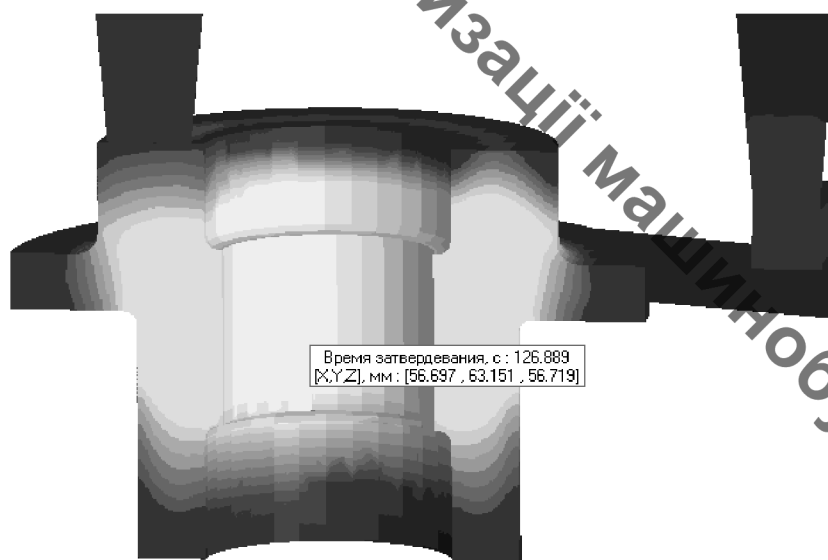


Рисунок 1.8 – Розподіл часу переходу з рідкої фази до твердої фази

1.5 Висновки до розділу 1

В даному розділі проведено аналіз якості отриманих виливків за допомогою систем автоматизованого моделювання ливарних процесів. Визначено, що зменшення радіусу заокруглень до 2 мм, в місці спряження двох стінок, не призводить до появи додаткових усадочних дефектів або ускладненню проливаємості заготовки. При цьому вага вилівка при радіусі заокруглення 2 мм зменшилась на 2,4%.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу виробництва та форми виробництва

Для визначення типу виробництва необхідно розрахувати коефіцієнт закріплення операцій

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

Найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Корпус 46-76”:

- розточування отвору $\varnothing 35H7$ попереднє;
- розточування отвору $\varnothing 35H7$ остаточне;
- свердління отворів $\varnothing 6$;
- точіння циліндричної поверхні $\varnothing 65h7$ попереднє;
- точіння циліндричної поверхні $\varnothing 65h7$ остаточне.

Визначаємо основний час механічної обробки $T_{осн}$. Наприклад для свердління розраховуємо за формулою:

$$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3}, \text{ [хв]} \quad (2.2)$$

$$T_{осн} = 6 \cdot 0,52 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,149 \text{ (хв)}.$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$:

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

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,149 \cdot 1,98 = 0,296 \text{ (хв)}.$$

Для решти обраних переходів розрахунок проводимо аналогічно.

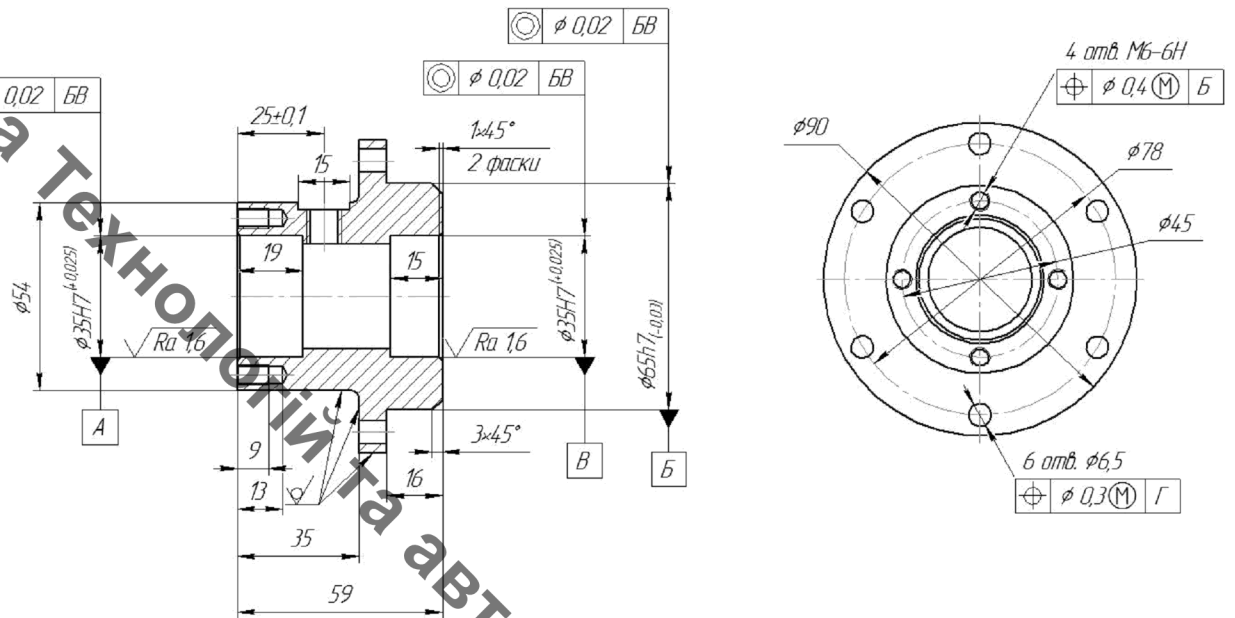


Рисунок 2.1 – Характерні поверхні деталі Корпус 46-76

Кількість верстатів, необхідних для виконання кожного переходу механічної обробки:

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

де $N = 3500$ шт. – річна програма випуску деталі "Корпус 46-76";

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

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

Тоді кількість верстатів:

$$C_p = \frac{3500 \cdot 0,296}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,017 \text{ (шт).}$$

Отримані значення заокруглюємо 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.

$$O = \frac{0,8}{0,017} = 47,1;$$

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

$$\Sigma O_i = 31 + 18 + 47,1 + 78 + 36,2 = 189,8.$$

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

$$K_{з.о.} = 189,8/5 = 37,96.$$

Остаточно приймаємо тип виробництва – дрібносерійне.

Таблиця 2.1 – Показники визначення типу виробництва

№	Зміст тех. переходу	$T_{осн},$ хв.	$T_{штк},$ хв.	N	Φ_d	C_p	P	η	η	O	$K_{з.о.}$
1	Розточування отвору	0,187	0,371	3500	2040	0,371	1	0,8	0,0213	37,6	37,96
2	Розточування отвору	0,196	0,388			0,388	1		0,0223	35,9	
3	Свердління отвору	0,149	0,296			0,296	1		0,017	47,1	
4	Точіння зов. поверхні	0,199	0,395			0,395	1		0,0227	35,2	
5	Точіння зов. поверхні	0,206	0,409			0,409	1		0,0235	34	

Форма організації роботи:

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

де 255 кількість робочих днів в року;

$$N_d = \frac{3500}{255} = 13,72 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо $N_d = 14$ шт.

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

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

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

η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Σn – сумарна кількість виконуваних переходів.

$$T_{шт-ксер} = \frac{0,371 + 0,388 + 0,296 + 0,395 + 0,409}{5} = 0,372 \text{ (хв)},$$

$$Q_d = \frac{952}{0,372} \cdot 0,85 = 1087,6 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $Q_d = 1088$ шт., отже - групова форма 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).

$$n = \frac{3500 \cdot 3}{254} = 41,3 \text{ (шт)}. \text{ Приймаємо } 42 \text{ шт.}$$

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

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

$$C = \frac{0,372 \cdot 42}{476 \cdot 0,85} = 0,038 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $C_{зм. пр.} = 1$ зміна.

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

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

$$n = \frac{1 \cdot 476 \cdot 0,85}{0,372} = 1087,6 \text{ (шт).}$$

Приймаємо $n_{шт} = 1088$ (шт).

Отже тип виробництва – дрібносерійне, форма організації роботи – групова, при цьому розмір мінімальної партії виробів складає 42 шт.

2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Якісний аналіз.

Деталь „Корпус 46-76” має нескладну форму.

Основними конструкторськими базами деталі є отвори $\varnothing 35H7$ та торець. Допоміжними конструкторськими базами є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 65h7$ та інший торець. Кріпильними є отвори $\varnothing 6,5$, M10 та M6. Інші поверхні деталі є вільними поверхнями.

До нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори різьбові отвори M6 \varnothing 13, лиска 50 мм.

Тип виробництва деталі „Корпус 46-76” дрібносерійний, матеріал – сірий чавун СЧ20 ГОСТ 1412-858, тому як метод виготовлення заготовки вибираємо лиття.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.13)$$

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

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{6 + 3 + 2 + 3 + 25}{9 + 6 + 2 + 3 + 25} = 0,867$$

Деталь відноситься до технологічних.

Таблиця 2.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Розміри				
Лінійні	Діаметральні	Різьбові	Кутові	Шорсткість
15*	Ø35	M6-6H*	45° (3 розм.)*	12,5 (20 пов.)*
25	Ø35	M10*		3,2 (3 пов.)*
9*	Ø45*			1,6 (2 пов.)*
13	Ø65*			
19	Ø90*			
43	Ø6,5			
16*				
24*				
15*				
$\sum_{заг} = 9$	$\sum_{заг} = 6$	$\sum_{заг} = 2$	$\sum_{заг} = 3$	$\sum_{заг} = 25$
$\sum_{уніф} = 6$	$\sum_{уніф} = 3$	$\sum_{уніф} = 2$	$\sum_{уніф} = 3$	$\sum_{уніф} = 25$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{cp}} = \frac{1}{10,01} = 0,098,$$

де середній клас шорсткості складає:

$$ш_{cp} = \frac{\sum ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{250,4}{25} = 10,01$$

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка $0,098 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$).

Таблиця 2.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	2	$1,6 \times 2 = 3,2$
3,2	3	$3,2 \times 3 = 9,6$
6,3	2	$6,3 \times 2 = 12,6$
12,5	18	$12,5 \times 18 = 225$
Всього	25	250,4

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,16} = 0,924 ,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{329}{25} = 13,16 .$$

Таблиця 2.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7	3	$7 \times 3 = 21$
14	22	$14 \times 22 = 308$
Всього	25	329

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова $0,924 > 0,8$ ($K_T > 0,8$).

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки.

Дана деталь – Корпус 46-76 випускається в умовах дрібносерійного виробництва, оскільки маса деталі 1,96 кг (легкі деталі масою до 10 кг), а програма випуску $N = 3500$ шт. (в межах 500 – 5000 шт.).

Так як матеріал деталі чавун СЧ20, то методом виготовлення заготовки є лиття.

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 точності виливків	7-12	10
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6	5
Ступінь точності поверхонь виливків	7-13	10
Шорсткість поверхонь виливків	Ra=16 мкм	
Клас точності маси виливків	5-13т	9
Ряд припусків на обробку виливків	3-6	5

Розраховуємо розміри виливка для конструкції прийнятої у першому розділі:

$$24 + 2 = 26 \text{ (мм);}$$

$$59 + 2 \cdot 2,0 = 63 \text{ (мм);}$$

$$16 + 2,0 - 0,8 = 17,2 \text{ (мм);}$$

$$19 + 2,0 - 1,6 = 19,4 \text{ (мм);}$$

$$15 + 2,0 - 1,6 = 15,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 35 - 2 \cdot 2,3 = \varnothing 30,4 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 65 + 2 \cdot 2,4 = \varnothing 69,8 \text{ (мм);}$$

$$\varnothing 30 - 2 \cdot 1,6 = \varnothing 26,8 \text{ (мм).}$$

Визначаємо масу заготовки за допомогою 3d моделі.

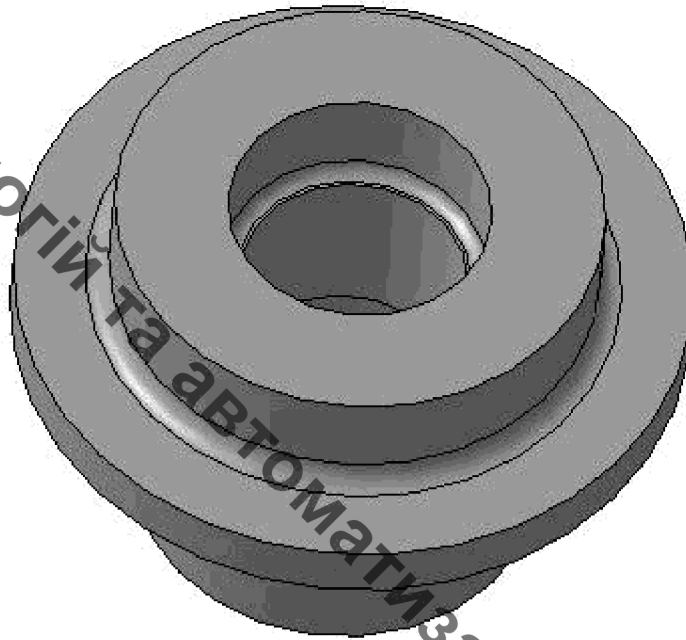


Рисунок 2.2 – Виливок піщано-глиниста форма
(з машинним формуванням)

Розрахунок маси коефіцієнтів точності маси заготовки.

Коефіцієнт точності маси визначається за формулою:

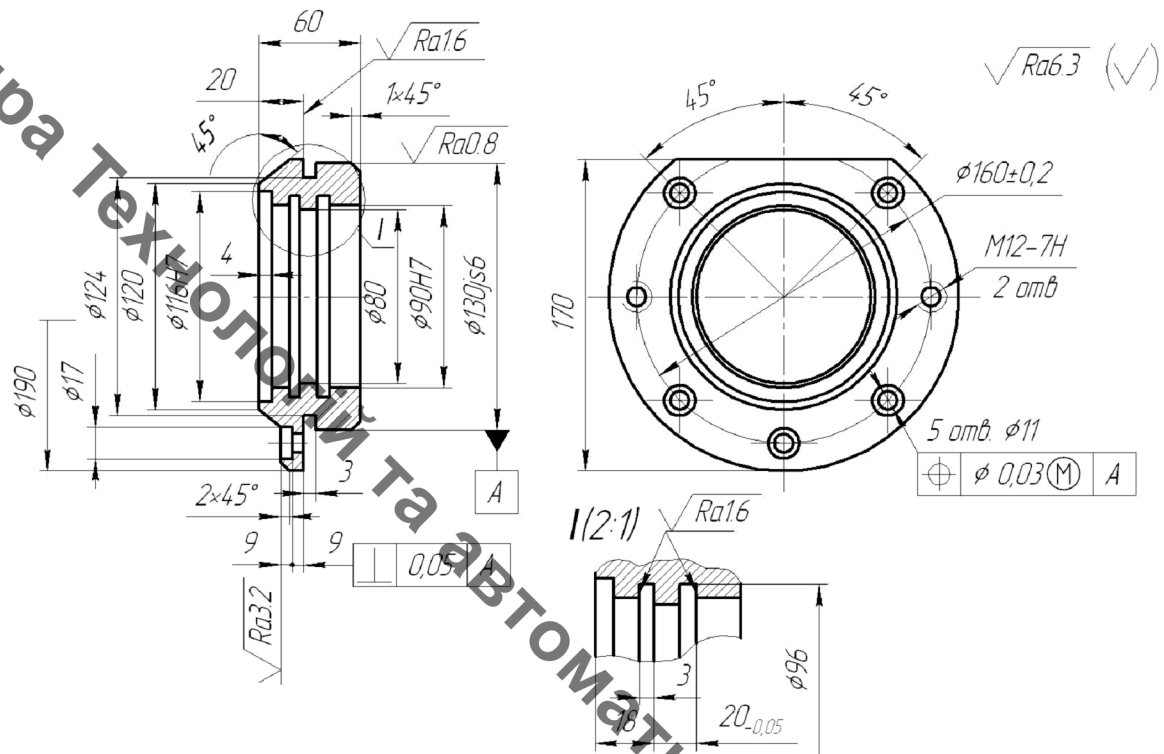
$$K_{Т.М.} = \frac{G_{дет}}{G_{загот}} \quad (2.14)$$

При литті в піщано-глинисті форми (машинне формування):

$$K_{Т.М.1} = \frac{G_{дет}}{G_{заг}} = \frac{1,96}{2,704} = 0,725.$$

2.4 Розробка маршруту механічної обробки

Задана деталь “Корпус 46-76” відноситься до класу фланців [7].



Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$
 Вид заготовки - виливок.
 Матеріал - чавун СЧ20.
 Число деталей з заготовки - 1

Рисунок 2.4 – Ескіз типової деталі типу "Стакан"

Аналізуємо маршрут механічної обробки типової деталі "Стакан". Проводимо порівняння основних поверхонь, їх точність, шорсткість і методи обробки у порівнянні з деталлю "Корпус".

Таблиця 2.5 – Маршрут механічної обробки типової деталі «Стакан»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення виливка		
015	Підрізати торці $\varnothing 130Js6/\varnothing 90H7$, торця $\varnothing 190$ (правий торець), точити поверхню $\varnothing 130Js6$, точити канавку, розточити отвори $\varnothing 80$ і $\varnothing 90H7$, з підрізанням внутрішнього торця $\varnothing 90H7/\varnothing 80$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці $\varnothing 190$ (лівий торець), торець $\varnothing 144$, розточити отвір $\varnothing 116H7$, обточити поверхні $\varnothing 190$ і кінчну поверхню $\varnothing 144 \times 45^\circ$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130Js6/Ø90H7 остаточно, точити поверхню Ø130Js6 з підрізанням торця Ø190(правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 і отвір Ø80, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
035	Підрізати торці Ø144/Ø116H7, точити поверхню Ø190, конусну поверхню Ø144×45° остаточно. Розточити отвори Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 під тонке розточування виточки Ø116H7 і двох канвок 3×Ø96	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердлити 5 отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різьбу М12 – 7Н, зенкувати 5 отворів Ø11/Ø17, фаски 2×60°, нарізати різьбу М12. Фрезерувати лиски у розмір 120	Багатошльовий вертикальний фрезерно-свердлильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори Ø90H7	Алмазно – розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати Ø130Js6 з підшліфуванням торця Ø190(правий торець)	Круглошліфувальний напівавтомат ЗУ131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Проводимо аналіз способів механічної обробки найбільш точних циліндричних поверхонь.

Загальне уточнення [8]:

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

Для механічної обробки отвору $\text{Ø}35\text{h}7$ допуск на деталь складає 25 мкм, на заготовку - 2200 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 2200/25 = 88.$$

Приймаємо 4 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 6, \varepsilon_2 = 4, \varepsilon_3 = 3.$$

Для четвертого переходу

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{88}{6 \cdot 4 \cdot 3} = 1,5.$$

Допуски на технологічні розміри по переходам:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 2,2/6 = 0,44 \text{ (мм)};$$

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

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,11/3 = 0,037 \text{ (мм)};$$

$$T_4 = T_3 / \varepsilon_4 = 0,037/1,5 = 0,025 \text{ (мм)}.$$

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.

Аналогічні розрахунки проводимо для інших поверхонь та результати занесено до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Проміжне уточнення	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
$\varnothing 65h7$	$\varepsilon=2,8/0,035=$ $=80$	$\varepsilon_1=5$ $\varepsilon_2=4$ $\varepsilon_3=3$ $\varepsilon_4=1,33$	$T_3=2,8$ $T_1=0,56$ $T_2=0,14$ $T_3=0,047$ $T_4=0,035$	16 12 9 8 7	Точіння попер. Точіння попер. Точіння остаточ. Тонке точіння

Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз.

Проводимо аналіз похибок базування для кожної операції механічної обробки. На операції 005 вирішується задача розмірного зв'язку оброблених та необроблених баз. розмірний зв'язок відбувається по розмірах 16 та $\varnothing 54$.

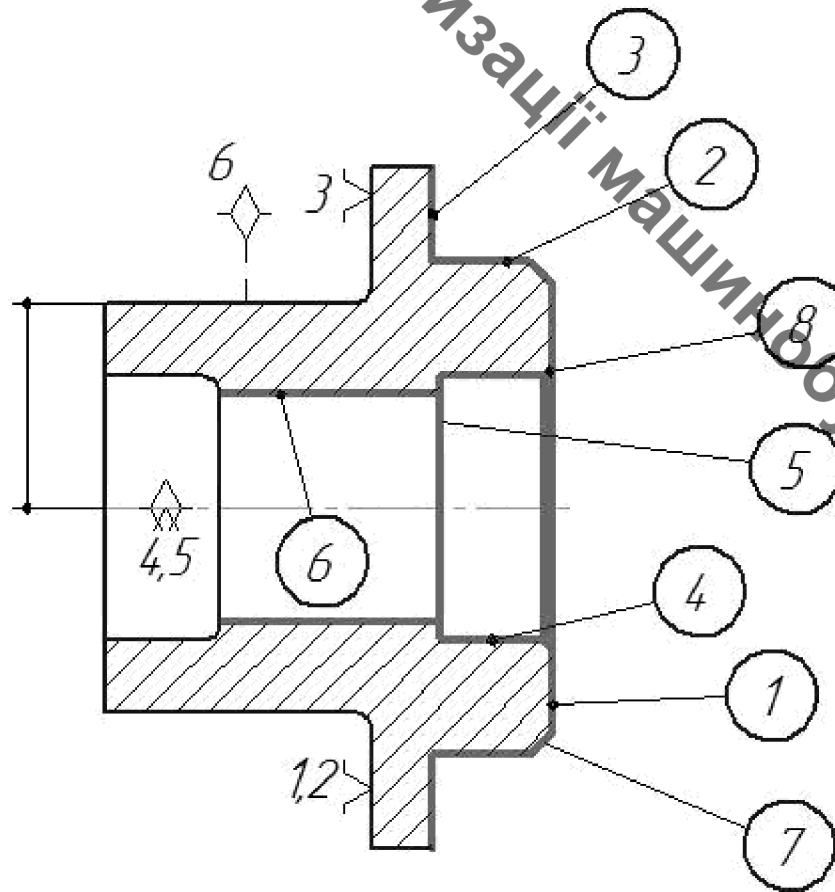


Рисунок 2.5 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

На операції 010 у якості чистових технологічних баз будемо використовувати зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 65h7$ та торець в розмір 16.

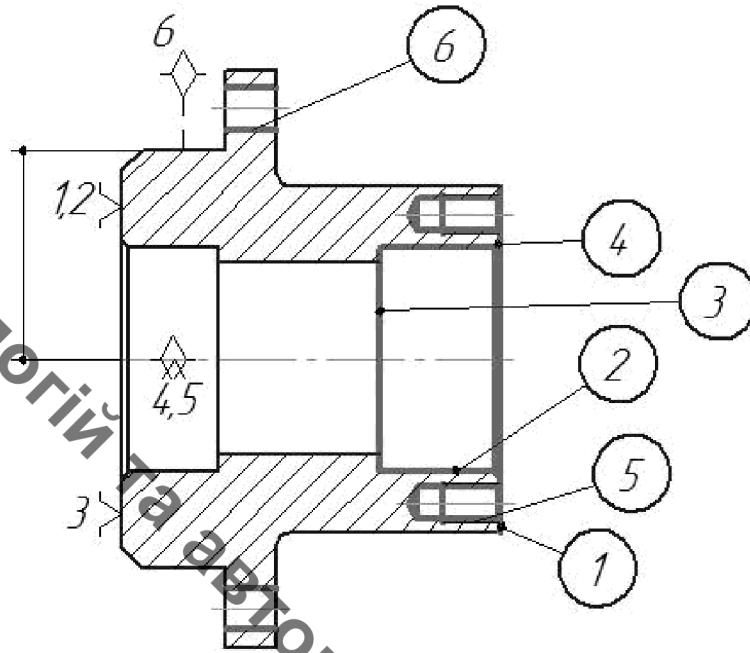


Рисунок 2.6 – Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

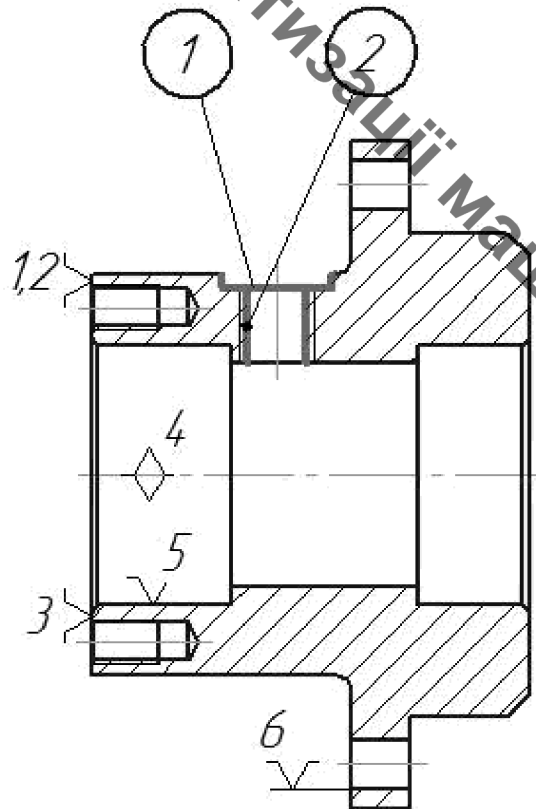


Рисунок 2.7 – Ескіз баз на операції 015

Використання представлених схем базування дозволяє забезпечити необхідні вимоги точності вказані на кресленні деталі.

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

Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки деталі "Корпус 46-76"

№ п.п	Назва операції: Зміст переходу	Схема установки	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити пов. 1 згідно ескізу, пов. 2 попередньо в розмір $\phi 67,56_{-0,07}$ та 3 попередньо в розмір $9,51_{-0,36}$. 3. Розточити пов. 4 попередньо в розмір $\phi 34,64^{+0,65}$, точити торець 5 попередньо в розмір $14,71 \pm 0,26$, розточити пов. 6 в розмір $\phi 28$. 4. Точити фаску 7, точити пов. 2 згідно ескіза. 5. Точити фаску 8, розточити пов. 4, точити торець 5, розточити пов. 6 згідно ескіза. 6. Зняти деталь. 		Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30
010	<p><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити торець 1 згідно ескіза. 3. Точити пов. 2 попередньо в розмір $\phi 34,64^{+0,65}$, точити торець 3 згідно ескіза. 4. Точити фаску 4, розточити пов. 2 згідно ескіза. 5. Центрувати 4 отв. 5 та 6 отв. 6. 6. Свердлити 4 отв. 5 в розмір $\phi 5$. 7. Свердлити 6 отв. 6 в розмір $\phi 6$. 8. Нарізати різь в 4 отв. 5. 9. Зняти деталь. 		Токарний багатопільовий з ЧПК 1П420ПФ40
015	<p><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Цекувати пов. 1 згідно ескіза. 3. Центрувати отв. 2. 4. Свердлити отв. 2 в розмір $\phi 8,5$. 5. Нарізати різь М10 в отв. 2. 6. Зняти деталь. 		Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2
020	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Підрізати торець 1 згідно ескізу. 3. Розточити пов. 2 попередньо в розмір $\phi 34,893^{+0,063}$, підрізати торець 3 згідно ескіза. 4. Розточити пов. 2 згідно ескіза. 5. Зняти деталь. 		Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 16ОНТ
025	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити пов. 1 в розмір $\phi 65,292_{-0,54}$. 3. Розточити пов. 2 в розмір $\phi 34,893^{+0,063}$, підрізати торець 3 згідно ескіза. 4. Розточити пов. 2 згідно ескіза. 5. Зняти деталь. 		Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 16ОНТ

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	З ₁	З ₂	З ₃	З ₄	З ₅
Допуск, мм	0,8	0,56	0,56	0,56	0,65

Технологічний розмір	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈	В ₉
Допуск, мм	0,52	0,52	0,52	0,36	0,36	0,65	0,52	0,36	0,52

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

$$K_{1\max} = 59 \text{ (мм)}, K_{1\min} = 58,26 \text{ (мм)};$$

$$K_{2\max} = 24 \text{ (мм)}, K_{2\min} = 23,48 \text{ (мм)};$$

$$K_{3\max} = 16,215 \text{ (мм)}, K_{3\min} = 15,785 \text{ (мм)};$$

$$K_{4\max} = 15,215 \text{ (мм)}, K_{4\min} = 14,785 \text{ (мм)};$$

$$K_{5\max} = 19,26 \text{ (мм)}, K_{5\min} = 18,74 \text{ (мм)};$$

$$K_{6\max} = 25,1 \text{ (мм)}, K_{6\min} = 24,9 \text{ (мм)}.$$

Розмірна схема технологічного процесу

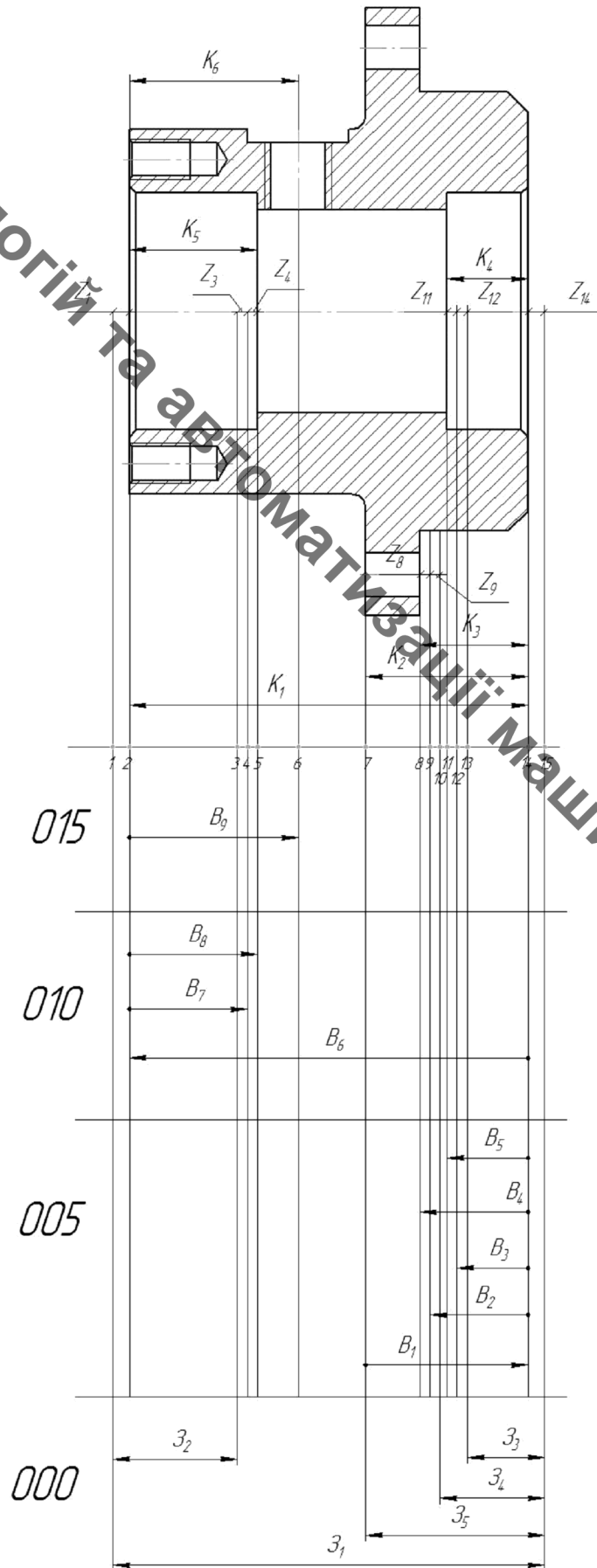


Рисунок 2.8 – Розмірна схема технологічного процесу

Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф.

