

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

Пояснювальна записка

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

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу
«Корпус 10.01»
08-26.МКР.013.00.000 ПЗ

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

Моргунов Р.В. _____

Керівник: д.т.н., проф. каф. ТАМ

Козлов Л.Г. _____

«___» _____ 20__ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«___» _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ - 2020 року

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

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

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

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Моргунов Роман Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01»

керівник МКР Козлов Леонід Геннадійович, д.т.н., професор
(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: _____

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

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

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Проф. Козлов Л.Г.		
Економічна частина	Проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Віштак І.В.		

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	10.10	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	15.10	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10	
4	Розв'язання поставлених задач	20.11	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11	
8	Попередній захист МКР	27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР		

Студент _____

Моргунов Р.В.

Керівник МКР _____

Козлов Л.Г.

АНОТАЦІЯ

Моргунов Р.В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 110с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки та розраховано оптимальні режими обробки та вибрано оптимальний інструмент, а саме: проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована дільниця механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

ABSTRACT

Morgunov RV Improving the technological process of machining the workpiece type type "Building 10.01". - Vinnytsia: VNTU, department THERE, 2020 - 110p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed and the optimal machining modes were calculated and the optimal tool was selected, namely: the analysis of the design and manufacturability of the part, the dimensional analysis of technological process is carried out and the technological sizes, the sizes of allowances and preparations are established, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the site of machining is designed; developed a program for a CNC machine; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ.....	10
1.1 Фрези: види та сучасні матеріали ріжучої частини.....	10
1.2 Використання фрез для обробки деталі Корпус 10.01.....	26
1.3 Висновки.....	29
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.....	30
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	30
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва.....	
2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні.....	
2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз.....	
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	59
2.9 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.....	63
Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів.....	70
2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій.....	75
2.12 Проектування дільниці механічної обробки.....	79
2.13 Висновки.....	87
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	88
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	88
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	89

3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	90
3.4 Виявлення основних конкурентів.....	91
3.5 Обрання методу ціноутворення.....	91
3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	92
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	94
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	99
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	99
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	104
3.11 Висновки.....	108
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	109
4.1 Аналіз умов праці.....	109
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	109
4.3 Техніка безпеки.....	113
4.4 Пожежна безпека.....	114
4.5 Безпека у наадзвичайних ситуаціях.....	115
4.6 Висновки.....	120
ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	122
ДОДАТКИ.....	126

ВСТУП

На даний час все більше зростає потреба у високопродуктивному виробництві точних деталей з використанням гнучких технологічних процесів. Такий підхід до виробництва дозволяє переходити з одного типорозміру деталі на інший з мінімальними затратами часу на переналадження оснащення та обладнання. При досить значних обсягах виробництва та розширеній номенклатурі виробів використання таких технологічних процесів стає все більш актуальним.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01», що ґрунтується на використанні сучасних підходів до вибору прогресивного, оптимального способу виготовлення заготовки деталі, який дозволяє суттєво зменшити матеріаломісткість, обсяг подальшої механічної обробки, удосконалити технологію, застосувавши автоматизоване обладнання, принцип концентрації операцій при мінімальній кількості верстатів, працюючих, площ із забезпеченням проектної якості оброблюваних деталей, зменшенні технологічної собівартості виконання операцій і собівартості продукції в цілому.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Корпус»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Корпус 10.01»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням ріжучого інструменту;

- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Корпус».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання та інструмент для обробки.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика визначення оптимального ріжучого інструменту та режимів обробки при фрезерванні площин.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

Апробація результатів роботи. - Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)». – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2021 р.)

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді: - Вплив режимів обробки на собівартість механічної обробки чавунних деталей [Електронний ресурс] / В.В. Півторак, Р.В. Моргунов // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)», м. Вінниця, 01-14 травня 2021 р. – 2021. –

1 ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ ОПЕРАЦІЇ

1.1 Фрези: види та сучасні матеріали ріжучої частини

Вирішення важливої народно-господарської проблеми – підвищення продуктивності та якості обробки плоских поверхонь деталей – призводить до необхідності використання процесів високошвидкісного чистового торцевого фрезерування. Ці процеси характеризуються не тільки збільшенням швидкості різання, але й відмінністю характеристик процесу різання, підвищеною теплонапруженістю та динамікою процесу, зростанням гіроскопічних явищ тощо, що змінює умови: утворення поверхневого шару оброблених поверхонь; зносостійкість застосованих інструментів; динамічний вплив на технологічну оброблювану систему тощо. Якість оброблених поверхонь, зносостійкість чистових торцевих фрез, продуктивність обробки залежить від забезпечення найбільш досконалої технології та режимів обробки, розробки концепції раціональної структури технологічної оброблюваної системи та режимів її експлуатації.

При цьому необхідним є визначення основних напрямів проектування інструментів з врахуванням особливостей процесів високошвидкісної обробки.

Застосування технології високошвидкісної обробки висуває додаткові вимоги до інструмента, верстата і процесу підготовки виробництва. Переважна кількість сучасних конструкцій торцевих фрез виготовляється з механічним кріпленням пластин. Так фірмою *Sumitomo Electric* виготовляються торцеві фрези зі змінними пластинами класу М з чотирма різальними кромками, при цьому низькі сили різання досягаються клиноподібними різальними кромками (рис. 1.1). Торцеві фрези *Sumitomo* є високоточним і високопродуктивним інструментом для обробки

конструкційних матеріалів. Використання пластин *Sumiboron* з кубічного нітриду бору дозволяє збільшити швидкість різання до 1500 м/хв.



Рисунок 1.1 - . Торцеві фрези конструкції фірми Sumitomo Electric

Фірмою *Widia*, яка займає сьогодні провідне місце з виробництва збірного твердосплавного інструмента (більше 40 марок твердих сплавів), виготовляє збірні торцеві фрези із різального матеріалу на основі карбіду вольфраму (рис. 1.2).



Рисунок 1.2-. Торцеві фрези конструкції фірми Widia

Серія *Future-Mill* – чергова ступінь розвитку виробничої програми *KORLOY* в галузі фрезерування (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Фрези серії Future-Mill

Сфера застосування нових фрез – високопродуктивна, економічна обробка площин, пазів, прямокутних уступів у виробках з різних конструкційних матеріалів на невеликих обробних центрах і фрезерних верстатах із ЧПК. Відмінними рисами нових фрез є: простота конструкції, можливість одержання точних уступів у 90° , використання позитивних передніх кутів і низькі зусилля різання.

Фрези оснащуються міцними платівками з чотирма ефективними різальними кромками. Матеріал і геометрія пластин спеціалізовані за групами оброблюваних матеріалів і типам виконуваних операцій. Фрези виготовляються в двох виконаннях: з циліндричним хвостовиком типу «Weldon» (діаметри 25, 32, 40, 50 і 63 мм) і насадними (діаметри 50, 63, 80, 100 і 125 мм).

Базові рекомендації з правильного підбору пластин і призначенню стартових режимів різання залежно від виконуваної операції й оброблюваного матеріалу наведені в таблиці 1 (NCM – твердий сплав з покриттям $\text{TiCN/Ti/Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}$ (CVD); PC – твердий сплав з покриттям TiAl/Ti (PVD).

Таблиця 1.1 - Вибір режимів різання

Марка сплаву	32–63 (діапазон діаметрів фрез)		80–125 (діапазон діаметрів фрез)	
	V (м/хв.)	f_z (мм/зуб)	V (м/хв.)	f_z (мм/зуб)
<i>NCM325</i>	100–250	0,050,3	120–250	0,08–0,3
<i>NCM335</i>	100–220	0,05–0,25	120–220	0,08–0,25
<i>PC230</i>	100–220	0,05–0,25	100–220	0,1–0,25
<i>NCM335</i>	80–180	0,05–0,2	80–180	0,1–0,25
<i>NCM310K</i>	200–300	0,08–0,25	200–280	0,1–0,25
<i>NCM320K</i>	180–250	0,08–0,25	180–250	0,1–0,25
<i>PC215K</i>	150–250	0,08–0,25	150–230	0,1–0,25
<i>H01</i>	400–1000	0,05–0,4	400–1000	0,1–0,4

Торцеві фрези (*Double Mill*) фірми *KORLOY* дозволяють зменшити сили різання завдяки подвійній позитивній геометрії та мають підвищену жорсткість (рис. 1.4). Торцеві фрези серії *Mill-Max* виготовляються з механічним закріпленням пластин в касетах (рис. 1.5).

Твердий сплав з *CVD*-покриттям *NC310* використовується для високошвидкісної обробки сталі і ковкого чавуну, що пояснюється їх високою зносо- і термостійкістю, високою міцністю.

Пластини з алмазним покриттям серії *ND* гарантують кращу якість оброблених поверхонь, забезпечують, як мінімум, у 10 разів більший термін роботи й у 2–3 рази більш високі швидкості різання, ніж традиційні твердосплавні пластини.

Для високошвидкісної обробки чавунів, а також алюмінію промисловістю широко використовуються як різальний матеріал такі матеріали, як кермети. Кермети – матеріали на основі *Ti*, мають високу термо- і зносостійкість, малу схильність до дифузії, що дозволяє підвищити розмірну точність і шорсткість обробленої поверхні.

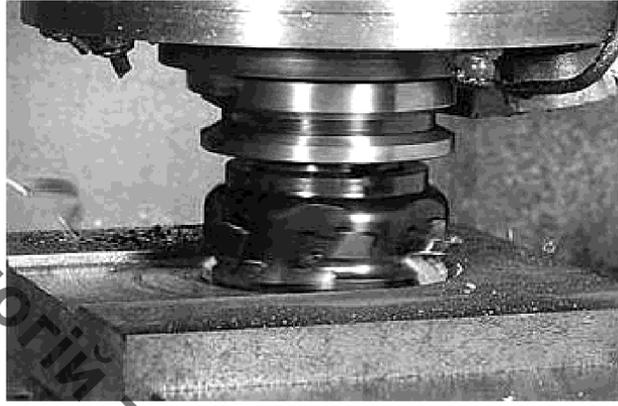


Рисунок 1.4. -Процес обробки деталей торцевими фрезами Double Mill



Рисунок 1.5. -Торцеві фрези серії Mill-Max

Фрези *CoroMill 790 Al* використовуються для обробки алюмінію в умовах високошвидкісної обробки (HSM) (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - . Фрези CoroMill 790 Al для високошвидкісної обробки

Фрези мають підвищену жорсткість закріплення пластин відносно посадкового гнізда фрез, корпуси яких виготовляються термообробленими і з'єднується з хвостовиками *Coromant Capto*.

Збалансовані кінцеві фрези зі змінними багатограними пластинами призначені, в першу чергу, для високошвидкісної обробки алюмінію. Фрези випускаються як зі спеціальними, так і з пластинами за стандартом ISO. Спеціальні пластини на фрези встановлюються тангенційно з малою кількістю елементів кріплення пластин. Тангенційне розташування пластин дозволяє створити в твердому сплаві напруження стиску й істотно підвищити стійкість пластин. Передні кути досягають значень до 38° , що у сполученні зі збалансованим корпусом інструмента максимально відповідають високошвидкісній обробці алюмінію і легких сплавів.

Особливостями конструкцій є великі порожнини для розміщення стружки. Конструкція фрези забезпечує мінімальну потужність різання та високу продуктивність, особливо при обробці титану, титанових сплавів і алюмінію. Проведені дослідження показали можливість використання стандартної конструкції цих фрез на швидкостях, що лежать в області високошвидкісної обробки. Залежно від діаметра ці фрези можуть бути використані на частотах обертання до 38000 хв^{-1} . Фрези, закріплені на оправках, динамічно збалансовані.

Спеціально для високопродуктивної обробки алюмінієвих сплавів, інших алюмінієвих сплавів і інших абразивних матеріалів була створена гама інструмента із кромками з полікристалічного алмазу [14]. Корпуса всіх фрез виготовляються з високоміцного алюмінієвого сплаву. Завдяки незначним обертовим масам забезпечується плавне обертання, вільне від вібрацій. На алюмінієвий корпус нанесене тверде покриття, у результаті твердість поверхні складає від 64 до 70 HRC. Різальні частини оснащені вставками з полікристалічного алмазу *PKA*. Фрези забезпечують обробку поверхонь із шорсткістю менше $Ra = 0,5 \text{ мкм}$. Застосування фрез із пластинами з *PKA* призводить до істотного збільшення стійкості та продуктивності обробки, порівняно з традиційними інструментами із пластинами з твердого сплаву. Процес чорнового високошвидкісного фрезерування здійснюється монолітними фрезами з твердого сплаву (*HSC*), або збірними фрезами із вставками з твердого

сплаву. Твердість, а отже і стійкість такого інструмента досить висока, що дозволяє обробляти загартовану сталь. Висока швидкість різання і велика температура в його зоні сприяють зменшенню сил різання. Навіть при малих значеннях осьової і радіальної глибин різання висока швидкість видалення металу (включаючи загартовану сталь) обумовлена високими швидкостями різання і значень робочих подач. При цьому, геометрія сучасного різального інструмента проектується для обробки визначених типів матеріалів з різними параметрами *HSM* обробки.

Особливо перспективним слід вважати застосування різальних ножів із нітриду бору при лезовій обробці сирих і загартованих чавунів. Для сирих чавунів швидкість різання складає 900–1000 м/хв. При цьому у співставленні з твердосплавним інструментом швидкості різання збільшуються майже на порядок, ресурс інструмента та якість обробки зростає.

Досвід застосування різальних інструментів свідчить, що найбільш ефективним є застосування алмазного інструмента на чистових операціях при обробці деталей із кольорових металів і їх сплавів, а також із полімерних композиційних матеріалів [14]. Алмазне фрезерування застосовують для обробки деталей із кольорових металів і сплавів з величиною припуску не більше 0,1–0,15 мм та високими вимогами до площинності обробки.

Процес фрезерування має специфічні особливості, що накладають певні обмеження на конструкцію різального інструмента. Так фрези зі стандартним виконанням приєднувальної частини рекомендується використовувати до частот обертання, що не перевищують 8000 хв⁻¹.

Інструмент, який використовується для високошвидкісної обробки з частотою обертання понад 8000 хв.⁻¹, повинний мати підвищену точність по радіальному биттю, малий дисбаланс і конструкцію, що гарантує безпеку експлуатації на високих частотах обертання. Як правило, потрібне динамічне балансування такого інструмента.

Менші значення діаметрів фрез обмежуються вимогою переважно симетричного розташування різальних пластин, що особливо важливо для фрез малого діаметра, та як виникають великі відцентрові сили, навіть за умови використання порівняно

невеликих платівок.

Для всіх розглянутих вище інструментів при високошвидкісному фрезеруванні необхідно або використовувати для закріплення фрез попередньо збалансований допоміжний інструмент, або балансувати фрези з пластинами в зборі із допоміжним інструментом.

Рядом досліджень торцевих фрез встановлено, що при швидкостях порядку 20000 хв.^{-1} через дію відцентрових сил у 80 % випадків відбувається розкріплення різальних пластин, або касет із пластинами, а у 11 % випадках руйнуються корпуси фрез. Подібні явища виникають через неправильне силове замикання елементів, що з'єднуються, і їхню недостатню міцність. Істотно важливо, що чим вища твердість корпусів фрез, тим скоріше вони руйнуються. Глибокі радіальні пази, недостатньо великі радіуси переходів, ексцентричні осьові отвори є концентраторами напруг, що призводить до руйнування. Установка пластин і касет повинна здійснюватися тільки за допомогою динамометричних ключів. Наявність забруднення і неправильне змащення елементів затискного клина і гвинта призводять до зниження частоти обертання на 20 %.

Виникнення зазначених вище проблем можна уникнути шляхом застосування суцільних інструментів. Однак і тут можуть виникати явища руйнування інструментів з довгою виступаючою робочою частиною під дією власних коливань. Чим більше співвідношення між довжиною і діаметром інструмента, тим менша частота резонансу. При цьому можуть виникнути вібрації навіть без різання, тільки при обертанні шпинделя, у результаті чого з'являється дисбаланс, що через додатковий вплив згинаючих зусиль продовжує наростати доти, поки не настане руйнування інструмента.

Такі явища можуть виникнути в інструменті, власний резонанс якого знаходиться в діапазоні частот обертання шпинделя. Фреза вже при звичайних частотах обертання під дією власних коливань починає відхилятися від осі обертання і внаслідок виниклого дисбалансу ламається ще до початку роботи. Тому при розробці технологічного процесу потрібно звертати увагу на відповідний підбір операцій механічної обробки й уникати застосування дуже довгих інструментів та

створювати оптимізовані конструкції деталей фрез, розрахованих безпосередньо для високошвидкісної обробки, де використання надто довгих інструментів просто не передбачається.

Навантаження, що діють на інструмент при різанні, є вирішальним чинником у технологічній підготовці виробництва і часто визначають практичну доцільність тієї або іншої операції [6]. Ці навантаження визначають інтенсивність зносу різального інструмента і ступінь деформування виробу в процесі обробки. Інтенсивність зносу інструмента визначає зміну розмірів деталі в процесі обробки, вартість переточувань і питому вартість інструмента в перерахуванні на одну оброблену деталь. Надмірні навантаження викликають великі згинальні деформації, що можуть призвести до поломки інструмента.

Якщо навантаження на інструмент такі, що при різанні перевищується межа пружності матеріалу заготовки, має місце пластична деформація і виявляються обмеження за товщиною стінок виробу. Тому підвищення продуктивності фрезерування обмежується практично припустимими навантаженнями на різальний інструмент. Дослідженнями встановлено, що швидкість різання впливає на сили різання і, відповідно, визначає навантаження на фрезу. Так при підвищенні частоти обертання шпинделя з 4000 до 20000 хв.⁻¹ при чорновій обробці призводило до зменшення бічного навантаження на 70 %. Для всіх експериментів характерне істотне зменшення навантаження на фрезу при збільшенні швидкостей різання. Виявилось можливим одержати значно більш тонкі стінки на виробі, ніж при традиційних швидкостях різання, кращій прямолінійності поверхонь, більшій глибині різання і більш жорстких допусках. При цьому є можливість змінювати напрямок і величину сил різання, які діють на виріб при фрезеруванні, шляхом вибору швидкості різання, подачі і глибини різання.

Фірмою *KENNAMETAL HERTEL* виготовляються торцеві фрези зі змінними, багатограними пластинами системи *Fix-Perfect* (за стандартами фірми) для обробки уступів з кутом у плані 90° в діапазоні діаметрів від 40 до 125 мм та торцеві фрези з касетами із кромками з полікристалічного алмазу (*ПКА*) у діапазоні діаметрів від 63 до 200 мм. Всі інструменти поставляються в збалансованому

виконанні з дозволеною граничною частотою обертання $1/3$ від максимальних значень отриманих при сертифікаційних дослідженнях.

Іншим важливим параметром, крім режимів обробки, є спосіб фрезерування. Дослідження показали, що з погляду стійкості і шорсткості, найбільш оптимальним є попутне фрезерування.

Фрези *RPF* фірми *KENNAMETAL HERTEL* – це високопродуктивні інструменти, призначені, в першу чергу, для обробки деталей авіаційної промисловості і для застосування в штампопресформовому виробництві. При торцевому фрезеруванні ці фрези забезпечують високу якість оброблюваної поверхні і точність обробки. Для всіх розглянутих вище інструментів при високошвидкісному фрезеруванні необхідно або використовувати для закріплення фрез попередньо збалансований допоміжний інструмент, або балансувати фрези з пластинами в зборі з допоміжним інструментом. Останнім часом фірма *KENNAMETAL HERTEL* перевірила і поліпшила конструкцію більшості своїх допоміжних інструментів, які тепер можуть працювати на швидкостях обертання більш 8000 обертів на хвилину. Фірма збільшила ефективні зусилля затиску і посилила вимоги до співвісності, допустимому дисбалансові і безпеці інструмента, зв'язаної з високими швидкостями обертання і відповідно до цих вимог розробила нові конструкції допоміжного інструмента.

Балансують допоміжні інструменти за допомогою кілець і балансування виконується в тих випадках, коли не може бути гарантована точна співвісність балансованого допоміжного інструмента і змонтованого на ньому різального. Відцентрові сили від незбалансованих компонентів викликають вібрації, що призводять до нестабільних умов обробки.

