

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, півфакультету (відділення))

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ
"ХРЕСТОВИНА"
08-64.МКР.021.00.000.ПЗ

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

(цифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сторчак О.Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В.
(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

Цибулка С.В.
(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ

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

« 16 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

16 жовтня 2023 року



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

Сторчак Олег Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Хрестовина"
керівник роботи к.т.н., Сердюк Ольга Валентинівна
затверджені наказом ВНТУ від 18.09.2023 року № 274
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі Хрестовина, програма випуску 1300шт
4. Зміст текстової частини:
Моделювання операції фрезерування хрестовини, технологічна частина, розрахунок та планування ділянки механічного цеху, економічна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу
креслення деталі хрестовина, креслення заготовки, маршрут механічної обробки, розмірний аналіз, моделювання операції фрезерування хрестовини

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., Сердюк О.В.	 16.10	 10.12
Економічна частина	К.е.н., проф. Лесько О.Й.	 18.10	 20.12
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	 19.10	 20.12

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

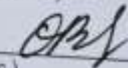
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
	Визначення об'єкта та предмету дослідження	до 25.10.2023
	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2023
	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2023
	Розв'язування поставлених задач	до 20.11.2023
	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2023
	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2023
	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2023
	Попередній захист МКР	до 02.12.2023
	Перевірка роботи плагіат	до 04.12.2023
	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2023
	Рецензування МКР	до 13.12.2023
	Захист МКР	до 20.12.2023

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Сторчак О.Б.


(підпис)

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374.415

Сторчак О.Б. Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Хрестовина". Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 121 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 34 назв; рис.: 26; табл. 43.

У магістерській кваліфікаційній роботі зроблено змодельовано процес фрезерування, що дало можливість підібрати оптимальні режими обробки. У технологічній частині виконано аналіз технологічності деталі, спроектовано заготовку, маршрут механічної обробки, виконано розмірний аналіз, що дозволило визначити технологічні розміри. Виконано проектування дільниці деталей типу хрестовина.

В економічній частині розраховано собівартість виготовлення деталі та термін окупності такого проекту.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: фрезерування, програма для верстата з ЧПУ, маршрут механічної обробки, точіння, хрестовина.

ABSTRACT

Storchak O.B. Improvement of the manufacturing technology of the "Cross" type part. Master's qualification thesis on specialty 131 - Applied mechanics, educational program - Mechanical engineering technologies. Vinnytsia: VNTU, 2023. 121 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 34 titles; Fig.: 26; table 43.

In the master's qualification work, the milling process was simulated, which made it possible to choose the optimal processing modes. In the technological part, an analysis of the manufacturability of the part was performed, a workpiece was designed, a machining route was performed, and a dimensional analysis was performed, which made it possible to determine the technological dimensions. The design of the section of the cross-type parts has been completed.

In the economic part, the cost of manufacturing the part and the payback period of such a project are calculated.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

Key words: milling, CNC machine program, machining route, turning, cross.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ФРЕЗЕРУВАННЯ ХРЕСТОВИНИ	7
1.1 Фрези: види та сучасні матеріали ріжучої частини	7
1.2 Моделювання операції фрезерування	23
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	29
2.2 Попереднє визначення типу та форми організації роботи	31
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	36
2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь	44
2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз	46
2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу	48
2.7 Аналіз техніко-економічних показників по мінімуму приведених витрат	52
2.8 Розмірно-точносне моделювання технологічного процесу	55
2.9 Призначення режимів різання.	59
2.10 Розрахунок технічних норм часу	65
3 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ	69
3.1 Уточнення виробничої програми	69
3.2 Визначення кількості обладнання	71
3.3 Визначення кількості працюючих на дільниці	72
3.4 Розрахунок маси грузопотоків дільниці механічного цеху	74
3.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту	74
3.6 Розробка плану розташування обладнання	75

3.7	Проектування допоміжних відділень механічного цеху	75
3.8	Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатника; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.	79
3.9	Організація інструментального господарства	80
3.10	Організація механічного контролю на дільниці механічного цеху	84
	4.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	86
4.1	Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	86
4.2	Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	88
4.3	Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи	94
4.4	Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру	96
4.5	Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором	98
	5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	106
5.1	Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	106
5.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	110
5.3	Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.	114
	ВИСНОВКИ	117
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	119
	Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної кваліфікаційної роботи	123
	Додаток Б (обов'язковий) Ілюстративна частина	125

ВСТУП

Актуальність. Сучасне виробництво характеризується як найбільш продуктивне та ефективне, та зкожним роком технології невинно крокують уперед. Таким чином модернізація виробництва завжди була, є і буде нагальною потребою. В сфері виробництва товару однією з задач, що постають перед постачальником, зниження видатків, підвищення ефективності, скорочення як циклу випуску так і строків запуску виробів. Найбільш актуальним це є для машинобудівної промисловості, пов'язаної з виробництвом як великих партій так і деталей зі складною формою. Як правило для виготовлення подібних деталей необхідно детально вивірена технологія та створення комплексу верстаного обладнання необхідного для отримання необхідного результату та для отримання продукції високої якості. Все це займає значний час, що приводить до збільшення підготовчого періоду запуску виробництва.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Хрестовина 10.20»;
- 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 «Хрестовина »;

- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн передній» з використанням обкочування кулькою, як фінішної обробки;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- 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 «Хрестовина».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20»; метод лінійного програмування (симплекс-метод), який дозволив визначити оптимальні режими різання при тонкому точінні, методологія аналізу похибок, що впливають точність розмірів, забезпечуваних на операціях механічної обробки.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика визначення точності обробки на прикладі остаточного

(тонкого) розточування головного отвору в заготовці корпусної деталі на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Хрестовина 10.20» 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. Результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції: Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», 15 жовтня 2023 р. – 20 травня 2024 р.

Прийнято до друку тезу доповіді: Сердюк О.В., Опанасенко О.І., Сторчак О.Б. «Моделювання процесу холодного осадження заготовки»

1 МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ФРЕЗЕРУВАННЯ ХРЕСТОВИНИ

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 теплонапруженністю 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 карбиду 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 - Торцеві фрези серії Mill-Max

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



Рисунок 1.5 - 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 фрезі 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 *ПКА*. Фрези забезпечують обробку поверхонь із шорсткістю менше $Ra = 0,5 \text{ мкм}$. Застосування фрез із пластинами з *ПКА* 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 врізання 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/мм^2 .

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 T15K6 за швидкістю різання вищі, ніж для твердого сплаву T5K10, приблизно на 40 % і твердого сплаву T14K8 – приблизно на 10–15 %.

До основних вимог, яким повинні задовольняти конструкції торцевих фрез при швидкісному фрезеруванні, 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 МОР 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 переналагоджуванням 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 $15000\text{--}40000 \text{ хв}^{-1}$. 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 $V = 25$ м/с. Фрези дозволяють виконувати обробку чавунних та загартованих сталевих деталей з глибинами різання до $t = 8$ 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 Моделювання операції фрезерування

За допомогою програм САПР підбираємо оптимальні режими обробки та досліджуємо деталь після фрезерування даними інструментами. Спочатку розбиваємо на елементи (рисунок 1.6).

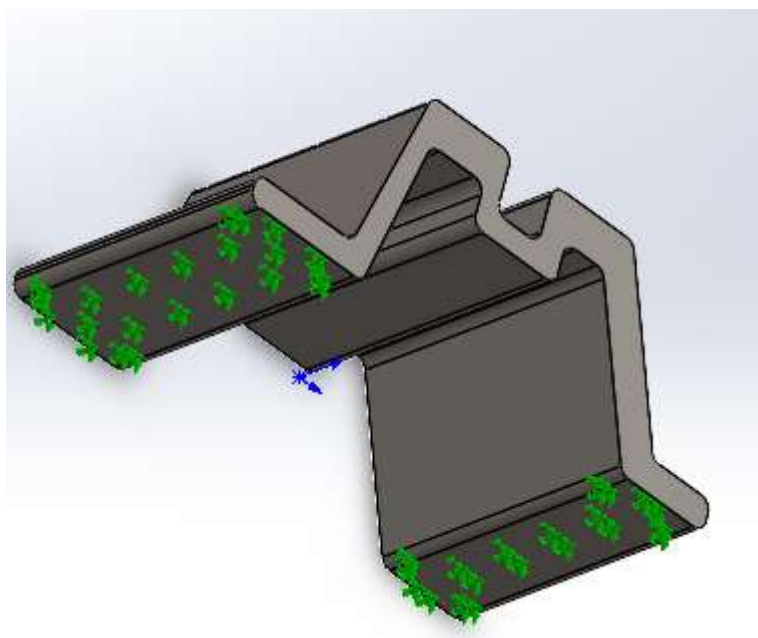


Рисунок 1.6 – Хрестовина (закріплення деталі)

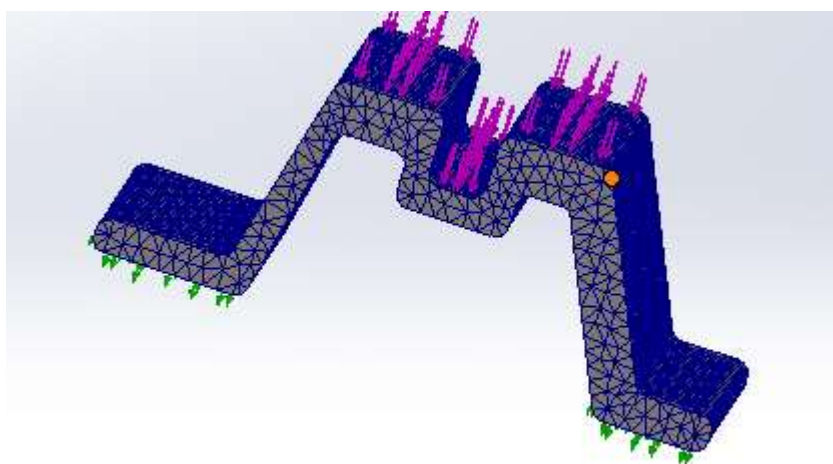


Рисунок 1.7 – Розбиття на елементи

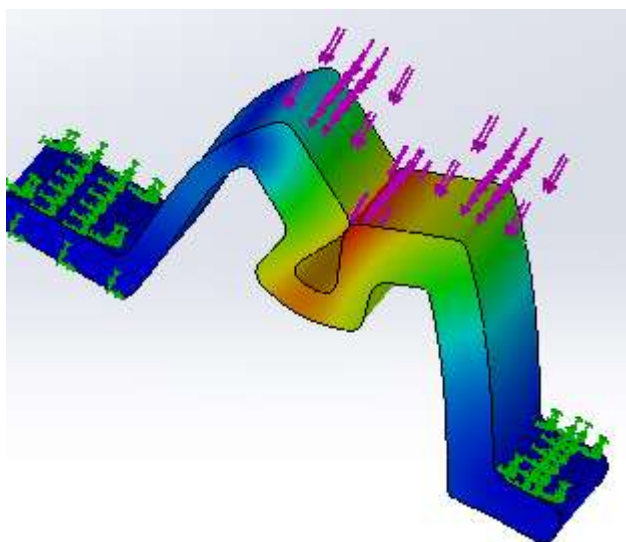


Рисунок 1.8 – Деформації під дією навантажень

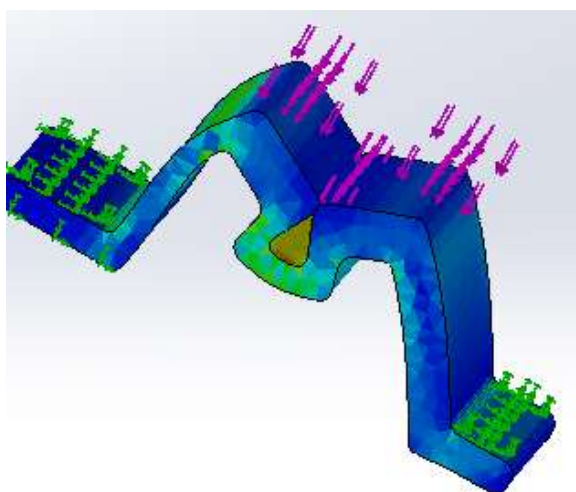


Рисунок 1.9 – Напруження під дією навантажень

Ми переконалися, що при такій конструкції деталь не зможе виконувати службове призначення. Тому збільшили товщину стінок, та додали радіуси заокруглень, для того щоб уникнути концентраторів напружень. Повторний аналіз підтвердив, що за таких параметрів деталь може використовуватися.

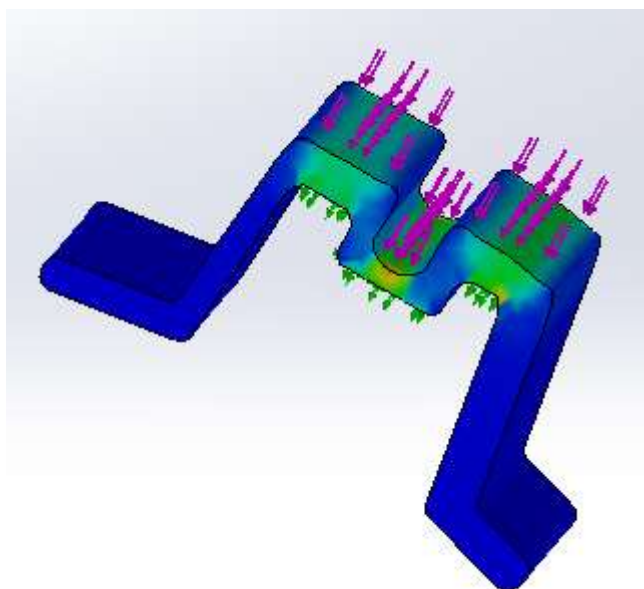


Рисунок 1.10 – Деформації під дією навантажень

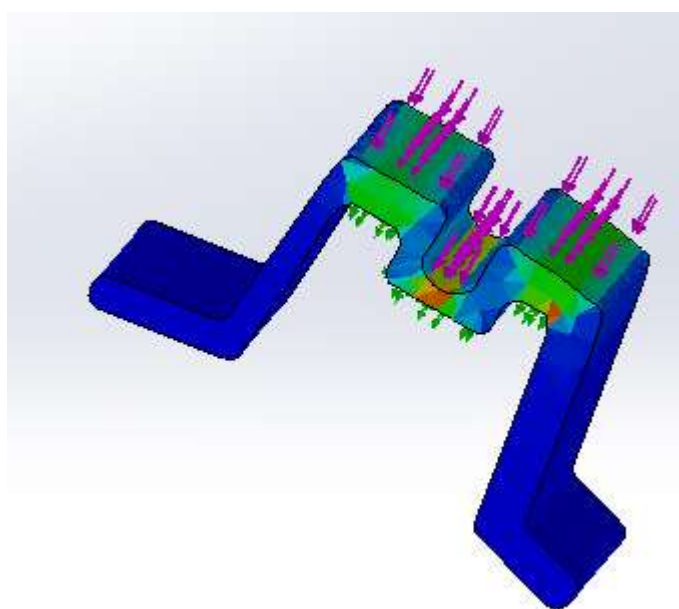


Рисунок 1.11 – Напруження під дією навантажень

Після цього обрано верстатт, зазначено на торці нулі верстата, обрано ріжучий інструмент та визначено траєкторії переміщення його.

Определяет: Библиотека

Условия

Материал детали: 6061-T6

Класс станка: Medium duty

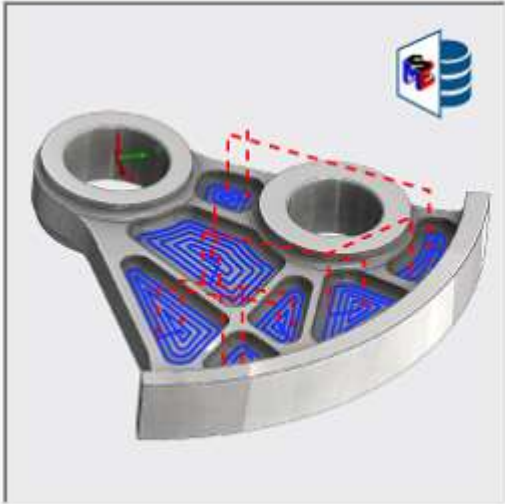
Шпиндель

SMM : 226.19

Обороты : 12000.00об/мин

Заблокировать обороты

Направление: ПЧ ПрЧ



Подачи

Подача на зуб: 0.07mm

Подача по XY: 1645.92мм/м

Подача по Z: 411.48мм/ми % : 25.00

Подача подвода: 822.96мм/ми % : 50.00

Острые углы

Включить замедление угла

Подача по XY : 80.00 %

Зазор: 20.00 %

Пороговый угол раствора : 180.00deg

Пороговый радиус закругления : 0.00 %

Замена подачи по дуге

Подача по дуге : 100.00 %

Рассчитанные системой подачи

Мин. подача : 20.00 %

Макс. скорость 100.00 %

Рисунок 1.12 –Розрахунок режимів різання

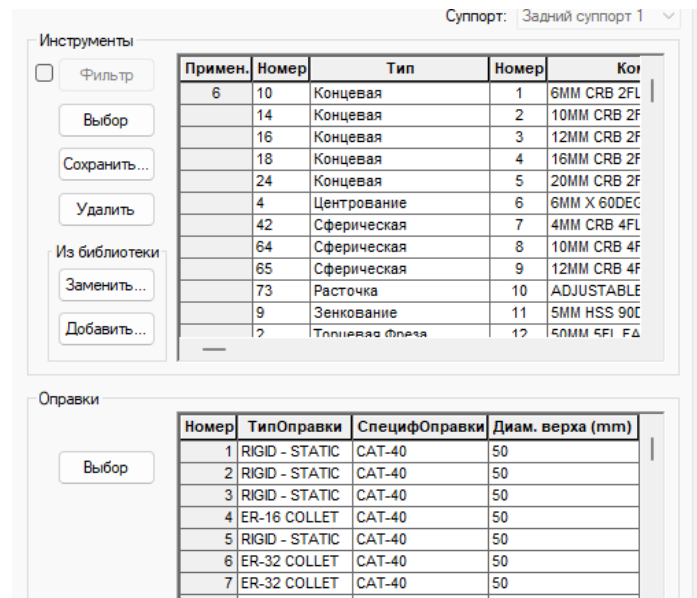


Рисунок 1.13 – Вибір ріжучого інструменту

При обробці хрестовини 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.