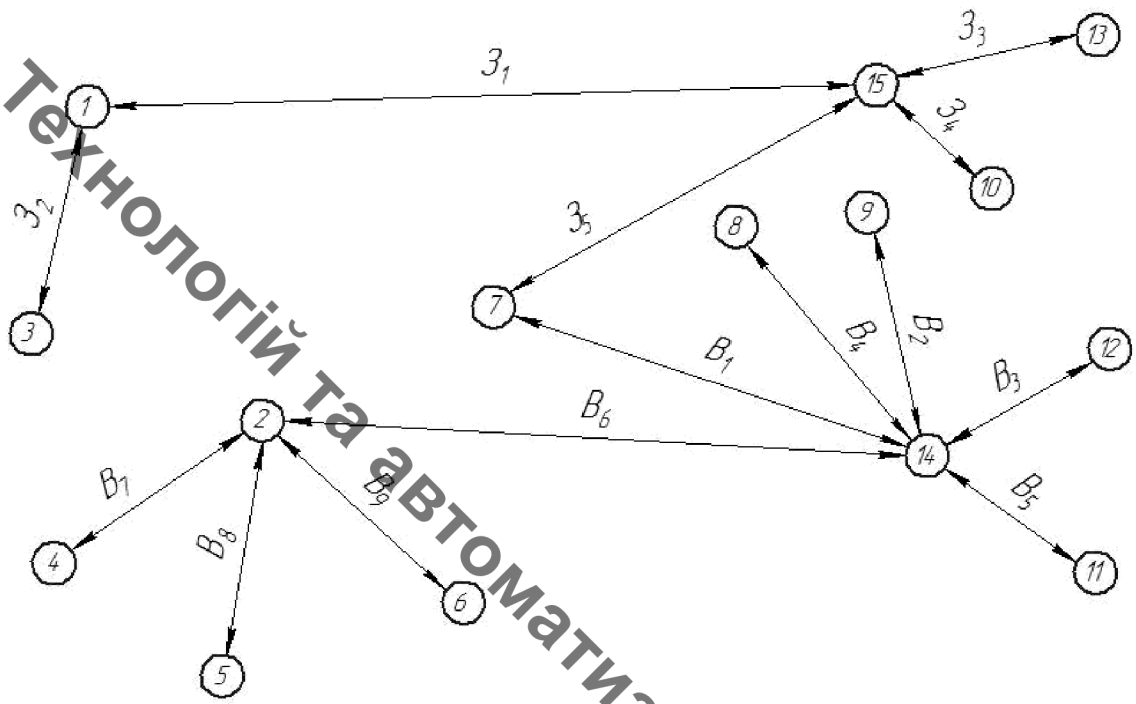


Рисунок 2.9 – Похідне граф-дерево

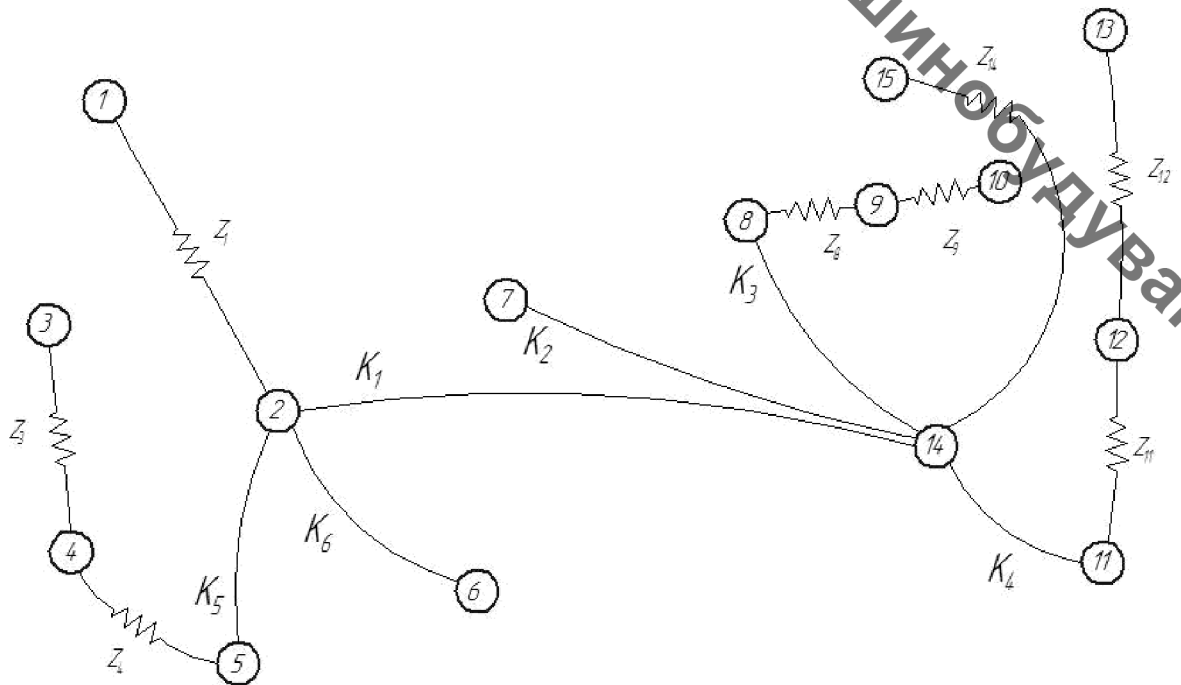


Рисунок 2.10 – Вихідне граф-дерево

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

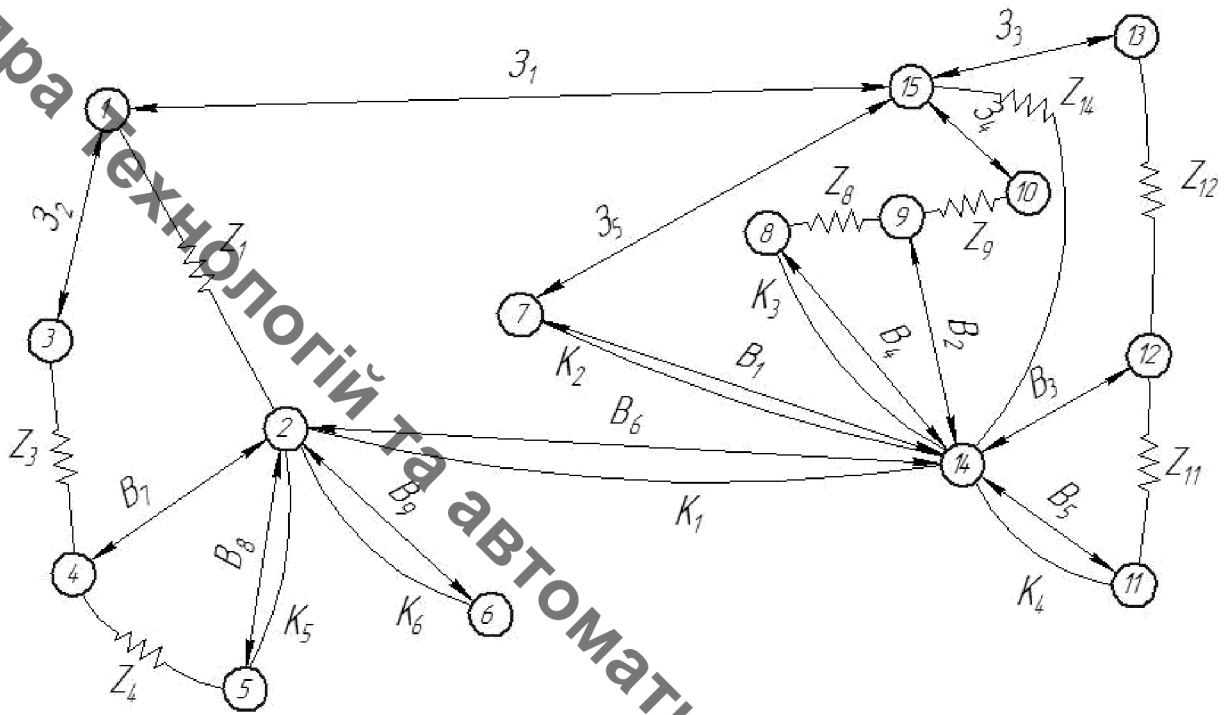


Рисунок 2.11 – Суміщене граф-дерево

Проміжні мінімальні припуски призначаємо нормативним способом.

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

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

$$Z_{9\min}=1,1 \text{ (мм)}; Z_{11\min}=0,6 \text{ (мм)};$$

$$Z_{12\min}=1,1 \text{ (мм)}; Z_{14\min}=1,2 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.9 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
$B_1 - K_2 = 0$	$B_1 = K_2$	B_1
$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	B_4
$B_5 - K_4 = 0$	$B_5 = K_4$	B_5
$B_8 - K_5 = 0$	$B_8 = K_5$	B_8
$B_9 - K_6 = 0$	$B_9 = K_6$	B_9

Продовження таблиці 2.9

1	2	3
$B_8 - Z_4 - B_7 = 0$	$Z_4 = B_8 - B_7$	B_7
$B_5 - Z_{11} - B_3 = 0$	$Z_{11} = B_5 - B_3$	B_3
$B_4 - Z_8 - B_2 = 0$	$Z_8 = B_4 - B_2$	B_2
$3_5 - Z_{14} - B_1 = 0$	$Z_{14} = 3_5 - B_1$	3_5
$3_5 - B_1 + B_2 - Z_9 - 3_4 = 0$	$Z_9 = 3_5 - B_1 + B_2 - 3_4$	3_4
$3_1 - Z_1 - B_6 + B_1 - 3_5 = 0$	$Z_1 = 3_1 - B_6 + B_1 - 3_5$	3_1
$3_1 - 3_2 - Z_3 + B_7 - B_6 + B_1 - 3_5 = 0$	$Z_3 = 3_1 - 3_2 + B_7 - B_6 + B_1 - 3_5$	3_2
$3_5 - B_1 + B_3 - Z_{12} - 3_3 = 0$	$Z_{12} = 3_5 - B_1 + B_3 - 3_3$	3_3

Таблиця 2.10 – Технологічні розміри

Розмір, що визначається	Розрахунок
1	2
B_6	$B_6 = K_1$ $B_6 = 59_{(-0,74)} \text{ (мм)}$.
B_1	$B_1 = K_2$ $B_1 = 24_{(-0,52)} \text{ (мм)}$.
B_4	$B_4 = K_3$ $B_4 = 16(\pm 0,215) \text{ (мм)}$.
B_5	$B_5 = K_4$ $B_5 = 15(\pm 0,215) \text{ (мм)}$.
B_8	$B_8 = K_5$ $B_8 = 19(\pm 0,26) \text{ (мм)}$.
B_9	$B_9 = K_6$ $B_7 = 25(\pm 0,1) \text{ (мм)}$.
B_7	$Z_4 = B_8 - B_7$ $B_{7\max} = B_{8\min} - Z_{4\min} = 18,74 - 0,6 = 18,14 \text{ (мм)}$;

Продовження таблиці 2.10

1	2
	$B_{7\min} = B_{7\max} - IT(B_7) = 18,14 - 0,52 = 17,62(\text{мм});$ $B_7 = 17,88 (\pm 0,26) (\text{мм});$ $Z_{4\max} = B_{8\max} - B_{7\min} = 19,26 - 17,62 = 1,64 (\text{мм}).$
B ₃	$Z_{11} = B_5 - B_3$ $B_{3\max} = B_{5\min} - Z_{11\min} = 14,785 - 0,6 = 14,185 (\text{мм});$ $B_{3\min} = B_{3\max} - IT(B_3) = 14,185 - 0,52 = 13,665(\text{мм});$ $B_3 = 13,925 (\pm 0,26) (\text{мм});$ $Z_{11\max} = B_{5\max} - B_{3\min} = 15,215 - 13,665 = 1,55 (\text{мм}).$
B ₂	$Z_8 = B_4 - B_2$ $B_{2\max} = B_{4\min} - Z_{8\min} = 15,785 - 0,6 = 15,185 (\text{мм});$ $B_{2\min} = B_{2\max} - IT(B_2) = 15,185 - 0,52 = 14,665(\text{мм});$ $B_2 = 14,925 (\pm 0,26) (\text{мм});$ $Z_{8\max} = B_{4\max} - B_{2\min} = 16,215 - 14,665 = 1,55 (\text{мм}).$
3 ₅	$Z_{14} = 3_5 - B_1$ $3_{5\min} = Z_{14\min} + B_{1\max} = 1,2 + 24 = 25,2 (\text{мм});$ $3_{5\max} = 3_{5\min} + IT(3_5) = 25,2 + 0,65 = 25,85 (\text{мм});$ $3_5 = 25,85_{(-0,65)} (\text{мм});$ $Z_{14\max} = 3_{5\max} - B_{1\min} = 25,85 - 23,48 = 2,37 (\text{мм}).$
3 ₄	$Z_9 = 3_5 - B_1 + B_2 - 3_4$ $3_{4\max} = 3_{5\min} - B_{1\max} + B_{2\min} - Z_{9\min} =$ $= 25,2 - 24 + 14,665 - 1,1 = 15,765 (\text{мм});$ $3_{4\min} = 3_{4\max} - IT(3_4) = 15,765 - 0,56 = 15,205 (\text{мм});$ $3_4 = 15,485 (\pm 0,28) (\text{мм}).$ $Z_{9\max} = -3_{4\min} + 3_{5\max} - B_{1\min} + B_{2\max} =$ $= -15,205 + 25,85 - 23,48 + 15,185 = 2,35 (\text{мм}).$
3 ₁	$Z_1 = 3_1 - B_6 + B_1 - 3_5$ $3_{1\min} = B_{6\max} - B_{1\min} + 3_{5\max} - Z_{1\min} =$ $= 59 - 23,48 + 25,85 - 1,2 = 61,17 (\text{мм});$ $3_{1\max} = 3_{1\min} + IT(3_1) = 61,17 + 0,8 = 61,97 (\text{мм});$

Продовження таблиці 2.10

1	2
	$Z_1 = 61,97_{(-0,8)} \text{ (ММ).}$ $Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{6\min} + B_{1\max} - Z_{5\min} =$ $= 61,97 - 58,26 + 24 - 25,2 = 3,51 \text{ (ММ).}$
Z_2	$Z_3 = Z_1 - Z_2 + B_7 - B_6 + B_1 - Z_5$ $Z_{2\max} = Z_{1\min} + B_{7\min} - B_{6\max} + B_{1\min} - Z_{5\max} - Z_{3\min} =$ $= 61,17 + 17,62 - 59 + 23,48 - 25,85 - 1,1 = 18,32 \text{ (ММ);}$ $Z_{2\min} = Z_{2\max} - IT(Z_2) = 18,32 - 0,56 = 17,76 \text{ (ММ);}$ $Z_4 = 18,04 (\pm 0,28) \text{ (ММ).}$ $Z_{3\max} = Z_{1\max} - Z_{2\min} + B_{7\max} - B_{6\min} + B_{1\max} - Z_{5\min} =$ $= 61,97 - 18,76 + 18,14 - 58,26 + 24 - 25,2 = 2,89 \text{ (ММ).}$
Z_3	$Z_{12} = Z_5 - B_1 + B_3 - Z_3$ $Z_{3\max} = Z_{5\min} - B_{1\max} + B_{3\min} - Z_{12\min} =$ $= 25,2 - 24 + 13,665 - 1,11 = 14,765 \text{ (ММ);}$ $Z_{3\min} = Z_{3\max} - IT(Z_3) = 14,765 - 0,56 = 14,205 \text{ (ММ);}$ $Z_4 = 14,485 (\pm 0,28) \text{ (ММ).}$ $Z_{9\max} = -Z_{4\min} + Z_{5\max} - B_{1\min} + B_{2\max} =$ $= -14,205 + 25,85 - 23,48 + 14,185 = 2,35 \text{ (ММ).}$

Таблиця 2.11 – Значення технологічних розмірів та розмірів заготовки

Технологічний розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
розмір	24	14,925	13,925	16	15	59	17,88
Допуск	0,52	0,52	0,52	0,43	0,43	0,74	0,52

Продовження таблиці 2.11

Технологічний розмір	B_8	B_9	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
розмір	19	25	61,97	18,04	14,485	15,485	25,85
Допуск	0,52	0,2	0,8	0,56	0,56	0,56	0,65

2.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 35H7$

Приймаємо такі значення:

- для виливка $R_Z=150$ мм, $T = 250$ мкм;
- для попереднього розточування $R_Z=T=50$ мкм;
- для попереднього розточування $R_Z=T=30$ мкм;
- для чистового розточування $R_Z=15$ мм, $T = 15$ мкм ;
- для тонкого розточування $R_Z=5$ мкм, $T=15$ мкм.

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, проводимо користуючись формулою:

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

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:

$$\rho_{\text{жол}}=\sqrt{(0,8 \cdot 35)^2+(0,8 \cdot 15)^2}=30,46 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{зм}}=T_{15}=0,8 \text{ (мм)};$$

$$\rho=\sqrt{30,46^2+800^2}=800,58 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

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

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 800,58 = 48 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 48 = 2,4 \text{ (мкм)}.$$

Визначимо мінімальний припуск:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (150 + 250 + 800,58) = 2 \cdot 1200,6 \text{ (мкм)}.$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 48) = 2 \cdot 148 \text{ (мкм)}.$$

чистове розточування:

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot (30 + 30 + 2,4) = 2 \cdot 62,4 \text{ (мкм)}.$$

тонке розточування:

$$2Z_{4\min} = 2 \cdot (15 + 15) = 2 \cdot 30 \text{ (мкм)}.$$

Враховуючи те, що мінімальний шар що може бути знятий з заготовки складає 50 мкм, тому $2Z_{4\min} = 2 \cdot 50 \text{ мкм}$.