Розвиток процесів високошвидкісної обробки перш за все пов'язаний із застосуванням нових інструментальних матеріалів, у першу чергу, різальної кераміки і полікристалічних надтвердих матеріалів [8].

Найважливішим показником, що визначає інтенсивність і обсяг впровадження високошвидкісного фрезерування в промисловості, є його економічна ефективність.

На заводі різальних інструментів «Фрезер» налагоджене виробництво торцевих хвостових і насадних фрез діаметром 20–400 мм (головним чином касетних регульованих) з механічним кріпленням змінних різальних платівок із ПКНБ і кераміки різних марок, розмірів і форм. Основне призначення нової гама фрез – високопродуктивна обробка площин чавунних і загартованих сталевих корпусних деталей на сучасному автоматизованому устаткуванні. Фрези діаметром 125–400 мм оснащені механізмом точного регулювання положення касет в осьовому напрямку, завдяки чому торцеве биття різальних кромки не перевищує 0,005 мм. У результаті поліпшуються умови роботи зубів фрези, зменшується знос пластин і знижується шорсткість обробленої поверхні.

В даний час розроблена і підготовлена до виробництва нова конструкція фрез, оснащена механізмами регулювання як осьового, так і радіального биття різальних кромки, з точністю 0,005 мм. У результаті забезпечення рівномірного навантаження на зуби істотно підвищується надійність роботи фрези і якість обробленої поверхні. Наявність додаткового механізму регулювання кутового положення зачисних різальних кромки дозволяє збільшити подовжні подачі при чистовій обробці фрезами великого діаметра (250–500 мм).

Якість і надійність інструментів багато в чому визначає ефективність процесу торцевого ельборного фрезерування: продуктивність і стійкість фрез, якість обробленої поверхні [10].

Конструювання фрез здійснювалося на базі малогабаритних циліндричних різцевих уставок зі НТМ, що випускаються вітчизняною промисловістю. В основу розроблених конструкцій багатозубих торцевих фрез, покладений принцип створення універсальних збірних фрез без заточення їх у зборі; різці заточуються окремо від корпусу фрези, а потім за допомогою регульовальних гвинтів точно (до 0,01–0,02 мм) установлюються у фрези. Це дозволяє виключити складну і трудомістку операцію заточення фрез у зборі, а також дає можливість у випадку поломки одного з різців замінити його без переточування всієї фрези. Закріплення різців здійснюється клиновим затиском. Конструкція кріплення різців дозволяє змінювати геометрію різальної частини фрези для обробки матеріалів з різними фізико-механічними

характеристиками.

У зв'язку з малими розмірами кристалів НТМ знімання металу за один прохід при роботі звичайної торцевої фрези не перевищує 0,8–1,0 мм; для обробки деталей з великими припусками доцільно застосовувати торцеві ступінчасті фрези. На базі збірної торцевої фрези створений цілий ряд конструкцій торцевих ступінчастих фрез, що дозволяє оброблювати за один прохід до 3,0 мм.

Працездатність інструментів зі НТМ при переривчастому різанні з наявністю ударних навантажень трохи знижується. Для підвищення ефективності використання торцевих фрез зі НТМ існує ряд конструкцій фрез з пружними елементами, у яких корпус і хвостовик зв'язані між собою пружними елементами, що знижує ударні навантаження. Пружність фрез можна регулювати залежно від умов роботи.

Для швидкісного фрезерування сталей найбільш широке поширення одержали торцеві твердосплавні фрези [9]. Вони прості у виготовленні й експлуатації, мають твердий масивний корпус, міцні вставні різці (зуби) і, що найбільш характерно при фрезеруванні сталей, негативні передні кути.

Процес фрезерування, як відомо, протікає в умовах ударного і змінного навантаження.

Негативний передній кут у сполученні з позитивним кутом нахилу головної різальної кромки є основною умовою успішного застосування торцевих твердосплавних фрез для швидкісного фрезерування сталей. Це сполучення кутів робить різальну кромку більш міцною і охороняє її від сколювання і викришування.

При негативному передньому куті в момент врзання фрези у оброблювану деталь удар сприймає та частина різця, де пластинка твердого сплаву має найбільшу міцність.

При негативному передньому куті пластинки твердого сплаву фрези працюють на стиск, тобто на той вид деформації, при якій твердий сплав працює найкраще. Межа міцності твердих сплавів при стиску винятково висока і досягає 450 кг/мм².

При позитивному передньому куті пластинки працюють на вигинанні, тобто на той вид деформації, якому твердий сплав пручається дуже слабо. Так, наприклад,

для сплаву Т5К10 межа міцності при вигинанні дорівнює 115 кг/мм^2 , а для сплаву Т15К6 – 110 кг/мм^2 .

Недоліком фрез з негативним переднім кутом є те, що при їхній роботі виникають більші, ніж при позитивному куті, сили різання, потрібна велика потужність і жорсткість верстатів.

Широке застосування для високошвидкісної обробки торцевих фрез, які оснащені металокерамічними твердими сплавами, пояснюється також їх високою червоностійкістю (до $850\text{--}900$

°С). Правильне використання твердих сплавів припускає застосування для кожної конкретної умови обробки металів різанням цілком визначеної групи і марки твердого сплаву.

Для обробки сталей тверді сплави групи ВК через їх меншу зносостійкість (порівняно з твердими сплавами групи ТК, як правило, не застосовуються, і тільки в окремих випадках, наприклад, для обробки нержавіючих сталей, сталей, загартованих на високу твердість, і сплавів аустенітного класу застосовують твердий сплав групи ВК.

Менша зносостійкість твердих сплавів групи ВК, порівняно з твердими сплавами групи ТК, при обробці сталей пояснюється більш підвищеними, порівняно зі сплавами групи ТК адгезійними властивостями, тобто підвищеною схильністю твердих сплавів ВК до адгезії з оброблюваною сталлю при високих температурах і тисках, що мають місце при швидкісному різанні.

З цих причин тверді сплави групи ВК не змогли одержати застосування при швидкісній обробці сталей і, зокрема, при швидкісному фрезеруванні сталей торцевими фрезами.

Таким чином, для швидкісного фрезерування сталей торцевими фрезами основним матеріалом частини, що ріже, є тверді сплави групи ТК.

Властивості твердого сплаву Т15К6 за швидкістю різання вищі, ніж для твердого сплаву Т5К10, приблизно на 40 % і твердого сплаву Т14К8 – приблизно на 10–15 %.

До основних вимог, яким повинні задовольняти конструкції торцевих фрез при

швидкісному фрезеруванню, належать: надійність і твердість кріплення різців (зубів) у корпусі фрези; надійність і жорсткість закріплення самої фрези в шпинделі фрезерного верстата; простота заточення фрези в зборі; можливість точної установки різців в осьовому і радіальному напрямках у корпусі фрези без наступної заточки; простота виготовлення й експлуатації фрези.

Для високошвидкісного фрезерування алюмінію з великою подачею фірма *ISCAR* розробила різальні пластини з гвинтовими кромками та здійснюється ступінчасте врізання в заготовку, зменшується сила різання, підвищується стабільність положення інструмента і поліпшується відвід стружки. Полірування передньої поверхні пластини сприяє зменшенню тертя, зниженню тепловиділення в процесі різання і підвищенню стійкості інструмента. Для високошвидкісної обробки поверхонь великих деталей розроблена збірна торцева фреза, у корпусі якої виконані канали, спрямовані до кожної різальної пластини і призначені для подачі MOP і відводу стружки з зони різання. Для забезпечення високої якості складання всі опорні поверхні корпусу шліфують.

Фреза оснащена пластинами типу *LNCR*, що мають дві виступаючі вершини, утворені різальними кромками. Великі позитивні передні кути пластини поліпшують відвід стружки; її опорні ділянки забезпечують точну установку в корпусі у радіальному й осьовому напрямках, а також надійне кріплення. За допомогою гвинтів усувається дисбаланс фрези, що дуже важливо при високошвидкісній обробці. Ця фреза призначена для суперчистої обробки деталей з алюмінію при $V = 925$ м/хв., $S_z = 0,1$ мм/зуб і глибині різання 0,2 мм.

Основними напрямками розробки торцевих фрез є створення конструкцій:

- зі ступінчастим розташуванням різальних елементів – для обробки деталей з підвищеними припусками;
- з регулюванням і переналаджуванням взаємного положення різальних елементів;
- з оснащенням пластинами з різних інструментальних матеріалів та оптимальною для кожного оброблюваного матеріалу геометрією;
- з використанням напайних різальних елементів (циліндричні і прямокутні

вставки, твердосплавні багатогранні пластини з напаяним в одній з вершин *PCBN* або *PCD*), так і змінними круглими або багатогранними пластинами суцільної або двошарової конструкції.

Економічний ефект від впровадження інструмента з *PCD* і *PCBN* при високошвидкісній обробці деталей з чорних і кольорових металів, неметалічних матеріалів забезпечується [13]:

- за рахунок збільшення швидкості різання в 5–15 і продуктивності обробки в 1,5–10 разів;
- за рахунок підвищення якості обробленої поверхні і збільшення стійкості інструмента як мінімум на порядок, а для інструментів з *PCD* – до 100 разів;
- за рахунок заміни шліфування високотвердих деталей на лезову обробку.

У сучасному машинобудуванні в зв'язку зі збільшенням використання алюмінієвих сплавів, поширенням високошвидкісної обробки стало питання про визначення максимально припустимої частоти обертання фрез зі змінними різальними пластинами. Це зв'язано з вимогами по безпеці при високих частотах обертання інструмента [11].

Максимальна частота обертання фрези (n_{\max}) обмежується відцентровою силою, що діє на СМП, що не повинна перевищувати визначеного значення. У більшості фрез зі СМП, що випускаються в даний час для обробки алюмінієвих сплавів, використовується радіальне розташування СМП із кріпленням їх гвинтом через центральний отвір [11].

При використанні однакових СМП, при збільшенні діаметра фрези, а також зі збільшенням маси пластини максимально припустима частота обертання фрези зменшується (рис. 7).

Необхідність скорочення часу обробки і розвиток нових інструментальних матеріалів, стали однією з головних причин значного прискорення частоти обертання інструментів. В даний час вона знаходиться в інтервалі 15000–40000 хв⁻¹. Конструктивно обумовлена асиметрія інструментів, а також квадратична залежність між частотою обертання шпинделя і відцентровою силою, що створює дисбаланс, роблять використання незбалансованих різальних

інструментів і інструментальних патронів ризикованим, в деяких випадках у зв'язку з виникненням необхідності ремонту більш дорогим і призводить у результаті до недостатньо високої якості поверхні і недотриманню допусків [12].

У принципі балансування стає необхідністю вже при середніх частотах обертання, а при більш високих ($10000\text{--}20000\text{ хв.}^{-1}$) балансування в одній площині необхідне. При подальшому підвищенні частоти обертання вона перетворюється в обов'язкову операцію, причому, якщо необхідно домогтися оптимальної якості поверхні заготовки, максимально можливої стійкості інструментів і підвищення терміну служби шпинделя навіть у двох площинах.

При реалізації задач чистової обробки з високими вимогами до якості одержуваної поверхні і допускам необхідно по можливості звести до мінімуму деформації на вершині інструмента, викликані діючими за наявності дисбалансу силами. Клас точності балансування G 6,3 відповідає, наприклад, при частоті обертання інструмента 10000 хв.^{-1} припустимому зсувові його центра на 6 мкм, а при 20000 хв.^{-1} – на 3 мкм. Тому тут безумовно необхідно вимагати і забезпечувати дотримання щонайменше класу точності G 6,3. При фінішній обробці не виключені необхідність і більш високих класів точності балансування. У такому випадку необхідно балансування інструментів і інструментальних оправок робити в шпинделі після їхньої заміни [12].

Розроблено ряд конструкцій торцевих фрез для чистової, напівчистової та чорнової обробки. В конструкціях враховані особливості процесів швидкісного різання з можливістю обробки деталей зі швидкостями до $V = 25\text{ м/с}$. Фрези дозволяють виконувати обробку чавунних та загартованих сталевих деталей з глибинами різання до $t = 8\text{ мм}$. При цьому враховані можливості створення збалансованих конструкцій та протидії розкріплення різальних елементів у процесі різання. Для забезпечення раціональних умов різаннями фрезами використана косокутна геометрія різальних елементів із надтвердих матеріалів.

1.2 Використання фрез для обробки деталі Корпус 10.01

При фрезеруванні площин корпусу 10.01, можна використати різні фрези. Із наведених рекомендацій це може бути: Фреза торцева насадна 2214-0273 125x63x40 z=8 с механічним кріпленням 5-гр пластин (рисунок 1.7), і фрезу EN4000(ENM), (Ø120)

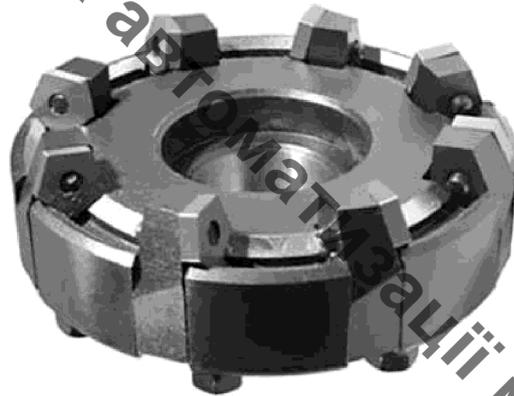


Рисунок 1.7- Фреза торцева 2214-0273 125x63x40 z=8



Рисунок 1.8- Фреза EN4000(ENM)

За допомогою програм САПР підбираємо оптимальні режими обробки та досліджуємо деталь після фрезерування даними інструментами. Спочатку розбиваємо на елементи (рисунок 1.9).

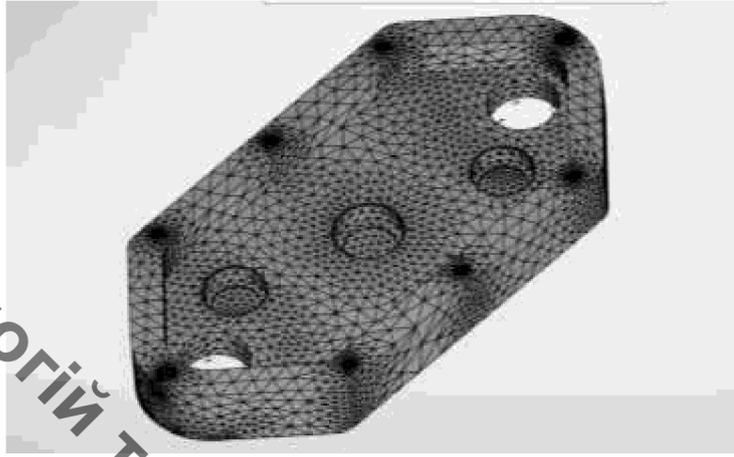


Рисунок 1.10 - Корпус 10.01

Задача 4 [Экспрес-расчет]
 Главные нормальные деформации 1
 Масштаб перемещений: 6060996200.00

57120.17

-1.73613



Рисунок 1.10 - Главные деформации при использовании фрезы EN4000(ENM)

Задача 4 [Экспрес-расчет]
 Силы реакции в направлении Z
 Масштаб перемещений: 6060996200.00

71.76

-10.48

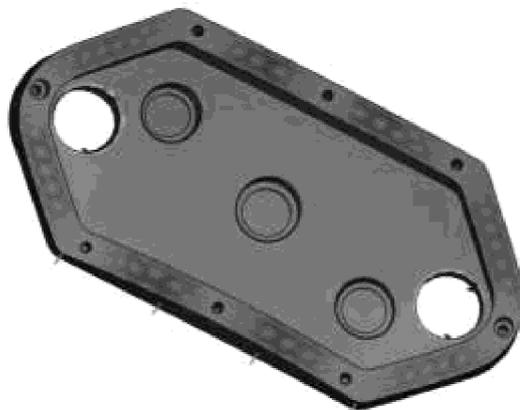


Рисунок 1.11 - Силы реакций в направлении оси Z при использовании фрезы
 EN4000(ENM)

Задача_3 [Экспресс-расчет]
Главное нормальное напряжение 2, МПа
Масштаб перемещений: 5420747264.00



Рисунок 1.12 – Головні напруження при використанні фрези 2214-0273

Задача_3 [Экспресс-расчет]
Главные нормальные деформации 1
Масштаб перемещений: 5420747264.00



Рисунок 1.13 - Головні деформації при використанні фрези 2214-0273



Рисунок 1.14 - Силы реакцій в напрямку осі Z при використанні фрези 2214-0273

Отже при використанні фрези фрези EN4000(ENM) вдається не тільки пришвидшити механічну обробку (за рахунок можливостей зняття більшого шару металу), але і зменшити сили різання, тобто зменшити деформації деталі.

1.3 Висновки

При обробці деталі Корпус 10.01 доцільно використовувати високошвидкісне фрезерування, при цьому необхідно створити надійні засоби контролю стану торцевих фрез (з можливістю заміни зношених елементів) і якості в процесі обробки, в процесі експлуатації фрез не перевищувати встановленої для даного інструмента максимальної частоти обертання.

2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

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

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці; $\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Корпус” і занесені до таблиці 2.1, це розточування отвору $\varnothing 50$, фрезерування площини попереднє та остаточне по контуру та свердління 6 отворів під різь M12 та 4 отворів під різь M10. Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, наприклад для розточування отвору $\varnothing 50$ на довжину 40 (попереднє та остаточне розточування):

$$T_{осн} = 0,18 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 0,001 = 2,37 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається $T_{шт-к}$, як добуток основного часу і коефіцієнта φ_K :

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_K \text{ [хв]} \quad (2.2)$$

Для розточування отвору Ø50 отримаємо:

$$T_{шт-к}=2,37 \cdot 1,35=3,2 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

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

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

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

F_d – дійсний фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни ($F_d = 3890$ год);

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

Відповідно необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1}=3500 \cdot 3,2/60 \cdot 3890 \cdot 0,8=0,06$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

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

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

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При розточуванні отвору Ø50 він рівен 0,06.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці можна визначити за формулою:

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

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

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

Наприклад, при розточуванні отвору Ø50 отримаємо:

$$O_1 = 0,8 / 0,06 = 13,35$$

При попередньому і остаточному фрезеруванні площини:

$$T_{очн} = 4 \cdot 110 \cdot 0,001 = 3,216 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к} = 3,216 \cdot 1,51 = 4,86 \text{ (хв);}$$

$$C_{р1} = 3500 \cdot 4,86 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8 = 0,09;$$

$$O_1 = 0,8 / 0,09 = 8,79$$

При свердлінні 6 отворів під різь М12 та довжиною 20 мм:

$$T_{очн} = 0,52 \cdot 6 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 0,001 = 0,73 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к} = 0,73 \cdot 1,3 = 0,95 \text{ (хв);}$$

$$C_{р1} = 3500 \cdot 0,95 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,8 = 0,02;$$

$O_1 = 0,8 / 0,02 = 44,84$ При свердлінні 4 отворів під різь М10 та довжиною 25 мм:

$$T_{очн} = 0,52 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 0,001 = 2,57 \text{ (хв);}$$

$$T_{шт-к}=2,57 \cdot 1,3=3,35(\text{хв});$$

$$C_{р1}=3500 \cdot 3,35/60 \cdot 3890 \cdot 0,8=0,06;$$

$$O_1=0,8/0,06=12,75$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв	Тшт, хв	N	Фд	Ср	P	h з.н.	h з.ф.	O	Кз.о
1.	Розточування отвору попереднє та остаточне	2,37	3,2	3500	3890	0,06	1	0,8	0,06	13,35	18,76
2.	Фрезерування торця	2,01	3,03			0,057	1		0,057	14,06	
3.	Фрезерування площини попереднє та остаточне	3,22	4,86			0,09	1		0,091	8,79	
4.	Свердління отворів під різь М10	0,73	0,95			0,02	1		0,019	39,7	
5	Свердління отворів під різь М12	2,57	3,35			0,06	1		0,02	37,23	
	Всього	10,9	15,39				5			93,79	

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

$$\sum O_i = 12,75 + 44,84 + 8,79 + 14,06 + 13,35 = 93,79$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$

Коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ відповідно складатиме:

$$K_{3.0}=93,79/5=18,76$$

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_{δ} і розрахункової добової продуктивності лінії Q_{δ} . Якщо $N_{\delta} < Q_{\delta}$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

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

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, [\text{шт}] \quad (2.7)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

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

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{\text{шт-к}_i} = (3,2 + 3,03 + 4,86 + 0,95 + 3,35) / 5 = 3,08 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{3,08 \cdot 0,8} = 232,02 \text{ (шт)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{3500}{254} = 13,78 \text{ (хв)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.9)$$

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

$$n = \frac{3500 \cdot 6}{254} = 82,68$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.10)$$

$$c = \frac{3,08 \cdot 82,68}{476 \cdot 0,75} = 0,71$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{шт-к.ср}} [\text{шт}] \quad (2.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{3,08} = 116 \text{ (шт)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 116 шт.