А моделювання дало змогу отримати програму для верстата з ЧПК (додаток В.) і оптимізувати конструкцію деталі (товщина стінки збільшена на 2 мм та додано радіуси заокруглення).

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Залізні дорожні хрестовини використовуються під час ремонту та прокладення нових залізничних шляхів. Деталь має декілька типорозмірів і виготовляється згідно ГОСТ 7370-98. Деталь має великі габаритні розміри та значну вагу, згідно ГОСТ висуваються жорсткі вимоги до матеріалу деталі. На даний час деталь виготовляється на універсальних верстатах, які вже втратили свою точність і мають бути замінені або на такі ж нові верстати або на більш сучасне обладнання. В дипломному проекті поставлена задача перевірити економічну доцільність використання верстатів з ЧПК для виготовлення даної деталі, з врахуванням її габаритів та складності виготовлення заготовки та механічної обробки.

Деталь має досить складну форму, але вона в більшості отримується при виготовленні заготовки. Проте поверхні по яким іде з'єднання, та поверхні ковзання мають бути оброблені. При цьому виникають труднощі із закріпленням деталі та вибором обладнання оскільки деталь має досить великі габаритні розміри (3401x440x180). Тобто верстат має мати досить велику станину, крім того виникають труднощі при литті заготовки, оскільки дуже велика довжина і значні припуски на механічну обробку. Тому великі затрати часу на механічну обробку, оскільки великі розміри площин, що фрезеруються.

Деталь містить цілий ряд фасонних поверхонь, при обробці яких необхідно використовувати фасонний інструмент, для забезпечення конусності поверхонь та необхідних радіусів заокруглень.

Всі поверхні обробляються фрезеруванням, але оскільки деталь має досить великі розміри, тобто фрезеруються досить великі за розмірами площини, то відповідно великі затрати часу на обробку. Крім того деталь має досить велику масу 710 кг і відносно великі габаритні розміри 3401x180x140.

Хрестовина має відповідати вимогам ГОСТ 7370-98. Згідно з ним висуваються досить жорсткі вимоги до матеріалу. Деталь має виготовлятися з високомарганцевої сталі аустенітного класу марки 110Г13Л, хімічний склад якої має відповідати нормам, записаним в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 110Г13Л

Масова частка елементів, %				
вуглецю	марганцю	кремнію	не більше	
			фосфору	сірки
1,00-1,30	11,50-16,50	0,30-0,90	0,09	0,02

Робоча зона відливок на глибині не менше 30 мм від поверхні має мати аустенітну структуру без карбідів.

Крім того враховуючи, що ми використовуємо метал другої групи він має мати відповідні механічні властивості, вказані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості

Питомий опір, Н/мм ²	Від 780 до 880 включно
Границя текучості, Н/мм ²	355
Відносне видовження, %	Від 25 до 30 включно
Відносне звуження, %	Від 22 до 27 включно
Ударна в'язкість, Дж/см ²	Від 2,0 до 2,5 включно

Деталь обробляється за допомогою фасонних фрез, які дозволяють забезпечити відразу контур наприклад рельси, що значно зменшує затрати часу на механічну обробку, ніж скажімо при обробці торцевою фрезою по контуру.

В цілому конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки, а при механічній обробці виконувати принцип постійності технологічних баз.

2.2 Попереднє визначення типу та організаційної форми виробництва

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 “хрестовина” і занесені до таблиці 2.6, це фрезерування поверхонь катання, фрезерування торців, нахилів та площини основи.

Для обраних переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{осн}$, для кожного переходу формула для розрахунку записана в таблицю 2.6

Штучно-калькуляційний час визначався за формулою:

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

де φ_K – коефіцієнт.

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

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

де $N = 1300$ шт. – річна програма випуску деталі “Хрестовина”; $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 4060$ год); $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,8$).

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P .

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.9)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції; P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці визначаються:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (2.10)$$

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

Знайдено сумарну кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$:

$$\sum O_i = 4,21 + 35,58 + 3,28 + 42,28 = 85,34$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$. Відповідно коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$:

$$K_{з.о.} = 85,34 / 4 = 21,34$$

Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.6.

Згідно отриманого коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва – серійне, що не зовсім відповідає типу виробництва визначеного наближеним способом (за масою і програмою випуску деталей за рік – великосерійний тип виробництва).

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_{∂} і розрахункової добової продуктивності лінії Q_{∂} . Якщо $N_{\partial} < Q_{\partial}$, то потокову лінію використовувати недоцільно.

$$N_{\partial} = \frac{N}{254}, \quad (2.11)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-\kappa_{сер}} \cdot \eta_3}, \quad (2.12)$$

де $T_{шт-\kappa_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-\kappa_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-\kappa_i}}{\sum n_i}, \quad (2.13)$$

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

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-\kappa_i} = (30,82 + 2,84 + 30,76 + 2,72) / 4 = 16,78 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_{\partial} = \frac{2030}{16,78 \cdot 0,8} = 20,47$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_{\partial} = \frac{1300}{254} = 5,2$$

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

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.14)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (24 днів).

$$n = \frac{1300 \cdot 24}{254} = 20,47$$

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 21 шт.

Таблиця 2.6 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ п/п	Зміст технологічних переходів	Формула для розрахунку	Параметри обробки, мм	$T_{\text{очн}}, \text{XB}$	$\varphi_{\text{к}}$	$T_{\text{шт.к.}}, \text{XB}$	m_{p}	P	$\eta_{\text{з.ф.}}$	O	$K_{\text{з.о.}}$
1	Фрезерування основи	b_l	$l=3401$	20,41	1,51	30,82	1300	1	0,20	4,21	21,34
2	Фрезерування торців	b_l	$L=470$	1,88	1,51	2,84	1300	1	0,02	35,58	
3	Фрезерування поверхонь катання	b_l	$l=3395$	20,37	1,51	30,76	1300	1	0,23	3,28	
4	Фрезерування торців	b_l	$l=300$	1,80	1,51	2,72	1300	1	0,02	42,28	

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати методом литтям, так як сталь 110Г13Л має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в кокіль, лиття в оболонкові форми.

Лиття в піщано-глинисті форми – найрозповсюдженіший спосіб лиття. В машинобудуванні, цим способом виготовляють 75-80 % виливків (по масі). В залежності від розмірів виливка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна одержати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. В загальному випадку литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь $R_2 = 320-40$ мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, одержаних іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30 % маси виливка перетворюється в стружку при механічній обробці, на що витрачається близько 25 % виробляємої електричної енергії. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки до 5-7 %.

Переваги спеціальних способів лиття полягають не тільки в зниженні об'єму механічної обробки, але й в зменшенні маси ливникової системи і різкому зниженні витрат формувальних матеріалів.

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні

сталю лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків.

Кокілі дозволяють одержати виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати $R_z = 20$ мкм. В зв'язку з високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості виливка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури) на 10-15 %, але в той час погіршується можливість виготовлення виливків з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні виливка.

При переході з лиття в піщані форми на кокільні витрати матеріалу зменшуються на 10-20 % за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень.

Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при одержанні з кожної форми не менше 300-500 дрібних або 50-200 середніх виливків в рік, а також для виготовлення виливків простої конфігурації із мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також із сталі і чавуну.

Заміна лиття в піщані форми на кокільне при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30 % і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Витрати на організацію дільниці кокільного лиття і дільниці виливків при цьому окупаються за 2-3 місяці.

Лиття в оболонкові форми заключається в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що

міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Використання формувальної суміші, яка складається із 92-95 % дрібного кварцевого, магнезійового або цирконієвого піску і 4-6 % терморезистивної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітети), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітети), так як оболонка твердіє на моделі та зберігає її розміри. Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокіль - 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до зниження її собівартості.

Структура металу при литті в оболонкові форми дрібнозерниста, якісна.

Враховуючи, що складно лити в кокіль деталь таких великих габаритних розмірів, оскільки значні затрати будуть на виготовлення кокіля, прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми

Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність:

а) клас розмірної точності виливка.

Тип сплаву – чорні, найбільший габаритний розмір в діапазоні „від 630 до 1600”. Отже, клас розмірної точності виливка знаходиться в межах 11-15 для першого способу лиття і в межах від 11т до 14 для лиття в оболонкові форми, відповідно приймаємо 13 та 12 клас розмірної точності.

б) ступінь жолоблення елементів виливка.

Відношення мінімального розміру елемента виливка до максимального:

$$30/3395=0,0088;$$

виплинок виготовляється в разових формах, він термооброблюваний, отже, ступінь жолоблення в межах 8-11. Для серійного виробництва приймаємо 9 ступінь жолоблення для лиття в оболонкові форми та 10 - для лиття в піщано-глинисті форми;

в) ступінь точності поверхонь виливка визначаємо по аналогії з класом розмірної точності виливка. Отримана ступінь точності в межах від 16 до 21 для лиття в піщано-глинисті форми і від 13 до 19 для лиття в оболонкові форми. Відповідно приймаємо 18 та 17 ступінь точності поверхонь виливка.

г) шорсткість поверхонь виливка залежить від ступеня точності виливка, для 18 – 100 мкм, для 17 -шорсткість Ra=80 мкм;

д) клас точності маси виливка. Маса даної деталі в межах до 1000 кг. Отже, клас точності маси: 10-16 та 9т-16 відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми, приймаємо 13т та 12 клас точності маси відповідно;

е) в залежності від ступеня точності поверхні, маємо рекомендований ряд припусків 9-12 та 8-11, приймаємо 10 та 9 ряд припусків відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми.

Вибір допусків заготовки.

а) допуск розмірів [2]. Визначаємо для кожного розміру, що буде виливатися, в залежності від класу точності;

б) форми чи розміщення поверхонь;

в) допуск маси. В залежності від номінальної маси (710 кг) і класу точності маси виливка, приймаємо допуск маси 16 % та 12% відповідно для першого та другого способів лиття;

г) допуск нерівностей. Для ступіню точності поверхонь виливка 18 та 17, допуск нерівностей дорівнює 2,4 та 2,0 відповідно;

д) загальний допуск визначається для кожного розміру, що виливається з урахуванням допуску розміру від поверхні до бази і допуску форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків заготовки.

а) мінімальний ливарний припуск на сторону. Для рядів припусків 10 та 9 дорівнює 1,6 та 1,2 відповідно;

б) Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі: [2]. Визначається співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка, за допомогою допуску розміру вилівка визначають кількість переходів. Наприклад при литті в піщано-глинисті форми для розміру 105:

$$1,5/10=0,15$$

Відповідно [3] для обробки даної поверхні достатньо одного переходу механічної обробки. Аналогічно визначається кількість переходів для інших поверхонь.

г) загальний припуск на сторону. Визначається в залежності від загального допуску, від виду кінцевої механічної обробки та від ряду припуску вилівка.

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі, а при розрахунку внутрішніх діаметральних заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Вибір конструктивних елементів заготовки

а) товщина стінок .

Зведений габарит заготовки:

$$N = (2 \cdot 3395 + 180 + 140) / 3 = 2370 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо мінімальну товщину стінок 15 мм;

б) радіуси заокруглень. Приймаємо радіуси заокруглень 15 мм при литті в піщано-глинисті форми та 12 мм при литті в оболонкові форми;

в) нахили залежать від висоти основної формоутворюючої поверхні і в даному випадкові складають - $3^{\circ}03'$;

Таблиця 2.3-Розрахунок розмірів заготовки вилитої в піщано-глинисті форми.

Вхідні дані				Згідно ГОСТ 26645-8555			Прийнято		
Клас розмірної точності				11-15			13		
Ступінь жолоблення				8-11			10		
Ступінь точності поверхонь				16-21			18		
Шорсткість поверхонь виливка				100			100		
Клас точності маси				10-16			13г		
Ряд припусків				9-12			10		
Розрахункові розміри, мм									
Допуски:	180	105	3395	180	30	150	470	45	11,2
розмірів	11,0	10,0	22,0	11,0	7,0	10,0	12,0	7,0	5,6
форми чи розміщ.	1,6	1,6	32	1,6	1,6	1,6	4,0	1,6	1,6
Зміщен. по площ	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
маси	16								
Нерівностей	2,4								
загальний	12,0	10	44	12,0	8,0	10,0	12	8,0	7,0
Мінім. припуск	1,6								
Загал. припуск	8,3	7,1	26,0	8,3	6,0	7,1	8,3	6,0	5,4
Кількість переходів механічної обробки									
за точністю	1	1	1	1	1	1	1	1	1
за відхилен.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
К-сть переходів	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Розмір заготовки	196,6	90,8	3447	196,6	42	168,9	487,7	60,4	24,9

Таблиця 2.8-Розрахунок розмірів заготовки виготовленої литтям в оболонкові форми

Вхідні дані	Згідно	Прийнято
-------------	--------	----------

	ГОСТ 26645-8555								
Клас розмірної точності	11т-14								
Ступінь жолоблення	8-11								
Ступінь точності поверхонь	13-19								
Шорсткість поверхонь вилівка	80								
Клас точності маси	9т-16								
Ряд припусків	8-11								
Розрахункові розміри, мм									
Допуски:	180	105	3395	180	30	150	470	45	11,2
розмірів	7,0	6,4	14,0	7,0	4,4	6,4	8,0	44	3,6
форми чи розміщ.	1,2	1,2	24	1,2	1,2	1,2	3,2	1,2	1,2
Зміщен. по площ	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
маси	12								
Нерівностей	2,0								
загальний	8,0	6,4	36	8,0	5,0	6,4	9,0	5,0	4,4
Мінім. припуск	1,2								
Загал. припуск	5,6	4,8	21,0	5,6	4,0	4,8	6,1	4,0	3,7
Кількість переходів механічної обробки									
за точністю	1	1	1	1	1	1	1	1	1
за відхилен.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
К-сть переходів	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Розмір заготовки	91,2	95,4	3437	191,2	38	166,2	484,9	55,4	20,5

При оформленні ескізів заготовки необхідно враховувати розміри заготовки, площину роз'єму, кути нахилу зовнішніх та внутрішніх поверхонь. На креслені заготовки тонкою лінією показується контур деталі, а поверх основною накладається контур заготовки, це дозволяє досить наочно бачити наявність припусків та напусків, та суттєву різницю між заготовками, наприклад якщо в одному випадку отвори проливаються, а в іншому ні.

В нашому випадкові заготовки однакові за формуою і відрізняються лише величиною припусків. Заготовка отримана литтям в піщано-глинисті форми

показана на листі, а заготовка отримана литтям в оболонкові форми відрізняється, як вище вказано лише величиною припусків, тому немає необхідності наводити її ескіз.

Маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{\text{заг}}=710+67,06=777,06(\text{кг})$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 710/777,06=0,9137$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є досить високим, так як заготовка виготовлена литтям в піщано-глинисті форми.

Виливок в оболонкові форми маса заготовки це сума маси деталі, припусків та напусків:

$$Q_{\text{заг}}=710+48,32=758,32 (\text{кг})$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = 710/758,32=0,936$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є допустимим, так як заготовка виготовлена литтям в оболонкові форми.

Собівартість заготовок розраховується за формулою при литті в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг1}} = \left(\frac{36000}{1000} \cdot 777,06 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,04 \cdot 0,8 \cdot 0,52 \right) - (777,06 - 710) \frac{2480}{1000} = 2010,66 \text{ грн.}$$

При литті в оболонкові форми

$$C_{\text{заг}2} = \left(\frac{53400}{1000} \cdot 758,32 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,18 \cdot 0,72 \cdot 0,75 \right) - (758,32 - 710) \frac{2480}{1000} = 2100,15 \text{ грн.}$$

Загальний економічний ефект не залежить від витрат на механічну обробку, так як кількість переходів механічної обробки при литті в оболонкові форми та при литті в піщано-глинисті форми однакова.

2.4 Вибір методів, послідовності та числа переходів для обробки окремих поверхонь

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. Характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів

Але оскільки в даному випадкові заготовкою є виливок, то визначаємо кількість переходів механічної обробки за точністю та шорсткістю поверхонь, які потрібно отримати, припуски при цьому визначаються за [5]. Створюючи маршрут обробки поверхні. Виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним ніж попередній. 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 намічається.

Відповідно до наведених вище вимог для усіх поверхонь визначена кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки.

Наприклад для розміру 45 загальне уточнення буде рівним $\varepsilon=8/1=8$

Приймаємо два переходи і призначаємо $\varepsilon_1=4$;

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_2=8/4=2$$

Допуск після першого переходу складатиме:

$$T_1=8/4=2 \text{ (мм)}$$

Що відповідає 16 квалітету точності поверхні. Тобто після першого переходу механічної обробки ми отримуємо поверхню 16 квалітету, а вже після другого переходу - 15 квалітету. Оскільки обробляється площина, то доцільно використати метод обробки – фрезерування.

Таблиця 2.3–Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення	Кількість ступенів механічної обробки	Допуск	Квалітет	Вид механічної обробки
45	8/1=8	4	2	16	Фрезерування попереднє
		2	1	15	Фрезерування остаточне
3395	44/16=2,7	2,7	16	15	Фрезерування
180	12/2=6	6	2	15	Фрезерування
105	10/1,5= =6,67	4	1,66	16	Фрезерування попереднє
		1,67	1,5	15	Фрезерування остаточне
30	5,0/4= =1,25	1,25	4	16	Фрезерування

2.5 Варіантний вибір і розрахункове обґрунтування чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від

правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації.

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримуваних розміри. Для цього ми базуємо деталь на площину та два пальці. Схема базування показана на рис. 2.3

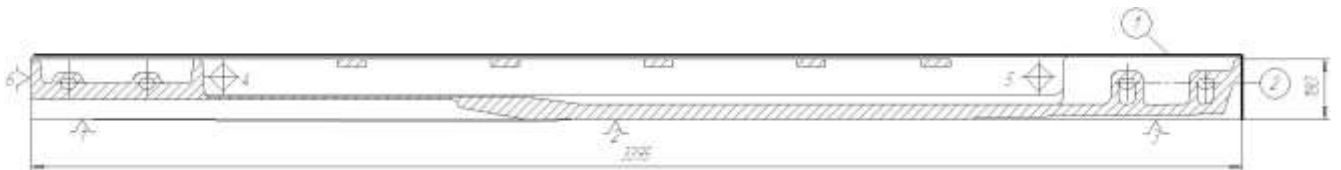


Рисунок 2.3 – Схема базування на операції 010

Похибка базування складатиме:

$\epsilon_{6(180)}=0$ – виконується принцип спів падання вимірювальної і технологічної баз;

$\epsilon_{6(3395)}=0$ – виконується принцип спів падання вимірювальної і технологічної баз.