При тонкому розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 35,025 \text{ (мм)}.$$

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

для чистового розточування:

$$d_3 = 35,025 - 2 \cdot 0,05 = 34,925 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_2 = 34,925 - 2 \cdot 0,062 = 34,801 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_1 = 34,801 - 2 \cdot 0,148 = 34,505 \text{ (мм)}.$$

для заготовки:

$$d_{\text{заг}} = 34,505 - 2 \cdot 1,2 = 32,105 \text{ (мм)}.$$

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

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

$$d_{\text{min}3} = 34,925 - 0,039 = 34,886 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}2} = 34,8 - 0,1 = 34,7 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}1} = 34,5 - 0,39 = 34,11 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max заг}} = 32,1 - 1,6 = 30,5 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{max}}^{\text{сп}}$:

для тонкого розточування:

$$2Z_{\text{min}4} = 35,025 - 34,925 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}4} = 35 - 34,886 = 0,114 \text{ мм} = 114 \text{ (мкм)};$$

для чистового розточування:

$$2Z_{\min 3} = 34,925 - 34,8 = 0,125 \text{ мм} = 125 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 3} = 34,886 - 34,7 = 0,186 \text{ мм} = 186 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 34,8 - 34,5 = 0,3 \text{ мм} = 300 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 34,7 - 34,11 = 0,59 \text{ мм} = 590 \text{ (мкм)};$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1} = 34,5 - 32,1 = 2,4 \text{ мм} = 2400 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 34,11 - 30,5 = 3,61 \text{ мм} = 3610 \text{ (мкм)}.$$

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

$$2Z_{0\min} = 2400 + 300 + 125 + 100 = 2925 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 3610 + 590 + 186 + 114 = 4500 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.12

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 0,114 - 0,1 = 0,014 \text{ (мм)};$$

$$\delta_5 - \delta_4 = 0,039 - 0,025 = 0,014 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,186 - 0,125 = 0,061 \text{ (мм)};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,1 - 0,039 = 0,061 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,59 - 0,3 = 0,29 \text{ (мм)};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,39 - 0,1 = 0,29 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 3,61 - 2,4 = 1,21 \text{ (мм)};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 1,6 - 0,39 = 1,21 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.12 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 35H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 35$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{min}$	Розрахунковий розмір, мм d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	150	250	800,58		32,105	1,6	30,5	32,1		
Розточув. попереднє	50	50	48	2·1200,6	34,505	0,39	34,11	34,5	2,4	3,61
Розточув. попереднє	30	30	2,4	2·148	34,801	0,1	34,7	34,8	0,3	0,59
Розточув. остаточне	25	25	-	2·62	34,925	0,039	34,886	34,925	0,125	0,186
Читове розточув.	15	15	-	2·50	35,025	0,025	35	35,025	0,1	0,114
Ітого									2,925	4,5

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 $\varnothing 65h7$

Поверхні	Припуск $2Z_{min}$	Розрахункові розміри	Допуск, мм	Проміжні розміри, мм
$\varnothing 65h7$				
Заготовка	-	68,4	1,9	$\varnothing 70,3_{-1,9}$
Точіння попереднє	2·1100	67,2	0,46	$\varnothing 67,66_{-0,46}$
Точіння попереднє	2·242	65,5	0,074	$\varnothing 65,574_{-0,074}$
Точіння остаточне	2·102,1	65,03	0,03	$\varnothing 65_{-0,03}$

2.7 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

Операція 005. Токарно-револьверна з ЧПК (Перехід 3).

Модель верстата – 1В340Ф30

Точити поверхню 2 попередньо.

Ріжучий інструмент: Різець контурний ВК8; переріз державки 16×25 мм.

$$\gamma=120; \lambda=6; \varphi=95^\circ; r=1 \text{ мм.}$$

1. Глибину різання визначаємо, виходячи із заданих розмірів.

$$t = (D-d)/2 = (69 - 67,56)/2 = 0,72 \text{ (мм).}$$

2. Подачу визначаємо за нормативами. Для різців ВК8 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [8].

Керуючись по паспорту верстата приймаємо $S=0,3$ мм/об.

Допустиме зусилля супорта $P_{\text{доп}}=600$ Кгс;

Зусилля різання при заданих режимах різання $P_x=135\dots240$ Кгс; $P_x < P_{\text{доп}}$.

3. Назначаємо період стійкості різців. Для багато інструментальної наладки приймаємо $T=90$ хв. Допустиме зношення $h_3=0,9-1,5$ мм;

4. Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}}=184^{\text{м/хв}}$. [8]. Матеріал без корки $K_{\text{nv}}=1$; матеріал різців ВК8, $K_{\text{uv}}=1$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} = 164 \cdot 1 \cdot 0,85 = 139,4 \text{ (м/хв).}$$

5. Частота обертання шпинделя складає

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 139,4 / 3,14 \cdot 67,56 = 657 \text{ (об/хв).}$$

Враховуючи те, що верстат 1В340Ф30 має безступінчасте регулювання швидкості обертання шпинделя, частоту обертання залишаємо без змін.

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

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 0,85 \text{ кВт; } N_{\text{різ}} < N_{\text{в}}.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

7. Основний (машинний) час по переходам складає:

$$T_0 = L_{p.x.} \cdot i / n \cdot s = 18 \cdot 1 / 657 \cdot 0,3 = 0,091 \text{ (хв)},$$

де $L_{p.x.} = l_g + y + \Delta = 16 + 2 = 18 \text{ (мм)}$.

Знайдемо хвилинну подачу

$$S_{xв} = S \cdot n, \text{ [мм/хв]} \quad (2.17)$$

$$S_{xв} = 0,3 \cdot 657 = 197,1 \text{ (мм/хв)}$$

Аналогічно знайдемо i для інших переходів (табл. 2.14).

Таблиця 2.14 – Режими різання на операції 005

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	S _{хв} , мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	Точити торець 1, 3 та поверхню 2 попередньо	0,72	0,3	197,1	657	139,4
3	Розточити торець 5 та поверхні 4, 6 попередньо	0,8	0,3	192	640	70,6
4	Точити фаску 7, поверхню 2 та торець 3.	0,4	0,2	170	850	175,7
5	Розточити фаску 8, торець 5 та поверхні 4 та 6.	0,4	0,2	155,7	778	85,1

2.8 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Визначаємо основний технологічний час (підрізання торця):

$$t_0 = T_0 = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3}, \text{ [хв]} \quad (2.18)$$

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

$$T_{o2} = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 (65^2 - 35^2) \cdot 10^{-3} = 0,111 \text{ (хв.)}$$

Основний час для операції 005:

$$\begin{aligned} T_o &= 0,037 \cdot (D^2 - d^2) + 0,17 \cdot d \cdot l + 0,037 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,037 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + \\ &+ 0,18 \cdot d \cdot l + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,052 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l + 0,052 \cdot (D^2 - d^2) + 0,18 \cdot d \cdot l = \\ &= (0,037 \cdot (65^2 - 35^2) + 0,17 \cdot 65 \cdot 16 + 0,037 \cdot (90^2 - 65^2) + 0,18 \cdot 35 \cdot 15 + \\ &+ 0,037 \cdot (35^2 - 28^2) + 0,18 \cdot 28 \cdot 25 + 0,18 \cdot 65 \cdot 3 + 0,18 \cdot 65 \cdot 16 + 0,052 \cdot (65^2 - 35^2) + \\ &+ 0,18 \cdot 35 \cdot 1 + 0,052 \cdot (35^2 - 30^2) + 0,18 \cdot 30 \cdot 25) \cdot 10^{-3} = 1,136 \text{ (хв.);} \end{aligned}$$

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

$$T_{ум} = T_0 + T_в + T_{об} + T_{от} \text{ [хв.]}, \quad (2.19)$$

де $T_в$ – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_в = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{uz} \text{ [хв.]}, \quad (2.20)$$

де $T_{y.c}$ – час на установку і зняття деталі, що рівний 0,3 хв.;

$T_{з.о}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,25 хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, що рівний 0,45 хв.;

T_{uz} – час на вимірювання деталі, що рівний 0,15 хв.;

Тоді

$$T_в = 0,3 + 0,25 + 0,45 + 0,15 = 1,15 \text{ (хв.);}$$

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

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (1,136 + 1,15) = 0,16 \text{ (хв.)};$$

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

$$T_{от} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (1,136 + 1,15) = 0,114 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 1,136 + 1,15 + 0,16 + 0,114 = 2,56 \text{ (хв.)};$$

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.;

$$T_{п-з} = 15 + 4 + 1 + 1 + 2 + 2 + 8 = 23 \text{ (хв.)};$$

n – кількість деталей в партії, шт.;

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

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

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

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

Тоді

$$n = \frac{3500 \cdot 3}{252} = 41,67 = 42 \text{ (шт.)};$$

$$T_{шт-к} = 2,56 + 23/42 = 3,107 \text{ (хв.)}$$

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 , хв	T_e , хв			$T_{об}$, хв	$T_{от}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{п-з}$, хв	n	$T_{шт-к}$, хв
		$T_{y.c} + T_{z.o}$	$T_{y.n}$	$T_{из}$						
Токарно-револьверна з ЧПК	1,136	0,55	0,45	0,15	0,16	0,114	2,56	23	42	3,107
Комбінована з ЧПК	1,482	0,55	0,45	0,15	0,184	0,131	2,947	23	42	3,496
Свердлильна з ЧПК	0,78	0,55	0,45	0,15	0,135	0,097	2,162	23	42	2,709
Токарно-револьверна з ЧПК	0,615	0,55	0,45	0,15	0,124	0,088	1,977	23	42	2,525
Токарно-револьверна з ЧПК	0,816	0,55	0,45	0,15	0,137	0,098	2,201	23	42	2,749

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 3,107 + 3,496 + 2,709 + 2,525 + 2,749 = 14,586 \text{ (хв.)}$$

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 "Корпус 46-76" на 005 операції використовується верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30.

Послідовність виконання операції представлена на рис. 2.12.

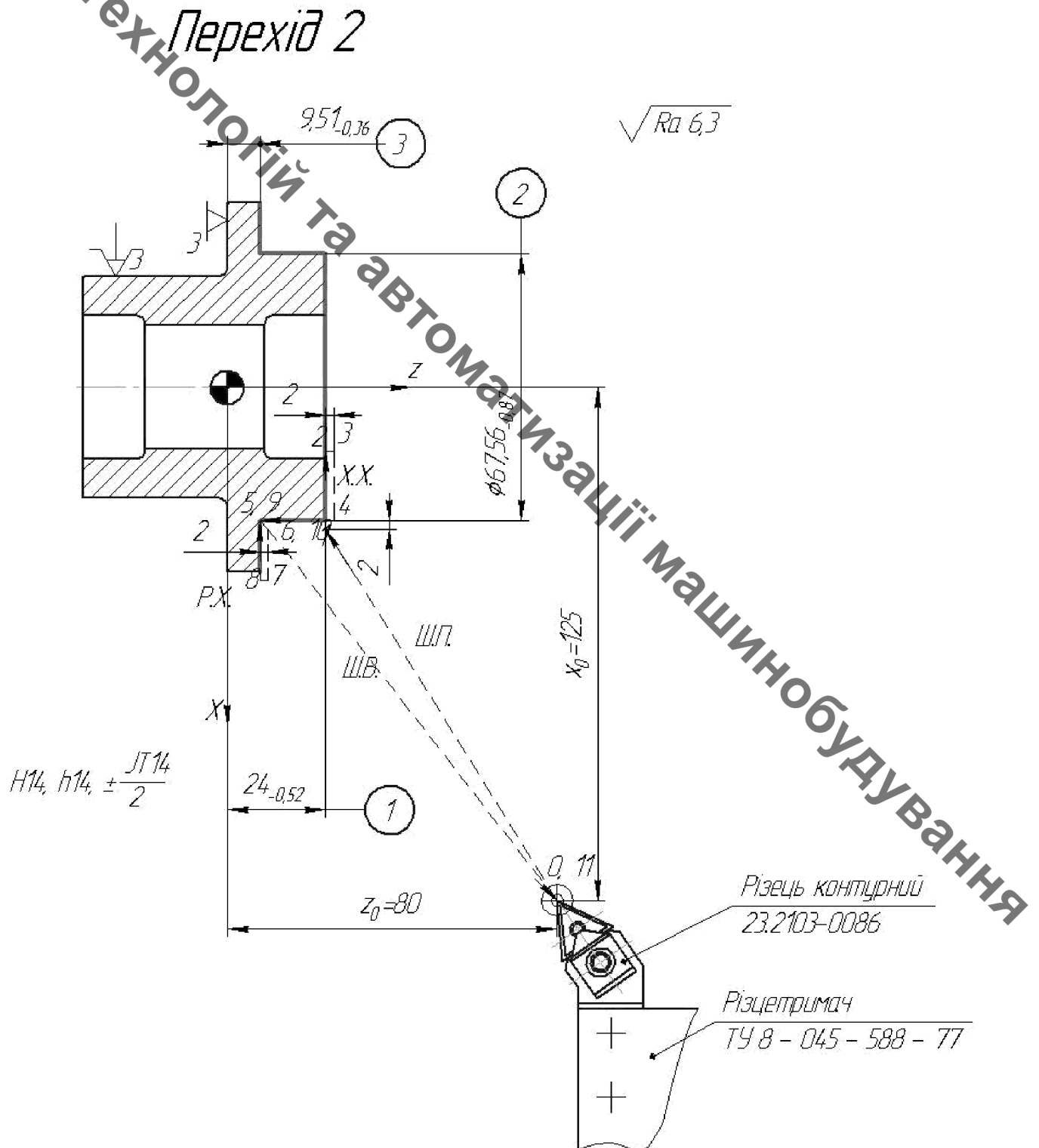


Рисунок 2.12 –Послідовність виконання переходів на операції

2.9.1 Вибір промислового робота (ПР) для РТК

Для переміщення деталі "Корпус" на операції 005, обрано промисловий робот моделі "Бриг -10".

Даний промисловий робот має одну руку з одним пневматичним захватним пристроєм. Вантажопідйомність даного промислового робота складає 10 кг, що достатньо для переміщення як деталі «Корпус» так і заготовки даної деталі.

На рис. 2.13 представлена схема рухів робочого органу промислового робота Бриг-10

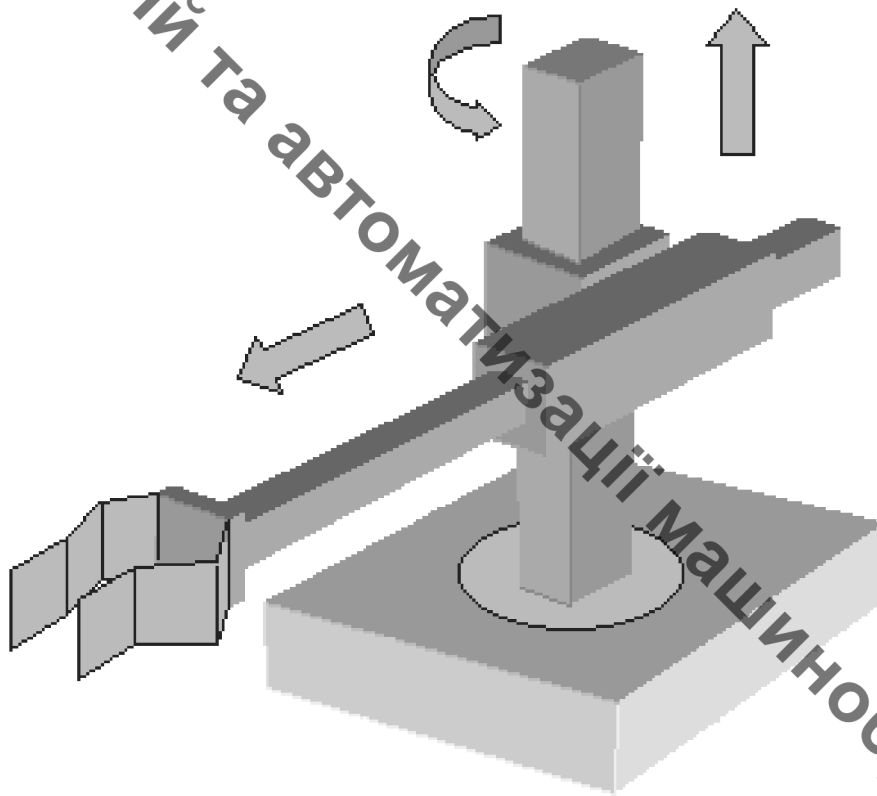


Рисунок 2.13 – Схема рухів робочого органу ПР Бриг-10

2.9.2 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів промислового робота

Для побудови траєкторії руху робочого органу промислового робота «Бриг-10» використаємо методику, що базується на графічному зображенні шляху переміщення геометричного центру захватного пристрою промислового робота.