Отже тип виробництва – серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 116 шт.

2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь корпус виготовляється із сірого чавуну, тому заготовка буде отримуватися литтям. Спрощувати конструкцію є недоцільно, оскільки деталь відносно простої конструкції.

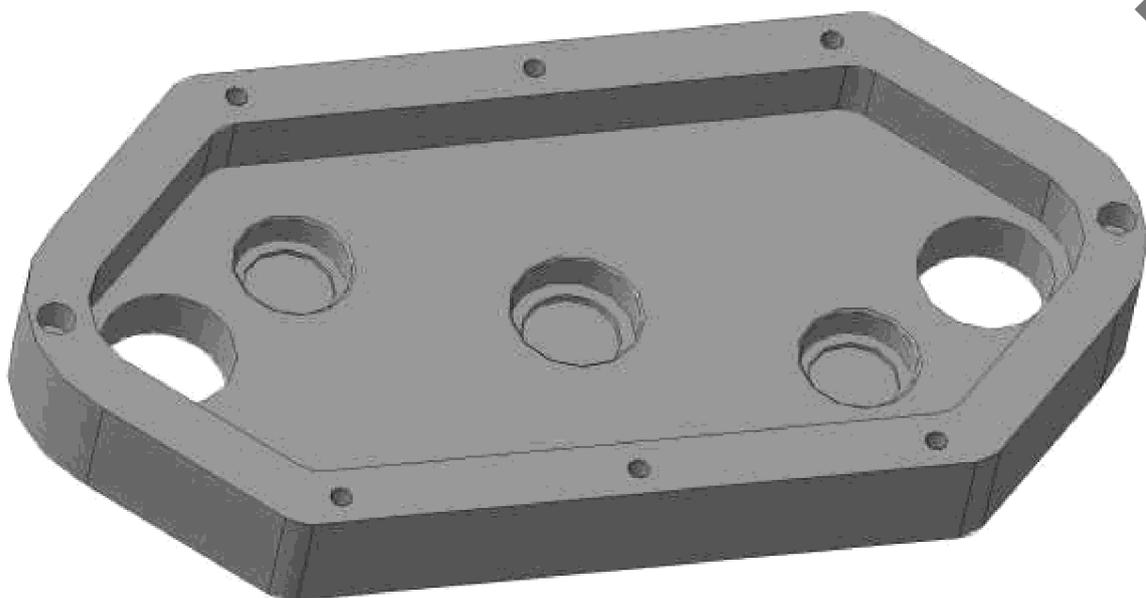


Рисунок 2.1 - Корпус

Деталь містить ряд вимог взаємного розташування отворів і поверхонь. Вони визначені службовим призначенням деталі і можуть бути досягнуті при механічній обробці.

Основною конструкторською базою є отвір $\varnothing 55H7$, до якого відповідно висунуті підвищені умови точності та шорсткості.

До нетехнологічних елементів відносяться глухі отвори (оскільки ускладнюється відвід стружки при механічній обробці).

Конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки та вести обробку на прохід в більшості випадків. В якості технологічних баз доцільно використовувати отвір $\varnothing 55H7$ і відповідно торець деталі.

В цілому деталь не містить важкодоступних для обробки місць і дозволяє використовувати високоефективні методи обробки.

Технологічність деталі будемо оцінювати кількісно за допомогою трьох кількісних показників.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.12)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = (10 + 29 + 12 + 6 + 13) / (10 + 29 + 12 + 8 + 14) = 0,8426 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

2) Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = 1 / Ш_{ср}; \quad (2.13)$$

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
120*	Ø50*	45° *(10 пов.)	12,5 * (25 пов.)	M10x4 отв*
20* (4 отв)	Ø32*	30° *	0,8 * (1 пов.)	M12x6 отв*
25*(4 отв)	Ø180	30°*	2,5 * (2 пов.)	
40*	Ø200*		1,6 * (1 пов.)	
20*	Ø110			
100*	Ø80*			
110*	Ø10 – 2 пов*			
140				
Σ _{заг.} = 14	Σ _{заг.} = 8	Σ _{заг.} = 12	Σ _{заг.} = 29	Σ _{заг.} = 10
Σ _{уніф.} = 13	Σ _{уніф.} = 6	Σ _{уніф.} = 12	Σ _{уніф.} = 29	Σ _{уніф.} = 10

Таблиця 2.3- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	1 (120)	1,6·1=1,6
2,5	2 (Ø10H7)	2,5·2=5
0,8	1 (Ø50H7)	0,8·1=0,8
12,5	25	12,5·6=75
Всього:	29	207,6

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \quad [\text{мкм}] \quad (2.14)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю $Ш_i$. Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 207,6/29 = 7,16 \text{ (мкм)}$$

$$K_{ш} = 1/7,16 = 0,14 < 0,32.$$

Отже, за даним показником деталь є також технологічною.

3) Коефіцієнт точності визначається:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.15)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_p}, \quad (2.16)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру,
 n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i . Дані для розрахунку наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
7	3 (Ø10-2 отв, Ø50)	7·3=21
10	12 (120-2 пов; М10-4 пов; М12-6 отв)	10·12=120
14	14	14·14=196
Всього	29	337

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 337/29 = 11,2$$

$$K_T = 1 - 1/11,2 = 0,91$$

За даним показником деталь є також технологічною.

Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Враховуючи масу деталі – 10,65 кг, програму випуску N=3500 шт., тип виробництва –серійний та орієнтуючись на робоче креслення деталі встановлюємо метод одержання заготовки згідно [3] – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу СЧ 18 ГОСТ 1412-85.

Проаналізувавши всі можливі способи лиття, ми обираємо лише два найоптимальніші з них. В даному випадку це буде лиття в піщано-глинисті форми з ручним та машинним формуванням.

В залежності від технологічного процесу, найбільшого габаритного розміру деталі -450мм, та типу сплаву (нетермооброблюваний чорний) обираємо діапазон значень, із яких визначатимемо відповідне оптимальне число. Враховуючи, що тип виробництва –серійне, то серед рекомендованих за ГОСТ 26645-85 значень обираємо серед більших із них.

Для лиття в піщано-глинисті форми із машинним формуванням рекомендовано 8-13т, отже приймаємо для серійного виробництва 10 клас розмірної точності. Для лиття ручним формуванням рекомендовано 9т-13, прийнято відповідно 11.

$$25/450=0,056 \text{ (мм)}$$

І якщо на робочому кресленні твердість не вказана, то це значить, що термічна обробка попередньо не відбувалася. Значить отримаємо певний діапазон значень 5-8. Оскільки даний матеріал – сірий чавун, то обираємо більші числа із проміжку: 6, при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням, та 7 – при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші.

Ступінь точності поверхонь виливка обираємо у відповідності до технологічного процесу лиття, враховуючи що найбільший габаритний розмір виливка становить 450 мм, тип сплаву – чавун, не відбувалася попередня

термічна обробка. Значить в результаті отримаємо діапазони: при литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням 11-18, та 12-19 – при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші. Приймаємо 14 та 13 ступінь точності відповідно

Шорсткість поверхонь вилівка обираємо згідно із попередньо визначеним ступенем точності поверхонь. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням ступінь точності складає 14 відповідно шорсткість 40 мкм, при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші ступінь точності складає 12 відповідно шорсткість 32 мкм.

Клас точності маси приймаємо в залежності від технологічного способу лиття, враховуючи, що номінальна маса вилівка становить 17,7 кг. Також враховуємо в залежності від типу сплаву та наявності термічної обробки. При литті в піщано-глинисті форми машинним формуванням інтервал 5-13т приймаємо 7, та при литті в піщано-глинисті форми ручним формуванням суміші 6-13 приймаємо 8.

Ряд припусків приймаємо згідно із ступенем точності поверхні. Враховуючи, що матеріал – сірий чавун і температура плавлення досить висока, то приймаємо середні значення і вказаних проміжків 7 і 8 при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням та при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням відповідно.

Допуски форми чи розміщення встановлюємо згідно із отриманими номінальними розмірами та ступенем жолоблення елементів вилівка. Зазначимо, що за номінальний розмір нормованої ділянки беремо найбільший з розмірів даної ділянки елемента вилівка, для якого регламентується відхилення форми і розташування поверхні.

Загальний допуск в даному випадку враховуємо сумарний вплив допуску розміру і допусків форми чи розміщення поверхні та приймаємо у відповідності до двох найбільших значень, отриманих із усіх попередніх величин допусків різних параметрів

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням						
	Згідно з ГОСТ 26645-85				Прийнято		
Клас розмірної точності	9т-13				11		
Ступінь жолоблення елементів виливка	5-8				7		
Ступінь точності поверхонь виливка	12-19				13		
Шорсткість поверхонь виливка	32						
Клас точності маси	6-13				11		
Ряд припусків	5-8				7		
Розрахункові розміри	55	Ø47H7	15	Ø52H7	16	Ø55H7	29
Допуски:							
розмірів	4,0	4,0	2,8	4,0	2,8	4,0	3,6
форми чи розміщення	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекос стержня	-	1,1	-	1,1	-	1,1	-
маси	16						
нерівностей	0,8						
загальний допуск	4,0	4,0	3,2	4	3,2	4	4,0
Припуски:							
мінімальний	0,8						
Розрахункові розміри	55	Ø47	15	Ø52	16	Ø55	29
	Кількість переходів механічної обробки						
за точністю розмірів	4	4	3	4	3	4	3
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	3	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	4	4	3	4	3	4	3
загальний припуск	5,4	5,4	4,1	5,4	4,1	5,4	4,9
Розміри заготовки	65,8	36,2	15,8	41,2	16,8	44,2	29,5

Таблиця 2.6 – Розрахунок розмірів заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням						
	Згідно з ГОСТ 26645-85				Прийнято		
Клас розмірної точності	8-13т				10		
Ступінь жолоблення елементів вилівка	5-8				6		
Ступінь точності поверхонь вилівка	11-18				14		
Шорсткість поверхонь вилівка	40						
Клас точності маси	5-13т				10		
Ряд припусків	5-8				8		
Розрахункові розміри	55	Ø47	15	Ø52	16	Ø55	29
Допуски:							
розмірів	2,4	2,4	1,8	1,4	1,8	2,4	2,4
форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекос стержня		0,7	-	0,7	-	0,7	-
маси	10						
нерівностей	1,0						
загальний допуск	2,4	2,4	2	1,6	2	2,4	2,4
Припуски:							
мінімальний	1,0						
	Кількість переходів механічної обробки						
за точністю розмірів	3	3	3	4	3	4	3
за відхиленнями форм, взаємним розміщенням поверхонь		3				-	
прийнята кількість переходів	3	3	3	4	3	4	3
загальний припуск	3,8	3,8	3,4	3,1	3,4	4,1	3,8
Розміри заготовки	62,6	39,4	15,4	45,8	16,4	47,8	29

Мінімальний припуск приймаємо згідно з рядом припусків, що попередньо обрані. Для всіх поверхонь однаковий і призначається для усунення нерівностей, дефектів литої поверхні, зменшення шорсткості у відповідності за ГОСТ 26645-85.

Кількість переходів механічної обробки за точністю розмірів приймаємо в залежності від допуску розміру вилівка та співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка $T_{розм.дет.}/T_{розм.вил.}$. При цьому допуск розміру вилівка ми обирали попередньо та заносили значення у таблицю. Допуск розміру деталі знаходимо на робочому кресленні деталі

Таблиця 2.7 – Визначення кількості переходів механічної обробки при литті в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші

Розмір	Трозм.дет	Трозм.вил	Трозм.дет./Трозм.вил	Кількість переходів
55	0,074	4,0	0,0185	4
47	0,025	4,0	0,0062	4
52	0,03	4,0	0,0075	4
55	0,03	4,0	0,0075	4
29	0,13	3,6	0,036	3
15	0,11	2,8	0,039	3
16	0,11	2,8	0,039	3

Таблиця 2.8 – Визначення кількості переходів механічної обробки при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

Розмір	Трозм.дет	Трозм.вил	Трозм.дет./Трозм.вил	Кількість переходів
55	0,074	2,4	0,031	3
47	0,025	2,4	0,104	3
52	0,03	2,4	0,0125	4
55	0,03	2,4	0,0125	4

29	0,13	2,2	0,059	3
15	0,11	1,8	0,061	3
16	0,11	1,8	0,061	3

Приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі та виливка:
Тф.дет./Тф.вил.

Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде на розмір 55(-0,074) допуск паралельності 0,03 відносно бази А:

$$\text{Тф.дет./Тф.вил.} = 0,03/0,5 = 0,006;$$

І також для операції лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші:

$$\text{Тф.дет./Тф.вил.} = 0,03/0,4 = 0,007;$$

Обираємо в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки та ряду припусків. Всі ці показники попередньо визначені і за допомогою вже вказаних параметрів обираємо остаточні результати.

Отже для лиття в піщано-глинисті форми з ручним формування суміші буде

$$55 + 2 \cdot 5,4 = 65,8 \text{ (мм)}$$

$$47 - 5,4 \cdot 2 = 36,2 \text{ (мм)}$$

$$52 - 5,4 \cdot 2 = 41,2 \text{ (мм)}$$

$$55 - 5,4 \cdot 2 = 44,2 \text{ (мм)}$$

$$29 + 5,4 - 4,9 = 29,5 \text{ (мм)}$$

$$15 + 4,9 - 4,1 = 15,8 \text{ (мм)}$$

$$16 + 4,9 - 4,1 = 16,8 \text{ (мм)}$$

Отже для лиття в піщано-глинисті форми з машинним формування суміші буде

$$55 + 2 \cdot 3,8 = 62,6 \text{ (мм)}$$

$$47 - 3,8 \cdot 2 = 39,4 \text{ (мм)}$$

$$52-3,1 \cdot 2=45,8 \text{ (мм)}$$

$$55-4,1 \cdot 2=47,8 \text{ (мм)}$$

$$29+3,8-3,8=29 \text{ (мм)}$$

$$15+3,8-3,4=15,4 \text{ (мм)}$$

$$16+3,8-3,=16,4 \text{ (мм)}$$

Після формування контура виливків в місцях переходу від одного елемента до другого призначаємо радіуси заокруглень, які в значній степені визначають якість литої заготовки. Їх величина повинна бути оптимальною. Радіуси заокруглень у спряженнях залежать від матеріалу вилівка, товщини спряжених стінок і кута, що утворюється між ними. Вибір здійснюємо по графікам із [Руденко, ст. 65].

Їм відповідають наступні радіуси заокруглень для чавуну при діапазоні кутів $75 \dots 105^\circ$: $r = 6 \text{ мм}$.

Призначаємо на вертикальних стінках поверх припуску на механічну обробку. Необхідні величини нахилів для обраних операцій вибираємо із таблиці нормованих значень [Руденко, ст. 64]. Вибираємо в залежності від висоти формоутворювальної поверхні та способу лиття. Отже нахил складатиме $3^\circ 11'$

Мінімальна товщина стінок призначається так, щоб забезпечити необхідну розрахункову міцність і задовольнити потребам технології обраного способу лиття. Найменшу товщину стінок вибираємо по [Руденко, ст. 57], в залежності від приведенного габариту заготовки, який обраховуємо за наступною формулою:

цьому значенню відповідає мінімальна товщина стінки $\delta = 10 \text{ мм}$. Якщо порівняти дійсну отриману величину, яка становить $\delta = 15 \text{ мм}$, то можна зробити висновок про відповідність розмірів мінімальної товщини стінки вилівка допустимим.

Мінімальний діаметр стінки визначаємо за формулою:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s \text{ [мм]}$$

При $d_0=7 \text{ мм}$ – для чавуну і $s=100 \text{ мм}$, значення мінімального діаметра буде дорівнювати:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s = 7 + 0,1 \cdot 100 = 17 \text{ (мм)}$$

Отже отвори $\varnothing 42$ будуть проливатися.

Ескізи заготовок показані на рисунках 3.1 та 3.2.

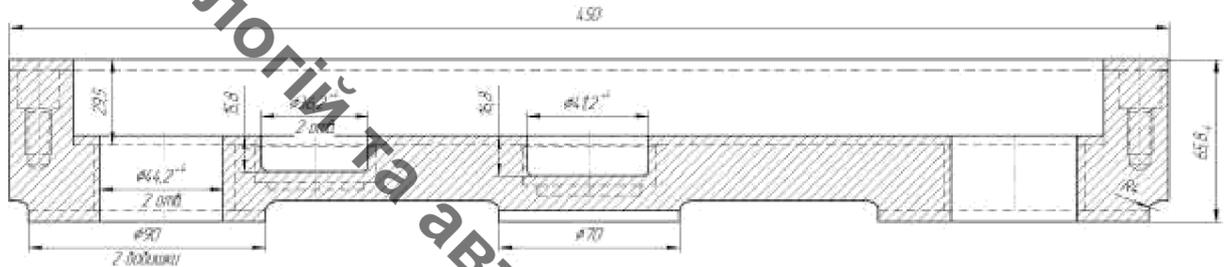


Рисунок 2.2 – Виливок в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

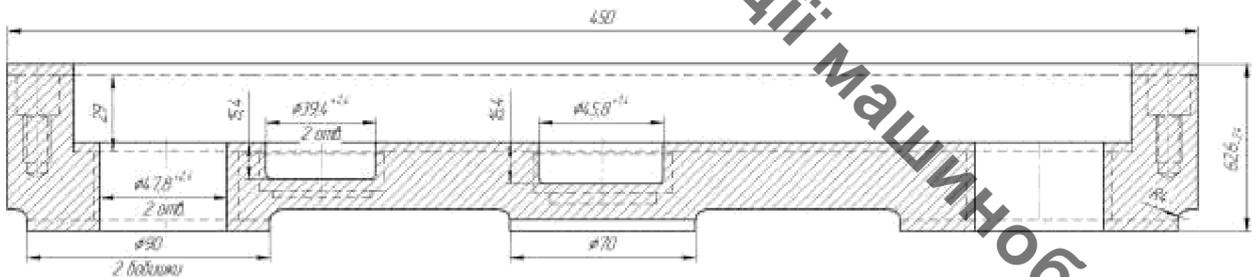


Рисунок 2.3 – Виливок в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Масу заготовок визначасмо за допомогою твердотільного моделювання в КОМПАС 3D-V12.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_z} = \frac{17.7}{23.068} = 0,77.$$

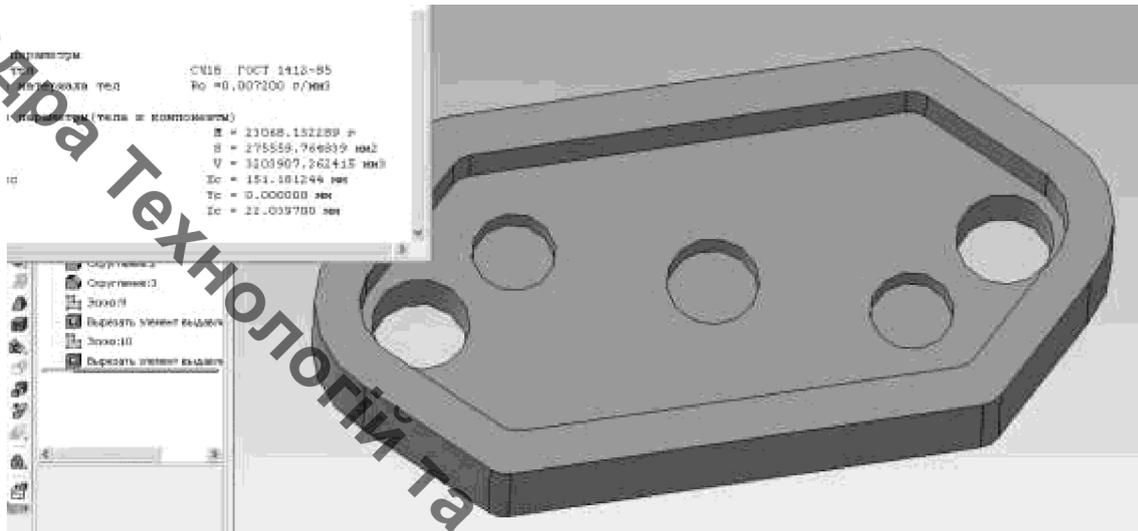


Рисунок 2.4 – Маса заготовки при литі в піщано-глинисті форми з ручним формуванням