Отже на даній операції похибка базування на усі отримування розміри рівна 0.

На операції 015 деталь базується аналогічно на площину та два торці, схема базування показана на рисункові 2.4.

$\epsilon_{6(180)}=0$ – виконується принцип спів падання вимірювальної і технологічної баз;

$\mathcal{E}_{6(11,2)}=0$ – виконується принцип спів падання вимірювальної і технологічної баз;

$\mathcal{E}_{6(278,4)}=0$ – обробка виконується з одного установу;

$\mathcal{E}_{6(45)}=0$ – обробка виконується з одного установу;

$\mathcal{E}_{6(30)}=0$ – обробка виконується з одного установу;

$\mathcal{E}_{6(62)}=0$ – обробка виконується з одного установу

Тобто при запропонованих схемах базування на жоден розмір не виникає похибка базування.

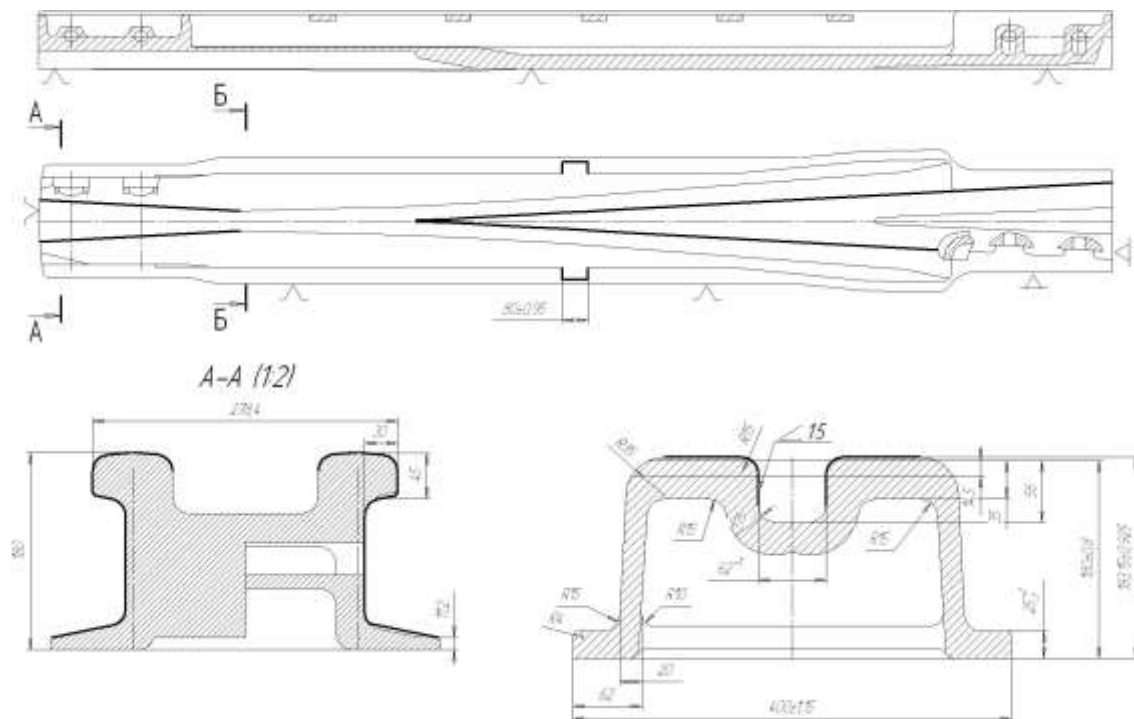


Рисунок 2.4 – Схема базування на операції 015

Для того щоб виконувати механічну обробку з використанням вказаних вище чистових баз їх необхідно обробити. Для цього вибираємо чорнові бази за

які заготовка буде закріплена на операції 005, на якій будуть оброблені чистові бази які використовуються в подальшому для базування заготовки.

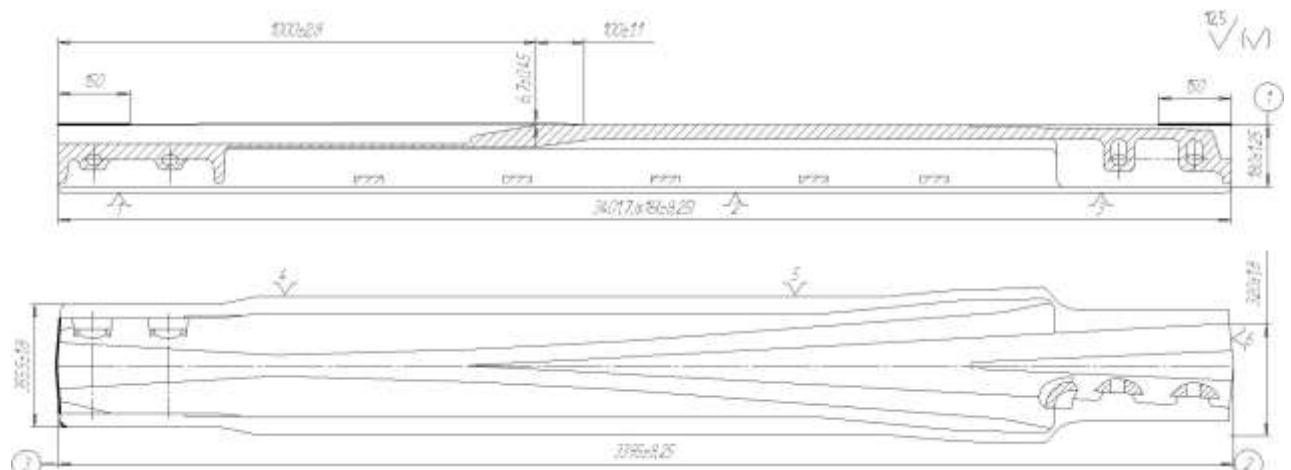


Рисунок 2.4 – Чорнові бази

Дані чорнові бази дають можливість зняти мінімальний рівномірний припуск на наступній операції механічної обробки з нижньої площини та торця.

Отже при виконанні механічної обробки з використанням даних чистових і чорнових баз забезпечить виготовлення якісних деталей, які будуть відповідати вказаним на кресленні вимогам.

2.6 Розробка варіантів маршруту механічної обробки модернізованого технологічного процесу

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.

Таблиця 2.3 Маршрут механічної обробки

№ оп.	Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину ① 3 Фрезерувати торець ② 4. Зняти заготовку. 		<p>Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПУ "Walding Siegen"</p>
010	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину ① 3 Фрезерувати торець ② 4. Зняти заготовку. 		<p>Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПУ "Walding Siegen"</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхні катання ① та ② 3 Фрезерувати площини ③ 4 Фрезерути площини ④ 4 Фрезерувати заокруглення ⑤ 6 Фрезерувати торець ⑦ та ⑧ 7 Фрезерувати поверхні по контуру ⑧, ⑨, ⑩ та 11, 12, 13 8 Зняти заготовку 	<p>Technical drawing of a mechanical part, showing a side view, a top view, and a cross-section A-A (1:2). The drawing includes numbered callouts (1-13) corresponding to the work steps in column 2. The part is a long, thin component with various surfaces, chamfers, and a central hole. Dimensions and specific surface treatments are indicated.</p>	<p>Поздовжно фрезерний верстат з ЧПУ " Waiding Siegen</p>

Таблиця 2.4 Маршрут механічної обробки (2-й варіант)

№ оп.	Зміст операцій та переходів	Ескіз та схема базування	Тип обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину ① 3 Фрезерувати торець ② 4. Зняти заготовку. 		<p>Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2</p>
010	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати площину ① 3 Фрезерувати торець ② 4. Зняти заготовку. 		<p>Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2</p>

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити. 2. Фрезерувати поверхні катання ① та ② 3 Фрезерувати площини ③ 4 Фрезерувати площини ④ 4 Фрезерувати заокруглення ⑤ 6 Фрезерувати торець ⑦ та ⑧ 7 Зняти заготовку 		<p>Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2</p>

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
020	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати площину ①</p> <p>3 Фрезерувати площину ②</p> <p>4 Фрезерувати площину ③</p> <p>5 Фрезерувати радіус заокруглення ④</p> <p>6 Фрезерувати радіус заокруглення ⑤</p> <p>7 Зняти заготовку</p>	<p>Technical drawing showing three views of a part: a top view, a side view, and a cross-section A-A (12). The drawing includes a surface texture symbol in the top right corner and a note at the bottom right: "Некотрі ділянки оброблені шліфуванням R4, R3, R2, R1, R0,5".</p>	<p>Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2</p>

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
025	<p><u>Фрезерна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Фрезерувати площину ①</p> <p>3 Фрезерувати площину ②</p> <p>4 Фрезерувати площину ③</p> <p>5 Фрезерувати радіус заокруглення ④</p> <p>6 Фрезерувати радіус заокруглення ⑤</p> <p>7 Зняти заготовку</p>		<p>Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2</p>

2.7 Аналіз техніко-економічних показників по мінімумом приведених витрат

Критерієм оптимальності при порівнянні двох варіантів механічної обробки є мінімум приведених затрат на одиницю продукції. При виборі варіанта технологічного маршруту приведені затрати можуть бути визначені в вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання. В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, яка включає змінні по статтям витрати. Годинні приведені затрати можна визначити по формулі [10]:

$$C_{п.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_n(K_c + K_3), \text{ [грн]} \quad (2.20)$$

де C_3 – основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями, коп./год; $C_{ч.з.}$ – годинні затрати по експлуатації робочого місця, коп./год; E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, для машинобудування складає 0,15; K_c, K_3 – питомі годинні капітальні вкладення відповідно в верстат і будову, коп./год.

Але можна скористатися даними наведеними в довідниках [6]. Де наведено годинні приведені витрати для кожного типу верстату. Наприклад для поздовжньо фрезерного верстату ГФ1983С2 вони складають 596 коп/год. Аналогічно вибираються дані для інших моделей верстату. Вони занесені до таблиці 2.5

Технологічна собівартість операцій механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = C_{п.з.} \cdot T_{шт} / 60 \cdot k_b \text{ [грн]} \quad (2.21)$$

де k_b – коефіцієнт виконання норм, що приймається рівним 1,3.

$T_{шт}$ - штучний час на виконання операції. Для точних розрахунків визначається нормуванням операцій технологічного процесу.

Таблиця 2.5 Годинні приведені затрати

Модель верстату	Годинні приведені затрати, $C_{п.з.}$, коп/год
Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПУ " Walding Siegen	916
Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2	596

Таблиця 2.6 – Основний час

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, t_0 , хв.			Коефіцієнт ϕ_k	Штучно-калькуляційний час, $t_{шт}$, хв.
	Формула	1	Результат		
1	2	3	4	5	6
005 Фрезерна з ЧПК					
Фрезерувати площину 1	$6ln$	3401,7	20,41		
Фрезерувати торець 2	$6ln$	355,5	2,13		
Всього			22,54	1,6	36,07
010 Фрезерна з ЧПК					
Фрезерувати площину 1	$6ln$	3401,7	20,41		
Фрезерувати торець 2	$6ln$	320	1,92		
Всього			22,33	1,6	35,73
015-Фрезерна з ЧПК					
Фрезерувати поверхні катання 1 та 2	$6ln$	6790	40,74		
Фрезерувати площини 3	$6ln$	160	0,96		
Фрезерувати площини 4	$6ln$	6790	40,74		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6
Фрезерувати заокруглення	6ln	6790	40,74		
Фрезерувати торці 7 та 8	6ln	6790	40,74		
Фрезерувати по контуру поверхні 8-13	6ln	6790	40,74		
Всього			204,66	1,6	327,46
Всього					399,25

2-й варіант маршруту механічної обробки

005 Фрезерна з ЧПК

Фрезерувати площину 1	6ln	3401,7	20,41		
Фрезерувати торець 2	6ln	355,5	2,13		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6
Всього			22,54	1,6	36,07

010 Фрезерна з ЧПК

Фрезерувати площину 1	6ln	3401,7	20,41		
Фрезерувати торець 2	6ln	320	1,92		
Всього			22,33	1,6	35,73

015-Фрезерна з ЧПК

Фрезерувати поверхні катання 1 та 2	6ln	6790	40,74		
Фрезерувати площини 3	6ln	160	0,96		
Фрезерувати площини 4	6ln	6790	40,74		
Фрезерувати заокруглення 5	6ln	6790	40,74		
Фрезерувати торці 7 та 8	6ln	6790	40,74		
Всього			163,92	1,6	262,27

020-Фрезерна з ЧПК

Фрезерувати площину 1	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати площину 2	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати площину 3	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати заокруглення 4	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати заокруглення 5	6ln	3395	20,37		
Всього			101,85	1,6	162,96

020-Фрезерна з ЧПК

Фрезерувати площину 1	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати площину 2	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати площину 3	6ln	3395	20,37		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6
Фрезерувати заокруглення 4	6ln	3395	20,37		
Фрезерувати заокруглення 5	6ln	3395	20,37		
Всього			101,85	1,6	162,96
Всього					659,99

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

Оскільки всі операції виконуються на одному верстаті, то відповідно розраховуємо технологічну собівартість відразу технологічного процесу. Технологічна собівартість 1-го технологічного процесу, що виконується на верстаті поздовжньо фрезерному верстаті з ЧПУ" Walding Siegen буде рівна :

$$C_o = 916 \cdot 399,25 / 60 \cdot 1,3 = 7923,8 \text{ (грн)}$$

Аналогічно розраховується технологічна собівартість другого технологічного процесу. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.73.

Таблиця 2.7 – Технологічна собівартість операцій

Тип верстату	T _{шт} , хв	C _{п.з.} , коп/хв	C _о , коп
Перший варіант маршруту механічної обробки			
Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПУ " Walding Siegen	399,25	916	7923,8
Другий варіант маршруту механічної обробки			
Поздовжньо фрезерний верстат ГФ1983С2	659,99	596	8522,7

Отже при використанні першого варіанту технологічного процесу технологічна собівартість операцій виготовлення деталі складатиме 7923,8 грн, а при використанні другого варіанту – 8522,7 грн.

Отже вироби виготовлені за першим із запропонованих технологічних процесів будуть мати меншу собівартість у порівнянні із деталлю виготовленою за другим варіантом маршруту технологічної обробки.

2.8 Розмірно-точносне моделювання технологічного процесу

Головна задача розмірного аналізу технологічного процесу - правильне та обґрунтоване визначення проміжних та остаточних розмірів і допусків на них. Особливо цього потребують проміжні розміри, що зв'язують протилежні поверхні. Робота на налагоджених верстатах потребує детальної проробки всіх проміжних розмірів з тим, щоб на заключних переходах автоматично забезпечувались остаточні розміри. Правильне розв'язання цієї задачі забезпечує розмірний аналіз технологічного процесу, який складається з ряду етапів.

Технологічні розміри слід розташовувати таким чином, що мінімізувати похибку базування і забезпечити можливість його контролю універсальним інструментом. Наприклад технологічний розміри B_1 , B_2 зв'язують два торця, що дозволяє легко проконтролювати розмір універсальним вимірювальним інструментом, наприклад за допомогою штангенциркуля. Розташування розмірів B_3 , B_4 забезпечує мінімальну похибку базування на ці розміри, яка фактично є рівна нулеві, оскільки поверхні які зв'язують ці розміри виконуються з одного установу. Розміри заготовки розташовані таким чином, щоб забезпечити легкість їх контролю універсальним інструментом

При розташуванні усіх розмірів, враховувалося те, що технологічні розмірні ланцюги мають бути найкоротші, це у свою чергу мінімізує похибку базування. Розміщення технологічних розмірів показана на рис. 2.5.

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [8], для відповідного розміру за відповідним квалітетом. Допуски на всі розміри зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9– Попередні допуски технологічних розмірів.