Всі руху робочого органу промислового робота починаються з нульової точки. Поєднаємо початок траєкторії з нульовою точкою, тобто вкажемо початкове положення робочого органу ПР.

Таблиця 2.16 – Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки ПР вперед	500
z1 2	Переміщення вузла ПР вниз	200
	Затиск заготовки схватом ПР	-
z2 3	Переміщення руки ПР вгору	200
r3 4	Переміщення руки ПР назад	500
α 4 5	Ротація кисті на ПР за год. стрілкою	90°
φ 5 6	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r6 7	Переміщення руки ПР вперед	500
x7 8	Переміщення ПР вліво	50
	Затиск патрона	
	Розтиск схвату ПР	
r8 9	Переміщення руки ПР назад	500
	Вистій руки ПР (робота верстата)	
r9 10	Переміщення руки ПР вперед	500
	Затиск заготовки схватам ПР	
	Розтиск патрона	
x10 11	Переміщення ПР вправо	50
r11 12	Переміщення руки ПР назад	500
φ 12 13	Поворот руки ПР проти год. стрілки	90°
α 13 14	Ротація кисті на ПР проти год. стрілки	90°
r14 15	Переміщення руки ПР вперед	500
z15 16	Переміщення вузла ПР вниз	200
	Розтиск схвату ПР	
z16 17	Переміщення руки ПР вгору	200
r17 18	Переміщення руки ПР назад	500

Представимо на рисунку 2.14 фрагменти траєкторії переміщення ПР

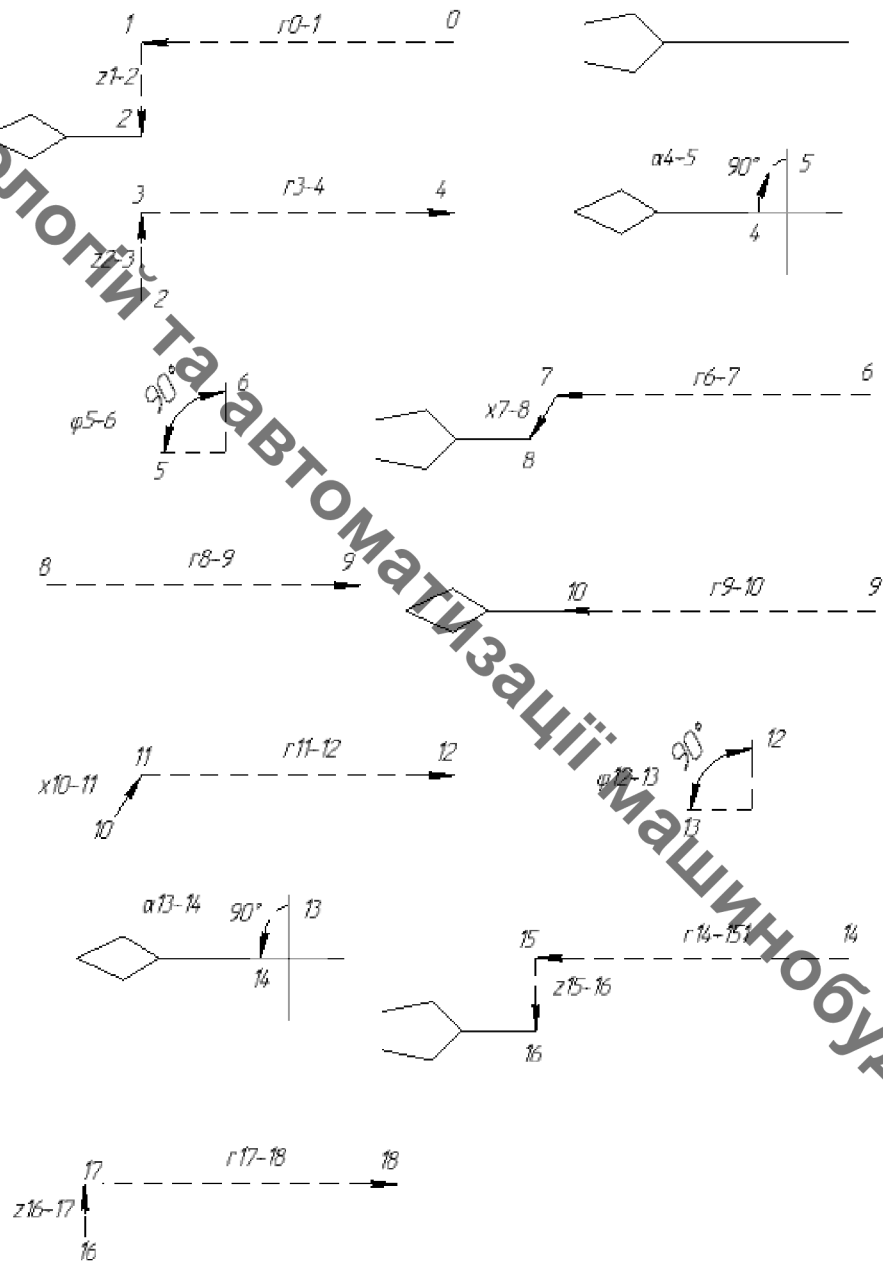


Рисунок 2.14 - Фрагменти траєкторії переміщення ПР

2.9.3 Розробка алгоритму роботи РТК

Для побудови робочого циклу T_p та розрахунку значення циклової продуктивності $Q_{ц}$ будемо циклограму функціонування РТК.

Скорочення T_p досягається за рахунок поєднання часу виконання окремих переходів і зменшення тривалості несуміщених переходів.

Визначаємо час виконання кожного руху робочого органу промислового
робота:

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

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

де φ_I – кути поворотів механізмів;
 l_I – лінійні переміщення механізмів;
 $\omega_I V_I$ – швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по
відповідній координаті.

$$t_{0-1} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

$$t_{1-2} = \frac{0,2}{0,3} = 0,67(c);$$

$$t_{2-3} = \frac{0,2}{0,3} = 0,67(c);$$

$$t_{3-4} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

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

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

$$t_{6-7} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

$$t_{7-8} = \frac{0,05}{0,3} = 0,17(c);$$

$$t_{8-9} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

$$t_{9-10} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

$$t_{10-11} = \frac{0,05}{0,3} = 0,17(c);$$

$$t_{11-12} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

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

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

$$t_{14-15} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c);$$

$$t_{15-16} = \frac{0,2}{0,3} = 0,67(c);$$

$$t_{16-17} = \frac{0,2}{0,3} = 0,67(c);$$

$$t_{17-18} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75(c).$$

Таблиця 2.17 – Алгоритм роботи РТК

	Коментар	Величина переміщення, мм, (град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	600	0,8	0,75
	Переміщення руки ПР вниз	200	0,3	0,67
	Затиск заготовки схватом ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	200	0,3	0,67
	Переміщення руки ПР назад	600	0,8	0,75
Сума				3,04
Установка заготовки на верстат	Ротація кисті 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	600	0,8	0,75
	Досилка кисті ПР вліво	50	0,3	0,17
	Розтиск схвату ПР			0,2
	Переміщення руки ПР назад	600	0,8	0,75
Сума				7,33
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні			3
	Обробка заготовки			(1,136 хв) 68,2
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			3
Сума				74,2
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	600	0,8	0,75
	Затиск заготовки схватом ПР			0,2
	Досилка кисті ПР вправо	50	0,3	0,17
	Переміщення руки ПР назад	600	0,8	0,75
Сума				1,87
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР проти год. стрілки	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Ротація кисті на ПР проти год. стрілки	90° (1,57 рад)	0,575	2,73
	Переміщення руки ПР вперед	600	0,8	0,75
	Переміщення руки ПР вниз	200	0,3	0,67
	Розтиск схвата ПР			0,2
	Переміщення руки ПР вгору	200	0,3	0,67
	Переміщення руки ПР назад	600	0,8	0,75
Сума				8,5
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 «Корпус 46-76». Проведено моделювання процесу заповнення піщано-глинистої форми. Проведено перевірку проливаємості виливка з різними значеннями радіуса заокруглень при переході від циліндричної до плоскої поверхні виливка. Також проведено аналіз утворення усадочних дефектів при різних розмірах радіуса заокруглень. Визначено, що при зменшенні радіуса заокруглення до 2 мм вага виливка зменшується на 2,4%. В результаті удосконалення базового маршруту механічної обробки деталі «Корпус 46-76» кількість операцій зменшилась до 5 операцій. 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 "Корпус 46-76", 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 [14], 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

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		
	Козлов Л. Г.	Савуляк В. В.	Петров О. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	1	2
2	1	2	2
3	2	3	2
4	3	2	3
5	3	4	4
6	1	2	2
7	3	2	3
8	2	4	3
9	2	3	2
10	3	2	3
11	3	3	2
12	4	3	4
Сума балів	СБ ₁ =29	СБ ₂ =31	СБ ₃ =32

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

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України. На території області знаходиться більше 150 с\х підприємств які можуть використовувати корпус для ремонту нагнітачів повітря, які використовуються в техніці.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, приймемо:

- Середня кількість споживачів, які використовують обладнання аналогічне розроблюваному 5656 шт (в середньому в країні 400 великих підприємств, які потребують по 10 нагнітачів повітря та більше 1500 середніх яким необхідний 1);

- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $P_n=80\%$;

- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;

- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_n=70\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = (P \cdot P_n) / 100 \text{ [шт]} \quad (3.1)$$

$$P_i = 5656 \cdot 80 / 100 = 4525 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$OP = P_i / T \text{ [шт]} \quad (3.2)$$

$$OP = 4525 / 4 = 18100 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$PP = OP \cdot C_n / 100 \text{ [шт]} \quad (3.3)$$

$$ПП=17000 \cdot 0,7=11900 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 \text{ [шт]} \quad (3.4)$$

$$РП=(18100+11900)/2=15000 \text{ (шт.)}$$

Найбільший попит на пристосування слід очікувати тоді, коли більшість підприємств вийде із фінансової кризи, зросте їх купівельна спроможність і відповідно можливість до розвитку.

3.3 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

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

Зважаючи на те, що комплектуючі до нагнітачів повітря поставляються на заводи-виробники сільськогосподарської техніки та на фірми, що розповсюджують запасні частини до такої техніки, основними каналами розповсюдження будуть:

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

3.4 Обрання методу ціноутворення

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

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

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

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

3.5 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	
Шорсткість поверхні		8		30%
Твердість		8		30%
Вага	9			40%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (3.5)$$

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

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

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

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 4.6, 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 параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Шорсткість поверхні	1,25	1,0	1,25	30%
Твердість	220	210	0,95	30%
Вага	0,327	0,291	1,125	40%

$$q_1 = 1,25/1 = 1,25;$$

$$q_2=210/220=0,95;$$

$$q_3=0,327/0,291=1,25.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (3.6)$$

$$K_{яв}=1,25 \cdot 0,3+0,95 \cdot 0,3+1,125 \cdot 0,4=1,11.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 11%.

3.6 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:

$$K=I_{тп}/I_{еп}, \quad (3.7)$$

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

$I_{еп}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

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

(3.8)

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

$$I_{en} = 110/125 = 0,88;$$

$$K = 1,11/0,88 = 1,261.$$

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

3.7 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [15]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (3.9)$$

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:

$$Z_o = \frac{9500}{22} \cdot 14 = 6045,48 \text{ (грн.)}.$$

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 [15]

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	9500	431,82	14	6045,48
2.	Інженер-технолог	6900	313,64	12	3763,68
4.	Інженер-конструктор	6200	281,82	11	3100
Всього					12909,16

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (3.10)$$

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:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{3m}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (3.11)$$

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

$M_n = 5000$ грн. [19];

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

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

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

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

$$C_4 = 5000 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 58,38 \text{ (грн./год.)};$$

Таблиця 3.8 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Токарно-револьверний ЧПК 1В340Ф30 з	0,061	4	58,38	3,56
Токарно-револьверний ЧПК 160НТ з	0,006	4	58,38	0,35
Вертикально-свердлильний 2Н135	0,011	4	58,38	0,64
Всього				4,55

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

$$Z_d = (12909,16 + 4,55) \cdot 12\% = 1549,65 \text{ (грн.)}.$$

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

$$(12909,16 + 4,55 + 1549,65) \cdot 0,22 = 3181,94 \text{ (грн.)}.$$

Амортизація обладнання, яке використовується під час виготовлення деталі "Корпус 46-76".

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

$$A = \frac{Ц}{T_{H.B.}} \frac{T_{ф.в.}}{12},$$

де Ц – загальна балансова вартість обладнання, 800 000 грн;

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

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

Відповідно:

$$A_{\Sigma} = \frac{800000}{12} \frac{7}{12} = 38888,89 \text{ (грн.)},$$

$$A = \frac{38888,89}{15000} = 2,59 \text{ (грн./шт.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot Ц_v \text{ [грн.]}, \quad (3.12)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 2,74 кг,

$Ц_i$ – вартість матеріалу i -го найменування, 38 грн./кг.,

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

V_i – маса відходів i -го найменування, 0,78 кг,

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

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.9 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Чавун СЧ20	38	2,74	0,78	12	70,17
					70,17

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Чавун СЧ20 і відповідно отримаємо:

$$M = 2,74 \cdot 38 \cdot 1,1 - 0,78 \cdot 12 = 70,17 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \text{ [грн.]}, \quad (3.13)$$

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. З 1 січня 2020 року для промисловості ціна електроенергії становить $V = 3,063$ грн./кВт (з ПДВ).

P – установлена потужність обладнання;

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

K_n – коефіцієнт використання потужності. $K_n < 1$, приймаємо 0,9.

Тоді:

$$V_{e1} = 3,063 \cdot 12 \cdot 0,061 \cdot 0,9 = 2,02 \text{ (грн.)}$$

де P_1 – сумарна потужність електродвигунів токарно-револьверного верстата, кВт;

Φ_1 – фактична кількість годин роботи токарно-револьверного верстата, годин.

$$B_{e2} = 3,063 \cdot 5,5 \cdot 0,006 \cdot 0,9 = 0,09 \text{ (грн.)},$$

де P_2 – сумарна потужність електродвигунів токарного верстата, кВт;

Φ_2 – фактична кількість годин роботи токарного верстата, годин.

$$B_{e3} = 3,063 \cdot 11 \cdot 0,011 \cdot 0,9 = 0,33 \text{ (грн.)},$$

де P_3 – сумарна потужність електродвигунів протягувального верстата, кВт;

Φ_3 – фактична кількість годин роботи вертикально-свердлильного верстата, годин.

Звідси:

$$B_e = B_{e1} + B_{e2} + B_{e3} = 2,02 + 0,09 + 0,33 = 2,44 \text{ (грн.)}.$$

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

$$B_{in} = (1...3) (Z_o + Z_p), \quad (3.14)$$

$$B_{in} = 2 \cdot (12909,16 + 4,55) = 25827,42 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 12909,16 + 4,55 + 1549,65 + 3181,94 + 2,59 + 70,17 + \\ + 2,44 + 25827,42 = 43547,92 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за B_{zag} формулою:

$$B_{zag} = \frac{B}{\alpha}, \quad (3.15)$$

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

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 43547,92 / 0,95 = 45839,92 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (3.16)$$

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

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

Тоді:

$$ЗВ = 45839,92 / 0,9 = 50933,24 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 50,933 тис. грн.

3.8 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект від модернізації дільниці механічної обробки деталі "Корпус 46-76" 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 нагнітачів повітря, складовою яких є деталь "Корпус 46-76", складає щороку приблизно 30000 шт. Середня ціна подібних розробок 125 грн. Оскільки собівартість виготовлення корпусу за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наші нагнітачі приблизно на 10% дешевше, тобто в середньому за 110 грн. або на 15 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що нагнітачі даного типорозміру буде користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації ділянки механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення нагнітачів повітря.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 вересня 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2021-го, 2022-го, 2023-го та 2024-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік впровадження (2021 р.) – приблизно 15000 шт.;

2-й рік впровадження (2022 р.) – приблизно 18000 шт.;

3-й рік впровадження (2023 р.) – приблизно 20000 шт.;

4-й рік впровадження (2024 р.) – приблизно 15000 шт.