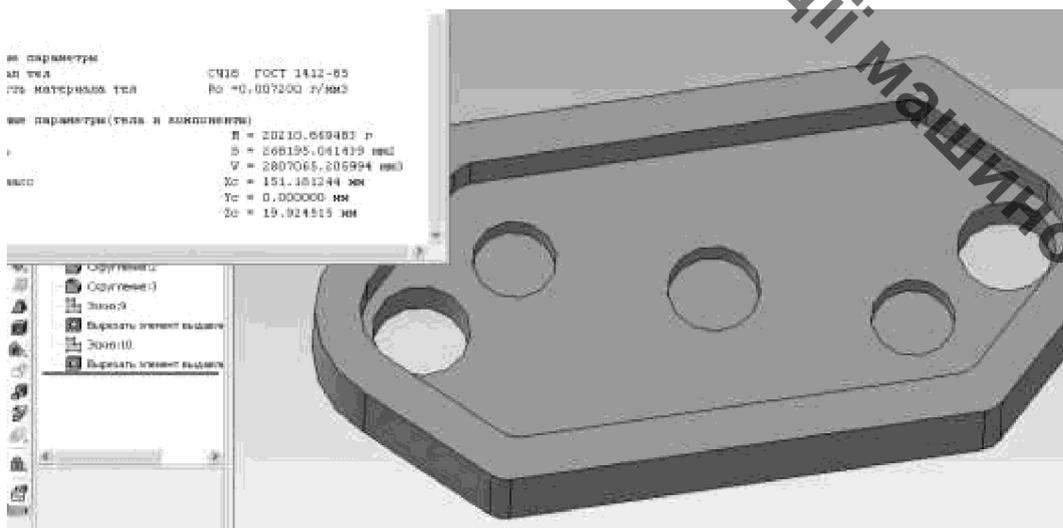


Рисунок 2.5 – Маса заготовки при литі в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу як відношення маси деталі до маси заготовки

$$\gamma = \frac{G_d}{G_s} = \frac{17.7}{21.21} = 0,875 .$$

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг. лит}} = \frac{(Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{Л}} \cdot K_{\text{T}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{П}})}{1000} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \cdot C_{\text{відх}}}{1000} \quad [\text{грн}] \quad (2.17)$$

де $C_{\text{Л}}$ - базова вартість 1т заготовок, грн., враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

K_{T} - коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

$K_{\text{М}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки. Враховуємо спосіб лиття і марку матеріалу;

$K_{\text{С}}$ – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

$K_{\text{В}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки. Вибираємо згідно способу лиття, маси вилівка, матеріалу вилівка;

$K_{\text{П}}$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру ручної програми випуску заготовок. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси вилівоків і об'єму. При литті в піщано-глинисті форми і лиття оболонкові форми – 2 група серійності;

Для лиття в піщано-глинисті форми:

$K_{\text{T}}, K_{\text{Н}}, K_{\text{С}}, K_{\text{В}}, K_{\text{П}}$ відповідно рівні 1,0 – 1,0 – 1,2 – 0,91 – 1,0.

Тоді вартість заготовок для заданих операцій 1 – лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші, 2 – в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, матиме наступне значення:

$$C_{загл.лит}^1 = \frac{23.068 \cdot 46800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(23.068 - 17.7) \cdot 2500}{1000} = 1165,48 \text{ (грн.)}$$

$$C_{загл.лит}^1 = \frac{20.21 \cdot 47800 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(20.21 - 17.7) \cdot 2500}{1000} = 1092,77 \text{ (грн.)}$$

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанта одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Оскільки в даному випадку, собівартість заготовки із машинним формування менше і кількість переходів теж менша то, можна зробити висновок:

враховуючи загальну економічну ефективність та масу заготовок, можна однозначно сказати, що найбільш раціональний варіант буде лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням. Це дасть змогу зекономити як матеріал, так і кошти у порівнянні із литтям в піщано-глинисті форми із ручним формуванням суміші.

2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Розробка технологічного процесу механічної обробки виконується на основі принципів “Єдиної системи підготовки виробництва” ЄСТП ГОСТ 14.001–73.

Технологічний процес механічної обробки деталі “Корпус” розробляємо на основі типових технологічних процесів обробки подібних деталей.

Серійний тип виробництва характеризується великою номенклатурою виробів, що обробляються партіями. Отже, в даному технологічному процесі механічної обробки, доцільно використовувати універсальне обладнання, верстати з ЧПК, гнучкі переналагоджувані лінії, стандартну і спеціалізовану оснастку, що дозволяє швидко переналагоджувати виробництво на випуск інших виробів.

Проаналізувавши вище написане, можна сказати, що даний типовий технологічний процес підходить для подальшого використання.

Таблиця 2.9 – Типовий технологічний процес

№ операції	Зміст і назва операції	Тип обладнання
005	Багатоцільова з ЧПК 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину основи попередньо, остаточно 3. Свердли 4 отв. $\varnothing 13$ 4. Фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ остаточно 5. Свердли і нарізати різьбу М10•1-7Н 6. Фрезерувати торець $\varnothing 120$, витримуючи розмір 230 попередньо, остаточно 7. Розточити виточки $\varnothing 80H7$ попередньо, остаточно; $\varnothing 90H13$ і фаску остаточно 8. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно	Багатоцільовий з ЧПУ IP500MФ4

2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, методу одержання та параметрів точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності необхідного обладнання та інших факторів.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі

розрахунків за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_3}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_i}{T_{i-1}} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i ; \quad (2.18)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_d – допуск деталі.

T_3 – допуск заготовки;

T_i – окремого ступеня обробки.

Але оскільки в даному випадку заготовкою є литий напівфабрикат, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [3]. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що планується.

Кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для отвору $\varnothing 48$, враховуючи, що допуск точності відповідного розміру заготовки складає 0,52:

$$\varepsilon = 1,8 / 0,039 = 46,15$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5,4$$

$$\varepsilon_2 = 3,6$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3 = 46,51 / 5,4 \cdot 3,6 = 2,37$$

Допуск складатиме:

$$T_1 = 1,8 / 5,4 = 0,33 \text{ (мм)}$$

$$T_2 = 0,33 / 3,6 = 0,093 \text{ (мм)}$$

$$T_3 = 0,093 / 2,37 = 0,039 \text{ (мм)}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: розточування попереднє (10 квалітет точності); розточування попереднє (9 квалітет точності); розточування остаточне (7 квалітет точності)

Таблиця 2.10 – Розрахунок кількості ступеней обробки

Поверхня	Вид обробки	Квалітет, що отримується
Ø52H7	Свердління	12
	Зенкерування	9
	Розвертання	7
M10	Свердління	12
	Зенкування	12
	Нарізання різі	10

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

При виборі чорнових баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску при подальшій механічній обробці або зв'язок оброблених і необроблюваних поверхонь.

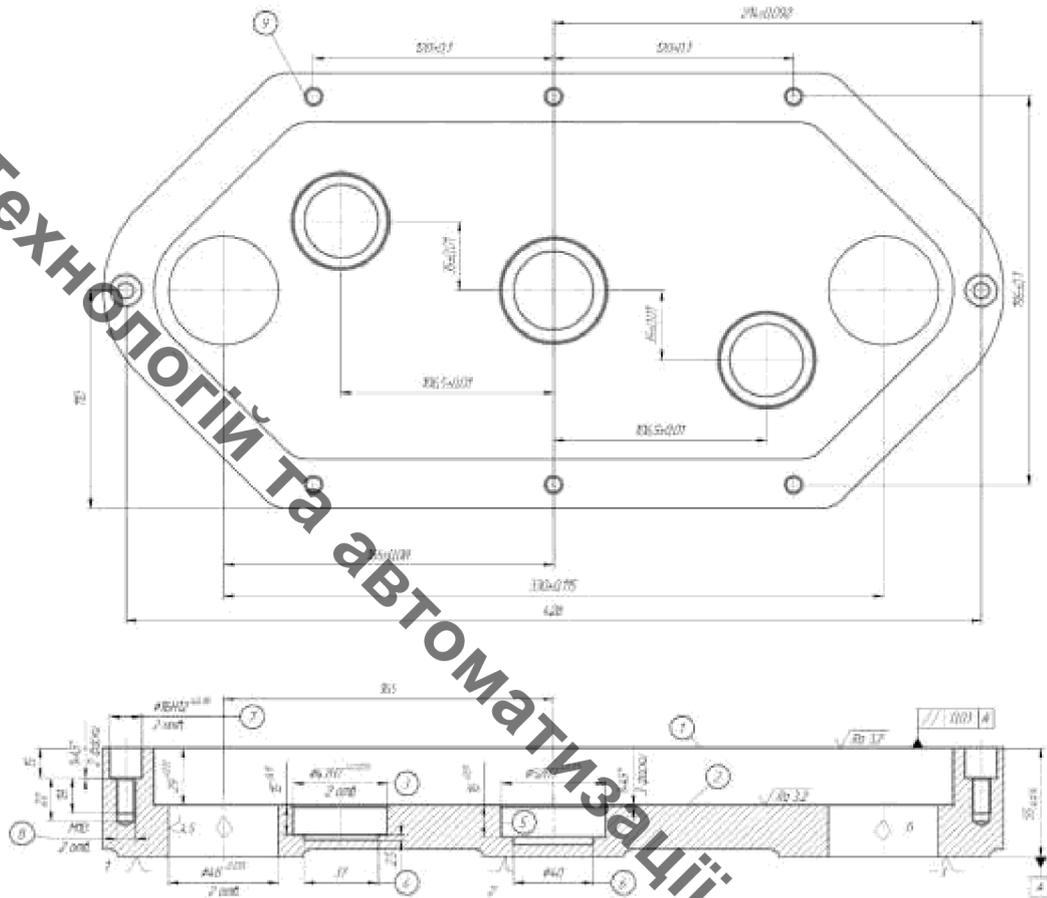


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.11– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна з ЧПК	Ø47, Ø52, Ø37, Ø40, Ø16, M10, M8	відсутня	Діаметральний розмір
	165, 55	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірjuвальної та технологічної баз
	120, 214, 196, 106,5; 35, 428, 15, 22, 18, 29, 15, 2,5; 16	відсутня	Обробка виконується з одного установа

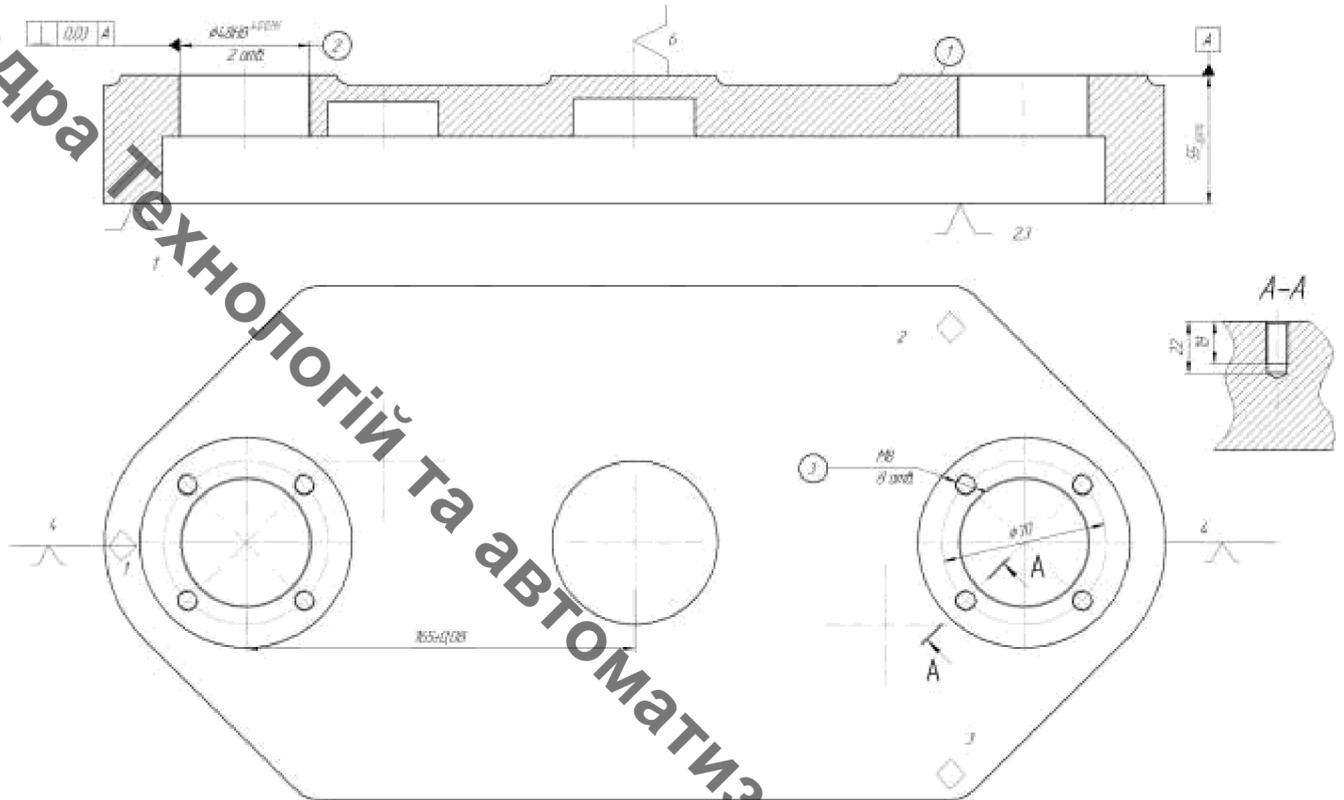


Рисунок 2.8 – Схема базування на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Таблиця 2.12– Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

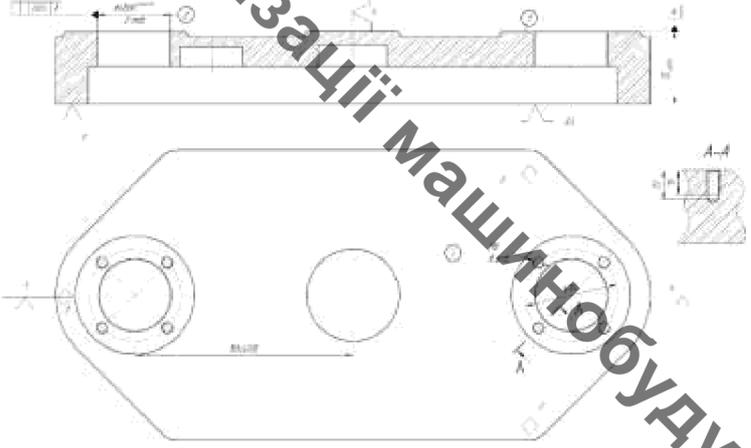
Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Багатоцільова з ЧПК	Ø48	відсутня	Діаметральний розмір
	55	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірювальної та технологічної баз

В якості чорнових технологічних баз використано схему базування на площину та два торці. Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із площини основи, яка використовуються в якості технологічної бази.

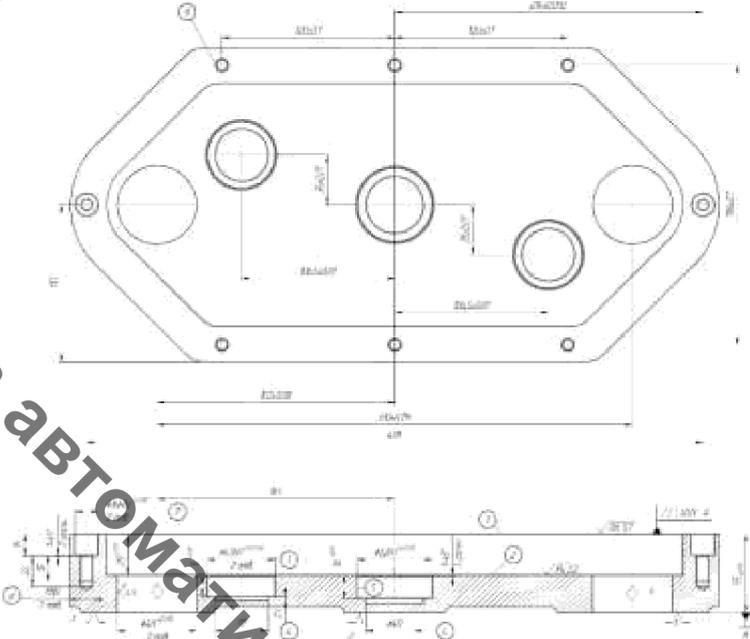
2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній.

Таблиця 2.13- Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 ВЗЗ</p> <p>2 Фрезерувати площину 1 попередньо</p> <p>3 Розточити 2 отвори 2 попередньо</p> <p>4 Розточити 2 отвори 2 попередньо</p> <p>5 Фрезерувати площину 1 остаточно</p> <p>6 Розточити 2 отвори 2 остаточно</p> <p>7 Центрувати 8 отворів 3</p> <p>8 Свердли 8 отворів 3</p> <p>9 Зенкувати фаску в 8 отворах 3</p> <p>10 Нарізати різь в 8 отворах 3</p> <p>7 Зняти заготовку</p>		Фрезерний з ЧПУ ГФ2171М4

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
010	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати площину 1 попередньо 3 Фрезерувати площину 1 остаточно 4 Фрезерувати площину 2 попередньо 5 Фрезерувати площину 2 остаточно 6 Розточити 2 отвори 3 попередньо 7 Розточити 2 отвори 3 попередньо 8 Розточити 2 отвори 4 9 Розточити 2 отвори 3 остаточно 10 Розточити отвір 5 попередньо 11 Розточити отвір 5 попередньо 12 Розточити отвір 6 13 Розточити отвір 5 остаточно 14 Центрувати 2 отвори 8 та 6 отворів 9 15 Свердлити 2 отвори 8 16 Цекувати 2 отвори 7 17 Зенкувати фаску в отворі 8 18 Нарізати різь в отворі 8 19 Свердлити 6 отворів 9 20 Зенкувати фаски в 6 отворах 9 21 Нарізати різь в 6 отворах 9 22 Зняти заготовку 		Багатоцільовий ЛТ260МФ3

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

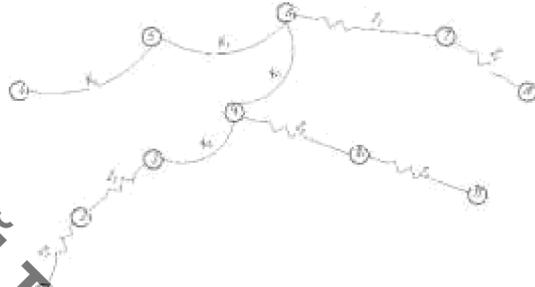


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1B_2\dots$ і розмірів заготовки $Z_1Z_2\dots$ називається похідним графом.