Розмір	B_1	B_2	B_3	B_4	Z_1	Z_2	Z_3
Допуск, мм	2,5	2	1	1,5	4	1,6	2,2

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

Таблиця 2.10 - Конструкторські розміри

Конструкторський розмір	K_1	K_2	K_3
	180	45	105
Допуск, мм	2	1	1,5

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

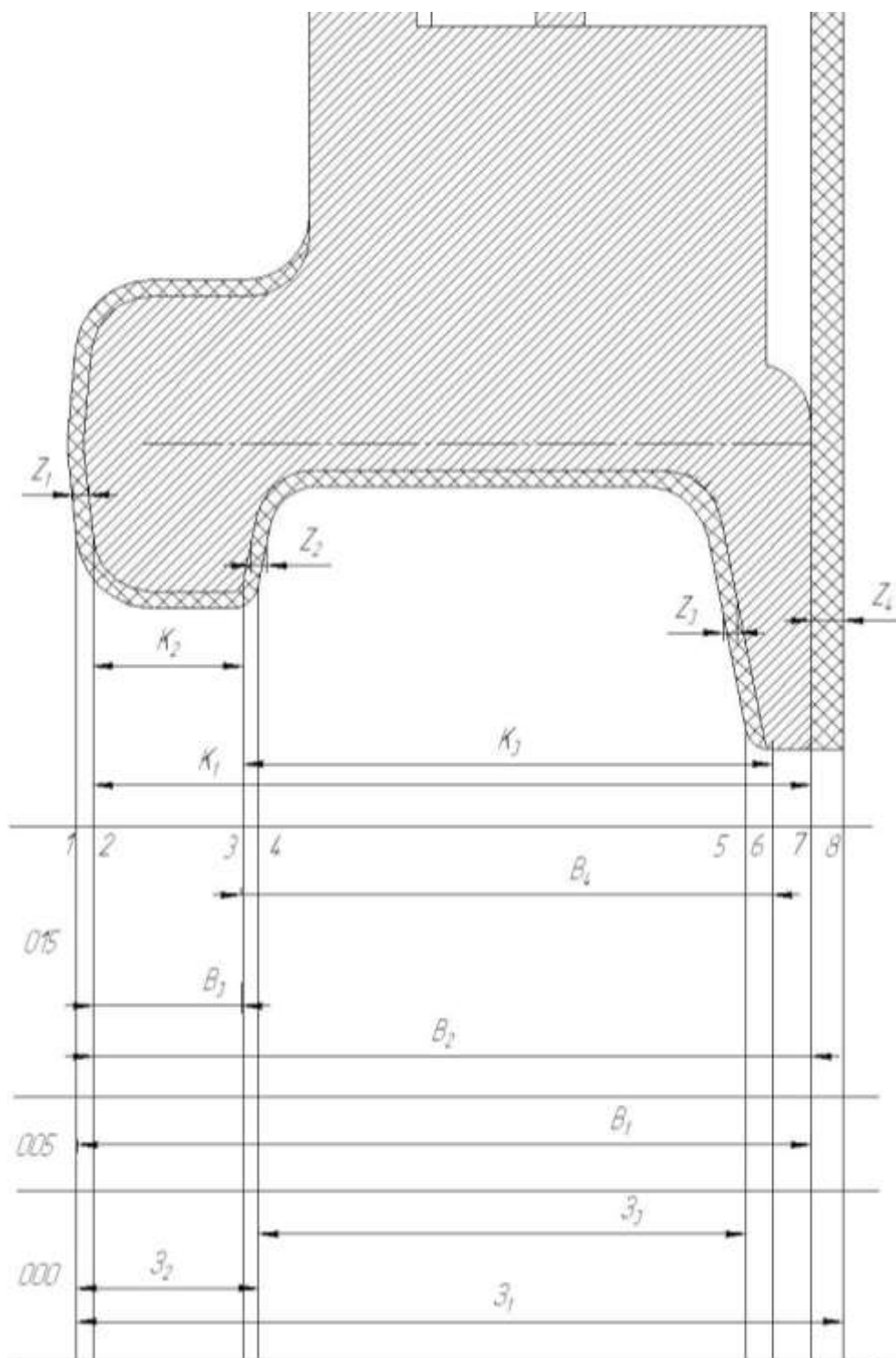


Рисунок 2.5 – Розмірна схема технологічного процесу

Один із етапів розмірного аналізу – це виявлення технологічних розмірних ланцюгів за допомогою графів. Теорія графів – одна з математичних дисциплін, яка вивчає складні структури і системи, що складаються з багатьох елементів і

зв'язків між ними. Деталь у процесі її виготовлення можна розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

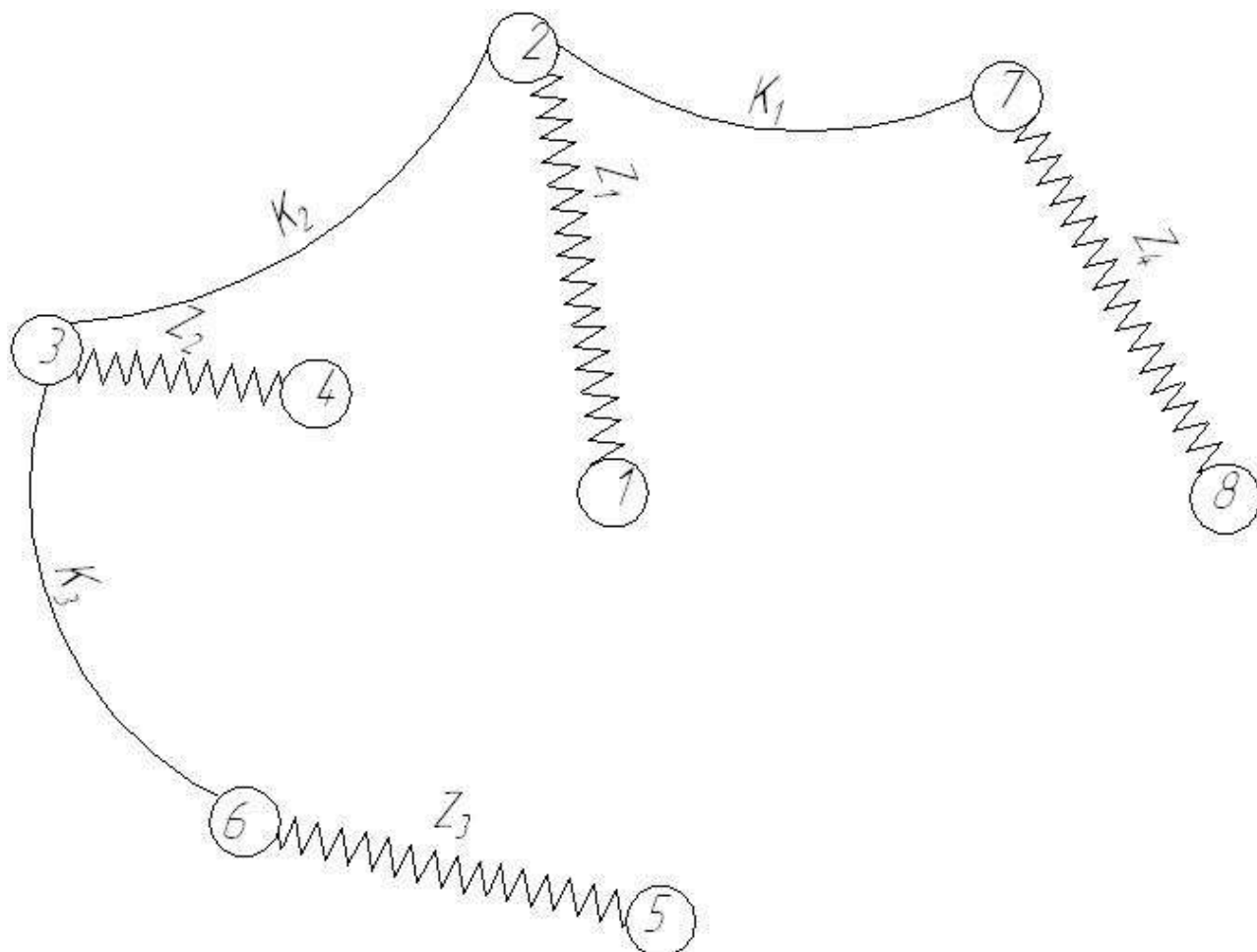


Рисунок 2.6 – Вихідне граф-дерево

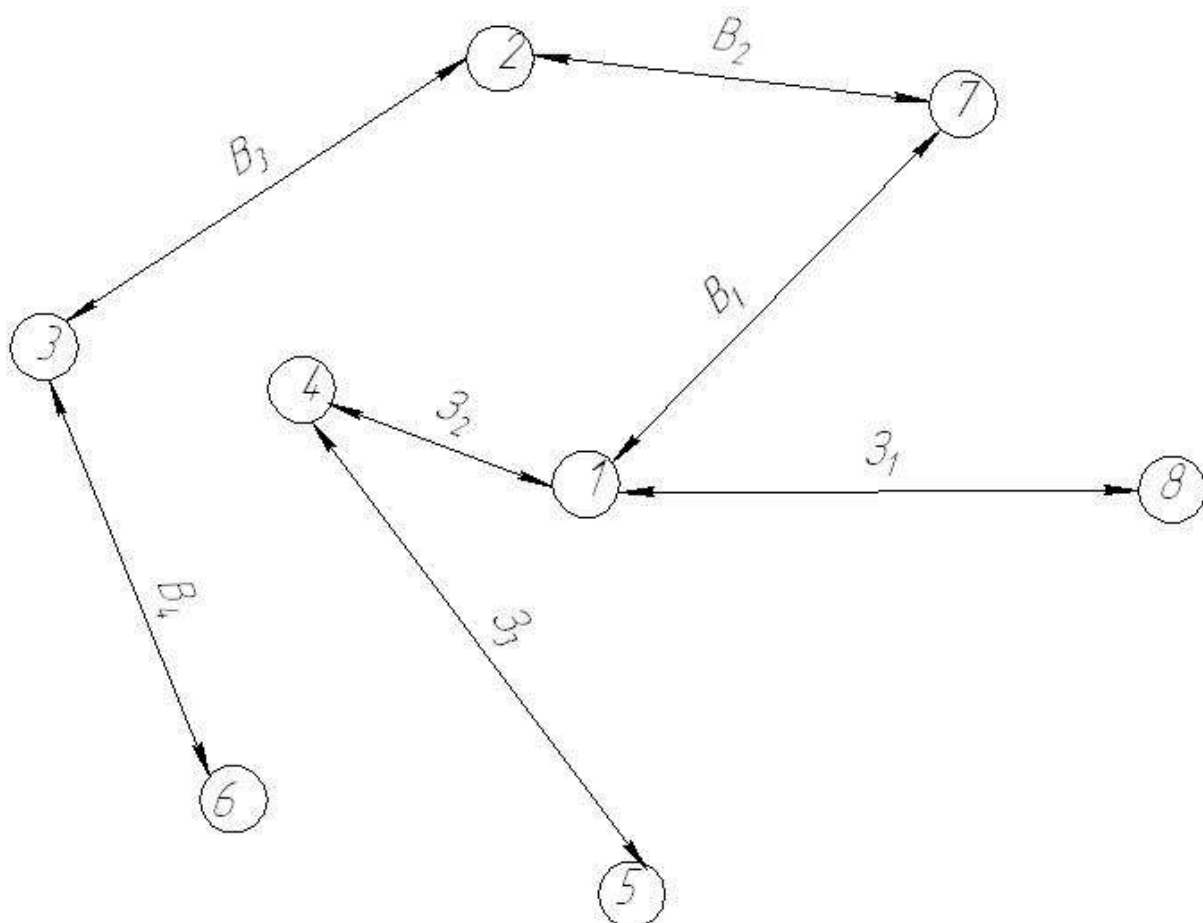


Рисунок 2.7 – Похідне граф-дерево

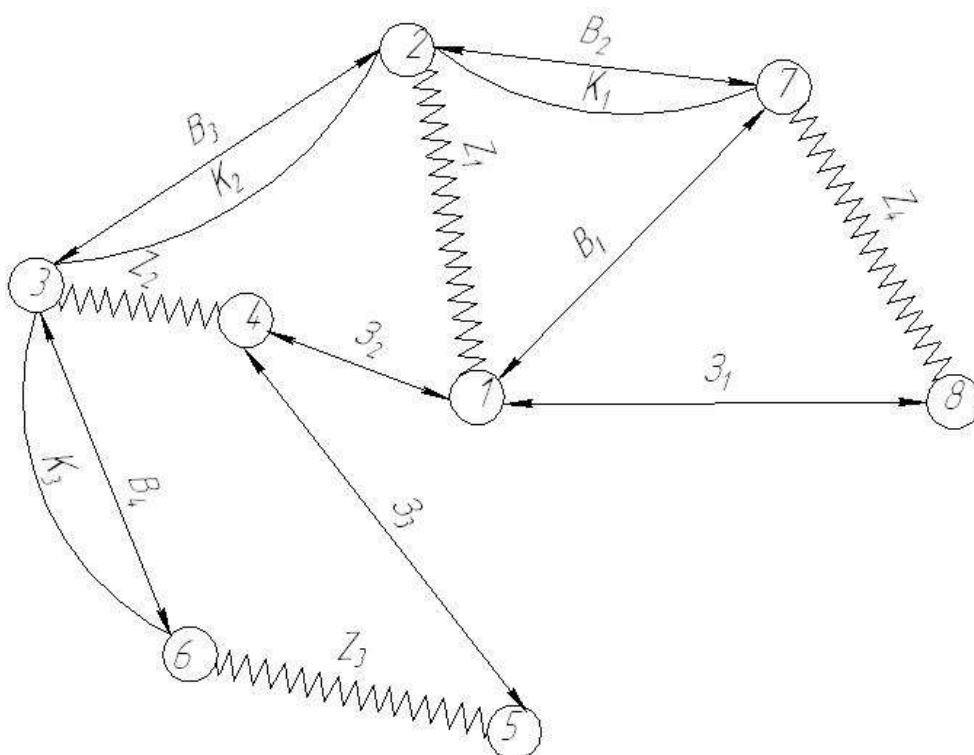


Рисунок 2.8 – Суміщений граф

Для проведення необхідних розрахунків в подальшому необхідно визначити проміжні мінімальні припуски за довідником [6]. При цьому, оскільки в даному випадкові розглядаються лише торці, які входять в один діапазон, то мінімальний припуск буде:

$$Z_{1 \min} = 1 \text{ (мм)}$$

$$Z_{2 \min} = 1 \text{ (мм)}$$

$$Z_{3 \min} = 1 \text{ (мм)}$$

$$Z_{4 \min} = 1 \text{ (мм)}$$

Використовуючи граф-дерева, записано розрахункові рівняння для розрахунку значень всіх розмірів, які занесені до таблиці 2.16.

Таблиця 2.11 – Рівняння для розрахунку розмірних технологічних ланцюгів.

Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3
$K_1 - B_2 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
$K_2 - B_3 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
$K_3 - B_4 = 0$	$B_4 = K_3$	B_4
$B_1 - Z_1 - K_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_1$	B_1
$Z_1 - Z_4 - B_1 = 0$	$Z_4 = Z_1 - B_1$	Z_1
$Z_2 - Z_2 - K_2 - Z_1 = 0$	$Z_2 = Z_2 - K_2 - Z_1$	Z_2
$Z_3 - Z_2 - K_3 - Z_2 = 0$	$Z_2 = Z_3 - K_3 - Z_2$	Z_3

Відповідно до наведених вище рівнянь знаходимо значення технологічних розмірів.

Таблиця 2.12 – Технологічні розміри

Технологічний розмір	Розрахунок, мм
1	2
B_1	$Z_{1\min} = B_{1\min} - K_{1\max}$ $B_{1\min} = Z_{1\min} + K_{1\max} = 1 + 180,8 = 181,8$ $B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 181,8 + 2,5 = 184,3$ $B_1 = 183,05(\pm 1,25)$ $Z_{1\max} = B_{1\max} - K_{1\min}$ $Z_{1\max} = 184,3 - 179,2 = 5,1$
B_2	$B_2 = K_1$ $B_{2\min} = 179,2 ;$ $B_{2\max} = 180,8 .$ $B_2 = 180(\pm 0,8)$
B_3	$B_3 = K_2$ $B_{3\min} = 44,5 ;$ $B_{3\max} = 45,5 .$ $B_3 = 45(\pm 0,5)$
B_4	$B_4 = K_3$ $B_{4\min} = 104,3 ;$ $B_{4\max} = 105,7 .$ $B_4 = 105(\pm 0,7)$
Z_1	$Z_{4\min} = Z_{2\min} - B_{1\max}$ $Z_{2\min} = Z_{4\min} + B_{1\max} = 1 + 184,3 = 185,3 ;$ $Z_{2\max} = Z_{2\min} + IT(Z_2) = 185,3 + 4 = 189,3 .$ $Z_2 = 187,3(\pm 2)$ $Z_{4\max} = Z_{2\max} - B_{1\min}$ $Z_{4\max} = 189,3 - 181,8 = 7,5$

Продовження таблиці 2.12

1	2
z_2	$Z_{2\min} = z_{2\min} - K_{2\max} - Z_{1\max}$ $z_{2\min} = Z_{2\min} + K_{2\max} + Z_{1\max} = 1 + 45,5 + 5,1 = 51,6 ;$ $z_{2\max} = z_{2\min} + IT(z_2) = 51,6 + 1,6 = 53,2 .$ $z_2 = 52,4(\pm 0,8)$ $Z_{2\max} = z_{2\max} - K_{2\min} - Z_{1\min}$ $Z_{2\max} = 53,2 - 44,5 - 1 = 7,7$
z_3	$Z_{3\min} = B_{4\min} - z_{3\max} - Z_{2\max}$ $z_{3\max} = B_{4\min} - Z_{2\max} - Z_{3\min} = 104,3 - 7,7 - 1 = 95,9 ;$ $z_{3\min} = z_{3\max} - IT(z_3) = 95,9 - 2,2 = 93,7 .$ $z_3 = 94,8(\pm 1,1)$ $Z_{2\max} = B_{4\max} - z_{3\min} - Z_{2\min}$ $Z_{2\max} = 105,7 - 93,7 - 1 = 11$

Результати розрахунків зводимо в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13- Технологічні розміри, розміри вихідної заготовки, максимальні припуски

Розміри	z_1	z_2	z_3	B_1	B_2	B_3	B_4
Допуск	$\pm 1,25$	$\pm 0,8$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	± 2	$\pm 0,8$	$\pm 1,1$
Номінальний розмір	183,05	180	45	105	187,3	52,4	94,8

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

2.9 Призначення режимів різання

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

- глибину різання t , ;
- подачу s , /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.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння зовнішньої поверхні та свердління отворів.

Режими різання наприклад при фрезеруванні площини починають із визначенні подачі. Для одноразового фрезерування рекомендоване значення подачі складає 0,48 /зуб. Поправочні коефіцієнти в залежності від:

- твердості оброблюваного матеріала 0,8;
- матеріала ріжучою частини фрези 0,75;
- відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної 1,1;
- головного кута в плані 0,85;
- способу кріплення пластини 1,0;
- схеми установки фрези 1,00;
- групи оброблюваного матеріала 1,0.

З врахуванням поправочних коефіцієнтів подача рівна:

$$S=0,48 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,27 \text{ (мм /зуб)}$$

Рекомендована швидкість різання в даному випадкові складає 128 м/хв. Вибрану швидкість необхідно корегувати з врахуванням поправочних коефіцієнтів в залежності від:

- твердості оброблюваного матеріалу 0,75;
- матеріалу ріжучої частини свердла 1,15;
- стан поверхні 1,0;
- головного кута в плані 0,954
- відношення ширини фрезерування до діаметра фрези 1,0;
- періоду стійкості ріжучої частини фрези 1,00;
- способу кріплення пластини 1,0;
- наявності охолодження 1,0;
- групи оброблюваного матеріалу 1,0.