У 2025 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100), \quad (3.17)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $\Delta C_0 = 15$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N = 15000$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 110$ грн;

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

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

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

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\Delta \Pi_1$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2020 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (15000 \cdot 15) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 38435,96 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (18000 \cdot 15) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 46123,15 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (20000 \cdot 15) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 51247,95 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (15000 \cdot 15) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 38436,96 \text{ (грн.)}$$

3.9 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність

вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

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

$$E_{абс} = ПП - PV, \quad (3.18)$$

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

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (3.19)$$

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

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

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

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

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

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

$$ПП = \frac{38435,96}{(1+0.1)^1} + \frac{46123,15}{(1+0.1)^2} + \frac{51247,95}{(1+0.1)^3} + \frac{38436,96}{(1+0.1)^4} = 137817,05 \text{ (грн.)}$$

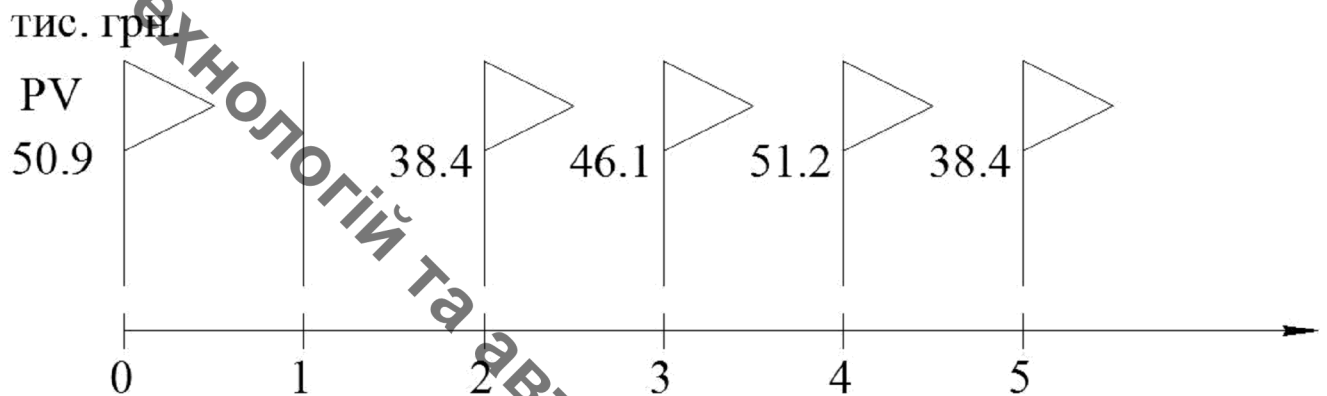


Рисунок 3.1. – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

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

$$E_{abc} = 137817,05 - 50933,24 = 86883,81 \text{ (грн.)}$$

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

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

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

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (3.20)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 86883,81$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій PV = 50933,24 грн.;

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

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 86883,81 / 50933,24} - 1 = 0,22 = 22\%$$

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

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

$$\tau = d + f, \quad (3.21)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,06...0,14)$;

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

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

Оскільки величина $E_B = 22\% > \tau_{\text{мін}} = 20\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,22 = 4,54.$$

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.

3.10 Висновки до розділу 3

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження, який становить 30,66, що є вище середнього показника. Розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Капітальні затрати склали 50933,24 грн. Абсолютна ефективність нашої розробки при прогнозованому ринку збуту складе 86883,81 грн.

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 4,54 року.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

На дільниці, де встановлене обладнання для виготовлення деталі «Корпус 46-76», живлення здійснюється від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

Аналізуємо умови, в яких виготовляється Корпус. При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки;

- стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини - фізичні небезпечні чинники. Так, при опрацюванні крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи та ін.) на високих швидкостях різання, стружка від верстата розлітається на відстань (3-5 м). Металева стружка, особливо в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400 -600 °С) і велику кінетичну енергію, має серйозну небезпеку не тільки для працюючого, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку. При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації. При фрезеруванні латуні і бронзи кількість пилу в повітрі

приміщення досить невелика (14,5 - 20 мг/м³). Проте деякі сплави (латунь ЛЦ40С і бронза Бр ОЦС) містять свинець, тому токсичність пилу, що утворюється при їхньому фрезеруванні може перевищувати ГДК.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

До біологічних чинників відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що виділяються при роботі з ЗОР.

4.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпечних умов праці

В приміщенні ділянки верстатів, що проектується, виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми .

Мікроклімат.

Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Відповідно [18] оптимальні і допустимі показники приведені в таблиці 4.1.

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового

опромінення огорожуються захисними огорожами. В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	Пб	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	Пб	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Освітленість.

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню.

Характеристика зорових робіт-дуже високої точності (розміри об'єкт розпізнавання 0,15-0,3 мм);

- розряд зорових робіт - II;
- під розряд зорових робіт - в;
- контраст об'єкта розпізнавання з фоном - середній;
- фон - середній.

Природне освітлення (КПО, e_n^{III} , %);

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

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

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c,$$

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

m – коефіцієнт світлового клімату;

c – коефіцієнт сонячності клімату.

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

Таблиця 4.2 – Показники мікроклімату

Період робіт	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/хв		
		допуст.				оптим.	допуст.	оптим.	допуст.	
		в.м.	н.м.	в.м.	н.м.					
		На робочих місцях								
		не постійні		не постійні						
Холодний	ІІб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Теплий	ІІб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

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

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого повинно складати 10% від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовується для місцевого освітлення (лампи розжарювання).

При цьому найменші і найбільші значення освітленості від світла загального освітлення в системі комбінованого приймаємо для люмінесцентних ламп:

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела світла 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.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях не повинен перевищувати - 20.

Аварійне освітлення передбачається якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи установок вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

Розрахунок загального освітлення цеху

Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні основним є метод світлового потоку, що враховує світловий потік, відбитий від стелі і стін.

У даному механічному цеху застосовуємо люмінесцентне освітлення.

Для освітлення застосовуємо люмінесцентні ртутні лампи низького тиску з номінальним світловим потоком $\Phi_d = 3740$.

Виробничий шум. [19].

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 4.3.

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;

- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багат шаровими перегородками,

- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

Таблиця 4.3 – Нормування значень рівнів шуму

Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц.									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	2500	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вібраційна безпека [20].

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження оператора для довговічності зміни вісім годин приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

Категорія вібрації і критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип "а" границя зниження продуктивності праці	Тех. вібрація, що впливає на операторів стаціонарних машин і обладнання	Верстати, вентилятори, електрообладнання

Таблиця 4.5 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації по сан. нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані частоти і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			мс ²	дБ	мс	дБ
локальна	-	X _л Y _л Z _л	2,0	126	2,0	112
загальна	3 тип „а”	Z _з Y _з X _з	0,1	100	0,2	90

Якщо вище наведені норми не забезпечуються, то застосовують методи колективного захисту, що знижують параметри вібрації у напрямку її поширення.

4.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Техніка безпеки

На робочому місці працівник зобов'язаний дотримуватись таких правил поведінки:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів із охорони праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва;
- користуватися засобами колективного й індивідуального захисту;
- виконувати тільки ту роботу, яку доручив йому керівник та з якої він пройшов інструктаж;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці та пожежної безпеки;
- не допускати присутності на своєму робочому місці сторонніх;
- постійно пам'ятати про особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці, пожежної безпеки;
- знати, де зберігають медичну аптечку, та вміти надавати потерпілому домедичну допомогу при нещасному випадку;
- знати розташування первинних засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися;
- користуватися за призначенням спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- виконувати вимоги технологічного процесу.

4.3.2 Електробезпека

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність

струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вище перелічених факторів і згідно [21], це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу згідно [22] вибираємо такі спосіб захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

Безпечна експлуатація під'ємнотранспортних засобів.

Для забезпечення безпечної експлуатації під'ємнотранспортні машини постачають із засобами захисту включаючи системи дистанційного керування. Для дистанційного керування під'ємнотранспортними машинами застосовують електричні слідкуючі системи (при стаціонарному пульті керування) і радіокерування (при керуванні з різних місць). Інспекція Держнагляду й адміністрація підприємства встановлюють постійний нагляд за станом вантажопід'ємних пристроїв, канатів, ланцюгів, змінних вантажозахоплюючих органів (гаків, вантажопідійомних електромагнітів і т.п.), знімних вантажозахоплюючих пристосувань (стропів, клещей, траверс і т.п.) і тари (контейнерів), доглядом за ними і безпекою експлуатації. Зокрема, правилами Держнагляду передбачається проведення регламентованих, іспитів вантажопід'ємних машин, що подають із погляду охорони праці в машинобудуванні найбільшу небезпеку серед усіх під'ємнотранспортних машин.

4.4 Протипожежні заходи

В приміщенні механічного цеху знаходяться горючі матеріали. В цеху обробляють метали різанням, при цьому можливі іскри, а також виділення теплоти в процесі різання. Виходячи з цього відносимо механічний цех до категорії "Т": виробництво в якому використовують негорючі речовини і матеріали в гарячому стані.

По степені вогнестійкості будівля відноситься до 1 степені, тобто будівлі має несучі конструкції і природних або штучних кам'яних матеріалів, стіна бетонна і залізобетонна з використанням листових негорючих матеріалів.

Границі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожуючі функції на час евакуації людей або перебування їх у місцях колективного захисту.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м, Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно [23] не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері їм, через роздвижні ворота - 2.5м. Кількість людей па 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно [24] кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.5.1 Радіація як чинник небезпеки

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.

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-, рентгеновського 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.

Небезпека радіації полягає в її іонізуючому випромінюванні, що взаємодіє з атомами і молекулами, які ця взаємодія перетворює в позитивно заряджені іони, тим самим розриваючи хімічні зв'язки молекул, що складають живі організми, і викликаючи біологічно важливі зміни.

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. Як писалося вище, реакція різних органів на радіацію не однакова – червоний кістковий мозок та органи кровотвірної системи, репродуктивні органи та органи зору найбільш вразливі. Також, варто зауважити, що діти сильніше схильні до дії радіації, ніж доросла

людина. Більшість органів дорослої людини не такі схильні до впливу радіації – це нирки, печінка, сечовий міхур, хрящові тканини.

Радіоактивні речовини характеризуються іонізуючим випромінюванням, енергії якого достатньо для відділення електронів від атомів (в результаті чого утворюються заряджені іони) і розриву хімічних зв'язків. Іонізуюча радіація може зашкодити будь-якому типу тканини людського організму, причому в більшості випадків пошкодження від іонізуючого випромінювання не піддаються відновленню. Більше того – будь-яке порушення природного механізму відновлення організму призводить до утворення ракових клітин.

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.

4.5.2 Оцінка безпеки роботи обладнання з ЧПК на дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» в умовах дії іонізуючого випромінювання

За критерій, що визначає безпеку роботи обладнання з ЧПК (токарно-револьверний верстат 1В340Ф30) в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази (D_{gr}, P) або граничне значення рівня радіації ($p_{gr}, P/\text{год}$), при якому в елементній базі можуть виникнути елементні зміни, але обладнання з ЧПК ще буде працювати з потрібною якістю. Оцінку працездатності проводять в такій послідовності [17]:

1) Аналізуємо систему ЧПК, а саме її елементну базу, від якої залежить функціонування системи на відповідному рівні: транзистори, конденсатори, резистори, діоди, інтегральні схеми, регулятори напруги, силові трансформатори, драйвери управління двигуна.

2) Визначаємо для кожного елемента D_{gr} . Дані заносимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Максимально допустимі значення експозиційних доз опромінення для матеріалів і елементів обладнання з ЧПК

№	Блок	Елементи системи ЧПК	Д _{гр, Р}	Д _{гр, Р}
1	Блок живлення	Діоди, P26	10 ⁵	10 ⁵
2		Транзистори Т186-500	10 ⁵	
3		Конденсатори, К18У-6	10 ⁷	
4		Резистори R16	10 ⁷	
5		Силовий трансформатор	10 ⁷	
6		Регулятор напруги	10 ⁷	
1	Блок управління	Діоди, P26	10 ⁵	10 ⁵
2		Транзистори Т186-500	10 ⁵	
3		Конденсатори, К18У-6	10 ⁷	
4		Резистори R16	10 ⁷	
5		Драйвер управління двигуна	10 ⁵	

- 3) Визначаємо граничне значення рівня радіації p , Р/год:

$$D_{гр} = \frac{2P_{гр}(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}} \Rightarrow$$

$$P_{гр} = \frac{D_{гр} \cdot K_{посл}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P/год], \quad (4.1)$$

де t_k - час закінчення роботи, $t_k = 10$ років = 87600 год;

t_n - час початку роботи, год;

$K_{посл}$ - коефіцієнт послаблення, $K_{посл}=4$

$$P_{гр} = \frac{10^5 \cdot 4}{2(\sqrt{87600} - \sqrt{1})} = 677,9 (P/год).$$

Визначаємо допустимий час

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{носл}} + 2 \cdot P_{1\text{max}} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [\text{год}]; \quad (4.2)$$

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{10^4 \cdot 4 + 2 \cdot 6,77 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,77} \right)^2 = 87332 \text{ (год)}.$$

Обладнання з ЧПК на дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» буде працювати безпечно, якщо граничне значення рівня радіації не буде перевищувати 677,9 Р/год.

4.6 Висновки до розділу 4

Для дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. Визначено показники мікроклімату. Обрано протипожежні заходи.

Виявлено, що при дії іонізуючого випромінювання система ЧПК на верстаті 1В340Ф30 на дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» буде працювати у нормальному режимі у разі обмеження значення потужності експозиційної дози від 0 до 677,9 Р/год.

ВИСНОВОК

Підвищення точності виготовлення заготовки є досить складною задачею. Використання сучасних систем автоматизованого моделювання ливарних процесів дозволяє суттєво скоротити час на розробку конструкції вилівка та ливарної оснастки та в більшості випадків відмовитись від натурних експериментів.

Проведено аналіз якості отриманих вилівок за допомогою систем автоматизованого моделювання ливарних процесів. Визначено, що зменшення радіусу заокруглень до 2 мм, в місці спряження двох стінок, не призводить до появи додаткових усадочних дефектів або ускладненню проливаємості заготовки. При цьому вага вилівка при радіусі заокруглення 2 мм зменшилась на 2,4%.

В технологічному розділі було проведено удосконалення маршруту механічної обробки деталі «Корпус 46-76». В порівнянні з базовим маршрутом механічної обробки кількість операцій зменшилась до 5 операції. Було проведено аналіз технологічності деталі. У якості фінішної операції механічної обробки найбільш точної поверхні – внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35H7$ використано тонке розточування. Також були призначенні режими різання та норми часу на переходи механічної обробки. 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 проекту складає 4,54 роки.

Для дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» було розроблено заходи з охорони праці на робочому місці. Виявлено, що при дії іонізуючого випромінювання система ЧПК на верстаті 1В340Ф30 на дільниці механічної обробки деталі «Корпус 46-76» буде працювати у нормальному режимі у разі обмеження значення потужності експозиційної дози від 0 до 677,9 Р/год.

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

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 3223-85 Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах.
20. ГОСТ 12.1.012-78 Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Общие требования безопасности
21. ГОСТ 12.1.013-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Электробезопасность. Общие требования.

22. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

23. СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы

24 СНиП 2.09.02-85 Производственные здания

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 КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КОРПУС 46-76»

08-26.МКР.021.00.000 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»

Шпіта Т. Ю. _____

«___» _____ 20__ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи
 а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Корпус 46-76» 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 «Корпус 46-76».

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.