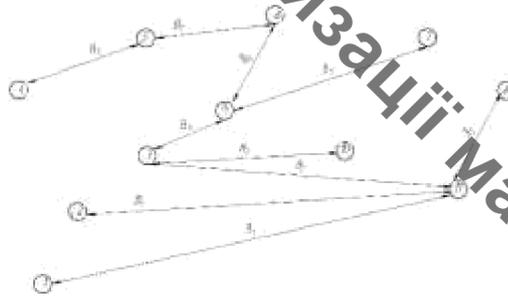


Рисунок 2.11 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

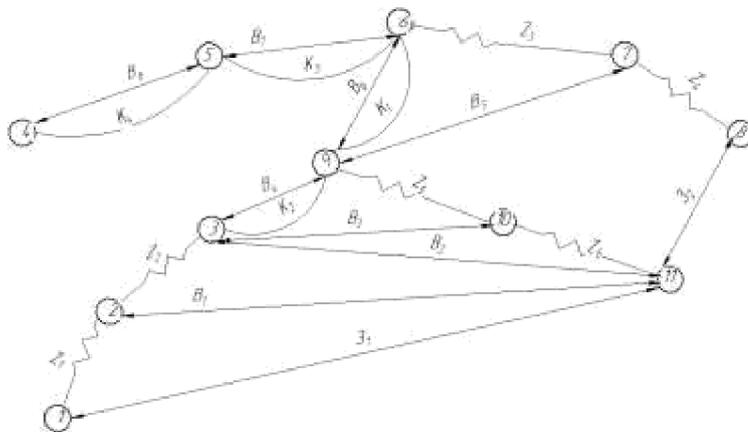


Рисунок 2.12 – Суміщений граф-дерево

Таблиця 2.15 – Мінімальні припуски

Припуски	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z _{mm}	1,2	0,6	0,6	1,2	0,6	1,2

Таблиця 2.16 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	21	3	4
1	$B_8 - K_4 = 0$	$B_8 = K_4$	B_8
2	$B_7 - K_3 = 0$	$B_7 = K_3$	B_7
3	$B_6 - K_1 = 0$	$B_6 = K_1$	B_6
4	$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_2$	B_4
5	$B_5 + Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_6 - B_5$	B_5
6	$B_3 - Z_5 - B_4 = 0$	$Z_5 = B_3 - B_4$	B_3
7	$B_2 - Z_6 - B_3 = 0$	$Z_6 = B_2 - B_3$	B_2
8	$B_1 - Z_2 - B_2 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_2$	B_1
9	$B_1 + Z_1 - 3_1 = 0$	$Z_{13} = 3_1 - B_1$	3_1
10	$3_2 + Z_4 - B_2 + B_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_4 + B_5 - 3_2$	3_2

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

1. $B_8 = K_4 = 4^{+0,25}$ (мм)
2. $B_7 = K_3 = 16^{+0,11}$ (мм)
3. $B_6 = K_1 = 29^{+0,13}$ (мм)

$$4 B_4 = K_2 = 55_{-0,074} (\text{MM})$$

$$5 Z_3 \min = B_6 \min - B_5 \max;$$

$$B_{5 \max} = 29 - 0,6 = 28,4 (\text{MM})$$

$$B_{5 \min} = B_{5 \max} - IT(B_5) = 28,4 - 0,21 = 28,19 (\text{MM})$$

$$B_5 = 28,19_{+0,21} (\text{MM})$$

$$Z_3 \max = B_6 \max - B_5 \min = 29,13 - 28,19 = 0,94 (\text{MM})$$

$$6. Z_5 \min = B_3 \min - B_4 \max;$$

$$B_{3 \min} = 55 + 0,6 = 55,6 (\text{MM})$$

$$B_{3 \max} = B_{3 \min} + T(B_3) = 55,6 + 0,12 = 55,72 (\text{MM})$$

$$B_3 = 55,72_{-0,12} (\text{MM})$$

$$Z_2 \max = B_3 \max - B_4 \min = 55,72 - 54,92 = 0,646 (\text{MM})$$

$$7. Z_6 \min = B_2 \min - B_3 \max;$$

$$B_{2 \min} = 55,72 + 1,2 = 56,92 (\text{MM})$$

$$B_{2 \max} = B_{2 \min} + T(B_2) = 56,92 + 0,19 = 57,11 (\text{MM})$$

$$B_2 = 57,11_{-0,19} (\text{MM})$$

$$Z_6 \max = B_2 \max - B_3 \min = 57,11 - 55,6 = 1,51 (\text{MM})$$

$$8. Z_2 \min = B_1 \min - B_2 \max;$$

$$B_{1 \min} = 57,11 + 0,6 = 57,71 (\text{MM})$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 57,71 + 0,3 = 58,01 (\text{MM})$$

$$B_1 = 58,01_{-0,3} (\text{MM})$$

$$Z_2 \max = B_1 \max - B_2 \min = 58,01 - 56,92 = 1,09 (\text{MM})$$

$$9. Z_1 \min = 3_1 \min - B_1 \max;$$

$$3_{1 \min} = 58,01 + 1,2 = 59,21 (\text{MM})$$

$$3_{1 \max} = 59,21 + 0,74 = 59,95 (\text{MM})$$

$$3_1 = 59,95_{-0,74} (\text{MM})$$

$$Z_1 \max = 3_1 \max - B_1 \min = 59,95 - 57,71 = 2,24 (\text{MM})$$

$$10. Z_4 \min = B_2 \min - B_4 \max + B_{5 \min} - 3_2 \max;$$

$$3_2 \max = 56,92 - 55 + 28,19 - 1,2 = 28,91 (\text{MM})$$

$$3_2 \min = 28,91 - 0,52 = 28,39 (\text{MM})$$

$$3_2 = 28,39_{+0,52} (\text{MM})$$

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування

$$Z_{4 \max} = 57,11 - 54,926 + 28,4 - 28,39 = 2,194 \text{ (мм)}$$

Таблиця 2.17 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₁	59,21	59,95	0,74	59,95		59,95 _{-0,74}
Z ₂	28,39	28,91	0,52	28,39		28,39 ^{+0,52}
B ₁	57,71	58,01	0,3	58,01	58,01 _{-0,3}	
B ₂	56,92	57,11	0,19	57,11	57,11 _{-0,19}	
B ₃	55,6	55,72	0,12	55,72	55,72 _{-0,12}	
B ₄	54,926	55	0,074	55	55 _{-0,074}	
B ₅	28,19	28,4	0,21	28,19	28,19 ^{+0,21}	
B ₆	29	29,13	0,13	29	29 ^{+0,13}	
B ₇	16	16,11	0,11	16	16 ^{+0,11}	
B ₈	4	4,25	0,25	4	4 ^{+0,25}	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та всю документацію пов'язану із ним.

2.9 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення значень R_Z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [14], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 600 мкм. При попередньому розточуванні приймаємо R_Z=T=50 мкм, а на наступному переході

відповідно 30 мкм, при чистовому розточуванні – $R_z=20$ мкм, $T=25$ мкм.

Жолоблення отвору слід враховувати як в діаметральному так і в осьовому напрямі, тому:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2} \text{ [мм]}$$

де Δ_k - питома кривизна заготовок, для литої заготовки складає 0,7

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 48)^2 + (0,7 \cdot 27)^2} = 38,55 \text{ (мкм)};$$

$\rho_{\text{зм}}$ – відхилення за рахунок зміщення поверхні з якої знімається припуск, під час самої обробки, відносно технологічних баз, в даному випадкові розміру 73 (-0,01).

Для даної деталі відповідно сумарне значення просторових відхилень складатиме:

$$\rho = \sqrt{38,55^2 + 10^2} = 41,23 \text{ (мкм)}$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1}, \text{ [мм]}$$

де k – коефіцієнт уточнення форми [14].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 41,23 = 2,5 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 52 = 0,099 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мм]}$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві; ε_3 – похибка закріплення, що при установці на площину з пневматичним затисканням складає 200 мкм. Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1=200 \text{ (мкм)}$$

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

$$\varepsilon_2=\varepsilon_1 \cdot 0,05=200 \cdot 0,05=10 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

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

Мінімальний припуск під розточування:

Попереднє розточування:

$$2Z_{1\min}=2(600+\sqrt{41,23^2+200^2})=2 \cdot 554,2 \text{ (мкм)}$$

попереднє розточування:

$$2Z_{2\min}=2(50+50+\sqrt{2,5^2+10^2})=2 \cdot 110,3 \text{ (мкм)}$$

остаточне розточування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30+0,09)=2 \cdot 60,1 \text{ (мкм)};$$

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на кресленні:

$$d=48,039 \text{ (мм)}.$$

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

для попереднього розточування:

$$d_2=48,039-2\cdot 0,0601=47,9188 \text{ (мм)};$$

для попереднього розточування:

$$d_3=47,9188-2\cdot 0,1103=47,6982 \text{ (мм)}$$

для заготовки

$$d_4=47,6982-2\cdot 0,5542=46,59 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до якості того чи іншого виду обробки:

Для чистового розточування відповідно для 7 якості допуск складає 39 мкм, для попереднього точіння для 9 і 10 якостей допуск відповідно рівний – 100 і 390 мкм та для заготовки допуск складає 3,6 мкм.

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Тобто:

$$47,919 - 0,1 = 47,819 \text{ (мм);}$$

$$47,7 - 0,39 = 47,31 \text{ (мм);}$$

$$46,6 - 1,8 = 44,8 \text{ (мм);}$$

Мінімальні граничні значення припусків Z_{min} рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення Z_{max} – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

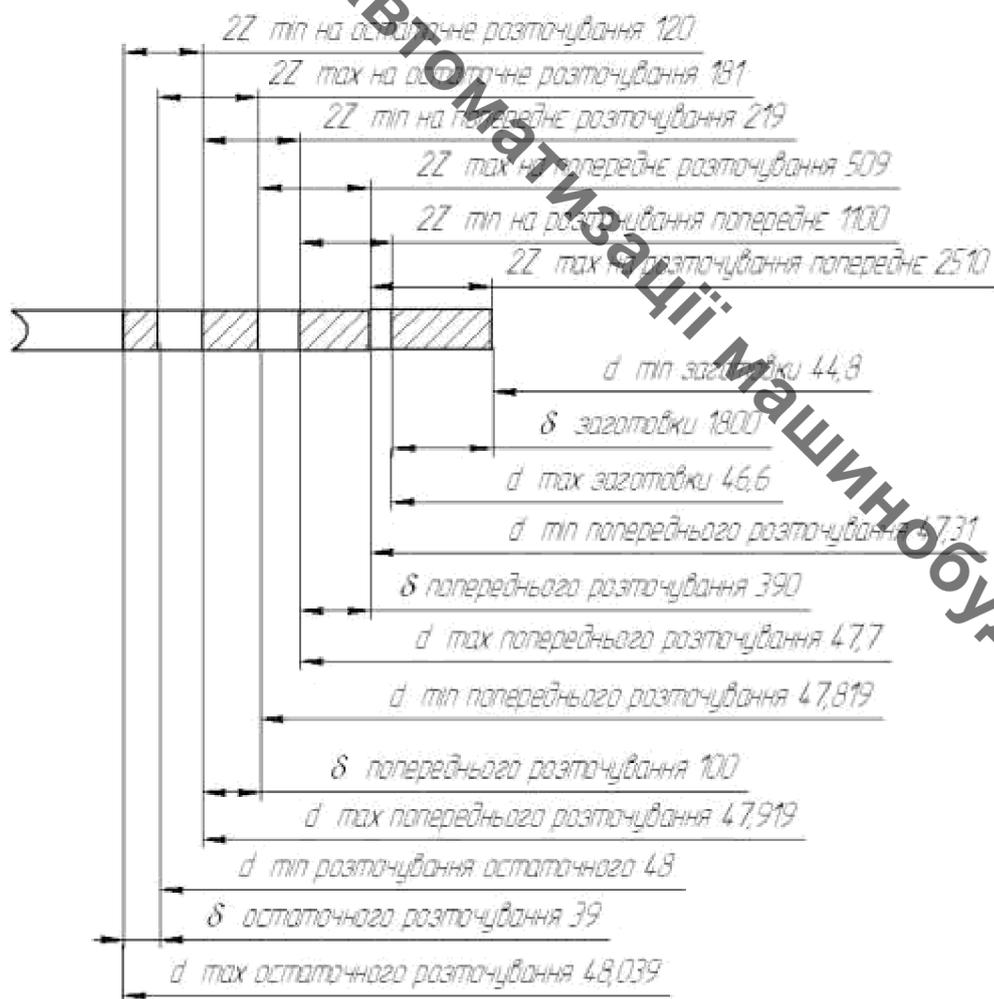


Рисунок 2.13– Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 48H8$

для попереднього розточування:

Таблиця 2.18 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø48	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків					
	R _z	T	ρ			ε	2Z _{min}	d _p	δ	d _{min}	d _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	600		41,2		-	46,5897	1,8	44,8	46,6	-	-		
Розточування попереднє	50	50	2,47	200	2·554	47,6982	0,39	47,31	47,7	1,1	2,51		
Розточування попереднє	30	30	0,09	10	2·110	47,9188	0,1	47,819	47,919	0,219	0,509		
Розточування остаточне	20	25	-	-	2·60	48,039	0,039	48	48,039	0,12	0,181		
Загальний припуск											1,439	3,2	

Для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 3}=48,039-47,919=0,12 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\max 3}=48-47,819=0,181 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\min 2}=47,919-47,7=0,219 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 2}=47,819-47,31=0,509 \text{ (мм)} ;$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 1}=47,7-46,6=1,1 \text{ (мм)} ;$$

$$2Z_{\max 1}=47,31-44,8=2,51 \text{ (мм)} .$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 4.10

Всі граничні розміри, допуски та припуски показані на схемі (рисунок 4.9)

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=0,181-0,12=0,061 \text{ (мм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=100-39=61 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=509-219=290 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=390-100=290 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 1}-2Z_{\min 1}=2510-1100=1410 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=1,8-0,39=1,41 \text{ (мм)}$$

Отже всі розрахунки виконанні вірно і не потребують уточнення.

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри необхідні для конструювання штампів, спеціального різального та вимірювального інструменту, а також для настроювання металорізальних верстатів та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків можна обґрунтовано визначити масу початкових заготовок, режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічної обробки.

Згідно з дослідно- статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно- статичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно- статичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 4.9.

Таблиця 2.19- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø52H7	Розточування попереднє	1,0	Ø51,68
	Розточування попереднє	0,3	Ø51,88
	Розточування остаточне	0,12	Ø52
Ø55H7	Розточування попереднє	1,0	Ø54,68
	Розточування попереднє	0,3	Ø54,88
	Розточування остаточне	0,12	Ø55

2.10 Визначення режимів різання

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;

швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей. Таким чином. режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання.

Наведемо приклад розрахунку режимів різання за нормативами для розточування отвору $\varnothing 52$: попередньо, попередньо та остаточно. При цьому знімаються припуски припуски: 2,2; 1,1; 0,4 (мм).

При розточуванні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають:

$$S_{от1}=0,74 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от2}= 0,55 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от3}= 0,4 \text{ (мм/об);}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового розточування::

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8);

$$K_{SU}=1;$$

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення);

$$K_{SP}=1,1;$$

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

3 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні:

$$K_{sp}=0,85;$$

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця:

$$K_{sq}=0,95;$$

4 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{sl}=0,95.$$

5 Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі:

$$K_{SD}=0,8.$$

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,2=0,767$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,74 \cdot 0,77=0,567(\text{мм/об});$$

$$S_{ot2}=0,55 \cdot 0,767=0,421(\text{мм/об})$$

Для чистового розточування поправочні коефіцієнти складають:

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8);

$$K_{SU}=1;$$

2 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

3 Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця:

$$K_{sr}=0,8;$$

4 Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані:

$$K_{S\varphi K}=0,95;$$

5 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{sl}=0,9.$$

6 Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі:

$$K_{SK}=1.$$

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,8208$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o3}=0,4 \cdot 0,8208 = 0,328 \text{ (мм/об)}$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{триз1}}=138 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз2}}=148 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз3}}=415 \text{ (м/хв)}$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=3,7 \text{ (кВт)};$$

$$P_2=3,4 \text{ (кВт)}.$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, від інструменту і стан деталі введемо поправочні коефіцієнти:

1 Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту $K_{v_i}=1$;

2 Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу $K_{v_c}=1$;

3 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{v_j}=0,75$;

4 коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{v_m}=1,3$;

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{v_\phi}=0,95$;

6 Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{v_t}=1,1$;

7 Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{v_{ж}}=0,75$

8 Коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{v_0}=1,2$.

Загальний коефіцієнт складає:

$$K_1=1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,7641$$

$$K_2=1 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,917$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз1}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз2}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Відповідно отримаємо:

$$n_3=1000 \cdot 105,5/3.14 \cdot 52= 176,84(\text{об/хв});$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1/3.14 \cdot 52= 189,6(\text{об/хв.})$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555/3.14 \cdot 52=637,87 \text{ (об/хв.)}$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання:

$$N_1=176 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_2=189(\text{об/хв.});$$

$$N_3=637 \text{ (об/хв.)};$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_0$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=176 \cdot 0,567=99,792 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M2}=189 \cdot 0,421=79,569 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M3}=637 \cdot 0,328=208,936 \text{ (мм/хв.)};$$

4.8 Визначення технічних норм часу

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Таблиця 2.20 - Основний час автоматичної роботи верстату для обробки отворів Ø16

Перехід механічної обробки	Довжина оброблюваної	Довжина підводу інструменту, мм	Довжина врізання інструменту, мм	Довжина перебігу	Хвилинна подача, мм/хв	Основний час, хв
Центрування отвору Ø5	5	5	3	-	439,4	0,05
Свердління отвору	18	5	7,5	-	135,25	0,16
Зенкерування отвору	18	5	3	-	234	0,06
Розвертання отвору	18	5	18	-	62	0,13
Всього						0,4

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{в.}) \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{від}}{100}\right) \text{ [хв]} \quad (2.19)$$

де $T_{ц.а.}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових.

$$T_{ц.а.} = T_0 + T_{мд} \text{ [хв]} \quad (2.20)$$

T_0 – основний час роботи верстата за програмою, $T_{мд}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_0 = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_m, \text{ [хв]} \quad (2.21)$$

де l_0 – довжина оброблюваної поверхні; l_1 – довжина підводу; l_2 – довжина врізання;

l_3 — довжина перебігу; S_m — хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів $\varnothing 10H7$ наведено в таблиці 4.11.

Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}} = (2 \cdot 100 + 84) / 6000 = 0,05 \text{ (хв.)};$$

Для переходів зенкерування:

$$T_{\text{мвх6}} = 2 \cdot (100 + 10 + 84) / 6000 = 0,13 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 005 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = (0,4 + 1,4 \cdot 2 + 2,57 + 0,05 + 1,8) + (0,13 + 0,1 + 0,05 + 0,13 + 0,12 + 0,55 + 0,05) = 8,2 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час T_v складається із:

$$T_v = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}}, [\text{хв}] \quad (2.22)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,11 хв;

$T_{\text{воп}}$ - допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,2 хв;

- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,12 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,2+0,12=0,32 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}}=0,09 \cdot 2 + 0,07 \cdot 4 = 0,46 \text{ (хв.)}$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{в}}=0,11+0,32+0,46=0,89 \text{ (хв.)}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.23)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{ш}} = (8,2 + 1,58) \cdot \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 10,56 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Норми часу

№ операції	Основний час, хв	Штучний час, хв
005	7,546	10,56
010	11,859	16,6

2.11 Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.24)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;
 K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;
 K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (2.25)$$

m_i - маса i -ї деталі, $m_{\text{пр}}$ - маса представника

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме:

$$K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{15}{17.7}\right)^2} = 0.895;$$

$$K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{10}{17.7}\right)^2} = 0.683;$$

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме:

$$K_{2\phi} = \left(\frac{3500}{1800}\right)^{0.15} = 1.104;$$

$$K_{2BK} = \left(\frac{3500}{2000} \right)^{0,15} = 1.087;$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами (4.11, 4.12, 4.13).