Відповідно швидкість різання:

$$V=128 \cdot 0,75 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=104,9 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання:

$$n=1000 \cdot 104,9 / 3,14 \cdot 60=208,8 \text{ (об/хв.)}$$

Хвилинна подача відповідно:

$$S_x=0,27 \cdot 14 \cdot 224=846 \text{ (мм /хв)}$$

Аналогічно розраховуються всі режими різання на інші переходи. Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю 2.19

При фрезеруванні наприклад поверхні катання згідно [10] обираємо ріжучий інструмент: фреза 2214-005 Т5К10 ГОСТ 24359-80 ($\varnothing 60$, $Z=10$). Рекомендоване табличне значення подачі складає 0,48 /зуб.

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів:

1 Коефіцієнт, що залежить від ріжучої частини фрези;

$$K_{SU}=0,75;$$

2 Відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

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

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

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

4 Коефіцієнт, що залежить від головного кута в плані:

$$K_{S\varphi}=0,85;$$

5 Коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластин:

$$K_{S\varphi}=1,00;$$

6 Коефіцієнт, що враховує схему установки фрези:

$$K_{Sc}=1.$$

7 Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу:

$$K_{SD}=1,00.$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_o=0,48 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,27 \text{ (мм /зуб)}.$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{тріз5}}=128 \text{ (м/хв)};$$

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

- 1 Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту $K_{vi}=1,15$;
- 2 Коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки $K_{vc}=1$;
- 3 Коефіцієнт, що враховує відношення ширини фрезерування до діаметра фрези $K_{vB}=1,00$;
- 4 коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{vm}=0,75$;
- 5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри $K_{v\phi}=0,95$;
- 6 Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{vt}=1$;
- 7 Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{vj}=1$
- 8 Коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластин $K_{vo}=1,0$.
- Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{різ5}}=128 \cdot 0,75 \cdot 1,15 \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00=104,9 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя

$$N_5=1000 \cdot 104,9 / 3,14 \cdot 160=208,8 \text{ (об/хв)};$$

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

$$N_5= 210 \text{ (об/хв)};$$

Хвилинна подача:

$$S_M=0,27 \cdot 14 \cdot 210=846 \text{ (мм/хв)};$$

Отримані результати заносимо до таблиці 2.20. Для усіх інших токарних та свердлильних операцій норми часу розраховано аналогічно за нормативами. Результати розрахунку показано в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 - Режими різання

Перехід	Глибина,	Прийнята подача, /об	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв	Діаметр фрези,	Кількість зубців фрези
1	2	3	4	5	6	7
Операція 005						
Фрезерування площини 1	5	0,4	460	76	250	16
Фрезерування торцю 2	8	0,49	365	152	150	4
Операція 010						
Фрезерування площини 1	5	0,4	460	76	250	16
Фрезерування торцю 2	8	0,49	365	152	150	4
Операція 015						
Фрезерування поверхонь 1 та 2	4	0,3	192	320	60	64
Фрезерування площин 3 та 4	4	0,25	125	250	60	2
Фрезерування площин 5	4	0,5	600	100	250	12
Фрезерування заокруглень 6	4	0,25	160	320	42	2
Фрезерування торців 7 та 8	4	0,25	850	290	66	12
Фрезерування по контуру	4	0,36	190	135	142	4

Режими різання можуть бути оптимізовані по цілому рядові параметрів, зокрема із врахуванням стійкості інструмента, матеріалу який обробляється, швидкості різання і потужності, які може забезпечити верстат, шорсткості та точності поверхні, яка має бути отримана та ряду інших параметрів. В даному

випадкові використовується розрахунково-графічний спосіб, який оснований на тому, що відповідно для кожного обмеження будується пряма і визначається область допустимих значень режимів різання. Тобто це ті значення які можуть бути забезпечені верстатом, і використання яких принесе бажану точність поверхні. При цьому із отриманої області обираються максимальні значення подачі і числа обертів інструмента чи деталі, що дозволяє проводити максимально допустиму продуктивну обробку поверхонь.

В даному випадкові виконана оптимізація режимів різання для фрезерування поверхонь катання. Отримані графіки для розточування показані на рисунку 2.9. Де заштрихована область допустимих режимів різання і вибрані оптимальні їх значення, зокрема подача 0,32 та число обертів інструменту 334 об/хв.

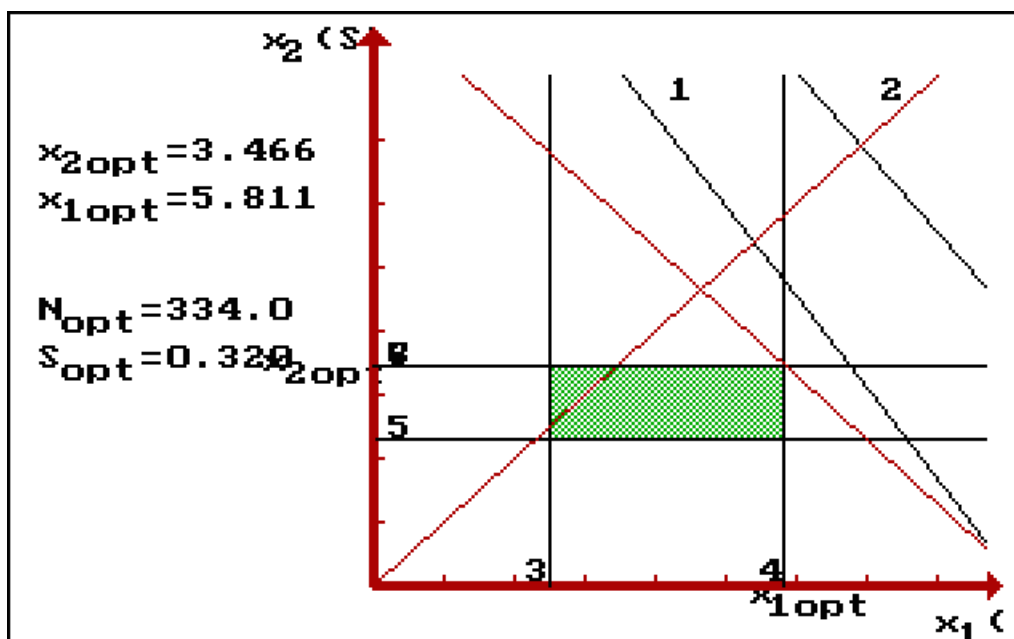


Рисунок 2.10 – Оптимізація режимів різання

2.10 Розрахунок технічних норм часу

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного

виробництва. Розрізняють три методи нормування: технічного розрахунку за нормативами; порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами: встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. При першому методі тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. При другому методі норму часу визначають наближено, за підвищеними типовими нормативами. При третьому методі норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці. А також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунком.

Скористаємося першим методом розрахунку, при цьому врахуємо, що визначення норм часу для верстатів з ЧПК дещо відрізняється від загально прийнято для універсальних і спеціальних верстатів. Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) \text{ [хв]} \quad (2.40)$$

де $T_{\text{в}}$ – допоміжний час, що складається із:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} \text{ [хв]} \quad (2.41)$$

$T_{\text{вуст}}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,35 в трьохкулачковому патроні, хв;

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

- встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,22 хв;

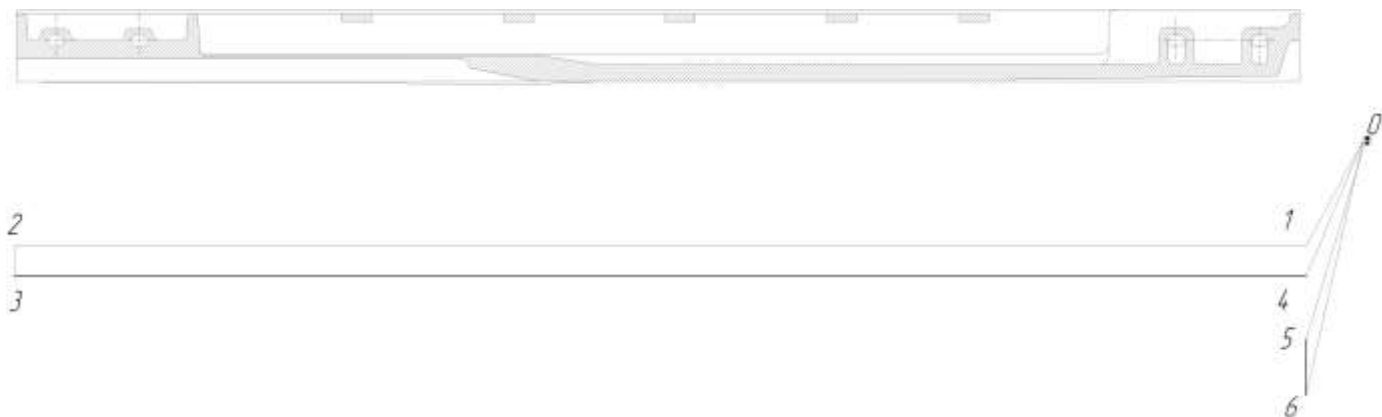


Рисунок 2.13– Схема переміщення інструменту на операції005

- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,1 хв;
- встановлення і зняття щитка від забризгування емульсією – 0,03 хв.

$$T_{\text{воп}}=0,1+0,22+0,03=0,35 \text{ (хв)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із чотирьох замірів штангенциркулем. В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}}=0,11 \cdot 2+0,1 \cdot 2=0,44 \text{ (хв)}$$

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

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 7\% \quad (2.42)$$

$T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою. Для того щоб визначити дану складову необхідно зобразити шлях за яким рухається інструмент, як показано на рисунку 2.14. За допомогою даної схеми складається таблиця переміщень

інструменту (таблиця 2.17), в яку заносяться всі відстані які проходить інструмент за цикл своєї роботи і хвилинні подачі при цих переміщеннях.

Таблиця 2.22 – Час на виконання автоматичного циклу точіння операції 010

Ділянка тракторії (номери позицій інструментів попереднього і	Приріст по осі Z	Приріст по осі X	Довжина і-ї ділянки	Хвилинна подача на	Основний час автоматичної роботи верстату	Машинний допоміжний час.	T _{мв} , хв
1	2	3	4	5	6	7	
Інструмент №2-№1	-	-	-	-	-	0,083	
0-1	-149	-180	233,67	4000		0,058	
1-2	-	3395	3395	846	4,013		
2-3	5	-	5	4000		0,00125	
3-4	-	3395	3395	4000		0,84875	
4-0	144	180	230,51	4000		0,0576	
Інструмент №1-№2	-	-	-	-		0,083	
0-5	-149	-180	233,67	4000		0,058	
5-6	-180	-	180	750	0,24	-	
6-0	329	180	375,021	4000		0,094	
Всього						4,253	1,28

Відповідно час на автоматичний цикл складає:

$$T_{ца}=4,25+1,28=5,53 \text{ (хв)}$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{ш}=(5,53+0,8) \cdot (1+7/100)=6,77 \text{ (хв)}$$

Аналогічно визначаються норми часу на всі інші операції, результати розрахунку занесено до таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час, хв	Штучно-калькуляційний час
		$T_{шт-к}$, хв
005	2,3	2,8
010	5,53	6,67
015	86,45	102,01

4 РОЗРАХУНОК ТА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

4.1 Уточнення виробничої програми

При дрібносерійному типі виробництва використовується приведена програма, що дозволяє 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:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (4.1)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = 3 \sqrt{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (4.2)$$

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

Для деталі хрестовина 1 отримаємо:

$$K_{11} = 3 \sqrt{\left(\frac{705}{710}\right)^2} = 0,9953$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (4.3)$$

де N -програма випуску представника, програма випуску і-ї деталі, N -показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{1300}{800}\right)^{0.15} = 1,075$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{T.пр.}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{a.пр.}}\right)^{\alpha_2} \quad (4.4)$$

K_{Ti} , $K_{T.пр.}$ - середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{a.пр.}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{16,4}{15,8}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{15,8}{13,2}\right)^{\alpha_2} = 1,3$$

Коефіцієнт приведення для барабана складає:

$$K_1 = 0,99 \cdot 1,075 \cdot 1,3 = 1,33$$

Для інших деталей, що виготовлятимуться на дільниці аналогічним чином розраховується коефіцієнт приведення. Отримані результати занесено до таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	К·N
			масі	точності	серійності		
1	2	4	5	6	7	8	9
Хрестовина	710	1300	1	1	1	1	1300
Хрестовина 1	705	800	0,99	1,25	1,076	1,338	1070
Хрестовина 2	684	750	0,97	1,34	1,086	1,419	1065
Хрестовина 3	632	620	0,925	1,1	1,12	1,137	705
							4140

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься 10 подібних деталей. При цьому

вся технологічна документація розробляється для деталі представника, оскільки інші деталі є подібні.

4.2 Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (4.5)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість деталей, год;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m – кількість робочих змін

Враховуючи проведене раніше нормування часу розраховуємо сумарну трудомісткість деталей:

Для операцій 005-015 трудомісткість виконуваних робіт складає:

$$T_{\text{пр}} = \frac{111,49 \cdot 4140}{60} = 7692,81 \text{ год}$$

Отже кількість поздовжньо фрезерних верстатів з ЧПК "Walding Siegen" складає:

$$C_p = \frac{7692,81}{4060} = 1,89$$

Отримані результати занесено до таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПК Walding Siegen	1,89	2	0,947	0,947	0,846

4.3 Визначення кількості працюючих на дільниці

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

$$P = C_{пр} \cdot \Phi_{д} \cdot K_{з} / \Phi_{в} \cdot K_{м} \quad (4.6)$$

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

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

$K_{м}$ – коефіцієнт багатостаночного обслуговування.

Для роботи на фрезерних верстатах з ЧПК необхідно:

$$P = 2 \cdot 3060 \cdot 0,947 / 1 \cdot 1840 = 4,18$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідно 5 робітників.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1 \dots 1,25$$

Приймаємо 1 допоміжних робітника.

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}}=(0,18\dots0,24)\cdot5=0,36\dots0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при дрібносерійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}}=0,022\cdot5=0,11$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}}=0,02\cdot(5+1+1+1)=0,16$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			5
Допоміжні робітники	20...25%	1...1,25	1
ІТР	24...18%	0,36...0,48	1
СКП	2,2%	0,11	1
МОП	2%	0,16	1

4.4 Розрахунок маси вантажопотоків дільниці механічного цеху

Із складу заготовок надходить вантажопоток масою:

$$756\cdot4140=3129840 \text{ кг}$$

Потім він розділяється на 2 фрезерних верстати з ЧПК. Після обробки на них частина металу йде в стружку, а зоброблені деталі надходять до відділу контролю та складу готових виробів. Після закінчення механічної обробки до відділу контролю та до проміжного складу надходить вантажопотік 2939,4 т.

4.5 Вибір міжцехового та міжопераційного транспорту

Для перевезення вантажів із складів до дільниці використовуємо електровізки. Вони відносяться до екологічно чистого транспорту, так як їх живлення здійснюється від акумуляторних батарей. Їх кількість розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{тр}} = Q \cdot (l_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} + t_3 + t_p) / (q \cdot 60 \cdot F \cdot m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t_{\text{зм}}); \quad (4.7)$$

де: Q- сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду, (року) т;

q- номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т ;

F- річний фонд часу роботи електровізка;

m- кількість змін;

$l_{\text{ср}}$ - сумарна відстань переміщення в прямому і зворотньому напрямках, м;

$v_{\text{ср}}$ - середня швидкість електровізка;

t_3 - час на завантаження для однієї операції;

t_p – час на розвантаження для однієї операції;

K_1 – коефіцієнт (враховує витрати часу на ремонт) використання фонду часу крана;

K_2 – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу;

$t_{\text{зм}}$ – тривалість однієї зміни, год.

$$K_{\text{тр}} = 3129,84 \cdot (84/80 + 5 + 5) / (60 \cdot 2040 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,002) = 48,05$$

Приймаємо 48 електровізків.

Для передачі деталей від верстата до верстата використовують ручні візки, кількість візків дорівнює кількості верстатів –2.

4.6 Розробка плану розташування обладнання

При дрібносерійному типіві виробництва найдоцільніше розташовувати обладнання в порядку технологічного процесу. Оскільки габарити верстатів дозволяють то вони будуть розташовані фронтальною стороною до проїзду, це оптимальний варіант, який забезпечує досить легкий доступ до верстата робітникові, відносно легко організувати подачу заготовок та вивіз оброблених деталей.

4.7 Проектування допоміжних відділень механічного цеху

4.7.1 Відділення по відводу та переробці стружки

Площу відділення по відведенню та переробці стружки визначаємо згідно рекомендацій [1] в залежності від кількості обладнання механічної дільниці, і вона складатиме 80 м^2 .

Маса стружки складає за рік:

$$M_{\text{стр}} = (756 - 710) \cdot 4140 / 1000 = 190,44 \text{ т}$$

Для вибору способу відведення та переробки стружки необхідно визначити скільки тонн стружки приходить на 1 м^2 площі дільниці:

$$190,44 / 250 = 0,76 \text{ т/ м}^2$$

Відповідно до рекомендацій [2] при кількості стружки більше $0,3 \text{ т}$ в рік, що приходить на 1 м^2 площі цеху, доцільно використовувати конвеєр для відводу стружки.

4.7.2 Відділення для приготування та роздачі охолоджувальної рідини (ЗОР), склад масел

Оскільки механічний цех є відносно малих розмірів, то відповідно приймаємо площу відділення для приготування і роздачі ЗОР рівною 35 м^2 . Площа складу

масел відповідно складає 12 м^2 .

4.7.3 Контрольні пункти відділу технічного контролю

Кількість контролерів приймаємо рівною 10% від кількості основних верстатників, тобто:

$$5 \cdot 0,10 = 0,5 \text{ чол.}$$

Отже достатньо 1 контролера на дільницю.

Питома площа одного контрольного пункту складає 6 м^2 , відповідно площа контрольного пункту цеху складатиме 6 м^2 .

4.7.4 Цеховий склад матеріалів і заготовок

Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами і заготовками. Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою:

$$S_{сз} = Q_{чорн} \cdot t / 260 \cdot q \cdot K_{в} \quad (4.8)$$

де $Q_{чорн}$ – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, тобто сума маси деталей та маси стружки:

$$756 \cdot 7140 = 3129840 \text{ кг}$$

t – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступання їх на обробку, згідно рекомендацій [1] складає 8 днів;

q – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, при способі збереження матеріалів і заготовок в штабелях складає $1,2 \text{ т/ м}^2$;

$K_{в}$ – коефіцієнт використання площ складування, 0,3.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{сз} = 3129,84 \cdot 8 / 260 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 267,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 270 м^2 .
Оскільки ми суміщуємо склад матеріалів із заготівельним відділенням. То площа зросте і складатиме 400 м^2 .

4.7.5 Проміжний склад

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є проміжний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т.п.

Необхідну площу для проміжного складу розраховують за формулою:

$$S_{\text{прс}} = Q \cdot t / 260 \cdot q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{в}} \quad (4.9)$$

де Q – маса деталей та вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню, $710 \cdot 4140 = 2939400$ кг;

t – середня кількість робочих днів запасу, згідно рекомендацій [1] складає 10 днів;

$q_{\text{пр}}$ – середнє допустиме навантаження на 1 м^2 корисної площі підлоги, складає $1,25 \text{ т} / \text{ м}^2$;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання площ складування, 0,4.

Відповідно підставивши числові значення отримаємо:

$$S_{\text{прз}} = 2939,4 \cdot 10 / 260 \cdot 1,25 \cdot 0,4 = 226,1 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу цехового складу матеріалів і заготовок рівною 230 м^2 .

4.7.6 Інструментально-роздавальний та інші склади

Площа інструментально – роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва за рекомендаціями [14]. (див. таблицю 4.5)

Таблиця 4.5 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкти зберігання	Норми площі на металорізальний верстат , м ²	Кількість верстатів	Площа складу, м ²	
				розрахункова	прийнята
1	2	3	4	5	6
Інструментально-роздавальний	Ріжучий допоміжний інструмент і	0,4-0,9	2	0,8-1,8	2
	Вимірювальний інструмент	0,3-0,5	2	0,6-1	1
Допоміжний	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,6-1,2	2	1,2-2,4	2
Інструментального оснащення	Пристосування і всі види інструмента	1,3-2,6	2	2,6-5,2	5

4.8 Організація та обслуговування робочого місця: організація робочого місця верстатник; забезпечення робочого місця інструментом, заготовками і т.п.

При раціональній організації робоче місце в умовах дрібносерійного виробництва повинно бути оснащене у відповідності з вимогами виробничого процесу та умовами виконання робіт з дотриманням правил санітарної гігієни та техніки безпеки.

Нормативами передбачено для кожного робітника мінімальну виробничу площу 45м^2 та мінімальний об'єм 15м^3 . Розташування обладнання на робочому місці, інвентарю, виробничих меблів, тари, стелажів для заготовок, та готової продукції планується з таким розрахунком, щоб не утворювались незручні умови праці, зайві витрати часу на переміщення по цеху та пошуки необхідних пристосувань.

Освітлення робочого місця повинно бути вірним та достатнім для нормальної праці робітників. Необхідна освітленість визначається в залежності від характеру та точності роботи, розмірів об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта, що розглядається з фоном та діючими санітарними нормами. При освітленні рекомендується, щоб світло падало на об'єкт зліва або спереду. При наявності місцевого освітлення світло не повинно сліпити очі, тінь не повинна падати на деталь, що оброблюється. Зовнішнє оформлення робочих місць та виробничих приміщень повинно відповідати вимогам технічної естетики.

Кількість інструмента та пристосувань на робочому місці повинна бути мінімально необхідною для забезпечення безперебійної роботи на протязі зміни з найменшими затратами часу на отримання та їх заміну. Інструмент постачається з інструментального складу в інструментальний ящик, розташований біля кожного верстату, а з нього – в робочу зону.

Заготовки з складу заготовок перекладаються в контейнер та за допомогою ручного візка переміщуються до верстату №1. Для обробки заготовки виймаються із контейнера для заготовок та після обробки перекладаються в контейнер для готових виробів. Після обробки всіх заготовок з контейнера за допомогою візка підвозиться наступний контейнер, а в пустий контейнер, в якому була попередня партія заготовок, складаються готові вироби. Верстатник, який працює на верстаті №2 при необхідності завантажує контейнер для готових виробів біля верстату №1 на візок, перевозить його до свого верстату та встановлює на місце контейнеру для заготовок. Після обробки деталі складаються в контейнер для готових виробів. Аналогічним чином проходить переміщення деталі до верстатів №3, 4 і так далі –

контейнер з готовими деталями від попереднього верстату встановлюється на місце контейнеру для заготовок наступного верстату, а в пустий контейнер від обробленої партії заготовок складаються готові вироби. Після обробки на останньому верстаті контейнер з готовими виробами перевантажується на візок та транспортується на проміжний склад.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Номенклатуру ріжучого інструмента складають на основі розроблених технологічних процесів виготовлення виробів. Мінімальний оборотний фонд визначають за нормативами в залежності від кількості замін і одночасно працюючих інструментів. Для непотокового виробництва мінімальний оборотний фонд може бути визначений за рекомендаціями [15]. Наприклад на операції 005 виконується фрезерування площини фрезою, для якого період стійкості становить 4, враховуючи, що одночасно працює лише один інструмент мінімальний оборотний фонд інструмента складатиме 4 шт. Але цей показник відповідає одному верстатові і якщо наприклад, для виконання операції 005 задіяно 2 верстати, то мінімальний оборотний фонд складатиме 8 фрез. Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших інструментів і заносимо результати до таблиці 5.1.

Норма витрат інструменту за рік визначається за формулою:

$$N_i = T_{cf} / T_d \quad (5.1)$$

T_{cf} – сумарний час формоутворення даним типорозміром інструмента всіх деталей, тобто сумарний основний час на обробку даним інструментом всіх деталей за річною програмою, в год;

T_d – дійсний термін служби інструмента даного виду і розміру (з урахуванням всіх можливих його переточувань), год.

$$T_{cf} = t_{ocn} \cdot N / 60 \quad (5.2)$$

Де N – кількість деталей за річною програмою, що підлягають обробці із застосуванням інструмента даного виду і розміру.

t_{ocn} – основний час.

Наприклад час формоутворення фрезою на операції 005:

$$T_{cf} = 1,052 \cdot 4140 / 60 = 72,588 \text{ год.}$$

Дійсний термін служби інструмента визначається за формулою:

$$T_d = (L/l + 1) \cdot T_c \cdot \eta \quad (5.3)$$

де L – довжина робочої частини інструмента, що для фрези складає 5 ;

I – величина допустимого сточування робочої частини за одне заточування, (0,25);

T_c – період стійкості інструмента, (4);

η - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати інструмента через руйнування (0,95).

Відповідно для прохідних різців дійсний термін служби інструмента складає:

$$T_d = (5/0,5 + 1) \cdot 0,95 \cdot 4 = 79,8 \text{ год.}$$

Отже норма витрат інструменту:

$$N_i = 72,588 / 79,8 = 1 \text{ шт}$$

Приймаємо 1 фрезу.

Максимальний оборотний фонд інструмента:

$$N = N_{\phi} + N_i \quad (5.4)$$

Тобто максимальний оборотний фонд фрез складає:

$$N = 5 + 1 = 9 \text{ фрез}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для всіх інших типів ріжучого інструмента та заносимо результати до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Відомість потреб в ріжучому інструменті дільниць

Інструмент	Основний час обробки $t_{очн},XB$	Сумарний основний час робки $\sum t_{очн},XB$	Дійсний термін служби		Величина сточування, Г.	Довжина роблючої стини L,	Кількість заточувань, п,	К-нт випадко-вих помок п	Річна потреба H_1 , шт	Мінімальний оротний фонд $H_{ф}$, шт	Максимальний оротний фонд H , шт
			$T_{с.д}$	$T_{д.д}$							
Фреза 22J3K040045Z5R00	5,055	348,79	4	79,8	0,25	5	10	0,95	5	8	13
Фреза 87LBD330101F6R10	0,47	32,43	4	79,8	0,25	5	10	0,95	1	8	9
Фреза 22J1V100245G7R10	0,4	27,6	4	79,8	0,25	5	10	0,95	1	8	9
Фреза 22J1V100245G7R10	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23
Фреза 22J3K040045Z5R00	1,052	72,588	4	79,8	0,25	5	10	0,95	1	8	9
Фреза 87LBD330101F6R10	1,247	86,043	4	79,8	0,25	5	10	0,95	2	8	10
Фреза 87PBG250045F6R10	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23
Фреза 87WBB183053F6R10	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23
Фреза 87WBA148135F4R10	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23
Фреза 87WBB045050F8R10	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23
Фреза 22J3K040045Z5R00	17,2	1186,8	4	79,8	0,25	5	10	0,95	15	8	23

6 ОРГАНІЗАЦІЯ МЕХАНІЧНОГО КОНТРОЛЮ НА ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

Річну потребу окремих видів вимірювального інструмента найбільш точно можна визначити на основі його зносостійкості. Цей спосіб оснований на річній програмі контролюємих деталей і кількості деталей, які можна виміряти до середньоймовірного зношування інструмента.

$$I_{\text{вим}} = \frac{D \cdot B \cdot K_y}{n_d \cdot \delta \cdot K_p} \quad (6.1)$$

де D – кількість контрольованих деталей, 5820 шт.

Але оскільки безпосередньо вимірюються розміри на 30% деталей, то кількість контрольованих деталей складає:

$$4140 \cdot 0,3 = 1242 \text{ шт}$$

n_d – кількість фактично вимірюваних деталей при зношуванні даного вимірювального інструмента на 1 мкм, приймаємо 200 мкм;

δ - середньоймовірне зношування інструмента, наприклад для штангенциркуля приймаємо 7 мкм;

K_p – коефіцієнт, що враховує кількість ремонтів, приймаємо 1.1;

K_y – коефіцієнт, що враховує випадковий вихід з ладу інструмента через поломки, приймаємо 1.5;

B - кількість промірів даним видом інструмента 1 деталі. Наприклад при контролі деталей штангенциркулем проводиться 32 замірів на кожній деталі, відповідно потреба у цьому інструменті:

$$I_{\text{вим}} = \frac{1242 \cdot 32 \cdot 1,1}{400 \cdot 7 \cdot 1,5} = 10,41$$

Отже для виконання всіх необхідних замірів даного типу необхідно 11 штангенциркулів в рік.

Аналогічно визначається кількість вимірювального інструмента інших типів, результати заносимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Відомість потреб у виміральному інструменті діляниць

Вимірвальний інструмент	Кількість деталей, що підлягають контролю Д, шт	Кількість вимірювань В, шт	Кількість промірів при зношуванні на 1 мкм п. вим.	Середньомовірне зношування інструмента δ, мкм	К-нт, що враховує поломки інструм. К _п	К-нт, що враховує ремонт інструм. К _р	Річна потреба в виміральному інструменті І _{вим}	
							Розрахована	Прийнята
Штангенциркуль	1242	32	400	7	1,1	1,5	10,41	11
Шаблон Т-20118	1242	3	200	6	1,05	2	1,630	2
Шаблон Т-24481	1242	2	300	5	1,1	1,5	1,214	2
Шаблон Т-24486	1242	2	200	6	10,5	2	1,086	2
Шаблон Т-20979	1242	8	200	6	1,05	2	4,347	5
Шаблон Т-20981	1242	6	200	6	1,05	2	3,260	4

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 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.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Потрібні значні фінансові ресурси.	Потрібні незначні фінансові ресурси.	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промислово-му комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Сухоруков С.І.	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.

4.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Хрестовина», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту вантажних автомобілів. При цьому на дільниці 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 60 000.

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

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 60 000 шт ;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $\Pi_n=80\%$;
- 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:

$$\Pi_i = \Pi \cdot \Pi_n / 100 [\text{шт}] \quad (4.1)$$

$$\Pi_i = 60000 \cdot 80 / 100 = 48000 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\text{ОП} = \Pi_i / T [\text{шт}] \quad (4.2)$$

$$\text{ОП} = 48000 / 4 = 12000 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП=ОП \cdot C_{п}/100 \text{ [шт]} \quad (4.3)$$

$$ПП=12000 \cdot 0,8=9600 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП=(ОП+ПП)/2 \text{ [шт]} \quad (4.4)$$

$$РП=(12000+9600)/2=10800 \text{ (шт.)}$$

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.

4.3 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.

4.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні використовуються шатуни (а відповідно кришки шатуна), 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.

Таблиця 4.4 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог, кришка виготовлена без ППД	Деталь, технологічний процес виготовлення якої проектується	Відношення параметрів нового пристосування і параметрів аналога
Наявність зміцненого поверхневого шару найбільш зношуваних поверхонь	-	-	наявне	1
Твердість поверхневого шару	НВ	220	260	1,18

Аналізуючи таблицю 4.4 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона дозволить автомобілям працювати довше без поломок і відповідно простоїв.

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

4.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Таблиця 4.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

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:

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

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

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

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,3 = 8,1$$

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

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 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 i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = 260/220 = 1.18$$

$$q_2 = 7/6 = 1.17$$

$$q_3 = 5,28/5,1 = 1.04$$

$$q_4 = 1,6/0,8 = 2,0$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

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

$$K_{яв} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,04 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1.395$$

Таблиця 4.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Твердість поверхневого шару отвору	220НВ	260НВ	1,18	20%
Циклічна довговічність	6 млн. циклів	7 млн. циклів	1,17	30%
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 39,5%.

4.7 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.

$$I_{\text{ЕП}} = 2400 / 4000 = 0,6$$

$$K = 1,395 / 0,6 = 2,32$$

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

4.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (4.5)$$

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.

Таблиця 4.3 – 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	13500	613,63	20	12272,73
2	Інженер-технолог	7500	340,91	20	6818,18
Всього					19090,91

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

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.],} \quad (4.6)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;
 n – число робіт по видах та розрядах, K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c = 1,37$ C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (4.7)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_m = 6700$ 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. Для всіх деталей складатимуть:

$$З_p = 41,10 \cdot 19800 = 813770,5 \text{ (грн.)}$$

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

$$З_d = 0,11 \cdot (813770,5 + 19090,91) = 91614,75 \text{ (грн.)}$$

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

$$(813770,5 + 19090,91 + 91614,75) \cdot 0,22 = 203384,75 \text{ (грн.)}$$

4.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

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

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

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

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

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

$$M = \sum_1^n N_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot Ц_v \text{ [грн.]}, \quad 43.8)$$

Таблиця 4.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
ГФ2171	350 000	12	70,77	172002,31
ЛТ260МФ3	900 000	12	52,43	327708,33
Всього				499710,65

де: N_i – витрати матеріалу i -го найменування, 46,99 кг, $Ц_i$ – вартість матеріалу i -го найменування, 14 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$. V_i – маса відходів i -го найменування, 13,34кг, $Ц_v$ – ціна відходів i -го найменування, 4 грн./кг. n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь	14	46,99	13,34	4	670,289

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

$$M = 46,99 \cdot 14 \cdot 1,1 - 13,34 \cdot 4 = 670,29 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$670,29 \cdot 19800 = 132711662,8 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн.]}, \quad (4.9)$$

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2020 року $V = 3,2$ грн./кВт.

P – установлена потужність обладнання, 12 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:

$$8,6 \cdot 19800 = 170311,7 \text{ (грн.)}$$

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

$$V_{\text{ін}}=(1...3) (Z_o+Z_p) \quad (4.10)$$

$$V_{\text{ін}}=2 \cdot (19090,91+813770,5)=1665723 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$V=19090,91+813770,5+91614,75+203384,75+499710,65+13271662,8+170311,7+ \\ +1665723=16735268,85 \text{ (грн)}$$

4.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

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

$$V_{\text{заг}} = \frac{V}{\alpha} \quad (4.11)$$

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

Тоді

$$V_{\text{заг}}=16735268,85/0,95=17616072,48 \text{ (грн.)}$$

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

$$ЗВ=V_{\text{заг}}/\beta \quad (4.12)$$

Де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

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

Тоді:

$$ЗВ=17616072,48 / 0,9=19573413,86 \text{ (грн.)}$$

4.9 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 19800 шт. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 2500 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 березня 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го, 2022-го та 2023-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

- 1-й рік після впровадження (2020р.) – приблизно 19800 шт.;
- 2-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 16000 шт.;
- 3-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 15000 шт.;
- 4-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 14000 шт.

У 2024 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_i , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100) \quad (4.13)$$

де Π_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, 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;

Π_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. У 2020 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а 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. У 2020 році 18%.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки (2020 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (19800 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 8455911,75 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (16000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 6833060 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (15000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 6405993,75 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (14000 \cdot 2500) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 5978927,5 \text{ (грн.)}$$

4.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (4.14)$$

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

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

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (4.15)$$

де Π_i – 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 – 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:

$$\text{ПП} = \frac{8459}{(1+0.1)^2} + \frac{6833}{(1+0.1)^3} + \frac{6405}{(1+0.1)^4} + \frac{59783}{(1+0.1)^5} = 20209 \text{ (тис. грн.)}$$

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

$$E_{\text{абс}} = 20209 - 19573 = 636 \text{ (тис. грн.)}$$

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:

$$E_B = \sqrt[T_j]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (4.16)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій;

PV – теперішня вартість інвестицій

T_j – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 636/19573} - 1 = 0,42 = 42\%$$

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

$$T_{\min} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } T_{\min} = 35\%$$

Оскільки величина $E_B = 0,42\% > T_{\min} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

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

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,42 = 2,35$$

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

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 (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

Дільниця процесу механічної обробки заготовки деталі «Хрестовна 10.20» знаходиться на території механічного цеху, де можуть виникати наступні шкідливі та небезпечні фактори:

фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатньо природнього освітлення;

хімічні: загальнотоксичні (CO_2 – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні – містяться у парах ЗОР); дратуючі (пари лугів ЗОР);

психологічні: фізичні перевантаження (при перенесенні деталей з конвеєра до робочого місця); нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);

5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше 15 м^3 , а площа – $4,5 \text{ м}^2$.

5.2.1. Мікроклімат

Оптимальні та допустимі показники мікроклімату визначаються на всю робочу зону, допустимі - диференційовано для постійних і непостійних робочих місць.

В приміщенні виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал / год (232-293Вт), робота виконується стоячи і

пов'язана з ходьбою, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.

Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Відповідно встановлені оптимальні і допустимі показники, які приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1- Оптимальні і допустимі показники мікроклімату.

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

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

В приміщенні повинна бути встановлена система опалення на холодний період року. На ділянці де виконуються експериментальні дослідження, є вірогідність виникнення пилу та мікростружки.

Для забезпечення відповідності повітря робочої зони механічних і складальних цехів вимогам безпеки, необхідне здійснення наступних заходів: організація загально-обмінної вентиляції приміщень; організація місцевої вентиляції в місцях виділення пилу, дрібної стружки, шкідливих газів і парів; організація опалення приміщень у зимовий період року.

Обладнання, на яких відбувається дослідження з утворенням пилу і дрібної стружки, мають різні пиловідсмоктуючі пристрої у виді парасолів, які розташовані

над зоною різання і приєднуються до індивідуальних чи групових вентиляційних установок, що працюють на пиловловлювання.

5.2.2. Виробниче освітлення

Природне освітлення проводиться через бокові вікна. Зорова робота на ділянці відноситься до I групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств). Норми освітленості для високоточних робіт наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комб.	Комб.
Високоточне	більше 0,15 до 0,3	2	в	середній	середній	750	2,5

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами. Штучне освітлення нормується і освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750лк , при комбінованому 3000 лк.

5.2.3 Виробничий шум

Джерелами шуму на дільниці є працююче обладнання та обслуговуючий автотранспорт. Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 – Нормування значень рівнів шуму

Робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку ДБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Висококваліфікована робота, що потребує концентрації	107	99	87	82	78	75	73	71	69	80

Інтенсивність шуму у виробничому приміщенні залежить не тільки від прямого, але і від відбитого звуку. Для цієї мети внутрішні поверхні приміщення облицьовують звуковбирними матеріалами. Для відгородження найбільш гучного устаткування чи ділянок від сусідніх робочих місць можна застосовувати акустичні екрани - перешкоди обмежених розмірів, що зменшують рівень прямого звуку від джерела шуму.

5.2.4 Виробничі вібрації

Обов'язковою умовою одержання достовірних результатів дослідження є стійкість руху при роботі приводу. Система має бути вібростійкою, оскільки коливання, погіршують якість обробки, можуть різко знизити і стійкість інструмента. Коливання у верстатах зв'язані з різними їхніми джерелами.

При обслуговуванні установки має місце як загальна, так і локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що працює.

По часовій характеристиці - вібрація непостійна. За напрямом дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора віброустановки вказані в таблиці 5.3:

Таблиця 5.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора.

Категорія вібрації по	Характеристика умов праці	Джерела вібрації
3 тип "а"	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання, або що передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Верстати

Вібродемпфування - рівень вібрації зменшується за рахунок перетворення енергії механічних коливань з теплової енергії. На віброуючі частини наноситься шар пружнов'язкого матеріалу. Зниження рівня вібрації машини досягається шляхом віброізоляції. Віброізоляція здійснюється шляхом вводу в коливальну систему допоміжного пружного зв'язку, який зменшує передачу вібрацій від установки до основи.

В якості віброізолятора установки є гумова прокладка. Вона розміщується між двома фундаментами, на одній з яких встановлена установка.

Таблиця 5.4 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора.

Вид вібрації	Категорії вібрації по санітарних нормах	Напрямок дії	Нормативні і коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			М/с ²	рівень ДБ	М/с	рівень ДБ
Локальна			2,0	126	2,0	112
Загальна	3"а"		0,1	100	0,2	92

5.3 Техніка безпеки

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Обладнання повинно бути безпечним при монтажі, експлуатації і ремонті як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежо-вибухо-безпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Важливою гігієнічною вимогою є достатність обсягу і площі приміщення, що припадає на одного працюючого. Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно із санітарними нормами повинен складати не менше 15 м³, а площа приміщення – 4,5 м². Ширина основних проходів усередині цехів та ділянок має бути не менша 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м. Висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3 м.

5.3.1 Електробезпека

Проектована діляниця по небезпеці ураження людей електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій ділянці існують струмопровідні підлоги і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трифазної чотирипровідної мережі із заземленою нейтраллю.

На ділянці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Техніка безпеки при виконанні технологічних операцій на ділянці

Для забезпечення безпеки повинні використовуватись пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації; застосовуватись

особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

5.4 Пожежна безпека

У відповідності з ДБН В.1.1–7: 2016 приміщення має ступінь вогнестійкості - II, допустиме значення поверхів - фактично 1, площа поверху не обмежується, несучі і огорожувальні конструкції виконуються залізобетоні, з використанням металевих і плитних негорючих матеріалів. В покрівлі приміщень будуть застосовують металеві конструкції, приміщення обладнане евакуаційними виходами. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості представлено в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) і максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) для будівель II ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Проці сходів, марні, балки	Плити, інші несучі конструкції
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішньо несучі			
II	2/0	1/0	(0,25..0,5) / (0..40)	25/0,40	2/0	1/0	0,75/0

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, так як в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

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

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

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері – 1 м, через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

5.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи

Радіоелектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіоелектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінювань, ґрунтується на утворення різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії (вакантні вузли),

атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т. д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів – мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеною на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8-150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металеві сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і тканинні ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин

різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих доль до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до доль Ом.

5.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК верстатного обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, мікросхеми, випрямлячі, магнітні матеріали, транзистори, діоди, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники.

Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для елементів системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр.i}$, Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}$, Р
Індуктивні матеріали	10^6	10 ⁴
Інтегральні схеми	10^4	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистивні елементи	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	10^{10}	
Транзистори, діоди	10^4	
Мікросхеми	10^5	
Випрямлячі	10^6	
Магнітні матеріали	10^{10}	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає $D_{гр}=10^4$ Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де $t_n=1$, $t_k=10$ років= 87601 год – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 5$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже, можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

Проведені для системи ЧПК верстатного обладнання розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючих 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.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки 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 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.

Оскільки деталь Хрестовина обробляється фрезеруванням, то в роботі розглянуто різні типи фрез і виконане моделювання процесу фрезерування даної деталі. Для цього змодельована частина деталі, нанесено навантаження та сили, що діють на деталь. За початкової конструкції деталь не могла виконувати службове призначення. Тому збільшено на 0,8 мм товщину стінок, та додано радіуси заокруглень 2 мм, для того щоб уникнути концентраторів напружень. Повторний аналіз підтвердив, що за таких параметрів деталь може використовуватися.

Після цього змодельовано процес механічної обробки: обрано верстат, зазначено на торці нулі верстата, обрано ріжучий інструмент та визначено траєкторії його переміщення. При обробці хрестовини доцільно використовувати високошвидкісне фрезерування, а моделювання дало змогу отримати програму для верстата з ЧПК

Залізнодорожні хрестовини використовуються під час ремонту та прокладення нових залізничних шляхів. Деталь має декілька типорозмірів і виготовляється згідно ГОСТ 7370-98. Деталь має великі габаритні розміри та значну вагу, до неї висуваються жорсткі вимоги до матеріалу деталі.

Хрестовина виготовляється з високомарганцевої сталі аустенітного класу марки 110Г13Л і заготовка відповідно отримується литтям і хоча хрестовина має досить складну форму, але вона в більшості отримується при виготовленні заготовки.

Проте поверхні по яким іде з'єднання, та поверхні ковзання мають бути оброблені. При цьому виникають труднощі із закріпленням деталі та вибором обладнання оскільки деталь має досить великі габаритні розміри (3401x440x180). Тобто верстат має мати досить велику станину. Деталь містить цілий ряд фасонних поверхонь, при обробці яких необхідно використовувати фасонний інструмент, для забезпечення конусності поверхонь та необхідних радіусів заокруглень.

Проте це реалізовується на верстаті «Поздовжньо фрезерний верстат з ЧПУ Walding Siege». Даний верстат дозволяє обробити заготовку з 3 операцій. Для визначення технологічних розмірів та уточнення розмірів заготовки виконано розмірний аналіз.

Крім того виконано планування ділянки механічної обробки, що показано на листі. На ділянці розміщено 1 верстат.

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 (2,35 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

В розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці на ділянці механічної обробки 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 випромінювань

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 125 с
2. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 123 с.
3. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
4. Дерібо О. В. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Частина 1: практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 114 с.
5. П.П.Мельничук. Технологія машинобудування: підручник/ П.П.Мельничук, А.І.Боровик, П.А.Лінчевський, Ю.В.Петраков.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 882с
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О.Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
7. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Лінчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. — К. 1994. — 400 с
8. Сиротинський О.А. Основи автоматизації проектування машин.: Навчальний посібник.- Рівне: УДУВГП, 2004.- 250 с.
9. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко — Х.: ХДУХТ, 2017. —120 с.

10. Грабченко А.І., Узунян М. Д., Зубкова Н. В. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб.. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – 88 с.
11. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проектування складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.
12. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.
13. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник / М. С. Когут – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.
14. Autodesk PowerMill [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.powermill.com/ru/>.152. Archetti C., Hertz A., Speranza M.G. A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem / C. Archetti, A. Hertz, M.G. Speranza // Transportation Science, 2006. – Vol. 40. – P. 64-73.
15. SolidWorks [Електронний ресурс].–Режим доступу: https://solidworks.softico.ua/?gclid=Cj0KCQjwov3nBRDFARIsANGsdoHhEbPKovBmOWEXjEfp-VepRN_7IbFRyepPd9zYDUE_nX2QPIMy QUaAjmLEALw_wcB
16. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 1: parts, assembly, drawings, and sheet metal. Tutorial Books, 2018. 532 p.
17. Кравченко І. В. Розробка конструкторської документації в середовищі AUTOCAD MECHANICAL: Навчальний посібник. [Електронний ресурс] / Уклад.: І. В. Кравченко, В. І. Микитенко – НТУУ "КПІ". Електронні текстові дані (1 файл).- Київ: НТУУ "КПІ", 2016.
18. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проектування

складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.

19. 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.

20. Наказ МОЗУ №528 від 27.12.2001 «Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text>

21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

22. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php.

23. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.

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

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

26. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=

88004.

27. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

30. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Удосконалення технології виготовлення деталі типу "Хрестовина". _____

Тип роботи: _____ *магістерська кваліфікаційна робота* _____
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність _____ 83,9 _____ Схожість _____ 16,1 _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи _____ Сторчак О.Б. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк О.В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ "ХРЕСТОВИНА".
(обов'язковий)

МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ФРЕЗЕРУВАННЯ ХРЕСТОВИНИ



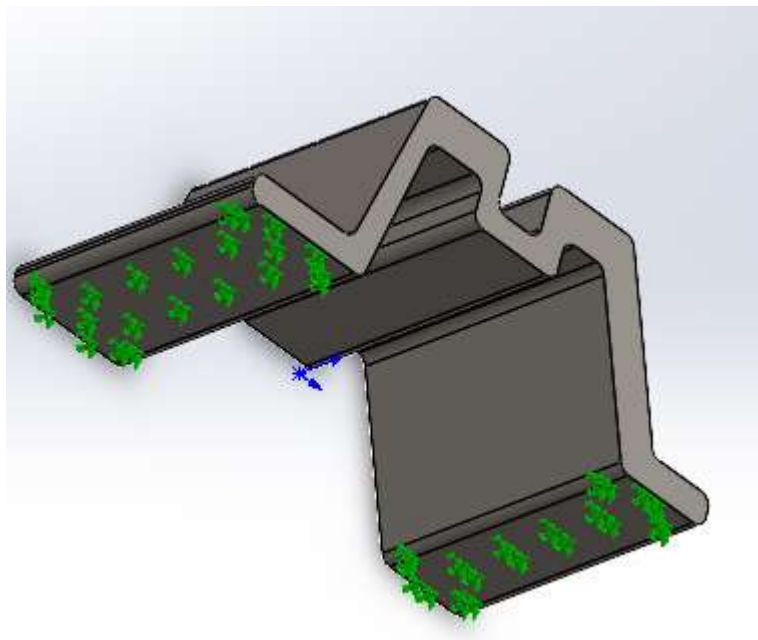
Торцеві фрези конструкції фірми Widia



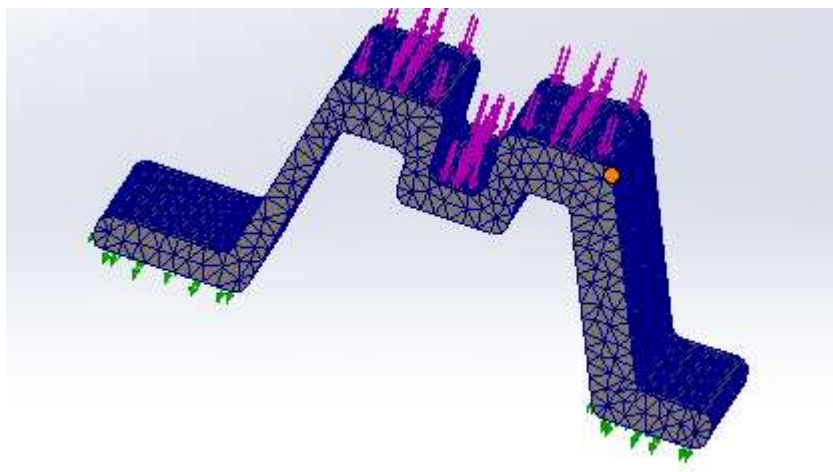
Фрези серії Future-Mill



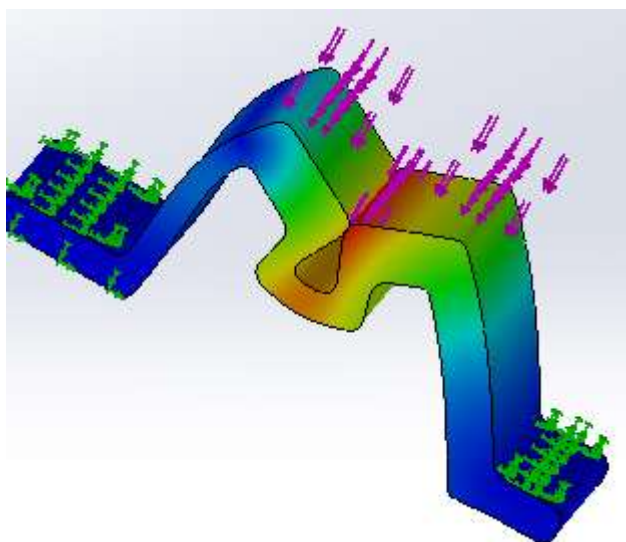
Торцеві фрези серії Mill-Max



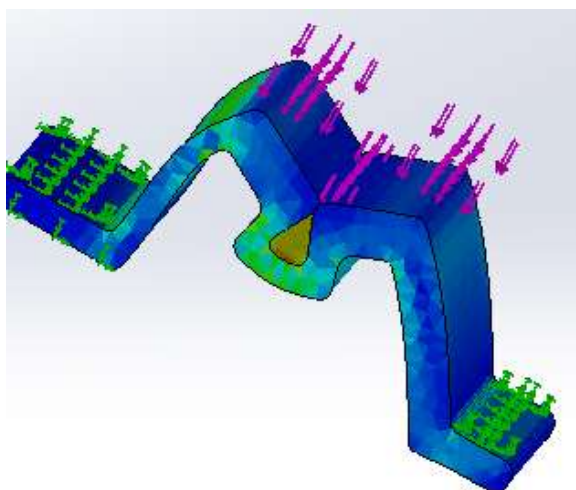
Хрестовина (закріплення деталі)



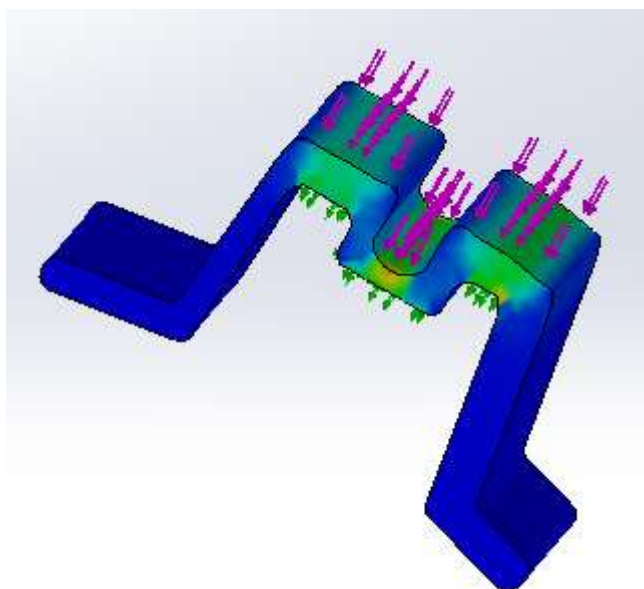
Розбиття на елементи



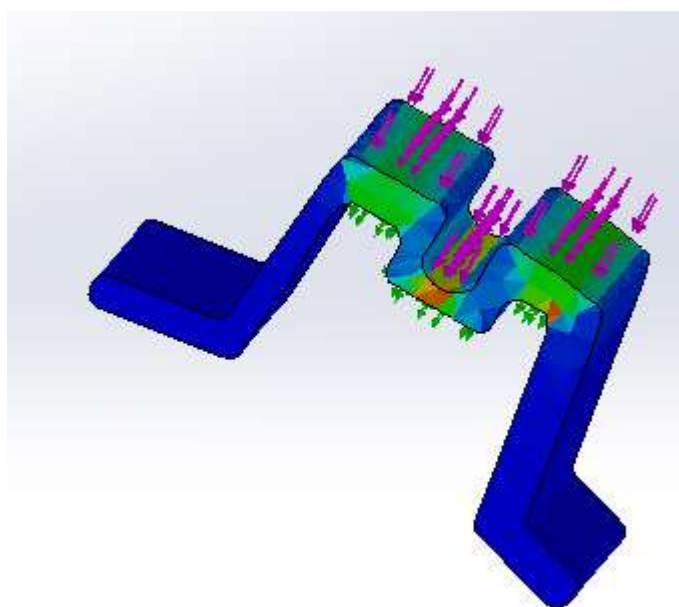
Деформації під дією навантажень



Напруження під дією навантажень



Деформації під дією навантажень (оптимізована еконструкція)

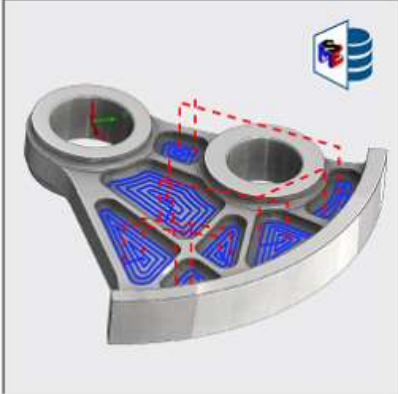


Напруження під дією навантажень(оптимізована еконструкція)

Определяет: Библиотека

Условия
 Материал детали: 6061-T6
 Класс станка: Medium duty

Шпиндель
 SMM : 226.19
 Обороты : 12000.00об/мин
 Заблокировать обороты
 Направление: ПЧ ПрЧ



Точахи

Подача на зуб: 0.07mm

Подача по XY: 1645.92мм/м

Подача по Z: 411.48мм/ми % : 25.00

Подача подвода: 822.96мм/ми % : 50.00

Острые углы
 Включить замедление угла
 Подача по XY : 80.00 %
 Зазор: 20.00 %
 Пороговый угол раствора : 180.00deg
 Пороговый радиус закругления : 0.00 %

Замена подачи по дуге
 Подача по дуге : 100.00 %
 Рассчитанные системой подачи
 Мин. подача : 20.00 %
 Макс. скорость 100.00 %

Розрахунок режимів різання

Суппорт: Задний суппорт 1

Инструменты

Фильтр

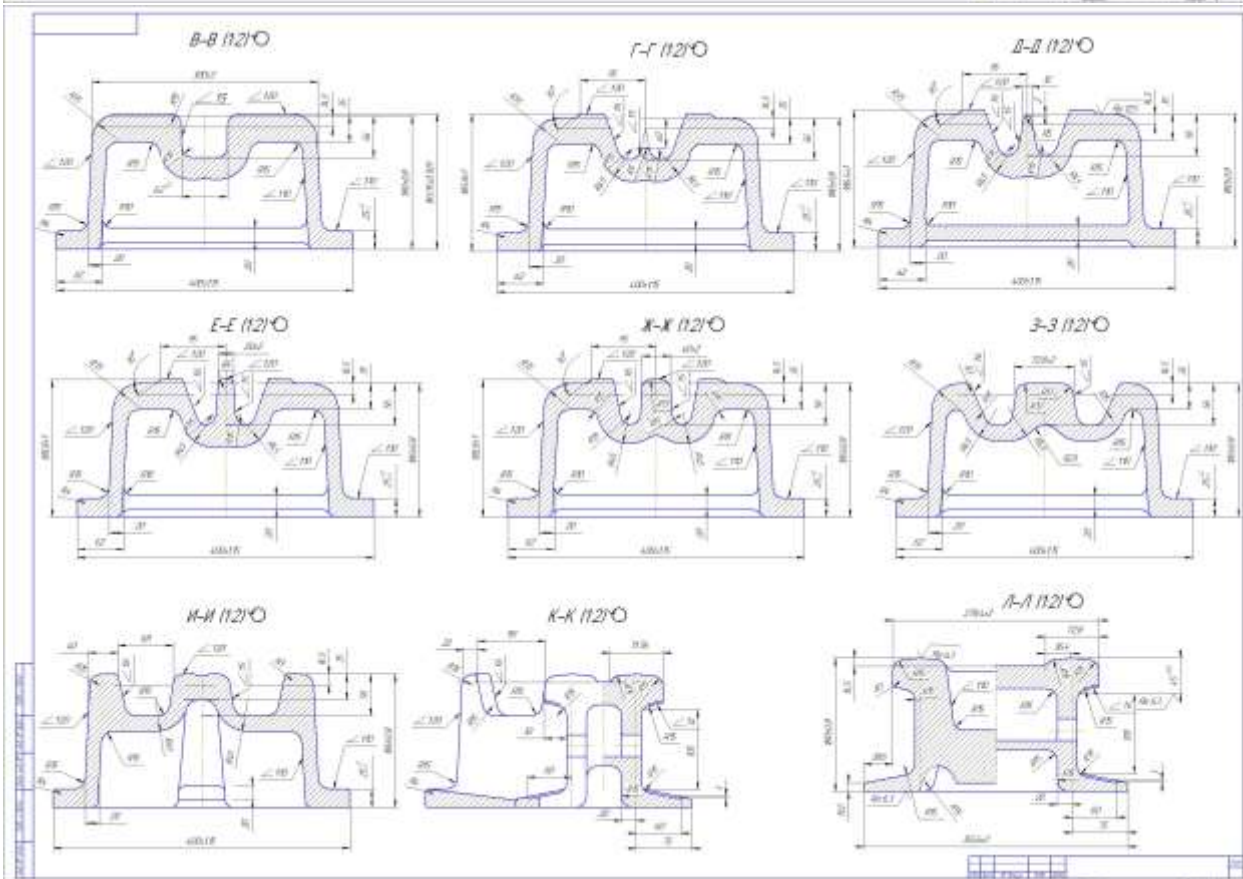
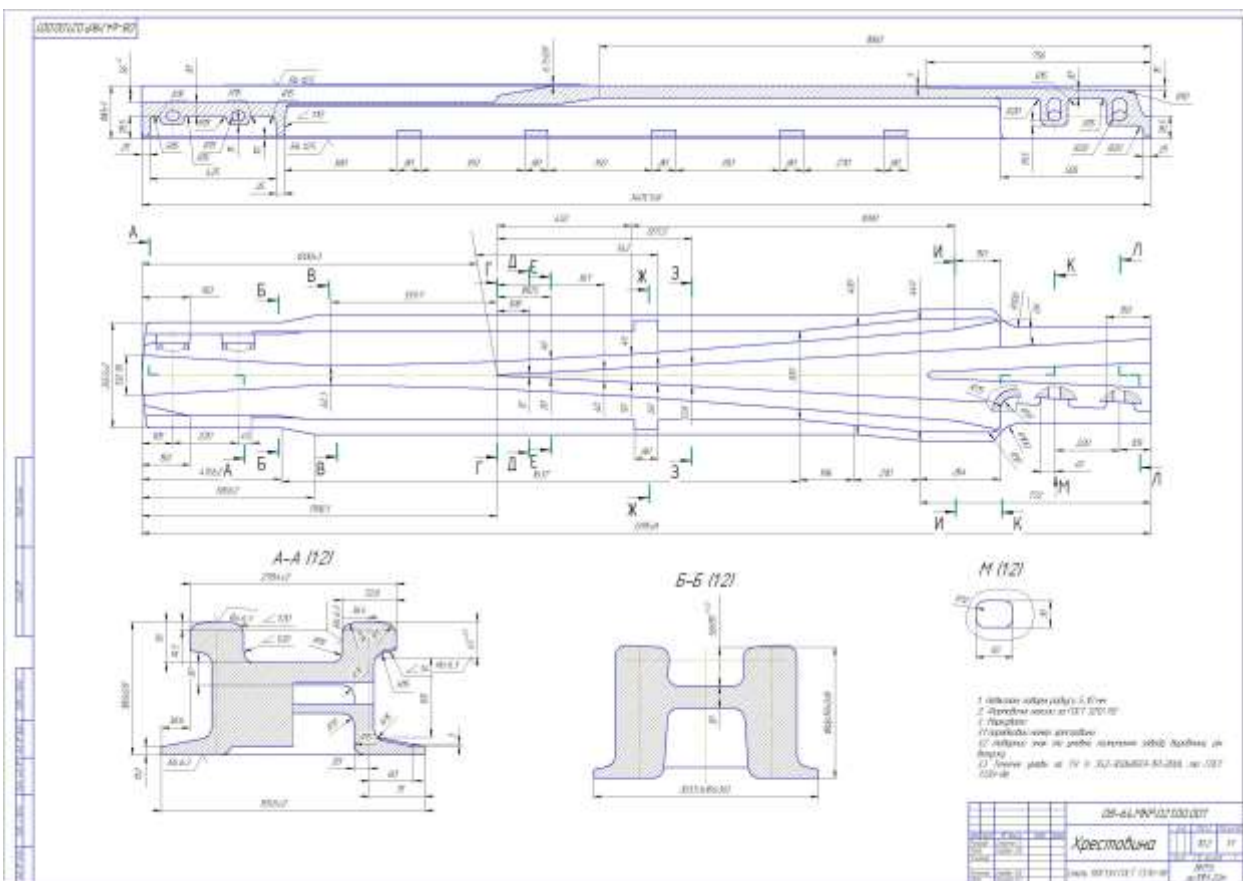
Из библиотеки

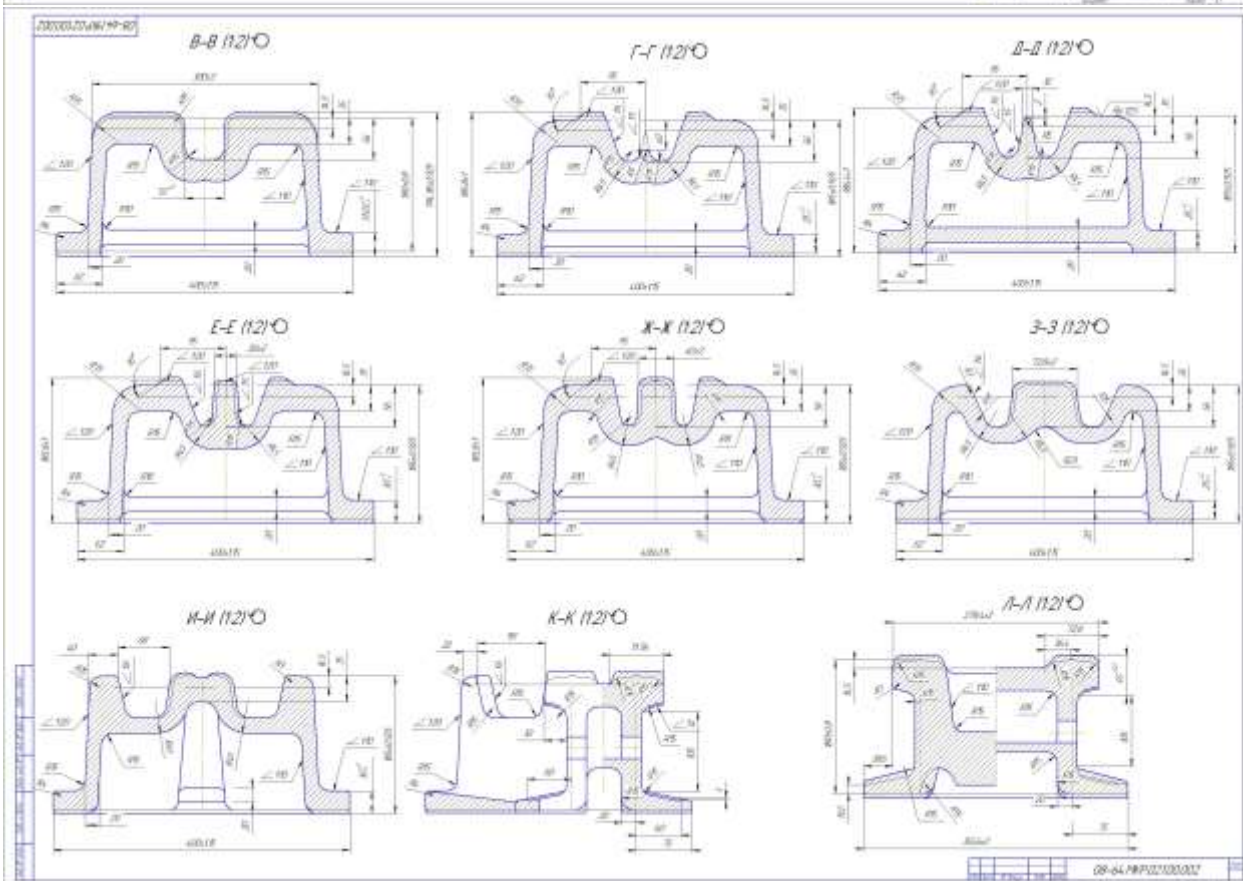
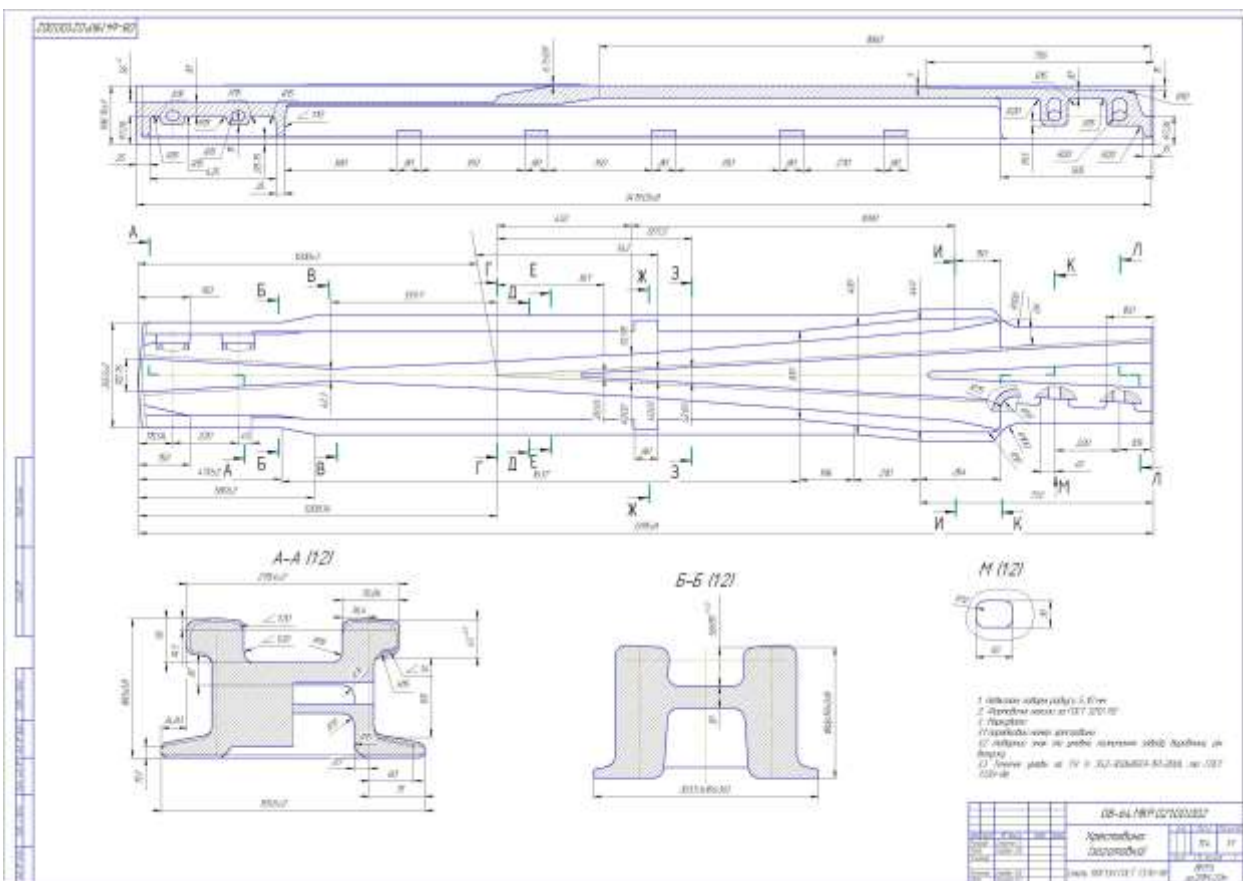
Примен.	Номер	Тип	Номер	Код
6	10	Концевая	1	6MM CRB 2FL
	14	Концевая	2	10MM CRB 2F
	16	Концевая	3	12MM CRB 2F
	18	Концевая	4	16MM CRB 2F
	24	Концевая	5	20MM CRB 2F
	4	Центрование	6	6MM X 60DEC
	42	Сферическая	7	4MM CRB 4FL
	64	Сферическая	8	10MM CRB 4F
	65	Сферическая	9	12MM CRB 4F
	73	Расточка	10	ADJUSTABLE
	9	Зенкование	11	5MM HSS 90C
	?	Толстая фреза	12	50MM 5F1 FD

Оправки

Номер	ТипОправки	СпецифОправки	Диам. верха (мм)
1	RIGID - STATIC	CAT-40	50
2	RIGID - STATIC	CAT-40	50
3	RIGID - STATIC	CAT-40	50
4	ER-16 COLLET	CAT-40	50
5	RIGID - STATIC	CAT-40	50
6	ER-32 COLLET	CAT-40	50
7	ER-32 COLLET	CAT-40	50

Вибір ріжучого інструменту





№ операції	Операції, переходи	Ескізи, схеми установки	Модель верстатів
005	<p>Фрезерні з УМ</p> <p>1 Встановлює заготовки заготовки 2 Фрезеруєтє площину Ø 3 Фрезеруєтє торця Ø 4 Злітає заготовки</p>		<p>Поздовжня фрезерний верстат з ЧПУ "Walding Segen"</p>
010	<p>Фрезерні з УМ</p> <p>1 Встановлює заготовки заготовки 2 Фрезеруєтє площину Ø 3 Фрезеруєтє торця Ø 4 Злітає заготовки</p>		<p>Поздовжня фрезерний верстат з ЧПУ "Walding Segen"</p>

№ операції	Операції, переходи	Ескізи, схеми установки	Модель верстатів
015	<p>Фрезерні з УМ</p> <p>1 Встановлює заготовки заготовки 2 Фрезеруєтє поверхню катаного Ø по Ø 3 Фрезеруєтє площину Ø по Ø 4 Фрезеруєтє площину Ø 5 Фрезеруєтє закруглення Ø 6 Фрезеруєтє торця Ø по Ø 7 Фрезеруєтє поверхню по контуру: Ø, R, Ø по R, Ø, Ø</p>		<p>Поздовжня фрезерний верстат з ЧПУ "Walding Segen"</p>