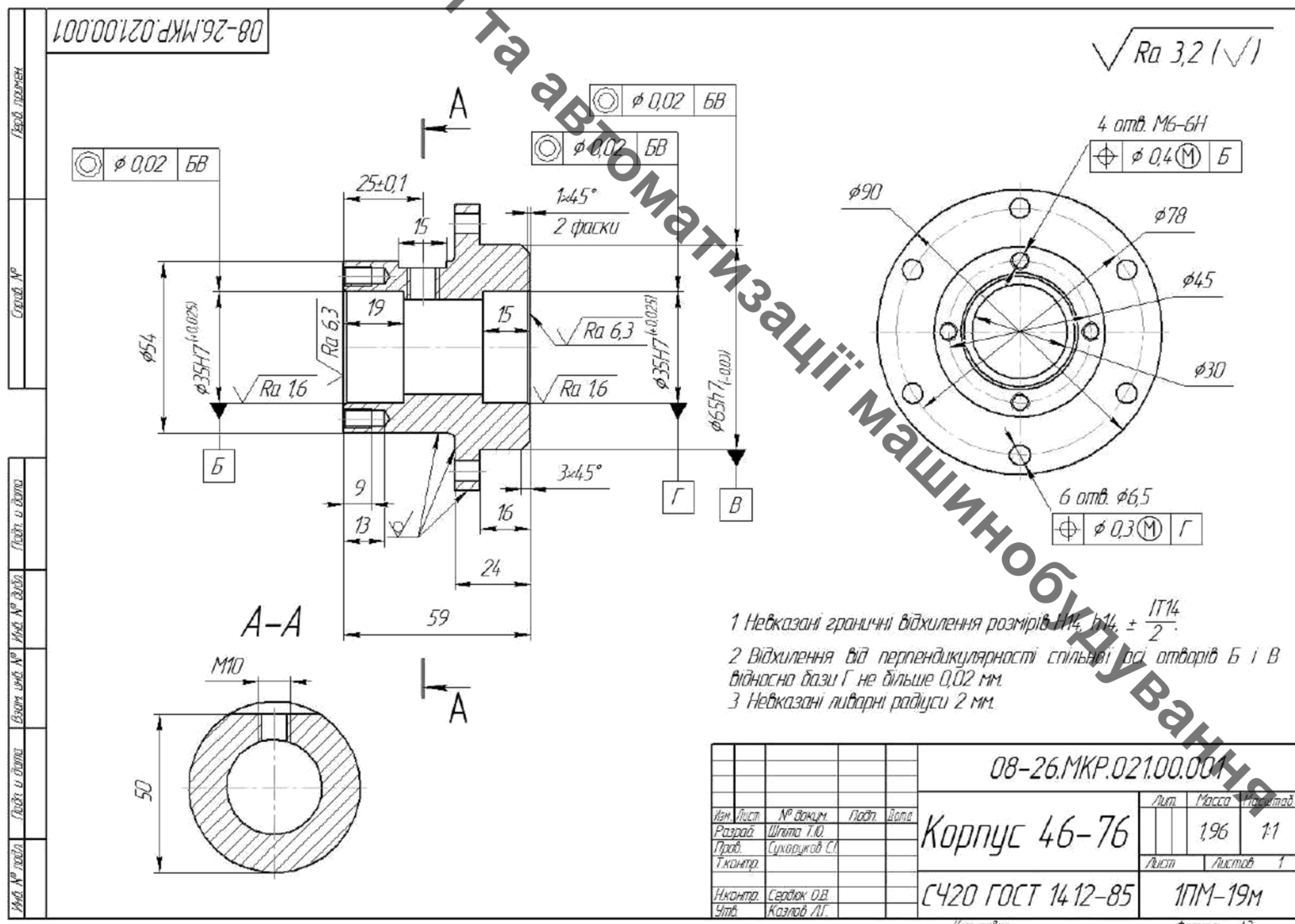
Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

Додаток Б

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



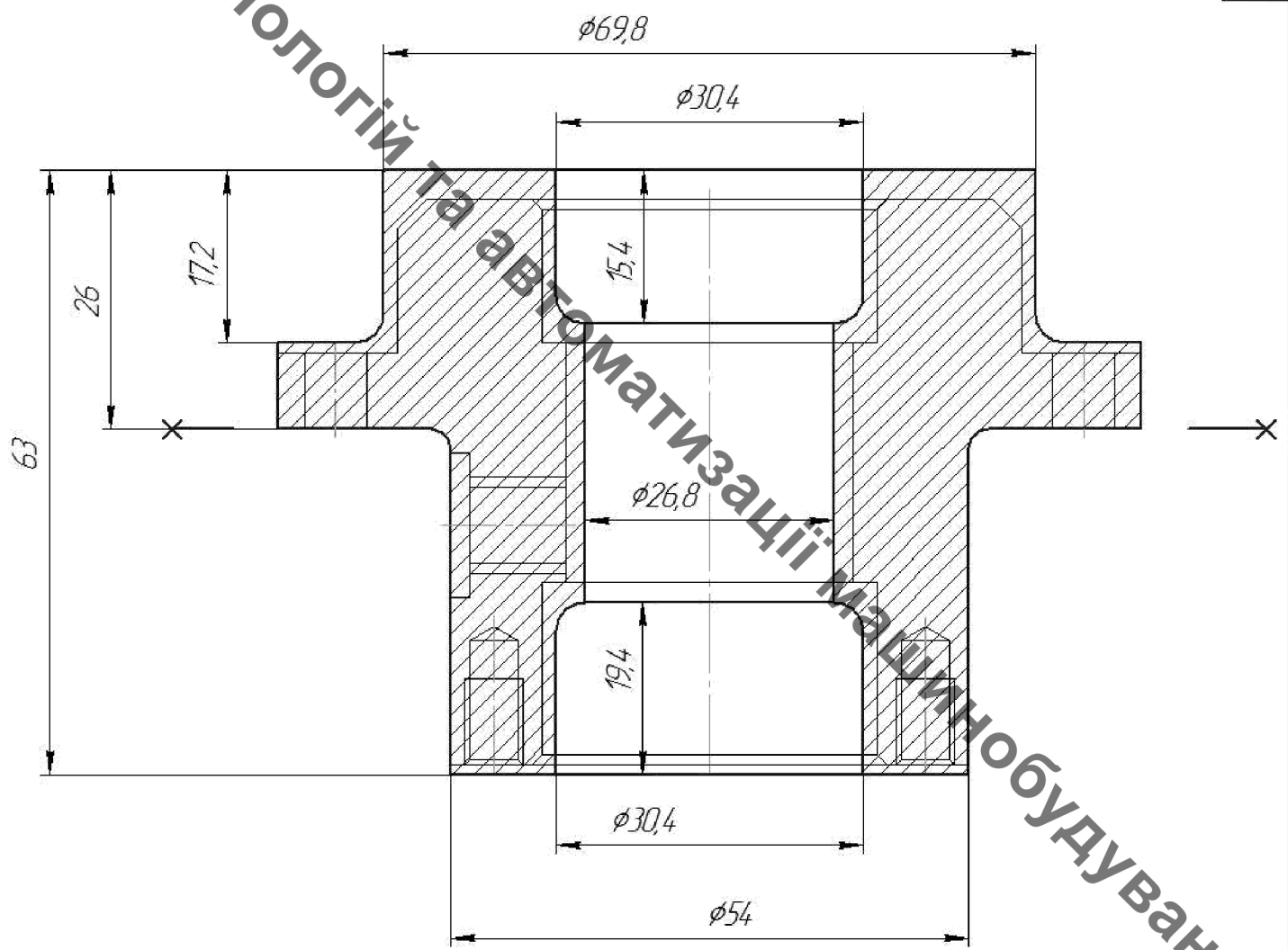
- 1 Неказані граничні відхилення розмірів М4, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 2 Відхилення від перпендикулярності спільної осі отворів Б і В відносно бази Г не більше 0,02 мм.
- 3 Неказані лубарні радіуси 2 мм.

				08-26.МКР.021.00.000		
				Корпус 46-76		
Вид	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист
Разроб.	Шпета Т.Ю.					
Проб.	Сухомликов С.О.					
Т.контр.						
Н.контр.	Сердюк О.В.					
З.пр.	Козлов Л.І.					
				С420 ГОСТ 14.12-85		1ПМ-19М
				Котляков		Фотокит А3

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

$\sqrt{Ra 16 (\sqrt{1})}$

08-26.МКР.021.00.002



1. Точність виливка 10-5-10-9 ГОСТ 7505-89
2. Невказані ливарні радіуси до 2 мм.
3. Невказані ливарні нахили до 3°.
4. H14; h14; ±IT 14/2.

Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

				08-26.МКР.021.00.002		
				Корпус (виливок)		
				Лист	Масса	Масштаб
					2,74	2:1
				Лист	Листов	1
				СЧ20 ГОСТ 1412-85		
				зр. 1ПМ-19М		
				Копировал		
				Формат А3		

Маршрут механічної обробки

08-26.МКР.02.100.200 ПЛ

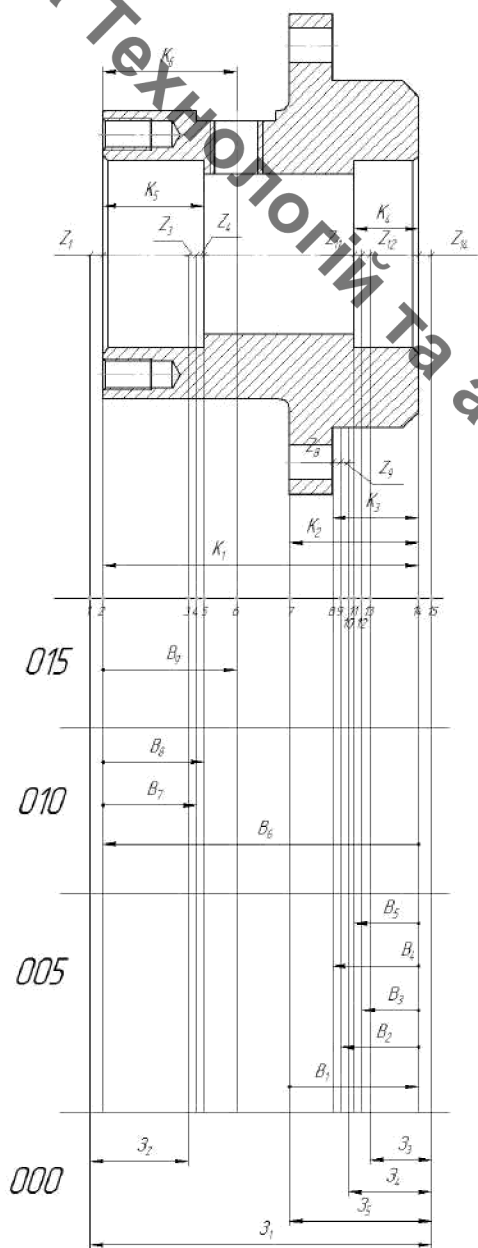
Кафедра Технологія та автоматизація машинобудування

п.п.	Назва операції: зміст переходу	Схема установки	Обладнання
005	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити деталь. Точити пов. 1 згідно ескізу, пов. 2 попередньо в розмір $\phi 67,56_{-0,87}$ та 3 попередньо в розмір $17,12_{-0,68}$. Розточити пов. 4 попередньо в розмір $\phi 34,64^{+0,65}$, торець 5 попередньо в розмір $14,71 \pm 0,26$, пов. 6 в розмір $\phi 28$. Точити фаску 7, точити пов. 2 і 3 згідно ескіза. Розточити фаску 8, пов. 4, торець 5 пов. 6 згідно ескіза. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1В340Ф30</p>
010	<p style="text-align: center;"><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити деталь. Точити торець 1 згідно ескіза. Розточити пов. 2 попередньо в розмір $\phi 34,64^{+0,65}$, торець 3 попередньо в розмір $18,71 \pm 0,26$. Розточити фаску 4, пов. 2 та торець 3 згідно ескіза. Центрувати 4 отв. 5 та 6 отв. 6. Свердлити 4 отв. 5 в розмір $\phi 5$. Свердлити 6 отв. 6 в розмір $\phi 6$. Нарізати різь в 4 отв. 5. Зняти деталь. 		<p>Токарний багатопільовий з ЧПК 1П420ПФ40</p>
015	<p style="text-align: center;"><u>Свердлильна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити деталь. Цекувати пов. 1 згідно ескіза. Центрувати отв. 2. Свердлити отв. 2 в розмір $\phi 8,5$. Нарізати різь M10 в отв. 2. Зняти деталь. 		<p>Вертикально-свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2</p>
020	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити деталь. Підрізати торець 1 згідно ескізу. Розточити пов. 2 попередньо в розмір $\phi 34,893^{+0,063}$. Розточити пов. 2 згідно ескіза. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 160НТ</p>
025	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити деталь. Точити пов. 1 в розмір $\phi 65,292_{-0,54}$. Розточити пов. 2 в розмір $\phi 34,893^{+0,063}$. Розточити пов. 2 згідно ескіза. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний з ЧПК високої точності 160НТ</p>

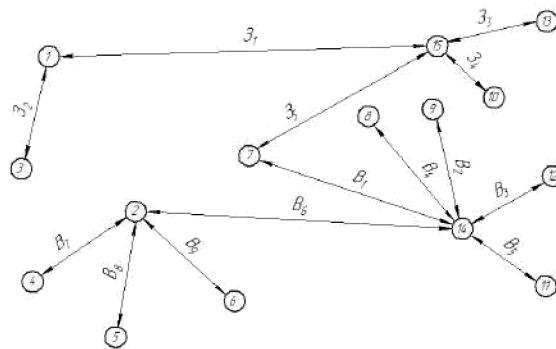
Лист 1 з 1

08-26.МКР.02.100.200 ПЛ			
Маршрут механічної обробки			
Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Лист	Листов	Листов	Листов
гр. 1ПМ-19М			

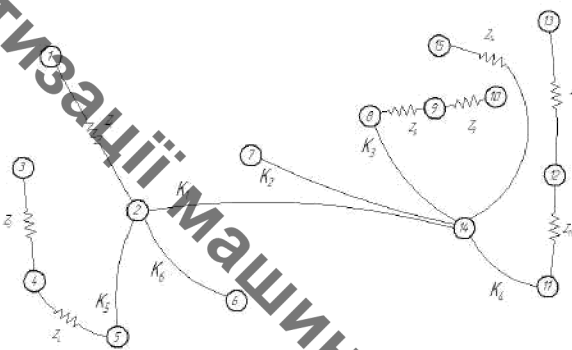
Розмірна схема технологічного процесу



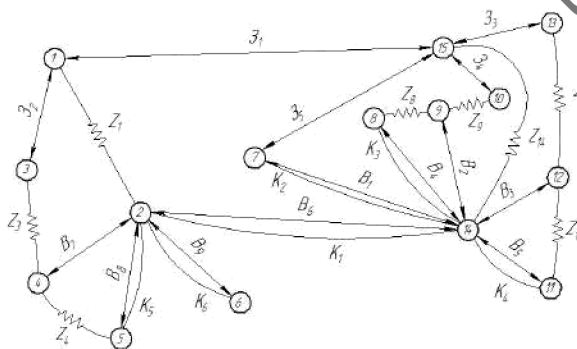
Вихідний граф



Похідний граф



Суміщений граф



Технологічні розміри та розміри заготовки

	B_1 , мм	B_2 , мм	B_3 , мм	B_4 , мм	B_5 , мм	B_6 , мм	B_7 , мм	B_8 , мм	B_9 , мм	B_{10} , мм	Z_1 , мм	Z_2 , мм	Z_3 , мм	Z_4 , мм	Z_5 , мм
мм	23,48	14,665	13,665	15,785	14,785	58,26	17,62	18,74	24,9	61,17	17,76	14,205	15,205	25,2	
ток	24	15,185	14,185	16,215	15,215	59	18,14	19,26	25,1	61,97	18,32	14,765	15,765	25,85	

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
мм	1,2	1,1	0,6	0,6	1,1	0,6	1,1	1,2	
ток	3,51	2,89	1,64	1,55	2,35	1,55	2,35	2,37	

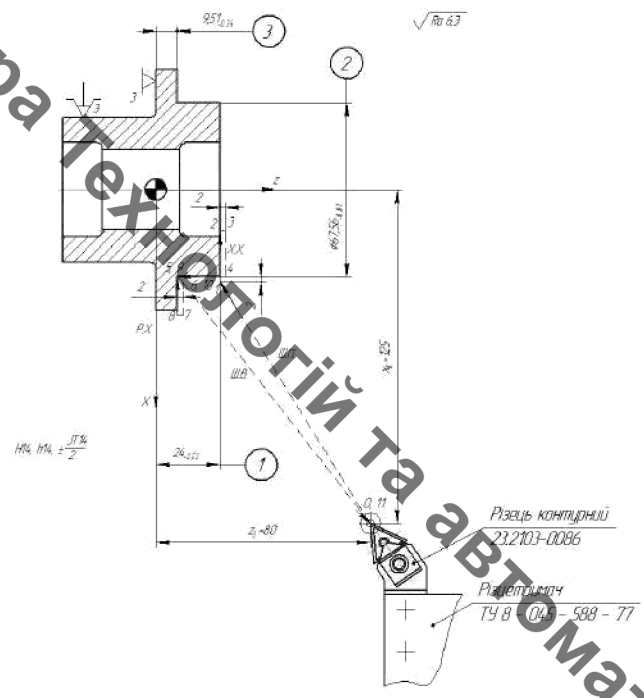
				08-26.МКР.02100.300 П1		
Директор	№ документа	Розробник	Дата	Розмірний аналіз технологічного процесу		
Інженер	Шкала 1:1	Перевірив		Лист 1 з 1		
Конструктор	Сторінка 02 з 02	Коректор		1ПМ-19М		
				Формат А1		

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

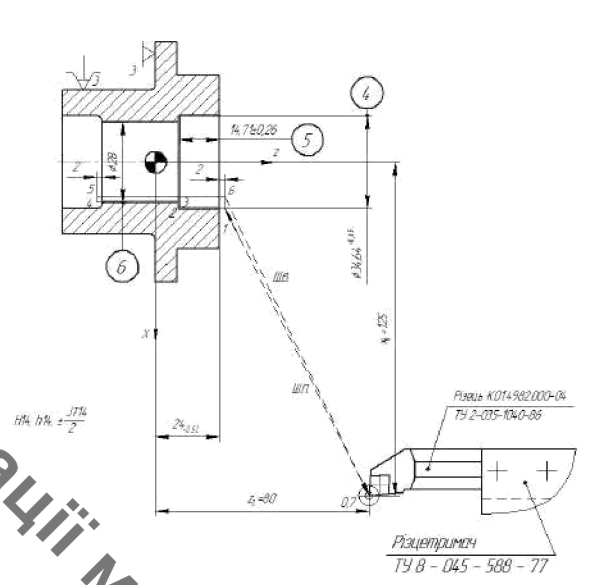
Карта налагодження на операцію 005

08-26.МКР.02100.400 ПЛ

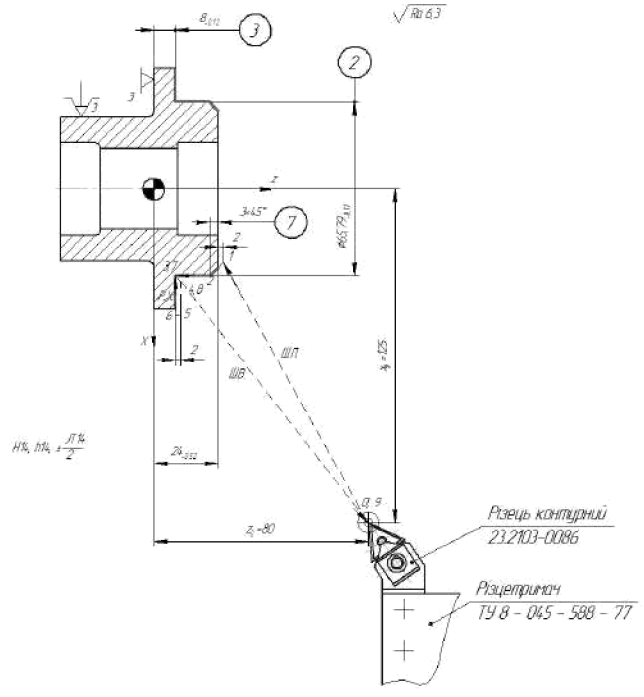
Перехід 2



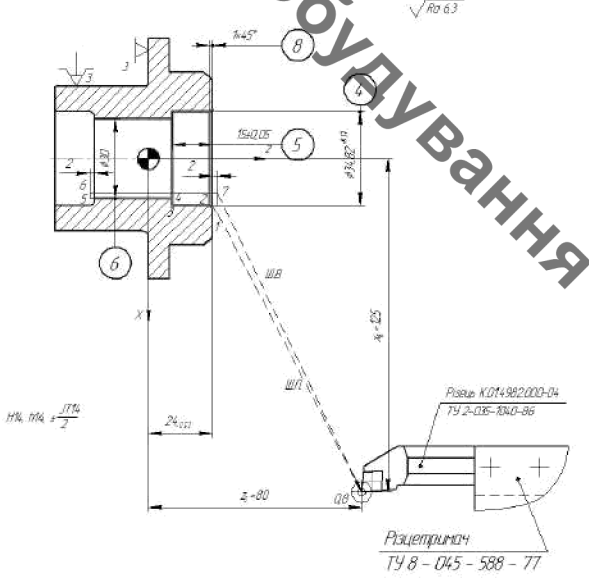
Перехід 3



Перехід 4



Перехід 5



0823 1000000 1000000 1000000 1000000

№ операції	№ переходу	Точка налагодження	Обладнання	Матеріал	Результат налагодження		
					Точність	Витрати	Продуктивність
005	5	Розташування фаски 8 пів. 4, 5 та 6 згідно ескизу	0,4	0,25	801	4,36	
	4	Точність фаски 7, пів. 7 та 7 згідно ескизу	0,6	0,2	807	4,12	
	3	Розташування пів. 4.56 попередньо	0,4	0,3	1564	3,78	
	2	Точність пів. 1.2.3 попередньо	1,2	0,8	62	307	
Матеріал		Точність з НТ	ВЗС/ОВ/ЗО	мм	С	М/хв	л/с
Найменування операції		Обладнання			Результат налагодження		
08-26.МКР.02100.400 ПЛ							
Карта налагодження на операцію 005					Лист	Значення	Масштаб
Виконав		№ документа	Дата	Знак	Лист		
Перевірив		Визначено	Дата	Знак	Лист		
Контроль					Лист		
Нормативні документи					Лист		

Кафедра Технологій та Автоматизації

UJ 009 001 20 д.МКР-2-80

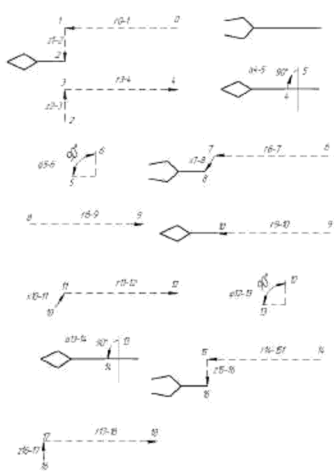
Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК

Алгоритм роботи РТК

Операція	Стержні	40% с									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
РП	Зняття заготовки	█									
	Чистка заготовки на верстаті	█	█								
	Зняття заготовки з верстата										█
	Підготовка заготовки до мех. складання деталей										█
Верстат	Затиск заготовки в пристосування			█							
	Розтиск заготовки в пристосування										█
	Обробка заготовки			█	█	█	█	█	█	█	█
Тактовий стан	Підварт на одну позицію										█

	Коментар	Величина переміщення, мм (град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Зняття заготовки	Переміщення руки РП вперед	550	0,3	0,69
	Переміщення руки РП вниз	150	0,3	0,5
	Затиск заготовки схватом РП			0,2
	Переміщення руки РП вгору	150	0,3	0,5
	Переміщення руки РП назад	550	0,3	0,69
Сума				2,68
Верстат	Ротація кіста на РП за год. стрілку	90° (157 рад)	0,575	2,73
	Поворот руки РП за год. стрілку	90° (157 рад)	0,575	2,73
	Переміщення руки РП вперед	550	0,3	0,69
	Дослика кіста РП вліво	70	0,3	0,23
	Розтиск схвату РП			0,2
	Переміщення руки РП назад	550	0,3	0,69
Сума				7,27
Зняття заготовки на верстаті	Зняття заготовки на верстаті			3
	Розтиск заготовки на верстаті			3
	Сума			6
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки РП вперед	550	0,3	0,69
	Затиск заготовки схватом РП			0,2
	Дослика кіста РП вліво	70	0,3	0,23
	Переміщення руки РП назад	550	0,3	0,69
Сума				1,81
Переміщення заготовки до мех. складання деталей	Поворот руки РП проти год. стрілки	90° (157 рад)	0,575	2,73
	Ротація кіста на РП проти год. стрілки	90° (157 рад)	0,575	2,73
	Переміщення руки РП вперед	550	0,3	0,69
	Переміщення руки РП вниз	150	0,3	0,5
	Розтиск схвату РП	150	0,3	0,5
Сума				8,06
Тактовий стан	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма функціонування РТК

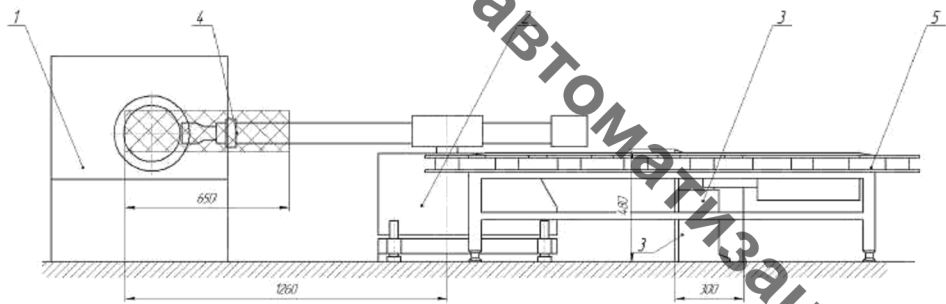


08-26.МКР.02100.600.П/А	
Виконав: [] Перевірив: [] Затвердив: []	Назва: Циклограма функціонування та алгоритм роботи РТК Дата: [] Стр. 1114-119м

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

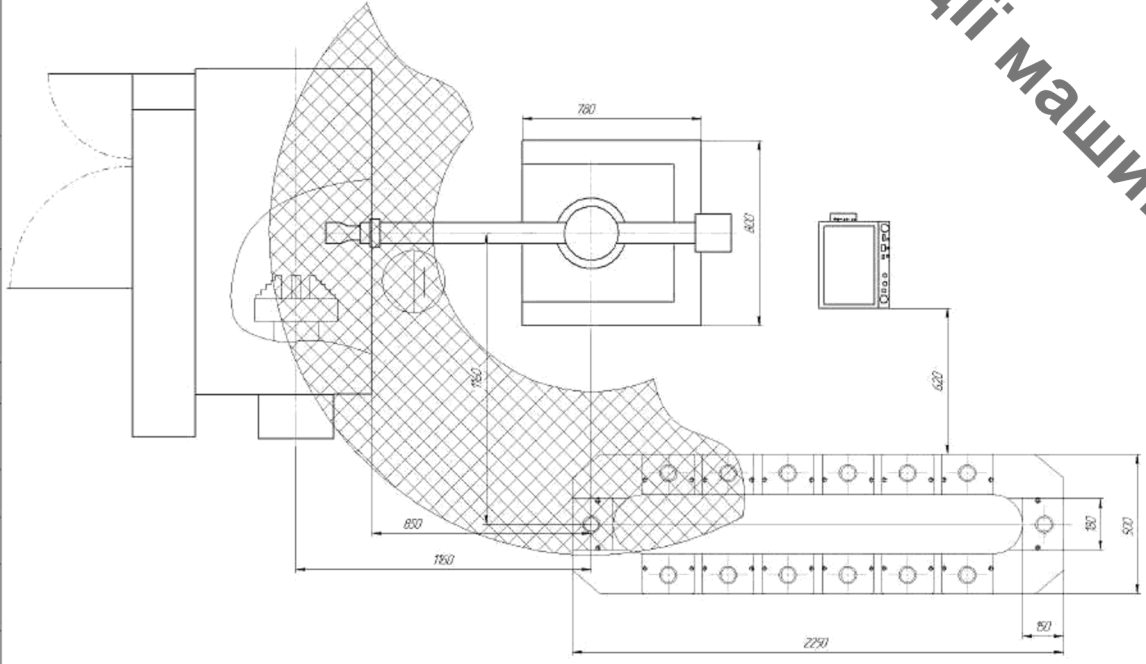
08-26.МКР.02.100.500-П/1

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 БРМ-10
 - вага (з вантажем) - 10 кг;
 - число ступенів перемикачів - 5;
 - число рук - 1;
 - число захватних пристроїв на одній руці - 1;
 - габаритні розміри - довжина, ширина, висота;
 - система керування - шкелет;
 - число програмованих команд - 4;
 - час з'ясування переміщення - по програмі;
 - емкість пам'яті системи - число команд - 20;
 - похибка позиціонування - ±0,1 мм;
 - найбільша швидкість - 1260 мм/хв;
 - типове перемищення мм/швидкість м/с;
 z = 600/10;
 z = 100/10;
 x = 400/10;
 - швидкість переміщення %/швидкість м/с;
 a = 220/10;
 a = 180/10;
 габаритні розміри мм - 800x700x200;
 - маса кг - 300.



Характеристика робочого місця
 1 Коефіцієнт використання КВР 0,127
 2 Коефіцієнт відносного завантаження 0,274
 3 Режим роботи ПР негли

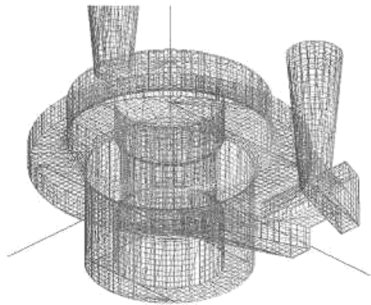
				08-26.МКР.02.100.500-П/1			
				Компоновка РТК			
				гр. 1714-19м			
				стор. 21			

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

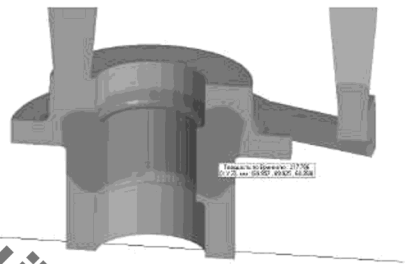
УУ 001.001.20.01.001.001.001

Імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки

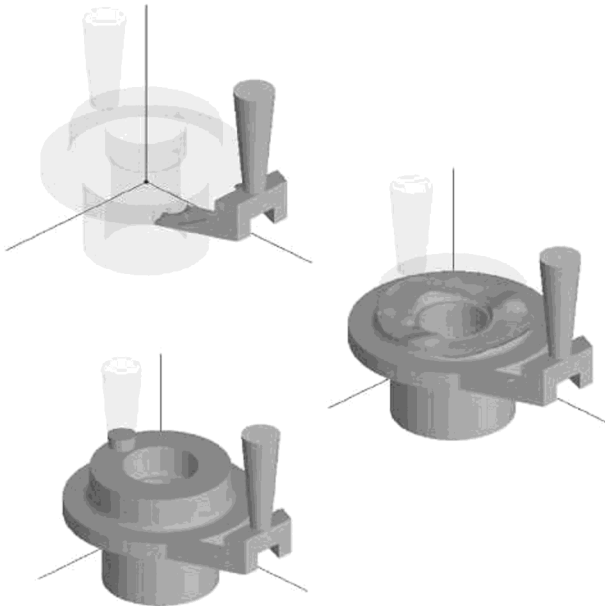
Імітаційна модель виливка з ливничковою системою



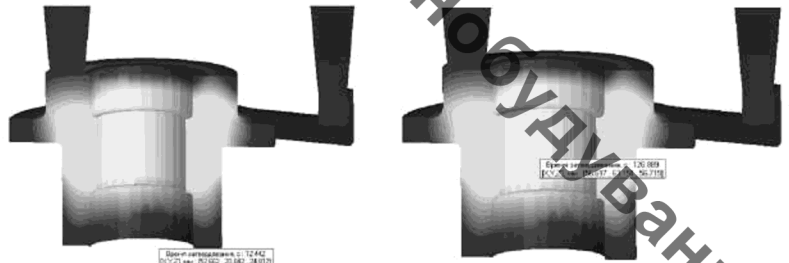
Розподіл твердості по тілі заготовки (НВ)



Етапи заповнення ливарної форми розплавом



Розподіл часу переходу з рідкої фази у тверду фазу



				08-26.МКР.021.00.100.П/1			
Склад:	ІВ	Склад:	ІВ	Імітаційне моделювання процесу виготовлення заготовки	Лист	1	Зроблено
Масштаб:	1:1	Масштаб:	1:1		Лист	1	Зроблено
Склад:	ІВ	Склад:	ІВ		Лист	1	Зроблено
Масштаб:	1:1	Масштаб:	1:1		Лист	1	Зроблено
Склад:	ІВ	Склад:	ІВ		Лист	1	Зроблено
Масштаб:	1:1	Масштаб:	1:1		Лист	1	Зроблено

Зр. 1714-19м