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі

$$\overline{K_{Tp,np}^C} = \frac{\sum K_6 \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 3 + 10 \cdot 19 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 5}{3 + 19 + 2 + 5} = 11,2;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Tp,np}^C}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = 0.93;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^{K15}} = \frac{\sum K_8 \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 12 \cdot 10 + 14 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 4 + 10 + 22} = 12.3;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{K15}}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12.3}{11.2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0.87}{0.93} = 0.935;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^K} = \frac{\sum K_6 \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 12;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^K}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{12}{11.2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0.9}{0.93} = 0.97;$$

$$\overline{K_{Tp,np}^{K^k}} = \frac{\sum K_8 \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 8 + 10 \cdot 12 + 12 \cdot 14 + 14 \cdot 25}{6 + 8 + 12 + 14 + 25} = 11,5;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{K^k}}}{K_{Tp,np}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,5}{11,2} \right)^{\alpha_1} = \frac{0.92}{0,93} = 0.99;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі

$$\overline{R_a^k} = \frac{\sum R_a \cdot n_{ног}}{\sum n_{ног}} = \frac{1,6 \cdot 1 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 20 + 12,5 \cdot 6}{1 + 2 + 20 + 6} = 7,16;$$

$$\left(\overline{R_a^k}\right)^{\alpha_2} = (7,16)^{\alpha_2} = 0,97;$$

$$\overline{R_a^{\varepsilon 15}} = \frac{\sum R_a \cdot i_{ii\dot{a}}}{\sum i_{ii\dot{a}}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 22}{1 + 4 + 2 + 14 + 22} = 8,74$$

$$K_{32}^{K15} = \left(\frac{\overline{R_a^{\phi}}}{\overline{R_a^{p,np}}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{8,74}{7,16}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,96}{0,97} = 0,99;$$

$$\overline{R_a^k} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{2 + 4 + 12 + 14 + 25} = 7,86;$$

$$K_{32}^K = \left(\frac{\overline{R_a^k}}{\overline{R_a^{p,np}}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{7,86}{7,12}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

$$\overline{R_a^k} = \frac{\sum R_a \cdot n_{nos}}{\sum n_{nos}} = \frac{1,25 \cdot 6 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 14 + 12,5 \cdot 25}{6 + 8 + 2 + 14 + 25} = 7,8;$$

$$K_{32}^K = \left(\frac{\overline{R_a^k}}{\overline{R_a^{p,np}}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{7,8}{7,12}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,975}{0,97} = 1,005;$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{3\phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,935 \cdot 0,99 = 0,93;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,97 \cdot 1,005 = 0,98;$$

$$K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,99 \cdot 1,005 = 0,995;$$

Значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

$$K_{npP.PP} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

$$K_{npK15} = 0,93 \cdot 0,93 \cdot 1,07 = 0,93;$$

$$K_{np} = 0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,927 = 0,85;$$

Таблиця 2.22 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Корпус 10.01	3500	17,7	1,0	1,0	1,0	1,0	3500
Корпус 24.65	1800	15	0,895	1,104	0,93	0,91	1639
Кришка	2000	10	0,68	1,087	0,85	0,67	1341
Всього							6480

В умовах серійного виробництва обробку деталей ведуть партіями. При детальному проектуванні цехів та дільниць, кількість верстатів визначається по кожному типорозміру обладнання на основі даних про верстатомісткість ($T_{шт-к}$).

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки:

$$C_p = \frac{T_{шт-к.p.пр} \cdot N_{пр}}{F_{\phi} \cdot t \cdot 60} \quad (2.26)$$

$$C_{p005} = \frac{11.859 \cdot 6480}{2040 \cdot 60} = 0.6279;$$

$$C_{p010} = \frac{16.6 \cdot 6480}{2040 \cdot 60} = 0.8788;$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{np005} = 1; \quad C_{np010} = 1;$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості C_{np}

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{пр}. \quad (2.27)$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості $C_{пр}$

$$\eta_{з.сер.} = (0,6278 + 0,8788) / 2 = 0,7533$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом η_o свідчить про частку основного (машинного часу) в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучного (для масового) або штучно-калькуляційного часу (для серійного, одиничного виробництва):

$$\eta_o = T_o / T_{шт}, \quad (2.28)$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом для верстатів на операції 005 складатиме:

$$\eta_з = 7,55 / 11,86 = 0,6363$$

Операції 010:

$$\eta_з = 6,36 / 8,58 = 0,7586$$

По значеннях η_o на всіх операціях визначається середній (як середнє арифметичне) $\eta_{о.сер.}$ верстатів дільниці (цеху)

$$\eta_{о.сер.} = \sum T_o / \sum T_{шт-к}. \quad (2.29)$$

$$\eta_{о.сер.} = (0,6363 + 0,7586) / 2 = 0,6975$$

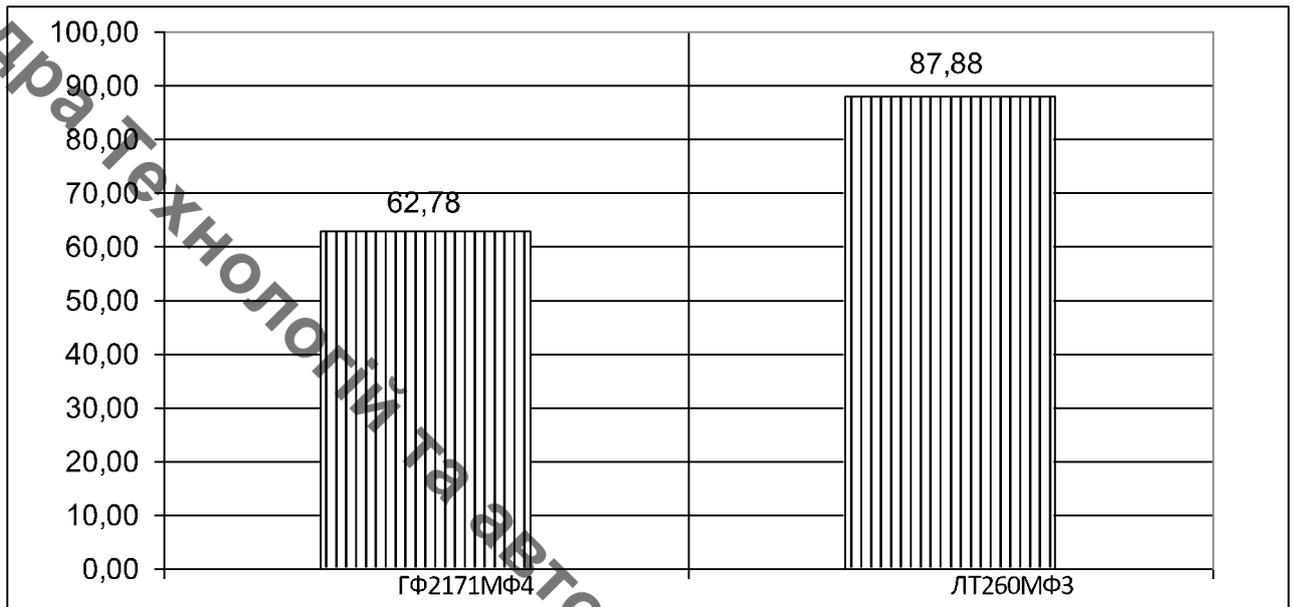


Рисунок 2.14 – Графік завантаження верстатів

Таблиця 2.23 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{з.і}$	$\eta_{з.сер.}$	$\eta_{о.і}$	$\eta_{о.сер.}$
005	Фезерна з ЧПК	0,6278	1	62,8	75,33	6,33	69,75
010	Багатоцільова	0,8788	1	87,9		78,86	

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати завантажені в достатній мірі, але токарно-револьверний верстат може бути довантажений деталями з інших дільниць. Коефіцієнт завантаження за основним часом може бути підвищений за рахунок впровадження засобів механізації та автоматизації. Це дасть можливість в першу чергу скоротити допоміжний час, а також час технічного обслуговування. Відповідно доля основного часу в структурі штучно-калькуляційного зросте і підвищиться коефіцієнт використання за основним часом.

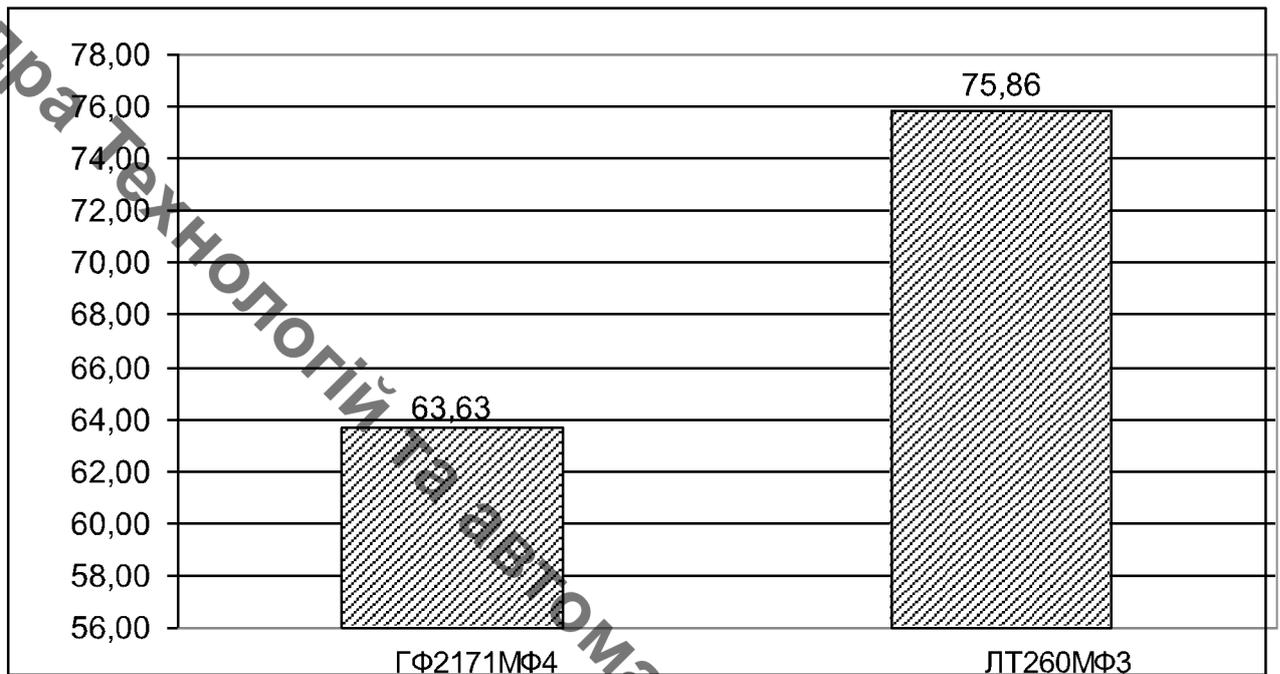


Рисунок 2.15 – Графік використання верстатів за основним часом

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою:

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (2.30)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів, шт;

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування.

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{11.859 \cdot 6480}{1830 \cdot 1 \cdot 60} = 0.7;$$

$$P_{010} = \frac{16.6 \cdot 6480}{1830 \cdot 1 \cdot 60} = 0.985;$$

На основі зроблених розрахунків остаточно приймаємо кількість працюючих на кожній операції:

$$P_{005} = 1 \text{ чол.} \quad P_{010} = 1 \text{ чол.}$$

Таблиця 2.24 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям
Основні робітники	2	Оператор – 2
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,2ставки
		Наладчик – 0,2ставки
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,2ставки
		Майстри – 0,2 ставки
Службовці	1	Бухгалтер – 0,1 ставки на дільниці
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 0,1
Загальна кількість	6	

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 1 чол. Так як для обслуговування дільниці необхідні послуги наладчика верстатів та контролер, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади. Зважаючи на те, що обслуговування дільниці не дає можливості повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної дільниці разом з іншими дільницями механообробного цеху.

Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці.

Молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того

для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника, які можуть працювати на неповні ставки і довантажуватися роботою з інших дільниць. Як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

2.12 Висновки

Розроблено маршрут механічної обробки для деталі корпус 10.01, в якому використовується обладнання із ЧПК. Згідно розрахунку тип виробництва –серійний. Деталь не містить важкодоступних для обробки місць. До нетехнологічних елементів можна віднести тільки отвори під різь. В результаті аналізу і виконаних розрахунків в якості заготовки обрано вилівок в піщано-глинисті форми. Визначивши кількість ступенів механічної обробки для кожної поверхні, та обравши технологічні бази спроектовано технологічний процес механічної обробки. При цьому технологічні розміри визначені за допомогою розмірного аналізу. Розраховано режими різання і норми часу на всі переходи та операції відповідно. Крім того виконано попереднє проектування дільниці механічної обробки. Визначено приведену програму та згідно неї кількість верстатів – 2, що дозволяють обробити задану програму випуску. Верстати завантажені, середній коефіцієнт завантаження верстатів складає 75

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Козлов Л.Г.	Савуляк В. В.	Сердюк О.В
	Бали, виставлені експертами:		
1	1	2	2
2	1	2	1
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	4	3
6	1	2	2
7	2	3	3
8	2	4	3
9	1	2	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Корпус», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на ділянці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд вітчизняних вантажних автомобілів і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 28800.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 36000 шт ;
- 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 $C_n=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники.

Потребу в інноваційному продукті:

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

$$P_i = 36000 \cdot 80 / 100 = 28800 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ОП = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

$$ОП = 28800 / 4 = 7200 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП = ОП \cdot C_{\text{п}} / 100 [\text{шт}] \quad (3.3)$$

$$ПП = 7200 \cdot 0,8 = 5760 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

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

$$РП = (7200 + 5760) / 2 = 6480 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки вантажні перевезення широко розповсюджені в нашій країні. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити) до іноземних вантажних автомобілів, що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію пристосування, безпосередньо від виробника;

Канал першого рівня може використовуватись у випадках встановлення постійного представництва виробника у регіонах (оптового дилера).

При цьому виробник передбачає надання послуг з гарантійного сервісного обслуговування протягом 6 місяців та навчання персоналу роботі із пристосування, і надання рекомендованих режимів роботи.

3.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні використовуються корпуси, в яких отвір не має поверхнево зміцненого шару. Тобто ця поверхня значно зношується і деталь або замінюють або ставлять втулки, що дає можливість ще деякий час експлуатувати машину. Але це вимагає додаткових затрат часу та коштів.

Нова розробка є кращою ніж аналог.

3.5 Обрання методу ціноутворення

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару. Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

При обранні методу ціноутворення на пристрій для суміщеного обкочування слід урахувати конкуренцію на ринку. Конкуренцію даному пристрою можуть скласти лише закордонні аналоги.

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона

залишитися конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Час на обробку	9			50%
Шорсткість поверхонь	9			30%
Квалітет точності	9			20%

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.

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Ii} \cdot \alpha_i$$

Де P_{Ii} - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

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

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap}=9 \cdot 0,5+9 \cdot 0,3+9 \cdot 0,2=9$$

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

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

P_{Hi}, P_{Bi} - - числові значення і-го параметра відповідно нового і базового виробів.

$$q_1=21/16,6=1,47=1,18$$

$$q_2=3,2/1,6=1,28$$

$$q_3=12/10=1,14$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i$$

$$K_{яв} = 1,26 \cdot 0,5 + 1,28 \cdot 0,3 + 1,14 \cdot 0,2 = 1,47$$

Таблиця 3.6 — Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Час на обробку	21	16,6	1,26	20%
Шорсткість поверхонь	3,2	1,6	2	30%
Квалітет точності	12	10	1,14	20%

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 47%.

3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Конкурентоспроможність продукції – це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

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

$$K = I_{\text{тп}} / I_{\text{еп}}$$

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

$I_{\text{еп}}$ - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{еп}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{беі}}}$$

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

$$I_{\text{еп}} = 28,2 / 36,2 = 0,779$$

$$K = 1,47 / 0,79 = 1,89$$

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

3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

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

де: M – місячний посадовий оклад конкретного 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:

$$Z_o = 11000 / 22 * 20 = 10000 \text{ (грн).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	11000	500	20	10000
2	Інженер-технолог	7000	318,18	20	6363,64
Всього					16363,64

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

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

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;
 n – число робіт по видах та розрядах, K_c – коефіцієнт співвідношень, який установленний 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:

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

де: M_n – мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_n = 5000$ грн. K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії, K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. $K_c = 1,37$ T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 23$, $T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Таблиця 3.7 - Витрати на основну заробітну плату для виготовлення однієї деталі

Обладнання	Трудоємність годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Фрезерний з ЧПК	0,176	122,32	21,53
Багатоцільовий	0,2767	122,32	33,84
Всього			55,37

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 648 \cdot 55,37 = 358798,81 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = 0,11 \cdot (16363,64 + 358798,81) = 41267,87 \text{ (грн.)}$$

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

$$(16363,64+358798,81+41267,87) \cdot 0,22 = 91614,67 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

$$A = \frac{C \cdot T_{ф.в}}{T_{н.в} \cdot 12}$$

Де C – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$ – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,2767 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,2767 \cdot 6480 / (8 \cdot 30) = 33,2 \text{ місяців}$$

Для фрезерного верстата аналогічно:

$$0,176 \cdot 6480 / (8 \cdot 30) = 21,12 \text{ місяця}$$

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

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Фрезерний з ЧПК	350000	12	21,12	51333,33
Багатоцільовий	800000	12	33,2	184444,44
Всього			235777,78	

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

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

де: N_i – витрати матеріалу i -го найменування, 21,21 кг, C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 20 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$, B_i – маса відходів i -го найменування, 3,51 кг, C_v – ціна відходів i -го найменування, 5 грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
СЧ18	20	21,21	3,51	5	449,07

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу СЧ18 і відповідно отримаємо:

$$M = 20 \cdot 21,21 \cdot 1,1 - 3,51 \cdot 5 = 449,07 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$449,07 \cdot 6480 = 2909973,6 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

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

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У 2020 року $V = 3,8$ грн./кВт.

P – установлена потужність обладнання, 10 кВт;

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

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності. $K_{\Pi} < 1$, приймаємо 0,8.

А для всієї партії:

$$13,76 \cdot 6480 = 89171,71 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
Фрезерний з ЧПК	10	0,176	5,358,41
Багатоцільовий	10	0,277	13,76
Всього			

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

$$V_{ін}=(1...3) (Z_o+Z_p) \quad (3.10)$$

$$V_{ін}=2 \cdot (16363,64+358798,81)= 750324,9 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B=16363,64+358798,81+41267,87+91614,67+235777,78+2909973,6+89171,7+750324,9 \\ =4493292,97 \text{ (грн)}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$V_{заг} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.11)$$

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

Тоді

$$B_{\text{зар}} = 4493292,97 / 0,95 = 4729782,07 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{зар}} / \beta \quad (3.12)$$

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 $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$ЗВ = 4729782,07 / 0,9 = 5255313,41 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання корпусу з використанням методів швидкісного фрезерування складають 5255,313 тис грн.

3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки 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 подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 6480 шт.. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дорожче, тобто на 2200 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2021 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 після впровадження (2021 р.) – приблизно 6480 шт.;

2-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 6000 шт.;

3-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 5000 шт.;

4-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 4000 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 Π_1 , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (3.13)$$

де C_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $C_0 = 2200$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

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.;

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

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

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

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (2200 \cdot 6480) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2435302,58 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (2200 \cdot 6000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 2254909,8 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (2200 \cdot 5000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 1879091,5 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (2200 \cdot 4000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 1503272,2 \text{ (грн.)}$$

3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

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

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

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

$$\text{ПП} = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta\Pi_t}{(1 + \tau)^t} \quad (3.15)$$

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

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

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

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

$$III = \frac{2435302,58}{(1+0.1)^2} + \frac{2254909,8}{(1+0.1)^3} + \frac{1879091,5}{(1+0.1)^4} + \frac{1503273,2}{(1+0.1)^5} = 5923653,03 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = 5923,653 - 5255,31341 = 668,33962 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

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

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, E_{abc} 668,33962 тис.грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 5255,313$ тис. грн.;

T_j – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[2]{1 + 668/5255} - 1 = 0,458 = 45,8\%$$

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

$$\tau \text{ мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau \text{ мін} = 35\%$$

Оскільки величина $E_B = 45,8\% > \tau \text{ мін} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,458 = 1,127$$

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

3.11 Висновок

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

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (1,127 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

При виконанні робіт в зоні механічною обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01» виникають небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

-фізичні: рухомі машини та механізми; розлиті на підлогу рідини; підвищена температура поверхонь агрегатів; гострі кромки та шорсткість поверхні; підвищена запиленість; загазованість повітря; мікроклімат, який не відповідає нормативам; недостатня освітленість; підвищений рівень шуму і вібрації в приміщенні; ультрафіолетове випромінювання при проведенні короткочасного підварювання безпосередньо на робочих постах; враження електричним струмом;

- хімічні: відпрацьовані гази та розчинники;

- психо-фізіологічні: монотонність праці.

4.2 Організаційно-технічні рішення щодо безпечних умов праці

Згідно санітарним нормам $V = 15 \text{ м}^3/\text{люд}$, $S = 4,5 \text{ м}^2/\text{люд}$. Реальні показники площі і об'єму знаходяться в межах допустимих значень.

Виробнича санітарія складається із визначення необхідних параметрів, розглянемо їх.

4.2.1. Мікроклімат

Дана зона виробництва відноситься до категорії робіт – II б. В зоні виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість		Швидкість повітря	
		діюча	допустима	діюча	допустима	діюча	допустима
холодний	II б	15-20	15-21	55-65	<75	0,2-0,4	<0,4
теплий	II б	15-20	15-21	60-75	<75	0,2-0,4	0.2-0.5

Теплове опромінення не перевищує нормативне 100 Вт/м² - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла людини.

Максимальна допустима для роботи температура поверхонь $\leq 45^{\circ}\text{C}$.

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполуканням. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі.

Система опалення виконується з умов забезпечення температури повітря в приміщенні в холодний і перехідні періоди року на рівні $+ 16^{\circ}\text{C}$.

Опалення централізоване, в якості теплоносія – гаряча вода з температурою $+80\dots+95^{\circ}\text{C}$. Джерелом теплопостачання є ТЕС. Опалення здійснюється трубами $d = 100$ мм, система опалення – двухтрубна з верхньою розводною, тупікова.

4.2.2. Виробниче освітлення

В приміщенні зони є природне та штучне освітлення.

Нормативне значення природнього освітлення:

$$e^4 = e^3 \cdot m \cdot c = 1; \quad (4.1)$$

де e – нормативне значення КПО для 3-го світлового поясу;

m - коефіцієнт світлового клімату;

c - коефіцієнт сонячності.

Нормативне значення штучного освітлення $E = 200$ лк (для загального освітлення). Згідно норм і правил роботи по виготовленню пристроїв в механічному цеху відносяться до IV розряду зорових робіт і нормативні значення приведені в таблиці 4.3

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65. Отже

вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком
тривалістю горіння $10 \cdot 10^3$ годин.

$\Phi = 1180$

Таблиця 4.3 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодне освітлення
					Лк	КПО, %
						Бічне
Середня робота	0,5-1	IVб	Великий	Світлий	500	1,5

4.2.3. Виробничий шум.

В робочій зоні має місце широкополосний шум, що виходить від роботи обладнання. Для широкополосного шуму встановлені допустимі рівні звукового тиску в активних полосах частот, рівні звукового тиску на робочих наведені в таблиці 5.3. Для ослаблення шуму, який поширюється з приміщення назовні, використаємо звукоізоляцію огорожуючих конструкцій.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні шуму на робочих місцях

Рівні звукового тиску в дБ в активних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку ДБ/А	
									нормат.	діючий
31,5	62	125	250	500	103	2 103	4103	8 103	80	70 А
107	90	87	82	78	75	73	71	69		

В зоні відновлення робочих поверхонь прокатних валків прокатного стану працівник підпадає під дію шкідливих вібрацій не всю зміну, а тільки коли працюють обладнання та інструмент. В середньому загальній технологічній вібрації підлягає на протязі 150 хв, а локальній – 100 хв.

4.2.4. Виробничі вібрації

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого виробничого обладнання

на працюючих може виникати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг.

Таблиця 4.4 – Нормативні рівні звукового тиску на дільниці

Робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих заходах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки – границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			a_H м/с ²	L_{aH} дБ	$V_H \cdot 10^{-2}$ м/с	L_{vH} дБ
Локальна		X_n, Y_n, Z_n	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Для зниження вібрації використовуємо спеціальні звукопоглинаючі кожухи і конструкції коло робочого місця, заключаєм у звукопоглинаючі кожухи шумні вузли агрегатів (редуктора, цепні передачі).

Для зменшення вібрації машини і верстати встановлюють на фундаменті, заглибленому нижче фундамента стін, ізолюваному від землі повітряними розривами, чи на спеціальних амортизаторах із сталевих пружин.

Для зниження вібрації при роботі з пневматичними і електричними машинами використовуємо рукоятки з вібропоглинаючими чи автоматизуючими пристроями.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

При проведенні робіт випромінюються невидимі ультрафіолетові промені, які оказують шкідливий вплив на сітчатку і рогову оболонку очей.

Для захисту очей від цієї шкідливої дії використовують щітки і шоломи з захисним склом. Їх виготовляють з фісри чорного матового кольору.

Електрозварювальні роботи виконують в спеціальних кабінах. Стіни кабіни окрашують в матовий колір, що містить окис цинку, ця краска інтенсивно поглинає ультрафіолетове випромінювання.

4.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1. Техніка безпеки

В зоні виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Особи, що працюють віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктаж з ТБ та ПБ.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 280/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

4.3.2. Електробезпека

Приміщення дільниці відноситься до приміщень з особливою небезпекою.

Характеризується: наявністю струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику працівника до металевих конструкцій приміщення, які мають з'єднання із землею та із металевими корпусами обладнання.

Для захисту працівника від ураження електричним струмом передбачаємо:

- занулення всіх неструмоведучих частин обладнання;
- встановлення захисного вимикання;
- ізоляція та прокладка всіх електрокабелів в металевих трубах;
- використання інструментів з ручками із ізолюючого матеріалу.

4.4 Пожежна безпека

Зона виготовлення гідроімпульсного пристрою для вібраційного точіння відноситься до категорії В. Будівельні конструкції та елементи приміщення виготовлені з негорючих матеріалів і мають II ступінь вогнестійкості.

Основні причини можливих пожеж:

- відкритий вогонь та іскри, коли не передбачено спец. засобів захисту;
- паління на робочих місцях;
- самозапалення промасляних обтирочних матеріалів;
- короткі замикання в електромережах;
- негерметичність систем живлення автомобілів;
- короткі замикання акумуляторних батарей;
- загоряння бензину при відкритих пробках бензобаку;
- порушення правил ПБ;
- розряди блискавки на приміщення.

Запобігання виникнення пожежі досягається наступними шляхами:

- запобігання заборони застосування відкритого вогню та паління на робочих місцях;

- встановлення в електромережах струмового захисту (плавкі вставки, автомати);
- прокладенням електропроводки в металевих трубах;
- ремонтом систем живлення двигунів у відповідних місцях;
- відключенням або зняттям з авто акумуляторної батареї;
- виконанням правил ПБ;
- спорожненням ящиків від промасляного ганчір'я кожної зміни;
- встановленням на території блнскавказисту II категорії.

У приміщенні передбачено такі первинні засоби пожежогасіння:

- | | |
|--|---|
| - вогнегасники хімічні пінні ОХП-10 | 2 |
| - вогнегасники порошкові ОП-5 | 2 |
| - ящики з піском (0.5 м ³) і лопатою | 2 |
| - пожежні крани, продуктивність 3,3л/с | 1 |

На території підприємства витримуються протипожежні розриви між будівлями, спорудами та групами автомобілів в зоні їх зберігання.

Для пожежогасіння на території підприємства передбачені пожежні гідранти, продуктивністю 15л/с і пожежні резервуари.

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для зниження можливих доз опромінення при ліквідації наслідків у зонах забруднення проводиться дезактивація території, будинків і споруджень, устаткування, техніки й інших об'єктів, виконуються заходи щодо усунення пилу. Роботи ведуться позмінно з урахуванням припустимих доз опромінення, встановлених для формувань. Радіоактивні відходи, що утворюються при дезактивації, вивозяться на спеціально створювані пункти захоронення.

Пункти спеціальної обробки (ПуСО) створюються на межах зон забруднення; люди і транспорт, що відбувають із зон забруднення, на них проходять дозиметричний контроль. При виявленні забруднення вище припустимих рівнів люди проходять санітарну обробку, транспорт – дезактивацію. Забруднений одяг

відправляється на дезактивацію, замість нього з підмінного фонду видається чистий. Санобробка людей може також проводитися на стаціонарних санітарно-обмивальних пунктах (СОП), дезактивація – на станціях знезаражування транспорту (СЗТ).

Техніка і майно, що вивозяться із забрудненої території, дезактивуються на спеціальних майданчиках, які обладнуються біля ПуСО.

Реевакуація населення здійснюється після завершення робіт з дезактивації населених пунктів чи зниження забруднення внаслідок природного розпаду РР до допустимих рівнів. Дозвіл на реевакуацію дається після обстеження населених пунктів спеціально створюваними комісіями.

Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти, луги. До перших відносять порошок СФ-2 і препарати ОП-7 і ОП-10; до других - фосфати натрію, трилон - Б, Лужна і лимонна кислоти, солі цих кислот.

Для одержання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні. Дезактивацію транспортних засобів і техніки проводять із застосуванням 0,15 %-го розчину СФ-2 у воді (улітку) чи аміачній воді, що містить 20 - 24% аміаку. Препарат ОП-7 і ОП-10 застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будинків споряджень і устаткування.

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться при їхньому зараженні 200 мР/год і більше. Дезактивація проводиться змиванням струменем води під тиском 2-3 атм. чи обробкою дезактивуючими розчинами, протиранням ганчіркою змоченою в бензині, гасі, дизельному паливі, а також обробкою газокрапельним потоком.

Пункт спеціальної обробки ПуСО доцільно розробляти і організувати на базі даного підприємства тому, що воно повністю забезпечене потрібним персоналом та спеціалістами, які здатні обслуговувати та працювати в ПуСО, також підприємство має всі необхідні засоби техніку та обладнання для організації ПуСО.

Розташування ПуСО зручно зробити на виїзді з міста тому, що поблизу протікає річка, яка повністю може забезпечити потреби ПуСО у водопостачанні. Електропостачання забезпечує лінія електропередач, яка проходить поблизу.

Способи дезактивації техніки і транспорту

До основних способів відносять:

- змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість у 50-80 разів;
- змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 20 разів;
- видалення радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;
- видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту;
- замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується в основному при проведенні часткової дезактивації;
- видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4).

При частковій дегазації і дезінфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед обробляються ті частини і поверхні техніки та транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного знезаражування або видалення зі всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання заражених поверхонь розчинами для дегазації; при їх відсутності можуть бути використані розчинники і розчини для дезактивації.

Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, комплектів і приладів.

Повна дезінфекція виконується тими самими способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції.

Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезінфекцію техніки та транспорту.

Засоби знезаражування техніки і транспорту:

- авто-розливальна станція АРС- 12У (АРС-14), комплекти ДК-4, ІДК-1, ДК-3;
- комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що придатна для використання при виконанні робіт зі знезаражування.

Дезактивація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водяними розчинами миючих засобів або водою, а також пранням за спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації.

Дезактивація бавовняного, сукняного і шерстяного одягу та взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чисткою щітками.

Якщо названими способами ступінь зараження одягу не можливо понизити до допустимих величин, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

Дегазація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту здійснюється кип'ятінням, пароаміачною сумішшю, пранням і провітрюванням.

6.5.3 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітних випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}},$$

де U_D – допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ – напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах, В.

Оскільки працездатність системи ЧПК в умовах дії електромагнітних

випромінювань буде збережено, коли $K_B \geq 40$ дБ, то розрахунок гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що $K_{B\min} = 40$ дБ.

Допустиме коливання напруги живлення в системі ЧПК дорівнює

$$U_D = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 18 + \frac{18}{100} \cdot 5 = 18,9 \text{ (В)},$$

де $U_{\text{ж}} = 18$ В – робоча напруга живлення;

$N = 5$ – допустимі відхилення напруги, %.

Максимальна довжина струмопровідних частин системи ЧПК в горизонтальній площині становить $l_{\Gamma} = 0,65$ м.

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах системи ЧПК визначається з рівняння

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_D}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_D}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_D}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{18,9}{100} = 0,189 \text{ (В)}.$$

Таким чином вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_B = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,189}{0,65} = 0,3 \text{ (В/м)}.$$

Отже область працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії електромагнітного випромінювання визначена вертикальною складовою

напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

Висновок. Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань область її працездатності визначена потужністю дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год і вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 0,3 В/м.

4.6 Висновки

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус 10.01», розглянуті організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи, виконано розрахунок достатності природного освітлення, а також визначено області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі в повній мірі використані всі сучасні тенденції розвитку машинобудування та досягнення комп'ютерних технологій. Враховуючи серійність виробництва та сучасні тенденції, запропонований технологічний процес орієнтований на використання гнучкого виробництва на базі верстатів з ЧПК.

Отже, в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено модернізований технологічний процес механічної обробки деталі «Корпус 10.01», який дозволяє знизити собівартість та трудомісткість механічної обробки, та підвищити продуктивність праці. Це досягнуто використанням високошвидкісної фрезерної обробки розрахунком оптимальних режимів різання. Крім цього, розраховані технологічні параметри, що потрібні для виготовлення даної деталі. Поставлені та послідовно розв'язані такі задачі: за кресленням деталі, її масою та програмою випуску визначено, що тип виробництва серійний; серед існуючих способів виготовлення заготовки деталі «Корпус 10.01» вибраний спосіб лиття, який економічно доцільніший; на основі аналізу існуючих типових процесів механічної обробки деталей подібних до заданої деталі розроблено технологічний процес механічної обробки. Виконаний розмірний аналіз технологічного процесу механічної обробки та визначені режими різання на його переходах.

Встановлено, що при обробці деталі Корпус 10.01 доцільно використовувати високошвидкісне фрезерування, при цьому необхідно створити надійні засоби контролю стану торцевих фрез (з можливістю заміни зношених елементів) і якості в процесі обробки, в процесі експлуатації фрез не перевищувати встановленої для даного інструмента максимальної частоти обертання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.: Техніка. 1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

10. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: ТулГУ. – 2004. – С. 150-156

11. Сухоруков С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорков, И. О. Сивак, Е. И. Коцюбовская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

12. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

13. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

14. Огородников В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородников, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

15. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни " Механоскладальні дільниць та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

18. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.
19. Дусанюк Ж. П. Проекування та виробництво заготовок деталей машин. Лить заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
20. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа». 1999.—247 с.
21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабука В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.
22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
29. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
34. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
35. 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>. Назва з екрану.
36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
37. 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.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

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)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу
 «Корпус 10.01»
 08-26.МКР.013.00.000 ТЗ

Керівник роботи: д.т.н., проф. каф. ТАМ
 Козлов Л.Г. _____

« ____ » _____ 20__ р.

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

Моргунов Р.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Корпус 10.01» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Корпус 10.01».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

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	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експерименталь-них) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	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.

Додаток Б

Керуюча програма

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

N000 M40	N029 Z33000 ~~~~~	N058 F70
N001 M03	N030 T3	N059 T1
N002 S4	N031 S4	N060 X5577 ~~~~~
N003 F70	N032 F16	N061 Z31600 ~~~~~
N004 T1	N033 Z15818 ~~~~~	N062 Z26178
N005 X5075 ~~~~~	N034 X7200 ~~~~~	N063 X6081
N006 Z31600 ~~~~~	N035 X5394	N064 Z18374
N007 Z23342	N036 X7200	N065 X7200
N008 X5559	N037 X15000 ~~~~~	N066 X15000 ~~~~~
N009 Z18991	N038 Z33000 ~~~~~	N067 Z33000 ~~~~~
N010 X5578	N039 T4	N068 T2
N011 Z15841	N040 S3	N069 S8
N012 X6967	N041 F17	N070 F25
N013 S3	N042 Z15818 ~~~~~	N071 X5540 ~~~~~
N014 Z12600	N043 X7200 ~~~~~	N072 Z31600 ~~~~~
N015 X15000 ~~~~~	N044 X6967	N073 Z26163
N016 Z33000 ~~~~~	N045 Z16000	N074 X5947
N017 T2	N046 Z31481 ~~~~~	N075 X6043*
N018 S8	N047 S5	N076 Z-500 
N019 F25	N048 F14	N077 Z18359
N020 X5038 ~~~~~	N049 X5200 ~~~~~	N078 X7200
N021 Z31600 ~~~~~	N050 X4595	N079 X15000 ~~~~~
N022 Z23319	N051 X5038	N080 Z33000 ~~~~~
N023 X5520	N052 X15000 ~~~~~	N081 T3
N024 Z18991	N053 Z33000 ~~~~~	N082 S4
N025 X5540	N054 M05	N083 F16
N026 Z15818	N055 M00	N084 Z18359 ~~~~~
N027 X7200	N056 M03	N085 X7200 ~~~~~
N028 X15000 ~~~~~	N057 S4	

Додаток А

Графічна частина

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



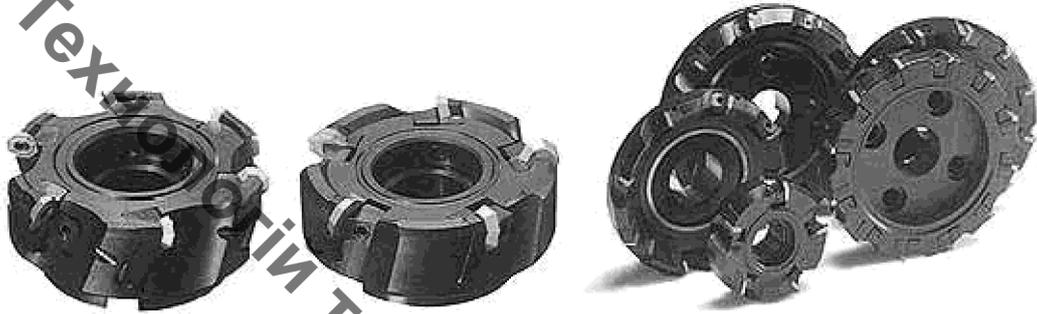
Торцеві фрези конструкції фірми Sumitomo Electric



- Торцеві фрези конструкції фірми Widia



- Фрези серії Future-Mill



Торцеві фрези серії Mill-Max

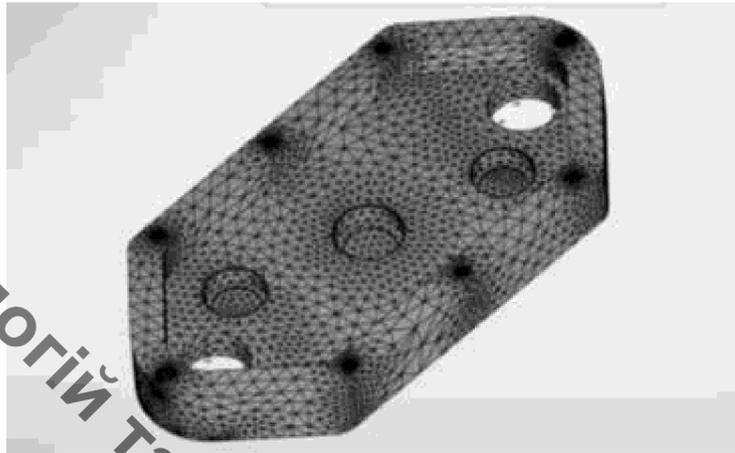


Фреза торцева 2214-0273 125x63x40 z=8



Фреза EN4000(ENM)

Кафедра Технологій та Автоматизації машинобудування



Корпус 10.01

Задача_4 [Экспресс-расчет]
Главные нормальные деформации 1
Масштаб перемещений: 0.000000200.00



Головні деформації при використанні фрези EN4000(ENM)



Сили реакції в напрямку осі Z при використанні фрези EN4000(ENM)

Задача_3 [Экспресс-расчет]
Главное нормальное напряжение 2, МПа
Масштаб перемещений: 5420747264.00

2.639E-06



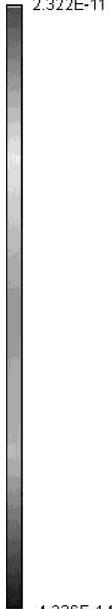
-2.639E-06



Головні напруження при використанні фрези 2214-0273

Задача_3 [Экспресс-расчет]
Главные нормальные деформации 1
Масштаб перемещений: 5420747264.00

2.322E-11



-4.236E-14

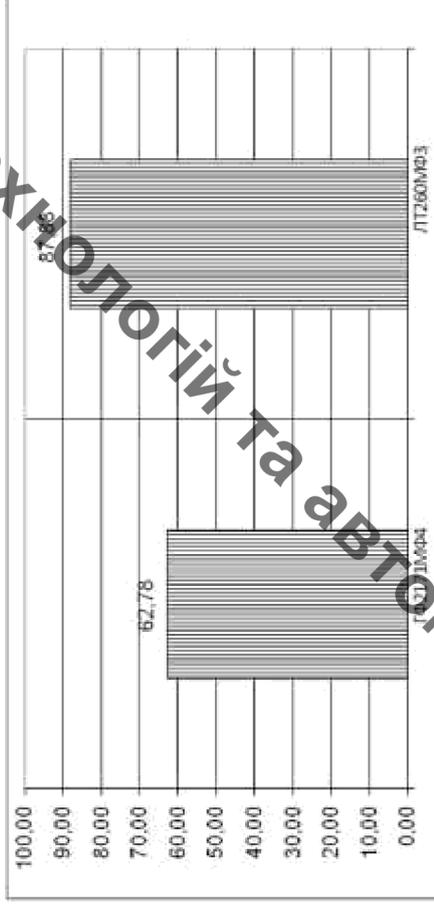


Головні деформації при використанні фрези 2214-0273

Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

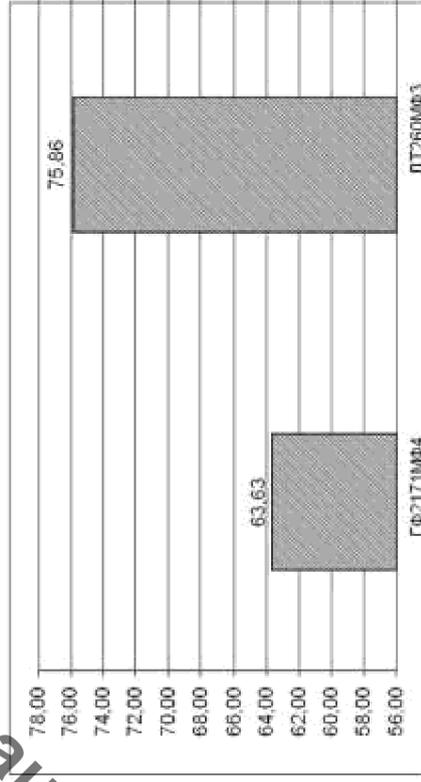
Таблиця 1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом.

№ операції	Назва операції	Розрахунок в кількості верстатів	Принята кількість верстатів $S_{числ.}$	$n_{д.}$	$n_{з.ор.}$	$n_{в.д.}$	$n_{в.ор.}$
005	Фрезерня з ЧПК	0,6278	1	62,8		75,33	6,33
010	Балістична	0,8788	1	87,9		78,86	69,75



Таблиця 2 – Відомість працівників на ділянці

Працівник (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям
Основні робітники	2	Оператор – 2
Допоміжні працівники	1	Контролери – 0,2 ставки Наглядник – 0,2 ставки
Інженерно-технічні робітники	1	Технологи – 0,2 ставки Майстри – 0,2 ставки
Службовці	1	Бухгалтер – 0,1 ставки на ділянці
Молодий обслуговуючий персонал	1	Пробірник – 0,1
Загальна кількість	6	



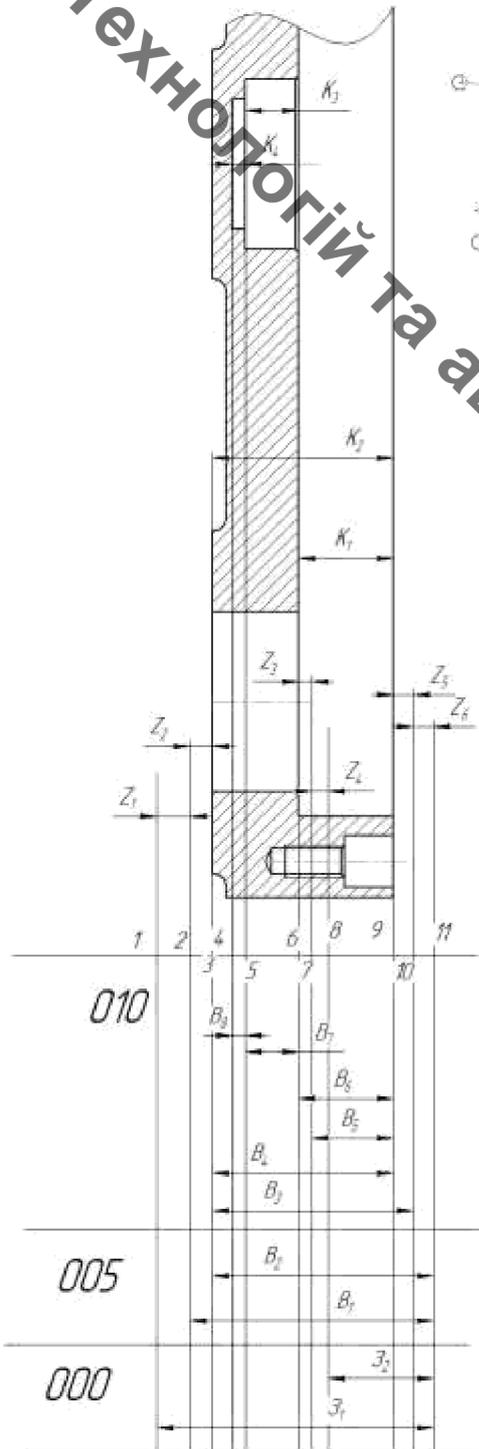
Графік використання верстатів за основним часом

Маршрут механічної обробки

№	Операції, послідовність	Ескізи та схеми установки	Модель верстатів
005	<p>Фрезерка з ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити / закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину 1 заготовку в розмірі 50,011-0,31 3. Розточити 2 отвори 2 послідовно в діаметр $\varnothing 54 \pm 0,025$ 4. Розточити 2 отвори 2 послідовно в діаметр $\varnothing 54 \pm 0,025$ 5. Фрезерувати площину 1 остаточно в Розточити 3 отвори 2 остаточно Випередити розміри базиса на ескізі 7. Шліфувати 5 отвори 3 Випередити розміри базиса на ескізі 8. Шліфувати 6 отвори 1 в діаметр $\varnothing 21 \pm 0,001$ 9. Шліфувати фаску в 6 отворі 1 Випередити розміри базиса на ескізі 10. Нарізати різь в 6 отворі 3 Випередити розміри базиса на ескізі 7. Зняти заготовку 	<p>Фрезерка з ЧПУ / 04217794</p>	
010	<p>Виготовлення з ЧПУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити / закріпити заготовку 2. Фрезерувати площину 1 заготовку в розмірі 55,731-0,021 3. Фрезерувати площину 1 остаточно в діаметр заготовки 4. Фрезерувати площину 2 заготовку в діаметр 28,950-0,015 5. Фрезерувати площину 2 остаточно в діаметр заготовки 6. Розточити 2 отвори 3 послідовно в діаметр $\varnothing 46 \pm 0,011$ 7. Розточити 2 отвори 1 послідовно в діаметр $\varnothing 46 \pm 0,024$ 8. Розточити 2 отвори 4 В діаметр заготовки 9. Розточити 2 отвори 3 остаточно в діаметр заготовки 10. Розточити отвір 3 послідовно в діаметр $\varnothing 51 \pm 0,011$ 11. Розточити отвір 5 послідовно в діаметр $\varnothing 51 \pm 0,011$ 12. Розточити отвір 6 в діаметр заготовки 13. Розточити отвір 5 остаточно в діаметр заготовки 14. Шліфувати 2 отвори 6 та 6 отворі 1 в діаметр заготовки 15. Шліфувати 2 отвори 6 в діаметр $\varnothing 21 \pm 0,001$ 16. Шліфувати 2 отвори 7 в діаметр заготовки 17. Шліфувати фаску в отворі 6 в діаметр заготовки 18. Нарізати різь в отворі 6 в діаметр заготовки 19. Шліфувати 6 отворі 5 в діаметр $\varnothing 54 \pm 0,011$ 20. Шліфувати фаску в 6 отворі 9 в діаметр заготовки 21. Нарізати різь в 6 отворі 9 в діаметр заготовки 22. Зняти заготовку 	<p>Розточка / 04217793</p>	

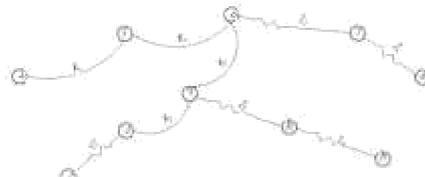
Наведені розміри: діаметри - отвори H9; Азія H7; інші /IT8,7/

Розмірний аналіз технологічного процесу

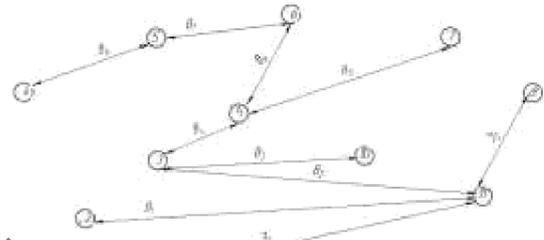


Таблиця 1 - Припуски

Припуски	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z _{доп}	1,2	0,6	0,6	1,2	0,6	1,2
Z _{макс}	2,24	1,09	0,94	2,184	0,646	1,51



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

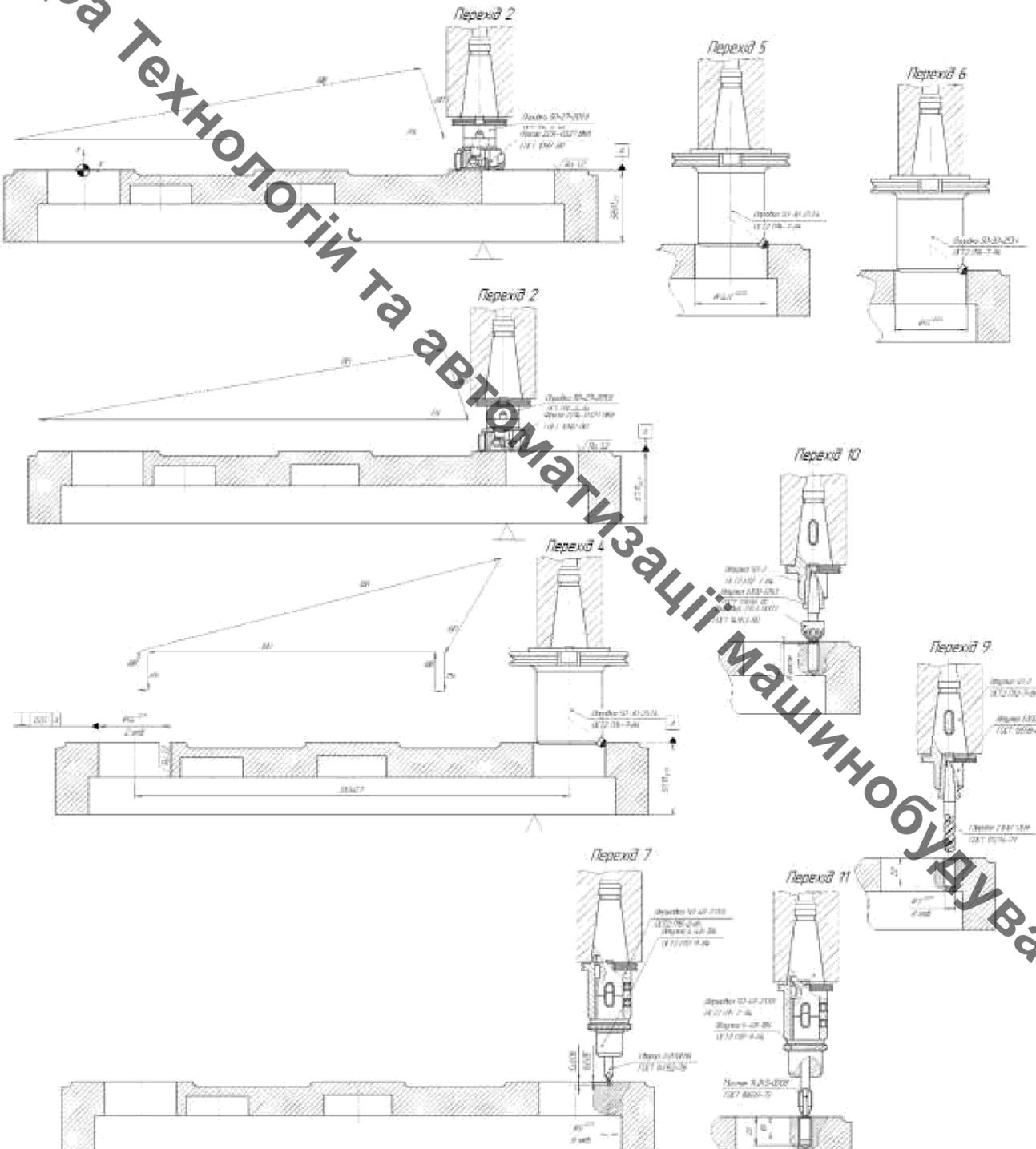
Таблиця 2 - Рівняння розрахунку розмірних технологічних параметрів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомі лінійні
1	$B_8 - K_4 = 0$	$B_8 = K_4$	B_8
2	$B_7 - K_3 = 0$	$B_7 = K_3$	B_7
3	$B_6 - K_2 = 0$	$B_6 = K_2$	B_6
4	$B_4 - K_1 = 0$	$B_4 = K_1$	B_4
5	$B_5 + Z_3 - B_6 = 0$	$Z_3 = B_6 - B_5$	B_5
6	$B_3 - Z_4 - B_4 = 0$	$Z_4 = B_3 - B_4$	B_3
7	$B_2 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = B_2 - B_1$	B_2
8	$B_4 - Z_4 - B_2 = 0$	$Z_4 = B_4 - B_2$	B_4
9	$B_1 + Z_4 - Z_3 = 0$	$Z_3 = B_1 - B_2$	Z_3
10	$Z_3 + Z_4 - B_7 + B_4 - B_5 = 0$	$Z_4 = B_7 - B_4 + B_5 - Z_3$	Z_3

Таблиця 2 - Значення технологічних розмірів, розмірів зовнішньої та внутрішньої

Позначення розміру	Технологічний розмір		Діаметр	Позначення розміру	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру згідно з креслом після виготовлення
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₃	59,21	59,95	0,74	59,95		59,95 ^{0,01}
Z ₄	28,39	28,91	0,52	28,39		28,39 ^{0,01}
B ₇	57,71	58,01	0,3	58,01	58,01 _{0,01}	
B ₂	56,92	57,11	0,19	57,11	57,11 _{0,01}	
B ₄	55,6	55,72	0,12	55,72	55,72 _{0,01}	
B ₁	54,926	55	0,074	55	55 _{0,074}	
B ₇	28,19	28,4	0,21	28,19	28,19 ^{0,01}	
B ₅	29	29,13	0,13	29	29 _{0,01}	
B ₆	16	16,11	0,11	16	16 _{0,01}	
B ₈	4	4,25	0,25	4	4 _{0,01}	

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



№	Назва операції	Т	С	В	К
1	Виробництво деталей	1	0,7	0,01	0
2	Виробництво деталей	2	0,7	0,01	0
3	Виробництво деталей	3	0,7	0,01	0
4	Виробництво деталей	4	0,7	0,01	0
5	Виробництво деталей	5	0,7	0,01	0
6	Виробництво деталей	6	0,7	0,01	0
7	Виробництво деталей	7	0,7	0,01	0
8	Виробництво деталей	8	0,7	0,01	0
9	Виробництво деталей	9	0,7	0,01	0
10	Виробництво деталей	10	0,7	0,01	0
11	Виробництво деталей	11	0,7	0,01	0
12	Виробництво деталей	12	0,7	0,01	0
13	Виробництво деталей	13	0,7	0,01	0
14	Виробництво деталей	14	0,7	0,01	0
15	Виробництво деталей	15	0,7	0,01	0
16	Виробництво деталей	16	0,7	0,01	0
17	Виробництво деталей	17	0,7	0,01	0
18	Виробництво деталей	18	0,7	0,01	0
19	Виробництво деталей	19	0,7	0,01	0
20	Виробництво деталей	20	0,7	0,01	0
21	Виробництво деталей	21	0,7	0,01	0
22	Виробництво деталей	22	0,7	0,01	0
23	Виробництво деталей	23	0,7	0,01	0
24	Виробництво деталей	24	0,7	0,01	0
25	Виробництво деталей	25	0,7	0,01	0
26	Виробництво деталей	26	0,7	0,01	0
27	Виробництво деталей	27	0,7	0,01	0
28	Виробництво деталей	28	0,7	0,01	0
29	Виробництво деталей	29	0,7	0,01	0
30	Виробництво деталей	30	0,7	0,01	0
31	Виробництво деталей	31	0,7	0,01	0
32	Виробництво деталей	32	0,7	0,01	0
33	Виробництво деталей	33	0,7	0,01	0
34	Виробництво деталей	34	0,7	0,01	0
35	Виробництво деталей	35	0,7	0,01	0
36	Виробництво деталей	36	0,7	0,01	0
37	Виробництво деталей	37	0,7	0,01	0
38	Виробництво деталей	38	0,7	0,01	0
39	Виробництво деталей	39	0,7	0,01	0
40	Виробництво деталей	40	0,7	0,01	0
41	Виробництво деталей	41	0,7	0,01	0
42	Виробництво деталей	42	0,7	0,01	0
43	Виробництво деталей	43	0,7	0,01	0
44	Виробництво деталей	44	0,7	0,01	0
45	Виробництво деталей	45	0,7	0,01	0
46	Виробництво деталей	46	0,7	0,01	0
47	Виробництво деталей	47	0,7	0,01	0
48	Виробництво деталей	48	0,7	0,01	0
49	Виробництво деталей	49	0,7	0,01	0
50	Виробництво деталей	50	0,7	0,01	0
51	Виробництво деталей	51	0,7	0,01	0
52	Виробництво деталей	52	0,7	0,01	0
53	Виробництво деталей	53	0,7	0,01	0
54	Виробництво деталей	54	0,7	0,01	0
55	Виробництво деталей	55	0,7	0,01	0
56	Виробництво деталей	56	0,7	0,01	0
57	Виробництво деталей	57	0,7	0,01	0
58	Виробництво деталей	58	0,7	0,01	0
59	Виробництво деталей	59	0,7	0,01	0
60	Виробництво деталей	60	0,7	0,01	0
61	Виробництво деталей	61	0,7	0,01	0
62	Виробництво деталей	62	0,7	0,01	0
63	Виробництво деталей	63	0,7	0,01	0
64	Виробництво деталей	64	0,7	0,01	0
65	Виробництво деталей	65	0,7	0,01	0
66	Виробництво деталей	66	0,7	0,01	0
67	Виробництво деталей	67	0,7	0,01	0
68	Виробництво деталей	68	0,7	0,01	0
69	Виробництво деталей	69	0,7	0,01	0
70	Виробництво деталей	70	0,7	0,01	0
71	Виробництво деталей	71	0,7	0,01	0
72	Виробництво деталей	72	0,7	0,01	0
73	Виробництво деталей	73	0,7	0,01	0
74	Виробництво деталей	74	0,7	0,01	0
75	Виробництво деталей	75	0,7	0,01	0
76	Виробництво деталей	76	0,7	0,01	0
77	Виробництво деталей	77	0,7	0,01	0
78	Виробництво деталей	78	0,7	0,01	0
79	Виробництво деталей	79	0,7	0,01	0
80	Виробництво деталей	80	0,7	0,01	0
81	Виробництво деталей	81	0,7	0,01	0
82	Виробництво деталей	82	0,7	0,01	0
83	Виробництво деталей	83	0,7	0,01	0
84	Виробництво деталей	84	0,7	0,01	0
85	Виробництво деталей	85	0,7	0,01	0
86	Виробництво деталей	86	0,7	0,01	0
87	Виробництво деталей	87	0,7	0,01	0
88	Виробництво деталей	88	0,7	0,01	0
89	Виробництво деталей	89	0,7	0,01	0
90	Виробництво деталей	90	0,7	0,01	0
91	Виробництво деталей	91	0,7	0,01	0
92	Виробництво деталей	92	0,7	0,01	0
93	Виробництво деталей	93	0,7	0,01	0
94	Виробництво деталей	94	0,7	0,01	0
95	Виробництво деталей	95	0,7	0,01	0
96	Виробництво деталей	96	0,7	0,01	0
97	Виробництво деталей	97	0,7	0,01	0
98	Виробництво деталей	98	0,7	0,01	0
99	Виробництво деталей	99	0,7	0,01	0
100	Виробництво деталей	100	0,7	0,01	0

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування