

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (пр. предмет. циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**«ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ ДЕТАЛЕЙ «КРОНШТЕЙН Д02116.1» З
ВИКОРИСТАННЯМ САД/САЕ-СИСТЕМ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ»**

08-64.МКР.010.00.000 ПЗ

Виконала: студентка 2-го курсу гр. 1ПМ-24м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

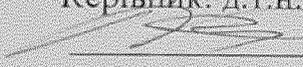
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Артем МЕЛЬНИК

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., зав. каф. ТАМ

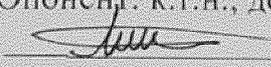


Леонід КОЗЛОВ

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц., доц. каф. АТМ



Олег АНТОНЮК

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ



д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2025 р.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

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 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «Техносмарт-Груп»
В.В. Дмитришен
«06» жовтня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Л.Г. Козлов

(підпис)
«06» жовтня 2025 р.

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

Мельнику Артему Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Оптимізація конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAE-систем та удосконалення технологічного процесу її виготовлення»

керівник роботи д.т.н., проф., зав. кафедри ТАМ Козлов Л.Г.
затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2025 року №313

2. Строк подання студентом роботи 17 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: робоче креслення деталі «Кронштейн Д02116.1», прототип маршруту механічної обробки заготовки деталі, креслення заготовки, програма випуску 800 шт. та режими різання на операції.

4. Зміст текстової частини: аналіз початкових умов, конструкції та службового призначення деталі; розробка пристосування для механізації процесу закріплення деталі на шпонково-фрезерну операцію; розрахунок ріжучого інструменту на шпонково-фрезерній операції; удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1»; економічне обґрунтування розробки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): креслення деталі «Кронштейн Д02116.1», плакат маршруту механічної обробки, креслення шпонкової фрези, плакат удосконаленого робочого місця, креслення пристосування.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав при
Основна частина	д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ	07.10.2025	07.11.2025
Економічна частина	к.е.н., проф. Олександр ЛЕСЬКО	11.10.2025	20.11.2025

7. Дата видачі завдання 07 жовтня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 25.10.2025
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2025
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	до 30.10.2025
4	Розв'язання поставлених задач	до 20.11.2025
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	до 22.11.2025
6	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2025
7	Попередній захист МКР	до 02.12.2025
8	Перевірка роботи на плагіат	до 04.12.2025
9	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2025
10	Рецензування МКР	до 13.12.2025
11	Захист МКР	до 25.12.2025

Студентка


(підпис)

Артем МЕЛЬНИК

Керівник роботи


(підпис)

Леонід КОЗЛОВ

АНОТАЦІЯ

УДК 621.8

Мельник А. С. Оптимізація конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAE-систем та удосконалення технологічного процесу її виготовлення: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / А. С. Мельник. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2025. 92 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 28; табл. 17.

Метою роботи є покращення надійності та продуктивності механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» шляхом використанням CAD/CAE-систем та автоматизованого спеціального обладнання для зменшення часу на допоміжні операції.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз деталі «Кронштейн Д02116.1»; спроектовано пристосування для обробки пазу шириною 8 мм; забезпечено максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання; удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн Д02116.1».

Отримала подальший розвиток методика забезпечення міцності деталей необхідної деталі за рахунок врахування залежності величини зміни радіуса скруглення від терміну служби деталі, що дозволило обрати найбільш оптимальний спосіб виконання поверхонь деталі.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

Ключові слова: кронштейн, робоче місце механічної обробки, пристосування, продуктивність

ABSTRACT

Melnyk A. S. Optimization of the design of the part "Bracket D02116.1" using CAD/CAE systems and improvement of the technological process of its manufacture: Master's qualification work for the competition of the educational qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / A. S. Melnyk. Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa, 2025. 92 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 23 titles; Fig.: 28; table 17.

The purpose of the work is to improve the reliability and productivity of mechanical processing of the workpiece of the part "Bracket D02116.1" by using CAD/CAE systems and automated special equipment to reduce the time for auxiliary operations.

To achieve the set goal, an analysis of the part "Bracket D02116.1" was carried out; a device for processing a groove 8 mm wide was designed; maximum productivity of workpiece processing by cutting modes was ensured; the workplace for machining workpieces of the type "Bracket D02116.1" was improved.

The method of ensuring the strength of the parts of the required part was further developed by taking into account the dependence of the change in the radius of curvature on the service life of the part, which made it possible to choose the most optimal method of performing the surfaces of the part.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of machining the workpiece of the part, the payback period and the economic effect are calculated. The work also developed measures for labor protection and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

Key words: bracket, machining workplace, device, productivity

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «КРОНШТЕЙН Д02116.1»	7
1.1 Службове призначення деталі «Кронштейн Д02116.1»	7
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Кронштейн Д02116.1»	10
1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Кронштейн Д02116.1»	15
1.4 Оптимізація конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1»	20
1.5 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу	25
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІІ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН Д02116.1».....	29
2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування.....	29
2.2 Визначення похибки базування.....	31
2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення	33
2.4 Вибір затискного механізму та розрахунок його параметрів	36
2.5 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність	37
2.6 Опис дії верстатного пристосування.....	38
2.7 Розрахунок ріжучого інструментів	39
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН Д02116.1»	42
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця.....	42
3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця.....	44
3.3 Проектування захватного пристрою та його перевірочний розрахунок	47
3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота.....	52
3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця.....	53
3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті.....	55
3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота.....	57
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	59

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	59
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	61
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	71
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	82
ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	83
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	84

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасні підходи до виробництва сприяють підвищенню продуктивності при виготовленні деталей. Основою створення машинобудівних компонентів є їхні технологічні процеси. Завдяки поступовому та безперервному вдосконаленню цих процесів досягається відчутний економічний ефект. Ключовою складовою таких удосконалень є впровадження інноваційного обладнання, нових матеріалів та сучасного інструменту. Зважаючи на це, інженери та керівники заводів постійно стежать за розвитком і застосуванням новітніх методів оптимізації технологічних процесів, щоб забезпечити зростання прибутковості підприємств.

У матеріалі висвітлено підходи до підвищення ефективності технологічної підготовки та механічної обробки деталі «Кронштейн Д02116.1». Особливо актуальним є впровадження автоматизованого робочого місця, що значно підвищує продуктивність виробництва, розробка спеціальних пристосувань, а також створення сучасних програмних засобів для проектування інструментів.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є покращення надійності та продуктивності механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» шляхом використання CAD/CAE-систем та автоматизованого спеціального обладнання для зменшення часу на допоміжні операції.

Для досягнення мети планується розв'язати такі *задачі*:

- провести аналіз деталі «Кронштейн Д02116.1»;
- оптимізувати конструкцію деталі «Кронштейн Д02116.1»;
- спроектувати пристосування для виготовлення шпонкового пазу 8 мм;
- забезпечити максимальну продуктивність обробки заготовки режимами різання;
- розрахувати ріжучий інструментів для шпонкової операції;
- удосконалити безпосередньо робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн Д02116.1».

Об'єкт дослідження – фізико-механічні процеси.

Предмет дослідження – обладнання та механізми для удосконалення технологічного процесу.

Методи дослідження. Математична логіка, методи функціонального моделювання та методи поверхневого і твердотілого моделювання за допомогою програмного пакету SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика кінцево-елементного аналізу деталі «Кронштейн Д02116.1», що дозволило удосконалити його конструкцію з метою забезпеченням необхідного коефіцієнту запасу міцності при втомних руйнуваннях.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено пристосування для виготовлення шпонкового пазу 8 мм, спроектовано конструкцію шпонкової фрези $\varnothing 8$ мм, удосконалено робоче місце механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн Д02116.1» шляхом встановлення промислового робота моделі «QJRB15-1».

Особистий внесок магістранта. Основні теоретичні та симуляційні результати розрахунків і моделювання, що наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримано самостійно.

Публікації: Мельник А. С., Піонткевич О. В., Козлов Л. Г. Аналіз втоми матеріалу деталі «Кронштейн» під дією циклічних навантажень. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», м. Вінниця, 20 жовтня 2025 р. - 26 червня 2026 р. Електрон. текст. дані. 2025. 4 с. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/paper/view/26917>.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА СЛУЖБОВЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ «КРОНШТЕЙН Д02116.1»

1.1 Службове призначення деталі «Кронштейн Д02116.1»

Деталь «Кронштейн Д02116.1» є складовою вузла вентилятора охолодження (рисунок 1.1) для двигуна фірми Cummins серії ISLe (рисунок 1.2). Основна функція вузла вентилятора охолодження – це забезпечити необхідний продув двигуна фірми Cummins за допомогою пасової передачі. Фірма Cummins постачає двигуни різних видів техніки та обладнання.

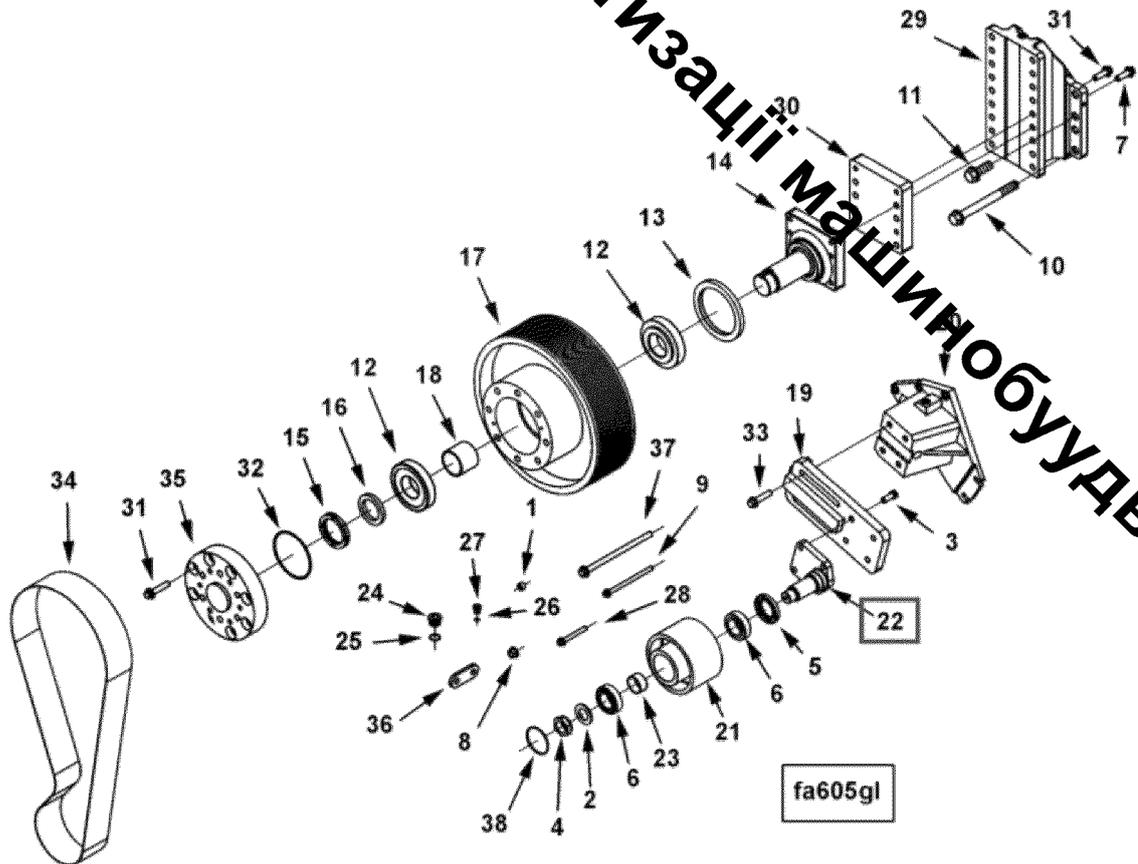


Рисунок 1.1 – Складальна одиниця вузла вентилятора охолодження

Вимоги замовника потребують від Cummins адаптувати модель двигуна. Необхідні двигуни повинні відповідати за потужністю й габаритами для наявних платформ з огляду на умови експлуатації техніки. Як наслідок, подібні перетворення

одного двигуна може містити велику кількість модифікацій та досягати 50 і більше типів. Таким чином зовні схожі двигуни фірми Cummins, можуть кардинально відрізнятися за своїми характеристиками.

Основні робочі характеристики двигуна фірми Cummins серії ISLe показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані двигуна фірми Cummins серії ISLe

Об'єм	8,9 л
Потужність	340 к.с. (1480 Нм)
Паливна система	Електронно керована Common Rail (1600 бар)
Турбонаддув	Турбокомпресор Holset
Голова циліндрів	24-клапанна
Розташування циліндрів та їх число	Рядне, 6
Діаметр і хід поршня	114x145 мм
Маса двигуна	707 кг
Охолодження	Інтеркулер типу "повітря-повітря"
Екологічність	Системи SCR (AdBlue) для відповідності нормам Євро-5
Застосування	Вантажівки (Dongfeng), автобуси, спецтехніка

На вантажівки Dongfeng, що постачаються на український ринок, встановлюється перевірений часом двигун Cummins ISLe з об'ємом 8,9 літра та параметрами 114 × 144,5 мм. Він оснащений чавунним блоком і головкою, має «мокрі» знімні гільзи циліндрів з точним центруванням по обидва краї — верхньому та нижньому. Завдяки такому конструктивному рішенню, блок двигуна здатний витримувати велику кількість капітальних ремонтів. Основою механізму виступає міцний сталевий кований колінвал, передбачений для роботи з чотирма ремонтними розмірами після перешліфування. Відсутність гідрокомпенсаторів і електронного

керування дозволяє повністю механізувати подачу палива. Це спрощує обслуговування двигуна, знижує його чутливість до низьких температур і полегшує запуск взимку. Регулювання клапанів рекомендується проводити раз на кожні 240000 км пробігу.

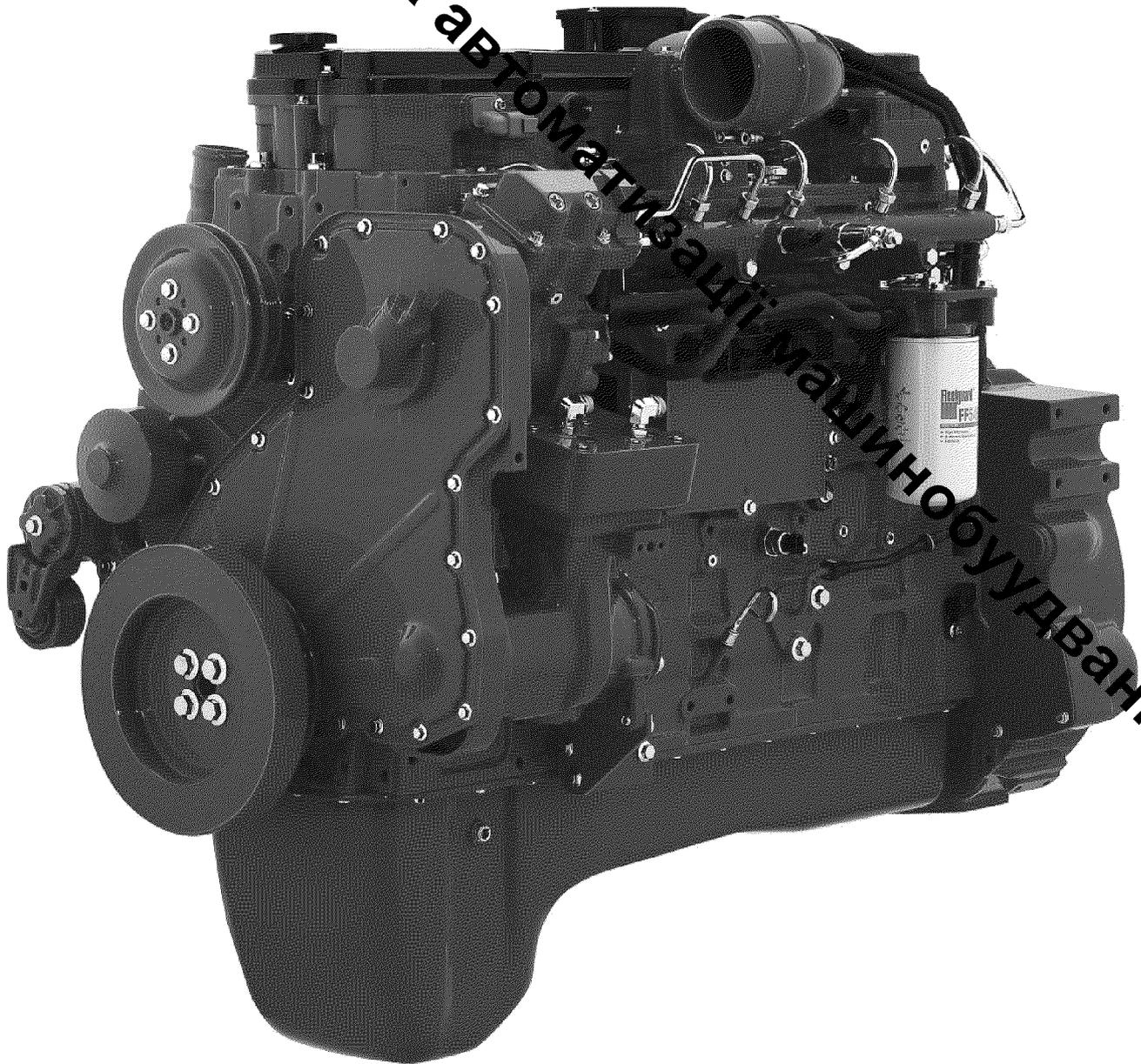


Рисунок 1.2 – Двигун фірми Cummins серії ISLe

Для головки блоку використовуються два типи прокладок: металоасбестова варіант з ущільненнями для водяних каналів або більш надійна повністю металева збірна версія. Залежно від налаштувань потужності, встановлюються різні типи поршнів: стандартні алюмінієві з армованою вставкою під верхнє кільце, або більш довговічні складові поршні з цільним днищем та бобишками. Останній варіант забезпечує мінімальний знос канавки під верхнє поршневе кільце, а також додає жорсткості та надійності конструкції. Конструктивна особливість поршнів передбачає з'єднання спіднища з днищем і бобишками через поршневий палець, що додає міцності та довговічності. Для зменшення теплонавантаження збірна система охолоджує порожнину й днище поршня струменем масла, а також застосовується охолоджене повітря з інтеркулера. Завдяки цьому значно зменшується температура днища поршня, камери згоряння, верхньої частини гільзи та прокладки головки блоку.

Окремої уваги заслуговує конструкція деталі «Кронштейн Д02116.1». Вона виконана із високоміцних матеріалів, щоб витримувати інтенсивні навантаження навіть у надскладних умовах експлуатації. Кронштейн має точне прилягання, що забезпечує плавність роботи та мінімальний знос. Передбачені також функції збалансованого розподілу ваги, які істотно зменшують рівень вібрації та шуму в процесі експлуатації. При перевірці на міцність виконаємо навантаження $F=5$ кН в місцях розміщення підшипників, а кріплення деталі виконуємо за 4 різьбові гвинти М16-6Н та торець 155x134 мм.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі «Кронштейн Д02116.1»

Деталь «Кронштейн Д02116.1» зроблено з сталі марки 40Х ДСТУ 7806:2015, так як деталь виконує основну функцію редуктора по передачі крутного моменту. Деталь «Кронштейн Д02116.1» є відповідальною та від точності обробки її поверхонь залежить уся ефективність роботи даного механізму. Саме тому обрано матеріал: легована конструкційна сталь 40Х із вмістом вуглецю 0,36...0,44%,

кремнію 0,17...0,37%, марганцю 0,5...0,8% та хрому 0,8...1,1%. При цьому частка сірки та фосфору в сталі марки 40X не повинна перевищувати 0,035%.

На рисунку 1.3 показано конструкцію деталі «Кронштейн Д02116.1». Необхідні вимоги виготовлення деталі «Кронштейн Д02116.1» зображено на його кресленнику: 08-64 ДМКР.010.00.001. Найточніші є циліндричні поверхні під посадку підшипників $\varnothing 50k6$. Для закріплення деталі «Кронштейн Д02116.1» на корпус двигуна використовують плоску поверхню 155x134 та 4-х різьбових отвори М16-6Н. Допоміжними конструкторськими базами для деталі «Кронштейн Д02116.1» є його різьбова поверхня М36x2-6g, торець та шпонковий паз шириною 8 мм. Решта поверхонь є вільними.

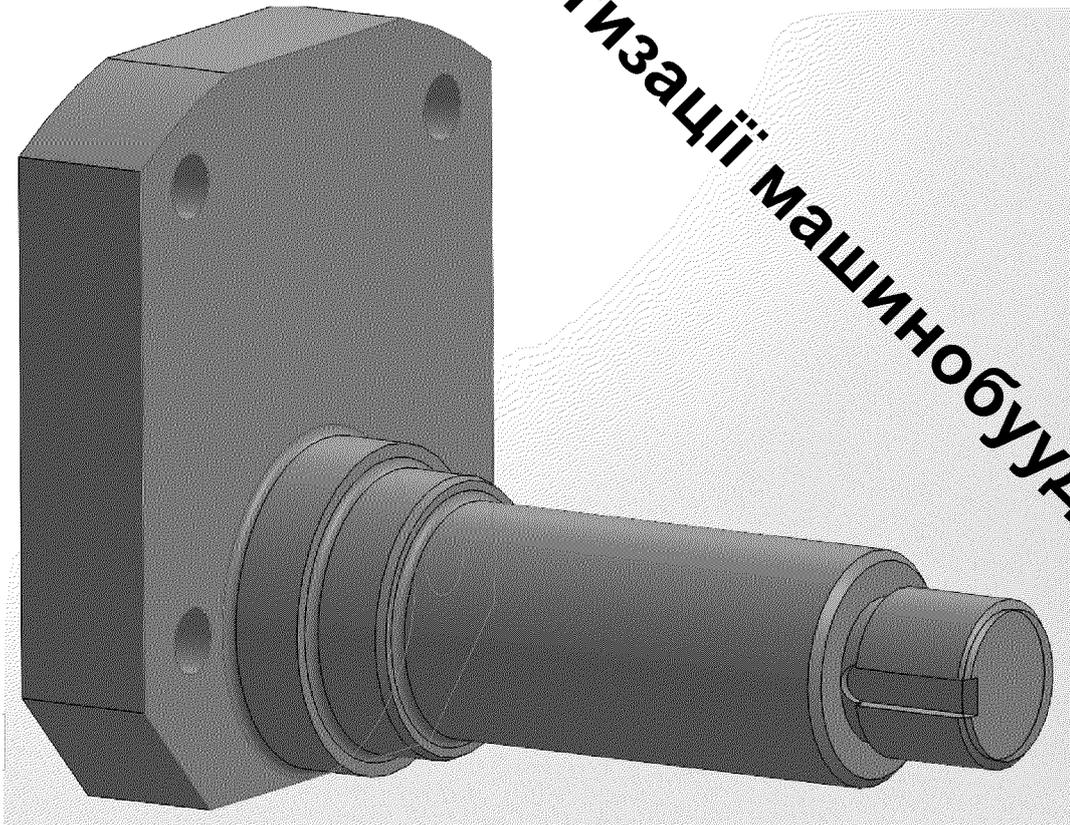


Рисунок 1.3 – Тривимірна модель деталі «Кронштейн Д02116.1»

Технологічні вимоги мають запис про термообробку «Гартування». При цьому забезпечується твердості 40...65 HRC на глибину 0,5 мм, яка проводиться при температурі 860 °С. Такий підхід дозволяє збільшити термін служби деталі. Матеріал сталь 40X добре обробляється перед «Гартуванням» та піддається

вдільнюванню, що дає можливість використовувати штучний круглий сортовий прокат.

До зовнішнього діаметра поверхні $\varnothing 50k6$ задано допуск радіального биття 0,01 мм відносно осі обертання кронштейна (бази А). Таку якість та допуск можна забезпечити після термічної обробки за рахунок шліфування в центрах з одного установа. Всі решта поверхонь обробляються по 14-му квалітету, що досягається вибором відповідних інструментів і методів обробки.

Для деталі «Кронштейн Д02116.1» вказано вимоги щодо якості поверхні за шорсткістю R_a 1,6-6,3 мкм, яку можна забезпечити точінням або фрезеруванням з декількох переходів. Також для місця контакту деталі «Кронштейн Д02116.1» із манжетою, яка захищає підшипники, встановлено шорсткість R_a 0,63 після полірування. Загальна шорсткість для усіх інших поверхонь складає R_a 6,3 мкм.

Попередній огляд деталі «Кронштейн Д02116.1» показав, що коефіцієнт уніфікації по розмірам становить 0,861. Так само можна проаналізовано коефіцієнт точності обробки – 0,924, та коефіцієнт шорсткості поверхні – 0,183. Отримані значення знаходяться в межах норми і за нашими кількісними показниками деталі «Кронштейн Д02116.1» є технологічною.

Для аналізу конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» проведемо статичні дослідження на її міцнісні характеристики. Для цього розрахову було використано розроблену тривимірну модель (рисунок 1.3). Під час дослідження деталі «Кронштейн Д02116.1» прикладемо дію навантаження $P=5$ кН в місці розміщення підшипників, а кріплення деталі виконуємо за 4 різьбові отвори М16-6Н та торець 155x134 мм. Знайдено напруження по Мізесу (рисунок 1.4), які виникають в матеріалі деталі «Кронштейн Д02116.1».

Встановлено, що в місцях закріплення підшипників для деталі «Кронштейн Д02116.1» виникають найбільші напруження по Мізесу, які дорівнюють 83.66 МПа. Для цього аналізу також знайдено коефіцієнт запасу міцності (рисунок 1.5), який дорівнює 2,884.

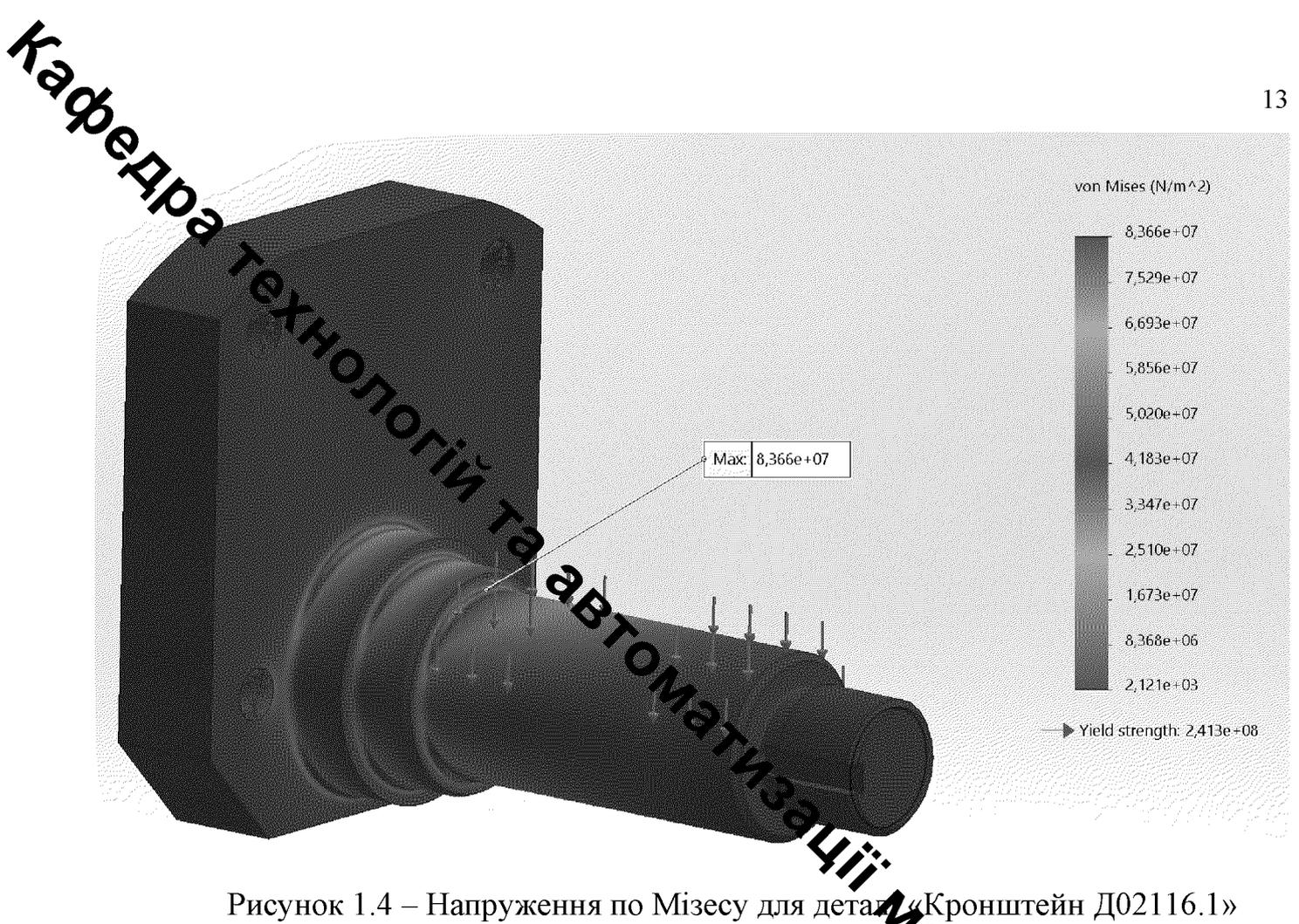


Рисунок 1.4 – Напруження по Мізесу для деталі «Кронштейн Д02116.1»

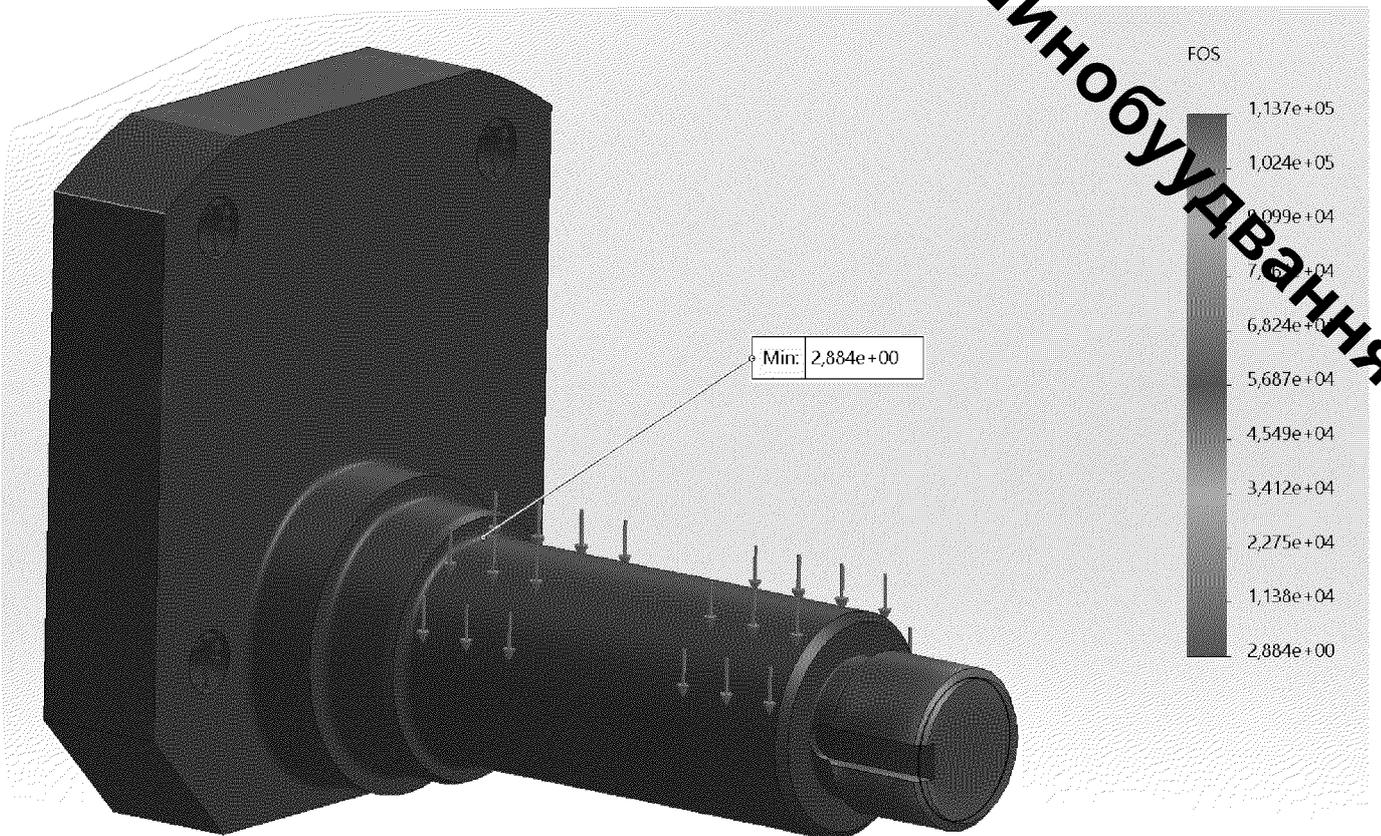


Рисунок 1.5 – Коефіцієнт запасу міцності деталі «Кронштейн Д02116.1»

Отже, досліджувана тривимірна модель деталі «Кронштейн Д02116.1» забезпечує необхідні міцнісні характеристики, а її маса дорівнює 6,75 кг. Однак, ці результати отримані під час статичної роботи деталі, для більш точного розрахунку необхідно врахувати циклічність навантаження деталі та вплив втомних напружень.

Заготовка деталі «Кронштейн Д02116.1» виготовляється куванням. Це один із популярних способів виготовлення заготовки для дрібносерійного виробництва (рисунок 1.6). При цьому встановлено клас точності штамповки Т4, його група сталі М2, а ступінь складності С2.

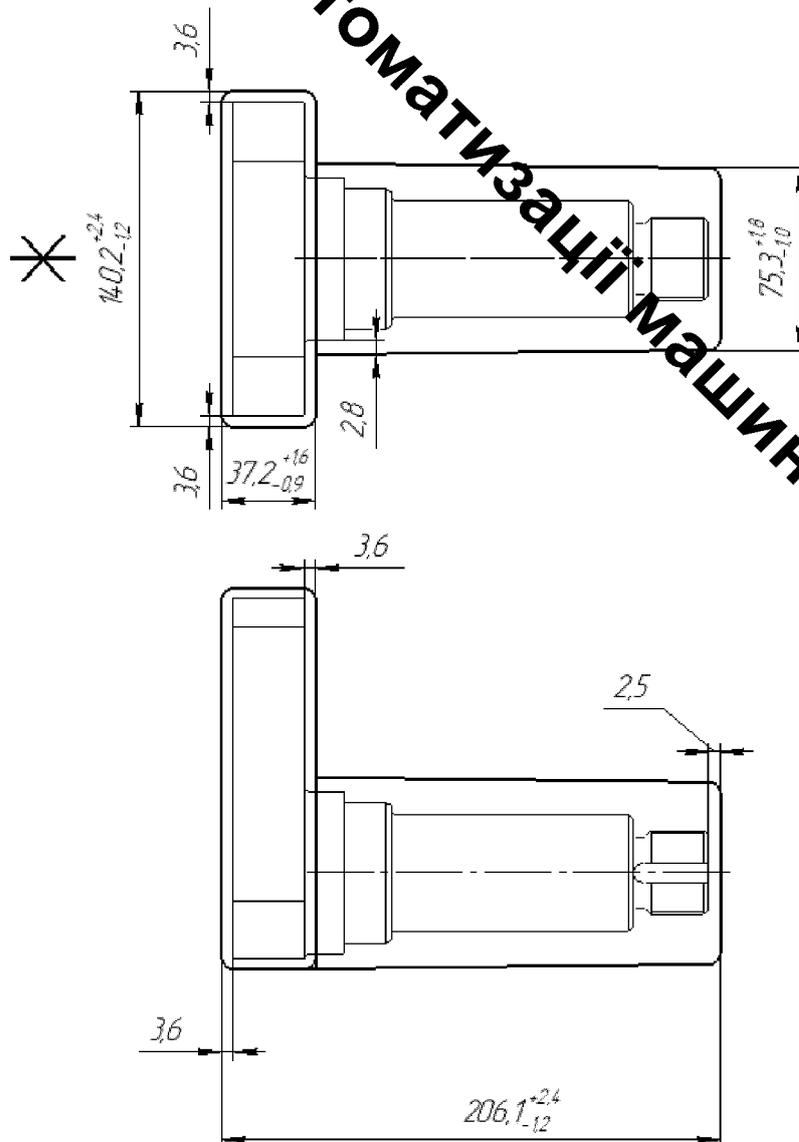


Рисунок 1.6 – Ескіз заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1»

Отже, маса заготовки становить 14 кг, так як маса обробленої деталі – 6,75 кг. Розрахований коефіцієнт точності маси деталі «Кронштейн Д02116.1» становить 48,21%, що є гарним значенням для даної заготовки під час дрібносерійного виробництва та в 2,9 разів краще чим заготовка із прокату кругляка діаметром $\varnothing 185^{+0,9}_{-2,5}$ мм.

1.3 Аналіз маршруту механічної обробки деталі «Кронштейн Д02116.1»

Згідно орієнтованих даних [1] розраховано тип виробництва дрібно серійний, так як коефіцієнт закріплення операцій дорівнює 35,02. Тоді встановлюємо, що форма організації роботи – групова. При цьому кількість деталей у партії 16 шт.

Для деталі «Кронштейн Д02116.1» прийнято за чистові технологічні бази прийнято допоміжні бази у вигляді центрованих отворів А6,3 ГОСТ 14034-74. Тобто базування деталі «Кронштейн Д02116.1» відбуватиметься в центрах для майже на всіх операціях. Ці базові поверхні дозволяють забезпечити закріплення та обробку деталі відносно осі з достатньою точністю розмірів і геометричних форм.

Схему базування для шпоночно-фрезерної операції прийнято за зовнішню циліндричну поверхню заготовки та її торець. При цьому похибка базування має значення $\xi_6 = 0,03$ мм, що є допустимо при допуску 0,62 мм на розмір 31 мм.

Під час обробки похибки базування на токарні, шліцефрезерну та шліфувальні операції відсутні за рахунок використання центрованих отворів А6,3 ГОСТ 14034-74.

Чорною базою в нашому випадку приймаємо класичну схему базування на фрезерно-центрувальній операції за зовнішній діаметр заготовки і один торець. Вибрані чистові та чорнові бази забезпечать всі вимоги до деталі «Кронштейн Д02116.1».

При розробці маршруту на механічну обробку ми дотримувалися принципів, що точність оброблюваних розмірів є завжди більшою по мірі припусків та якості обробки деталі «Кронштейн Д02116.1». Крім цього, в самому кінці технологічного процесу механічної обробки наявна промивна та контрольна операції. Ці операції

дають можливість очистити від стружки і бруду деталь «Кронштейн Д02116.1» з перевіркою її розмірів (див. таблицю 1.2).

В ході аналізу даного маршруту механічної обробки деталі «Кронштейн Д02116.1» ми маємо обробку на операції 010 токарній з ЧПК операції на верстаті 1П420ПФ30. Доподібно було б розмістити програмованого робота з тактовим столом, що дасть зменшення часу на допоміжні та міжопераційні переходи.

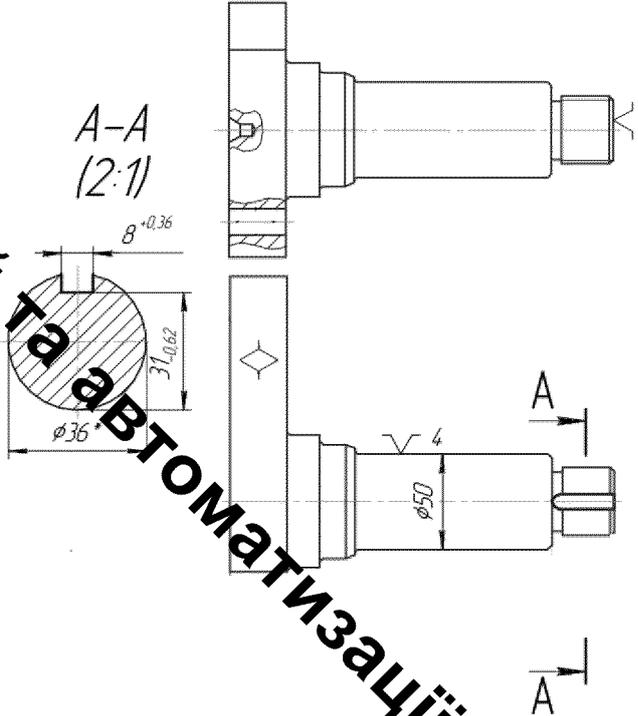
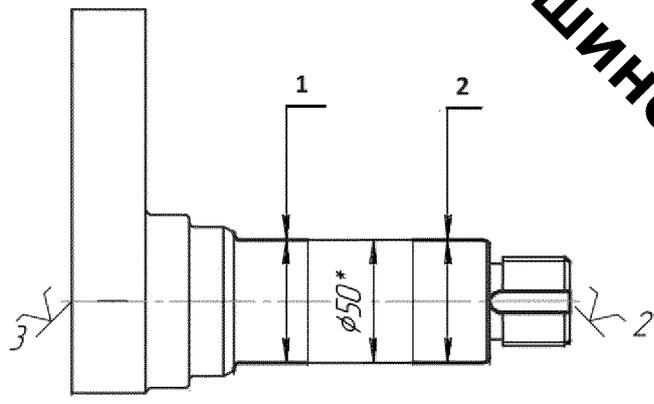
Таблиця 1.2 – Маршрут механічної обробки деталі «Кронштейн Д02116.1»

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
1	2	3
<p>005 Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити торець 1. 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню 2. 4. Центрувати отвір 3. 5. Переустановити деталь. 6. Точити торець 4. 7. Центрувати отвір 5. 8. Зняти деталь. 	<p>Установ 1</p> <p>Установ 2</p>	<p>Токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ30</p>

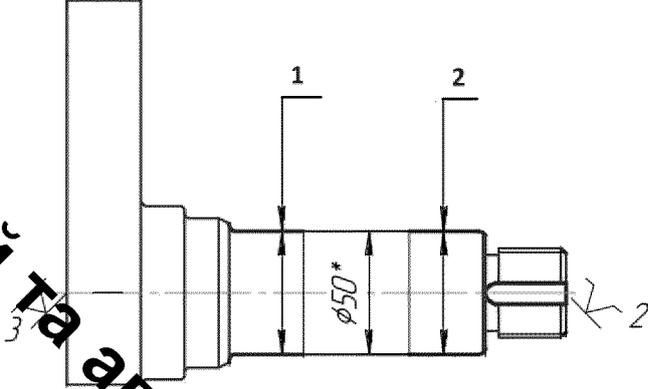
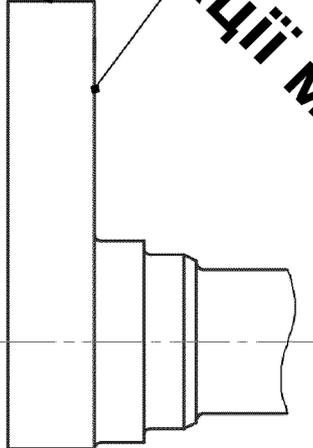
Продовження таблиці 1.2

1	2	3
<p>010 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Точити поверхню 1 підрізанням торця, поперечно. 3. Точити поверхню 2 поперечно. 4. Точити поверхні 3 поперечно. 5. Точити поверхню 3 та поверхню 4 поперечно. 6. Точити поверхню 5 поперечно. 7. Точити канавки 6 одноразово. 8. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 по контуру з підрізанням торців і виконанням фасок та гантель. 9. Точити різьбу на поверхні 5. 10. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний з ЧПК ІП420ПФ30</p>
<p>015 Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати поверхню 1 поперечно. 3. Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово. 4. Центрувати 4 отвори 3 з утворенням фасок. 5. Свердлити 4 отвори 3 наскрізь. 6. Нарізати різь в 4-х отворах 3. 7. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 8. Зняти деталь. 		<p>Фрезерний верстат з ЧПК DMC 635 V есол</p>

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
<p>020 Шпонково-фрезерна</p> <p>1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Зняти деталь.</p>		<p>Шпонково-фрезерний 692P</p>
<p>025 Термічна</p>	<p>Гартування за допомогою СВЧ</p>	
<p>030 Шліфувальна</p> <p>1. Встановити та закріпити деталь 2. Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово. 3. Зняти деталь.</p>		<p>Круглошліфувальний з ЧПК ЗМ151Ф2</p>

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
<p>035 Шліфувальна</p> <p>1. Встановити та закріпити деталь.</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 поверхню 2 одноразово.</p> <p>3. Зняти деталь.</p>		<p>Круглошліфувальний з ЧПК 3М151Ф2</p>
<p>040 Промити деталь</p>		
<p>045 Технічний контроль</p>		
<p>050 Нанесення антикорозійного покриття</p> <p>1. Покрити поверхні А Грунт ГФ-021.</p> <p>2. Покрити поверхні А Емаль ПФ-115, зелений.</p>		

Необхідно також звернути увагу на 020 шпонково-фрезерну операцію на шпоночно-фрезерному верстаті моделі 692Р, для якого варто спроектувати пристосування, щоб зменшити час для допоміжних переходів та для операцій на затискання, з метою забезпечити установку і закріплення деталі «Кронштейн Д02116.1» в необхідній позиції.

1.4 Оптимізація конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1»

Деталь «Кронштейн Д02116.1» працює не тільки при статичному навантаженні, а й при циклічному, адже змінюється частота обертання вентилятора та сприйняте навантаження, що може суттєво впливати на довговічність роботи такої деталі.

Для врахування наявних циклічних навантажень запропоновано використовувати імітаційний модуль SolidWorks Simulation, а саме можливість імітувати циклічні навантаження за допомогою функції «Fatigue». Налаштований інтерфейс програми показано на рисунку 1.7.

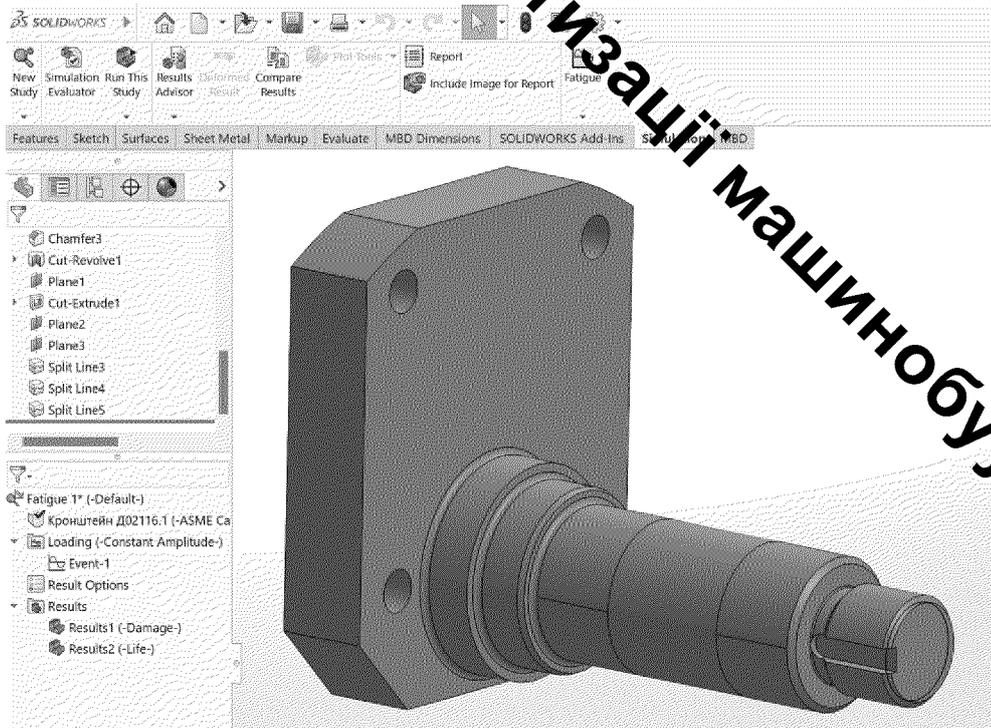


Рисунок 1.7 – Інтерфейс функції «Fatigue» модуль SOLIDWORKS Simulation

Перед налаштуванням функції «Fatigue» обов'язково необхідно провести попередній аналіз статичних або інших напружень для яких необхідно врахувати циклічність роботи. Особливістю функції «Fatigue» є врахування кривої зміни міцності від циклічності навантаження. Графік зміни міцності від циклічності навантаження показано на рисунку 1.8.

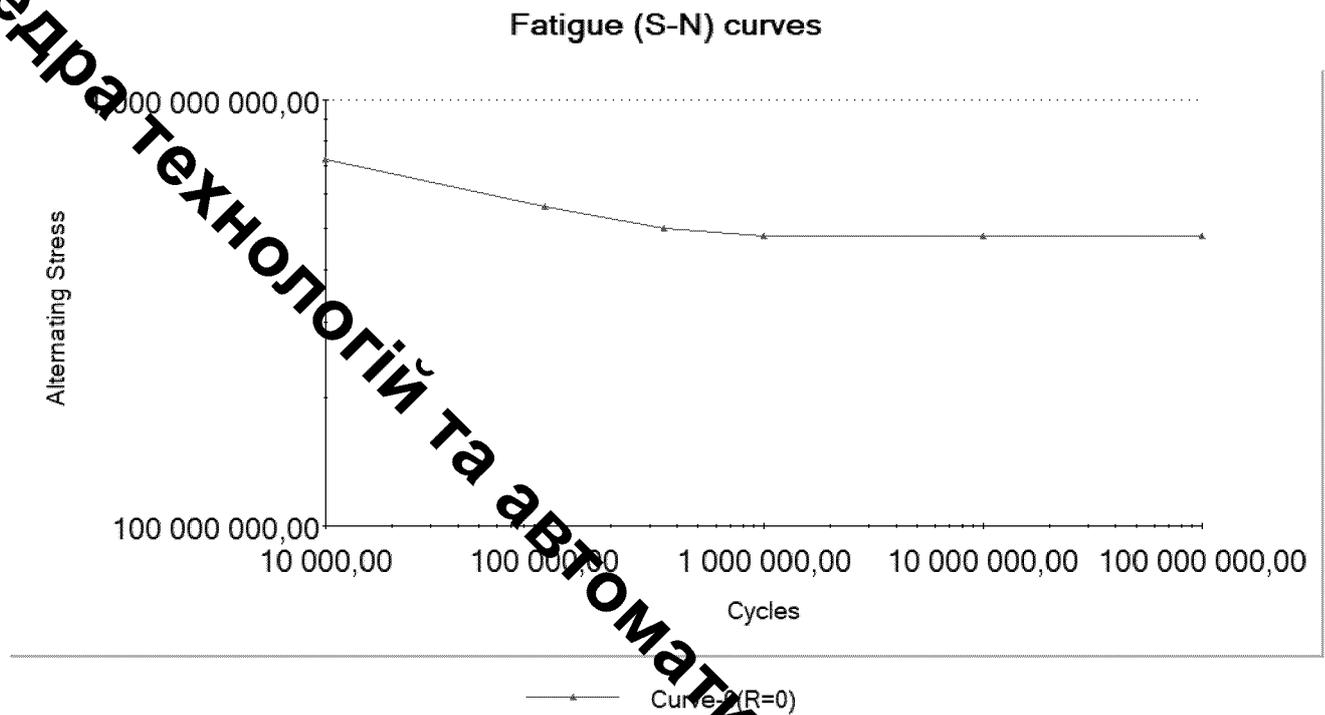


Рисунок 1.8 – Крива S-N для сталі на основі кривих ASME згідно рекомендацій SOLIDWORKS

Концепція математичної моделі втомного руйнування в SOLIDWORKS Simulation основана на S-N кривій, яку побудовано на основі експериментальних даних для відповідного матеріалу. Використаний метод скінченних елементів (FEM) для аналізу втомного руйнування як вихідні дані. В основу цього методу закладено розрахунок напружено-деформованого стану в результаті попереднього статичного аналізу. Під час режиму постійної амплітуди (Constant Amplitude) дії напруження використано просту форму правила лінійного сумування пошкоджень.

Наступним етапом під час аналізу було створення кількості циклів дії навантаження. В даному випадку встановлено 1 мільйон циклів та вибрано розрахунок «Fully Reversed (LR=-1)» при якому дії навантаження змінює свій знак, розхитуючи систему (рисунок 1.9).

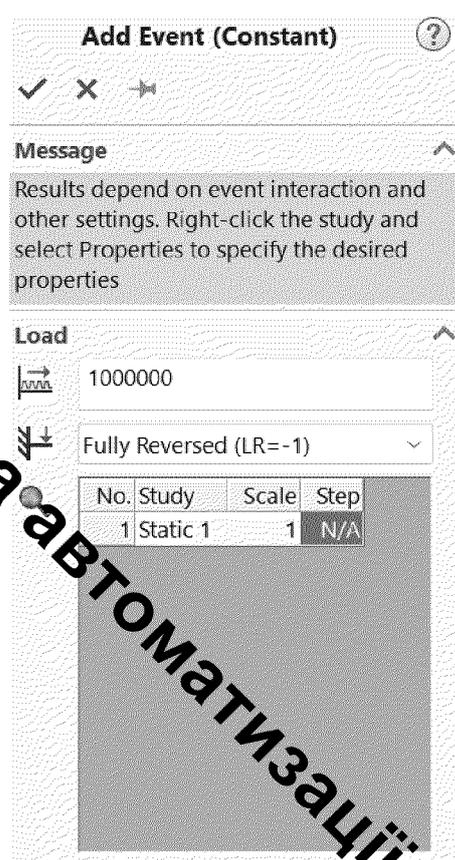


Рисунок 1.9 – Налаштування умов роботи деталі «Кронштейн Д02116.1»

В результаті розрахунку знайшли місце на деталі «Кронштейн Д02116.1», яке сприймає значні навантаження та може зруйнуватися. Згідно розрахунків (рисунок 1.10) перехід від діаметра базування підшипників до їх упору отримує пошкодження на 263,6%. При тому що мінімальне пошкодження це 100%, маємо в результаті перевищення пошкодження на 163,6%.

Результат дії втомних руйнувань на термін служби деталі зменшує його тривалість в 2,63 рази (рисунок 1.11). В місці утворення максимального пошкодження в 263,6% зменшується термін служби деталі аж до $3,794 \cdot 10^5$ циклів.

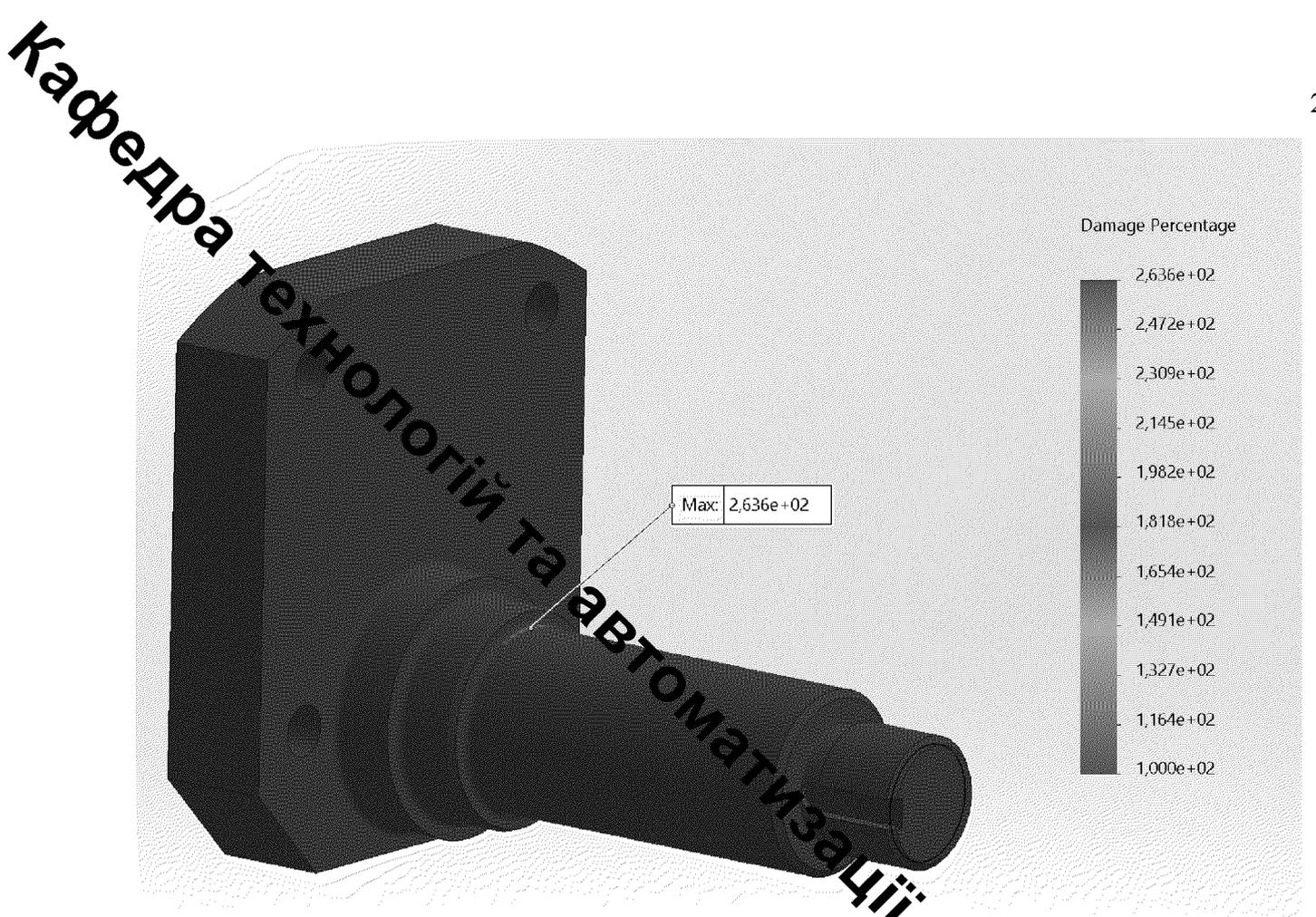


Рисунок 1.10 – Результат розрахунку пошкодження при дії втомних руйнувань

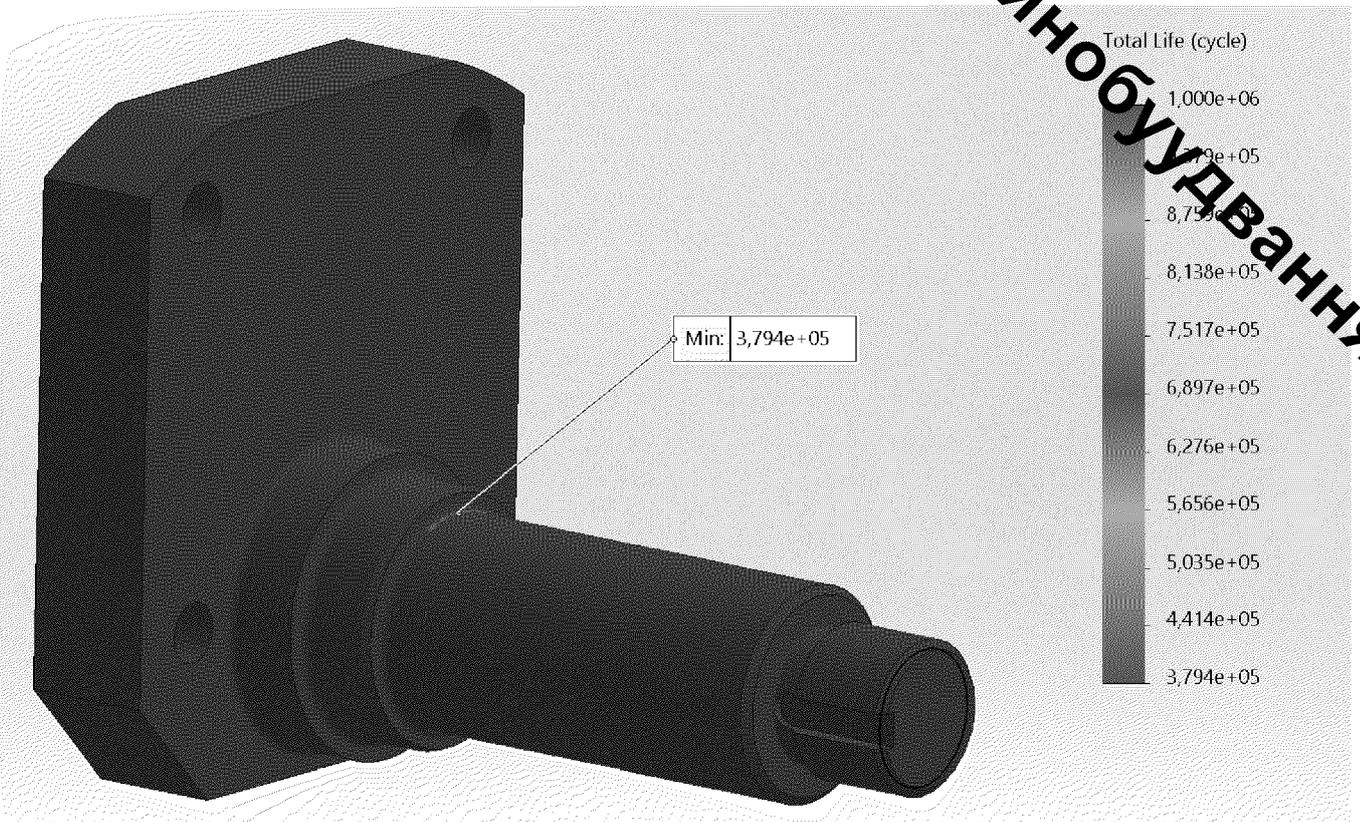


Рисунок 1.11 – Результат розрахунку терміну служби при дії втомних руйнувань

На рисунку 1.12 показано залежність пошкоджень деталі від величини радіуса скруглення. Отримана залежність показує значний стрибок пошкоджень від циклічного навантаження від радіуса скруглення 0,8 мм. Інші показники залишаються в межах 10% при значеннях більше 0,8 мм. Однак аналіз терміну служби деталі (рисунки 1.13) показує суттєві проблеми.

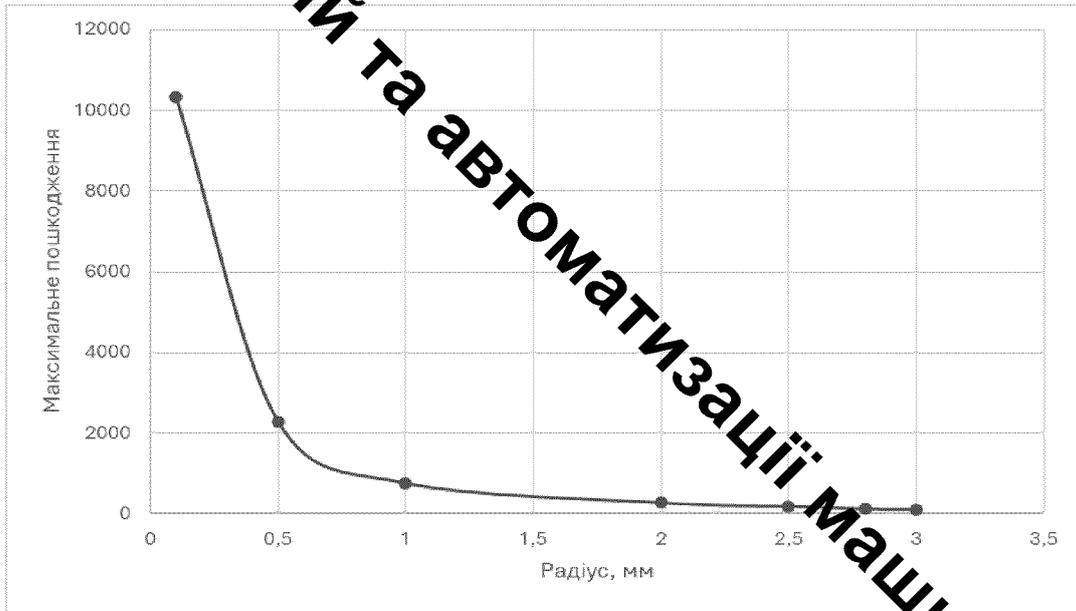


Рисунок 1.12 – Залежність пошкодження деталі від величини радіуса скруглення

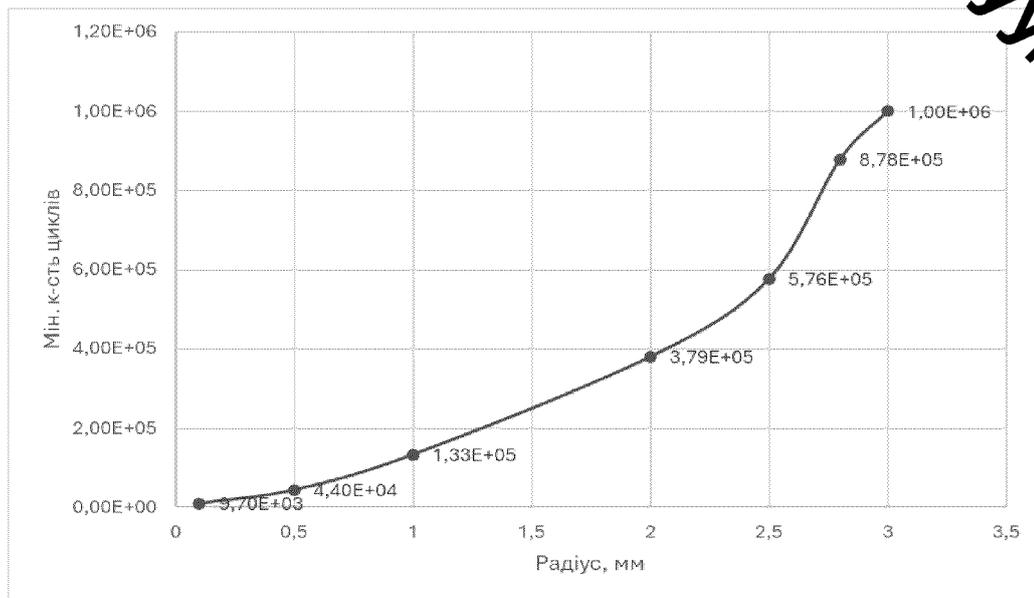


Рисунок 1.13 – Залежність мінімальної кількості циклів роботи деталі від величини радіуса скруглення

Із залежності мінімальної кількості циклів роботи деталі від величини радіуса скруглення можна зрозуміти, що найкращий показник по скругленню для даної деталі це 3 мм, однак гарні показники циклічності в межах 10% має значення радіуса скруглення 2,8 мм.

Отже, рекомендовано обирати радіус скруглення для даної деталі від 2,8 мм і більше.

1.5 Обґрунтування та способи покращення режимів різання і норми часу

В таблицях 1.3-1.8 показано режими різання на операції 005-035 з механічною обробкою для деталі «Кронштейн Д02116.1». А також, таблиці 1.9 показано результати розрахунку технологічних норм часу для механічної обробкою 005-035 для деталі «Кронштейн Д02116.1».

Таблиця 1.3 – Режими різання, операція 005 – Точно-револьверна з ЧПК (верстат 1П420ПФ30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	10	
2 перехід Точити торець 1	70	2	4	0,2	138	2,9	627	35	0,3
3 перехід Точити зовнішню циліндричну поверхню 2	62	1,0	5	0,3	120	-	645	165	0,8
4 перехід Центрувати отвір 3	6,3	3,2	3,2	0,2	13	-	400	12	0,2
5 перехід Точити торець 4	185	2,5	2,5	0,4	138	-	238	92,5	2,2
6 перехід Центрувати отвір 5	6,3	3,2	3,2	0,2	13	-	400	12	0,2
Основний час виконання операції									3,7

Таблиця 1.4 – Режими різання, операція 010 – Токарно-револьверна з ЧПК (верстат 1П420ПФ30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{різ}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>2 перехід</u> Точити поверхню 1 з підрізанням торця, попередньо.		2	2,8	0,8	45	2,9	240	182	1,8
<u>3 перехід</u> Точити поверхню 2 попередньо.	70	1,0	5	0,3	120	-	600	165	4,6
<u>4 перехід</u> Точити поверхні 3 попередньо.	60	1,0	4,75	0,3	203	-	1100	147	2,2
<u>5 перехід</u> Точити поверхню 3 та поверхню 4 попередньо.	51	0,25	0,25	0,3	201	-	1600	147	0,3
<u>6 перехід</u> Точити поверхню 5 попередньо.	50,5	0,5	7	0,3	180	-	1000	44	0,2
<u>7 перехід</u> Точити канавки 6 одноразово.	36	2,5	2,5	0,3	135	-	800	5	0,02
<u>8 перехід</u> Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 по контуру з підрізанням торців і виконанням фасок та гантель.	70	0,25	0,25	0,3	145	-	1200	200	0,6
<u>9 перехід</u> Точити різьбу на поверхні 5.	36	0,5	2	2	30	-	165	37	0,48
Основний час виконання операції									10,2

Таблиця 1.5 – Режими різання, операція 015 – Фрезерна з ЧПК (верстат DMC 635 V esoline)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{різ}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>2 перехід</u> Фрезерувати поверхню 1 попередньо.	150	1,0	1,0	0,12	196	9	420	240	4,8

Продовження таблиці 1.5.

<u>3 перехід</u> Фрезерувати поверхню 2 по контуру одноразово.	8	2,5	2,5	0,05	42	-	1600	600	7,5
<u>4 перехід</u> Центрувати 4 отвори 3 з утворенням фасок.	5	2,5	2,5	0,2	26	-	400	17	0,9
<u>5 перехід</u> Свердли 4 отвори 3 наскрізь.	4	7	7	0,25	25	-	200	42	3,4
<u>6 перехід</u> Нарізати різь в 4-х отворах 3.	16		2	2	30	-	150	42	0,6
<u>7 перехід</u> Фрезерувати поверхню 1 остаточно.	150	0,5		0,1	196	-	600	240	4
Основний час виконання операції									21,2

Таблиця 1.6 – Режими різання, операція 20 – Шпонково-фрезерна (верстат 692P)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/о б	s_z , мм/зуб	z	$S_{\text{хв}}$, мм/хв	$N_{\text{різ}}$, м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>2 перехід</u> Фрезерувати шпонковий паз 1.	8	0,2	5	0,05	0,10	2	130	31	2,2	600	41	7,9
Основний час виконання операції												7,9

Таблиця 1.7 – Режими різання, операція 030 – Шліфувальна (верстат 3М1510)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>2 перехід</u> Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово.	50,5	0,02	0,02	0,01	35	3,5	600	5	0,83
Основний час виконання операції									0,83

Таблиця 1.8 – Режими різання, операція 035 – Шліфувальна (верстат 3М151Ф2)

Технологічні переходи і робочі ходи	d , мм	t , мм	t_{\max} , мм	s , мм/об	v , м/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	n , об/хв	L , мм	T_0 , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>2 перехід</u> Шліфувати поверхню 1 та поверхню 2 одноразово.	0,1	0,005	0,005	0,0025	35	3,5	800	5	2,5
Основний час виконання операції									2,5

Таблиця 1.9 – Розрахунок технічних норм часу

Номер і назва операції	$T_{\text{шт-к}}$, хв.	Φ_K	$T_{\text{шт-к}}$, хв.
005 Токарно-револьверна з ЧПК	3,0	1,54	5,7
010 Токарна з ЧПК	10,2	1,5	15,3
015 Фрезерна з ЧПК	21,2	1,65	35,0
020 Шпонково-фрезерна	7,9	1,84	14,5
030 Шліфувальна	0,83	1,6	1,33
035 Шліфувальна	2,5	1,6	4

Після розрахунків почнемо проводити удосконалення технологічного процесу шляхом покращення продуктивності виготовлення деталі «Кронштейн Д02116.1». Це може досягатися за рахунок проектування спеціального пристосування для закріплення деталі «Кронштейн Д02116.1» під час шпонково-фрезерної операції 020, встановлення сучасного робочого місця з роботом та тактовим столом на операції 010.

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН Д02116.1»

2.1 Розробка конструктивної схеми пристосування

Для розроблення верстатного пристосування для деталі «Кронштейн Д02116.1» доцільно дотримуватися наступної послідовності:

1. Провести розрахунок габаритних розмірів установчої області обладнання та визначити параметри кріпильних елементів для верстатного пристосування.

2. Проаналізувати схему базування під час обробки деталі «Кронштейн Д02116.1», враховуючи вимоги до точності, жорсткості поверхонь, а також визначити типи та габарити елементів, необхідних для її надійного закріплення. Встановити взаємне розташування елементів, а в разі потреби виконати розрахунок похибки базування у пристосуванні для відповідної операції.

3. Відповідно до типу виробництва визначити оптимальний тип верстатного пристосування і кількість деталей, що можуть одночасно оброблятися.

4. Позначити напрямки дії основних сил затиску для деталі «Кронштейн Д02116.1» згідно зі схемою її закріплення, а також встановити величину цих сил.

5. Обрати відповідний вид затискного елемента, визначити параметри механізму затиску залежно від сили, необхідної для фіксації деталі. Розрахувати конструктивні розміри та параметри, а також визначити вихідну силу приводу.

6. Обрати тип механізму затиску чи приводу, виконати розрахунки конструктивних розмірів, керуючись принципом використання стандартних розмірів для елементів силового приводу.

7. Провести обов'язковий розрахунок похибки закріплення та похибок встановлення деталі «Кронштейн Д02116.1» у верстатному пристосуванні.

8. У разі потреби передбачити тип і параметри напрямних елементів для металорізального інструменту.

Після виконання зазначених етапів буде розроблено та опрацьовано конструктивну схему верстатного пристосування (рисунок 2.1).

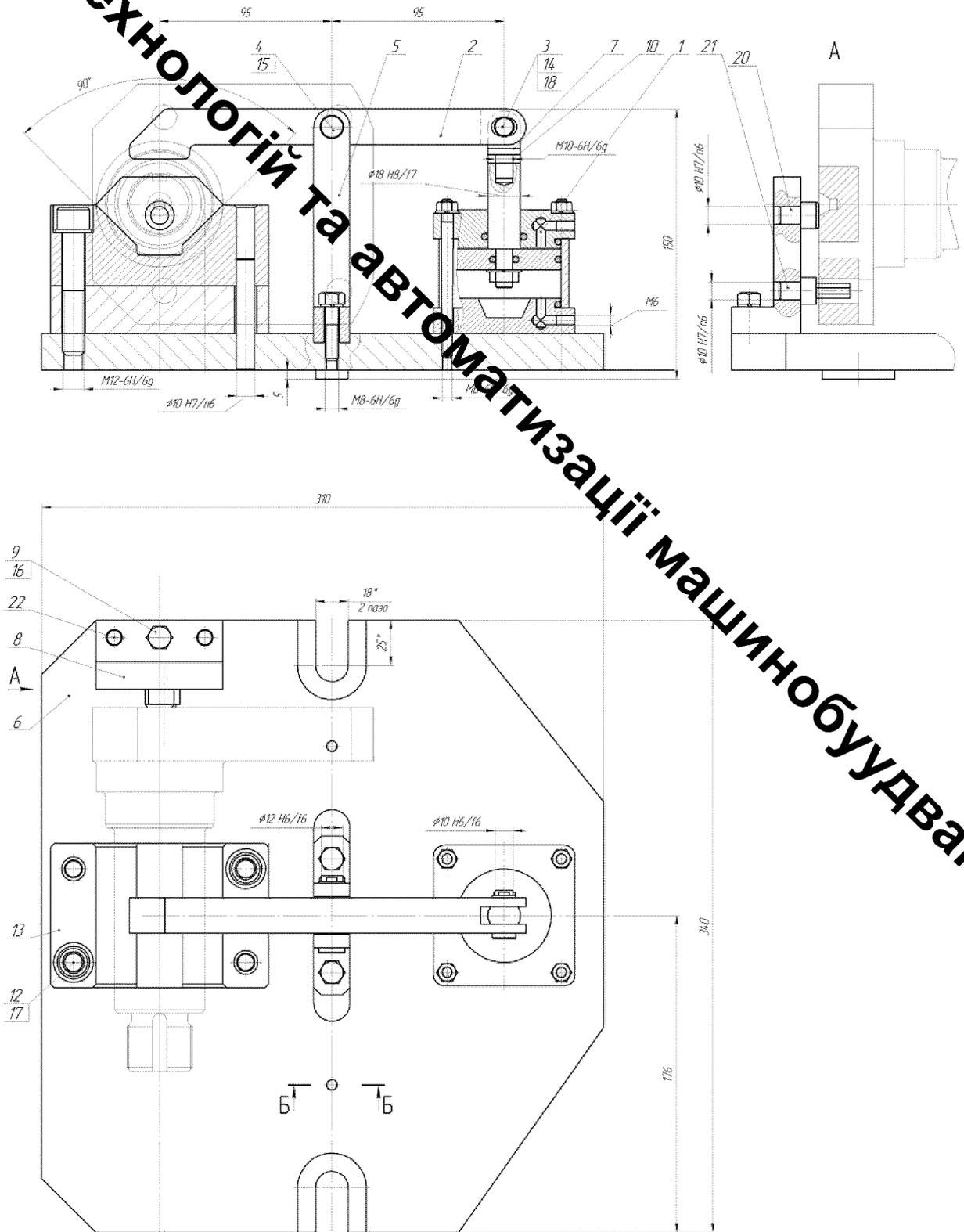


Рисунок 2.1 – Ескіз верстатного пристосування для шпонково-фрезерної операції 020

Ключовими елементами для верстатного пристосування при шпонково-фрезерній операції 020 (рисунок 2.1) є: 1 – пневмоциліндр; 2 – важіль; 3, 4 – вісі; 5 – вилка; 6 – платформа; 7 – перехідник; 8 – спеціальний упор та інші стандартні елементи, які вказані в специфікації.

2.2 Визначення помилки базування

Для нашого спроектованого пристосування забезпечується повне базування деталі «Кронштейн Д02116.1» завдяки її розміщенню у призмі (відбирається 4 ступені вільності), фіксації упором у щитир (відбирається 1 ступінь вільності) та встановленню на зрізаний палець (відбирається 1 ступінь вільності). Деталь «Кронштейн Д02116.1» закріплюємо загвозку за допомогою спеціального прихвату. Розглянемо схему базування (рисунок 2.2).

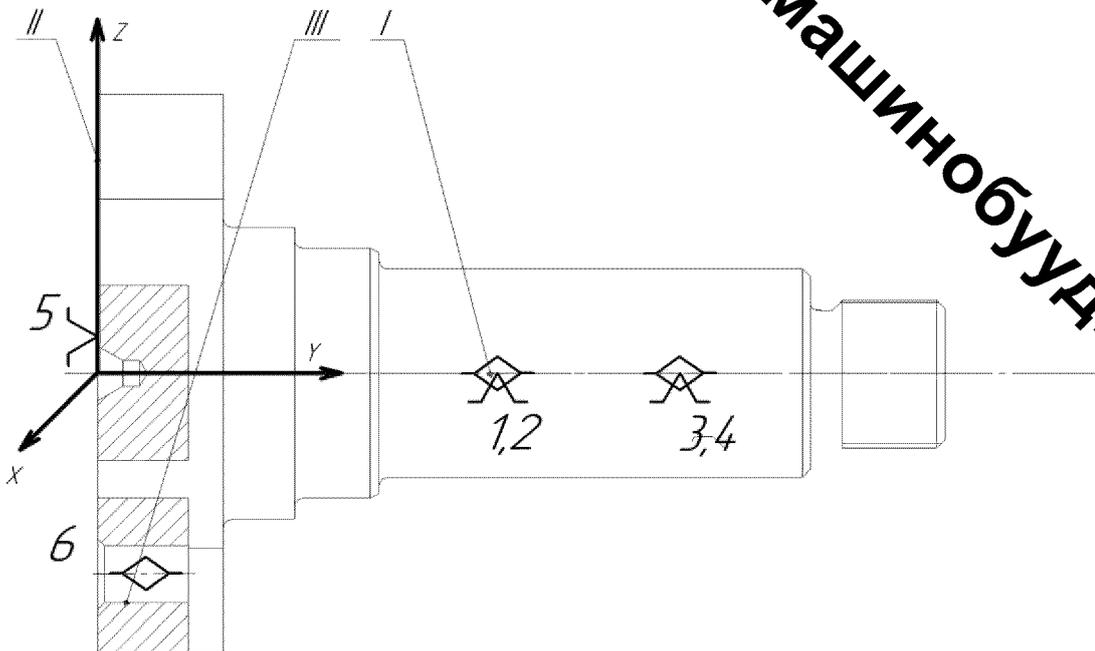


Рисунок 2.2 – Схема базування деталі «Кронштейн Д02116.1»: I, II – бази; XYZ – система координат для деталі із центром O.

Для схеми базування використані наступні особливості:

1) Поверхня I (циліндрична поверхня $\varnothing 50,4$ мм призначена для підшипників) виступає подвійною напрямною базою, яка обмежує 4 ступені вільності деталі

«Кронштейн Д02116.1»: лінійне переміщення вздовж осей OZ та OX, а також обмежує обертання навколо осей OX і OZ.

2) Поверхня II (торець деталі «Кронштейн Д02116.1») виконує роль саме опорної бази, що обмежує переміщення її вздовж осі OY;

3) Поверхня III (отвір кріплення деталі) виконує роль також опорної бази, що обмежує обертання її навколо осі OY.

Схема для базування (рисунок 2.3) складається з таких елементів: 1 – опорна призма; 2 – опорний штир; 3 – вирізаний палець; 4 – заготовка деталі; 5 – основа.

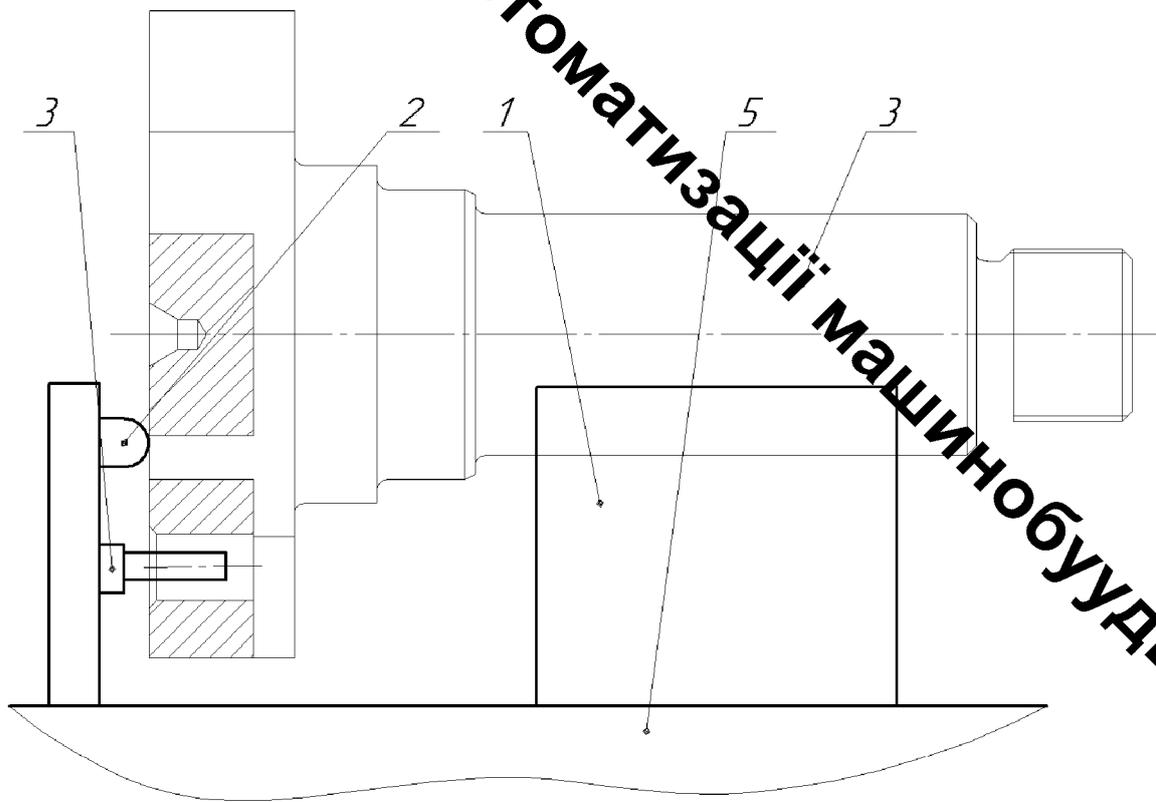


Рисунок 2.3 – Реалізація схеми базування для пристрою на шпонково-фрезерну операцію 020

Схема для базування в нашому пристосуванні реалізовано так: заготовку 3 циліндричною поверхнею $\phi 50,4H8$ ми встановлюємо на опорну призму 1, яка закріплена в основі 4 пристрою і забезпечує подвійну напрямну базу.

Це означає, що похибка базування має місце. Знайдемо похибку базування за формулою (2.1):

$$\xi_{31} = 0,5 \cdot TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) \text{ [мм]}, \quad (2.1)$$

де TD – допуск отримання розміру 50,4, дорівнює 0,16 мм.

Отже,

$$\xi_{31} = 0,5 \cdot 0,16 \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{90}{2}} - 1 \right) = 0,03 \text{ (мм)}.$$

Похибка базування має значення $\xi_6 = 0,03$ мм, що є допустимо при допуску на розмір 0,62 мм. Значення похибок базування при наших розрахунках не перевищує допуску на розмір та дозволяє далі продовжити використовувати дану схему базування.

2.3 Розрахунок необхідної сили закріплення

Розглянемо схему дії усіх сил та моментів на заготовку деталі «Кронштейн Д02116.1» під час виконання шпонково-фрезерної операції 020 (рисунок 2.5).

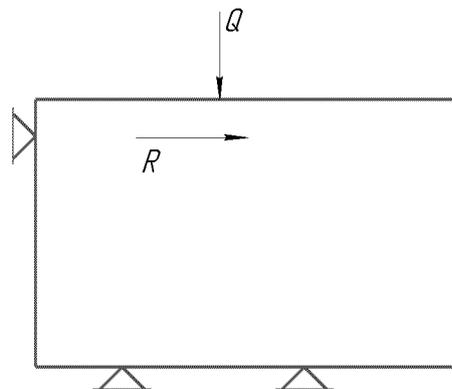


Рисунок 2.5 – Схема дії всіх сил на заготовку деталі «Кронштейн Д02116.1»

При фрезеруванні пазу в деталі «Кронштейн Д02116.1», сили, що виникають під час цього намагаються зсунути заготовку від опор. Зміщенню заготовки запобігає сила тертя від важіля та двох призм. Вона виникає в місцях контакту заготовки з опорами та затискними механізмами.

Необхідна сила для затиску при цьому визначаємо за формулою 2.2

$$W_z = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}, [H] \quad (2.2)$$

де P - готова складова сили різання під час свердління, Н; $P = P_z$

f - коефіцієнт тертя для сталі по сталі: $f = 0,1 \dots 0,2$; приймає $f = 0,16$.

K - коефіцієнт запасу для сили затиску.

У даному контексті наведено значення числових коефіцієнтів, що характеризують різноманітні впливи у механічній обробці матеріалів. Коефіцієнт запасу для сили затиску обчислюємо по формулі 2.3 [2, 3]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.3)$$

:

K_0 — коефіцієнт гарантованого запасу, який враховує необхідність мати резерв міцності в процесі роботи. Для розрахунків приймається $K_0 = 1,5$.

K_1 — коефіцієнт, що враховує додаткове зростання сил різання через наявність випадкових нерівностей поверхонь, які підлягають обробці. У даному випадку приймається $K_1 = 1,0$.

K_2 — коефіцієнт, що відображає збільшення сил різання через затуплення ріжучого інструменту, що характерно для процесу довготривалої експлуатації. Величина цього коефіцієнта приймається як $K_2 = 1,6$.

K_3 — коефіцієнт, який характеризує підвищення сил різання при переривчастому різанні, прийнятий у розрахунках як $K_3 = 1,2$.

K_4 — коефіцієнт, що враховує постійність сили затискання у механізмі фіксації заготовки. У цьому випадку значення коефіцієнта дорівнює $K_4 = 1,0$.

K_5 — коефіцієнт, що враховує ергономічні характеристики ручних фіксуючих механізмів. Для застосованого пневматичного циліндра значення коефіцієнта прийнято як $K_5 = 1,0$.

K_6 — коефіцієнт, що враховує можливість виникнення моментів, спрямованих на обертання або зміщення заготовки під час механічної обробки. Для розрахунків приймається $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,88$$

Отже, приймаємо коефіцієнт запасу $K = 2,88$. Тепер розрахуємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, [\text{H}] \quad (2.4)$$

Всі параметри для розрахунку вибираємо із рекомендацій, де: $C_p=68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $u=1,0$; $w=0$; $q=0,86$; $t=0,2$ мм; $S_z=0,1$ мм/зуб; $n=1000$ хв⁻¹

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1; \quad (2.5)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 1000^0} = 87,12(\text{H}).$$

Отже, необхідна для затиску сила буде довінювати згідно формули 2.2:

$$W_z = \frac{2,88 \cdot 87,12}{0,16 + 0,16} = 762,3 (\text{H}).$$

2.4 Вибір затискного механізму та розрахунок його параметрів

Для прикладу нашого пристосування було вибрано стандартний пневматичний циліндр (рисунк 2.6). Основні складові цього пристрою включають: 1 – шток, 2 – поршень, 3 – верхню кришку, 4 – задню кришку, 5 – гільзу та 6 – шпильки з гайками. Для забезпечення герметичності всіх елементів використовуються ущільнювальні елементи, які розташовані на штовці 1, кришках 4 і 5, а також на поршні 2.

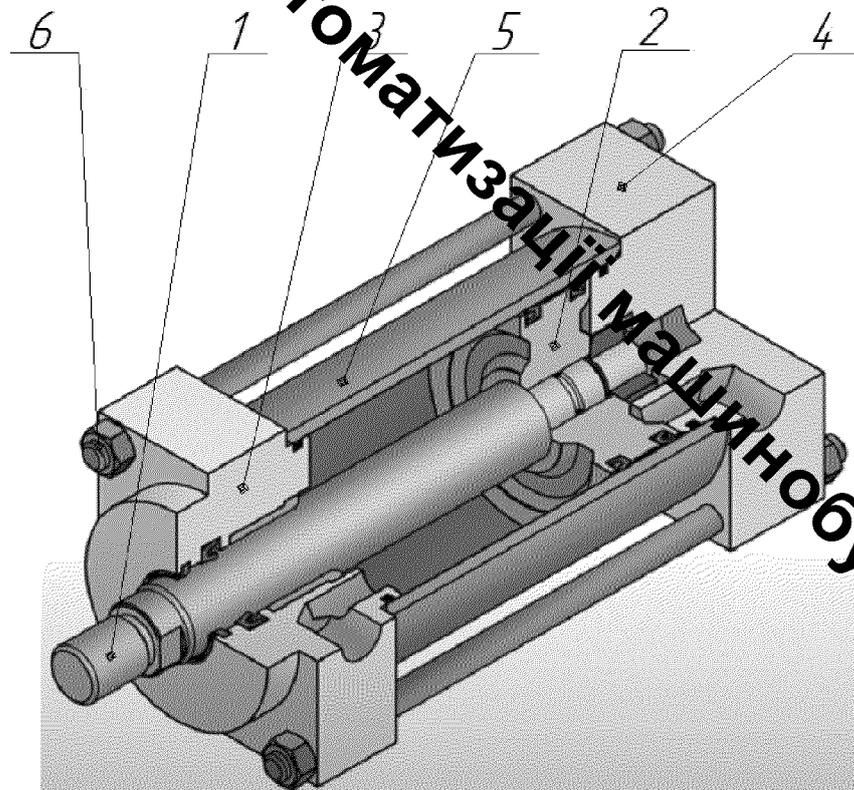


Рисунок 2.6 – Пневматичний циліндр з розрізом

Знайдемо діаметр поршня нашого пневмоциліндра розрахувавши та виберемо стандартний за нормативами. Діаметр поршня визначимо за формулою (2.6) в режимі штовхання:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta_1}} \quad (2.6)$$

де η_1 - ККД пневмоциліндра; $\eta_1 = 0,85$

P - тиск силового повітря, $P=0,4$ МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 762,3}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,053 \text{ м} = 53 \text{ (мм)}.$$

Згідно стандартних значень діаметрів поршнів пневмоциліндрів обираємо 63 мм, а діаметр штока 20 мм.

2.5 Розрахунки затискних елементів пристрою на міцність

Аналітично виконаємо перевірочний розрахунок для найслабшої ланки верстатного пристрою. При цьому найслабшою ланкою нашого верстатного пристрою є його вісі, котрі працюють на зріз. Умова міцності:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p], \quad (2.7)$$

де $[\sigma_p]$ - прийняте допустиме дотичне напруження сталі 45 на зріз;

σ_p - дотичне напруження на розрив саме в небезпечному перерізі, його розраховуємо за формулою 2.8:

$$\sigma_p = \frac{N}{A}, \text{ [МПа]} \quad (2.8)$$

де N – діюча поперечна сила;

A – безпосередньо площа місця розрахонку в небезпечному перерізі;

Площу небезпечного перерізу A ми знайдемо за формулою 2.9:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ [мм}^2\text{]} \quad (2.9)$$

де L – діаметр найтоншої вісі дорівнює 10 мм.

Підставляємо прийняте значення у формулу 2.9:

$$A = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5(\text{мм}^2)$$

Розраховану поперечну силу N порівнюємо до реакції від сили закріплення, тобто $[W]=762,3$ (Н). Тоді σ_p буде дорівнювати:

$$\sigma_p = \frac{762,3}{78,5} = 9,71(\text{МПа})$$

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{n}; \quad (2.10)$$

де σ_T - границя текучості сталі 45 для вісі;

n – запас міцності для матеріалу вісі.

При цьому σ_T для Сталь 45 дорівнює 355 МПа. Запас міцності рекомендується брати в межах 1,4...1,6. Приймаємо 1,5.

$$[\sigma_p] = \frac{355}{1,5} = 236,67(\text{МПа})$$

В результаті аналітичних розрахунків маємо, що $9,7 \text{ МПа} < 236,67 \text{ МПа}$, тобто вісь на штоці верстатного пристрою витримає зріз.

2.6 Опис дії верстатного пристосування

Згідно з призначенням, наш верстатний пристрій є спеціальним шпонко-фрезерним адаптером. Це підтверджується його використанням для закріплення деталі «Кронштейн Д02116.1» на шпонко-фрезерувальному верстаті моделі 692Р під

час виготовлення шпонкового пазу шириною 8 мм. Розроблене пристосування належить до ручних, одномісних і однопозиційних механізмів.

Використання цього пристрою забезпечує високу точність обробки, суттєво підвищує продуктивність праці, а також сприяє підвищенню безпеки та культури виробництва.

На рис. 2.1 представлено ескіз верстатного пристрою, який складається з таких елементів: пневмоциліндр 1, важіль 2, осі 3 і 4, вилка 5, плита 6, тяга 7, упор 8, а також інших стандартних компонентів.

На плиті 6 закріплені всі елементи пристрою. Для фіксації деталі її встановлюють на призми 13, після чого вона впирається в штир 20 і зрізаний палець 21. Важіль 2 виступає притискним елементом між деталлю та призмами 13. При виконанні робіт шток пневмоциліндра 1 привідить у дію важіль 2, який притискає деталь до призм, забезпечуючи її надійну фіксацію.

Після завершення обробки заміна деталі здійснюється легко: шток пневмоциліндра 1 віджимається, важіль 2 піднімається, стара деталь знімається, а на її місце встановлюється нова заготовка. Процедура повторюється за аналогічним алгоритмом.

2.7 Розрахунок ріжучого інструментів

Ріжучий інструмент, який обробляє шпонковий паз $B=8$, є фреза шпонкова. Шпонкова фреза – це тіло обертання, що складається із ріжучої та хвостової частини. Вони уніфіковані по ГОСТ 9140-2015. Проектуюча фреза виконується з циліндричним хвостовим і двоперовою ріжучою частиною. Матеріал ріжучої частини шпонкової фрези – швидкорізальна сталь марки Р6М5 по ГОСТ 19265-73. Циліндрична частина, сам хвостовик, застосовується для кріплення фрези в патроні.

Підбір геометричних параметрів та розрахунок конструктивних елементів [4]:

1. Діаметр шпонкової фрези: діаметр ріжучої частини вибираємо виходячи з розміру оброблюючого пазу; $d_{\text{фрези}} = 8(\text{мм})$.

2. Діаметр хвостової частини: приймаємо рівним - $d_{\text{хвостовика}} = 8(\text{мм})$.

3. Так як глибина оброблюваного пазу $h=5\text{мм}$, приймаємо довжину ріжучої та назначимо довжину хвостової частини і загальну довжину фрези по ГОСТ 9140-2015: $L = 69(\text{мм})$; $L_{\text{роб. част.}} = 19(\text{мм})$; $L_{\text{хвост. част.}} = 50(\text{мм})$.

4. Кількість пір'їв фрези: $z=2$.

5. Загальний кут α можна знайти за формулою: $\sin \alpha = \frac{C}{a_{\text{max}}^{0,3}}$, де C - постійний коефіцієнт, який приймаємо при обробці сталі: $C=0,21$ [4]; a_{max} -максимальна товщина стружки, яка відповідає подачі на зуб. По ГОСТ 9140-2015 $\alpha = 20^\circ$.

6. Передній кут приймається за нормативами: $\gamma = 5^\circ$.

7. Кут нахилу гвинтових зубців для шпоночних фрез: $\omega = 20^\circ$.

8. Крім цього на задній поверхні зубів шпонкової фрези допускається циліндрична стрічка шириною f не більше $0,05\text{мм}$. Інші параметри: $d_1 = 16(\text{мм})$; $h = 1,8(\text{мм})$; $r = 0,3(\text{мм})$; $f = 0,8(\text{мм})$; $f_1 = 0,7(\text{мм})$. Крок гвинтової канавки 52мм .

Проводимо перевірочний розрахунок. Визначаємо напруження в небезпечному перерізі фрези $\sigma_{\text{оп.}} = \frac{M_{\text{пр.}}}{\omega} \leq [\sigma]$, де $M_{\text{пр.}}$ -приведений момент (Нм).

$$M_{\text{пр.}} = \sqrt{M_{\text{зз.}}^2 + M_{\text{кр.}}^2}; [\text{кгс} \cdot \text{мм}], \quad (2.11)$$

$$M_{\text{зз.}} = Pz \cdot L; \quad (2.12)$$

$$M_{\text{кр.}} = \frac{Pz \cdot D}{2}; \quad (2.13)$$

$Pz = 87,12\text{H}$; - за розрахунками в формули (2.4)

$$M_{\text{зз.}} = 87,12 \cdot 69 = 6011 \text{ (Нм)};$$

$$M_{\text{кр.}} = \frac{87,12 \cdot 8}{2} = 348 \text{ (H} \cdot \text{м)};$$

$$M_{\text{пр.}} = \sqrt{6011^2 + 348^2} = 6021 \text{ (кгс} \cdot \text{мм)};$$

$$\omega = 0,1 \cdot D^3 = 0,1 \cdot 8^3 = 51,2 \text{ (мм}^3\text{)},$$

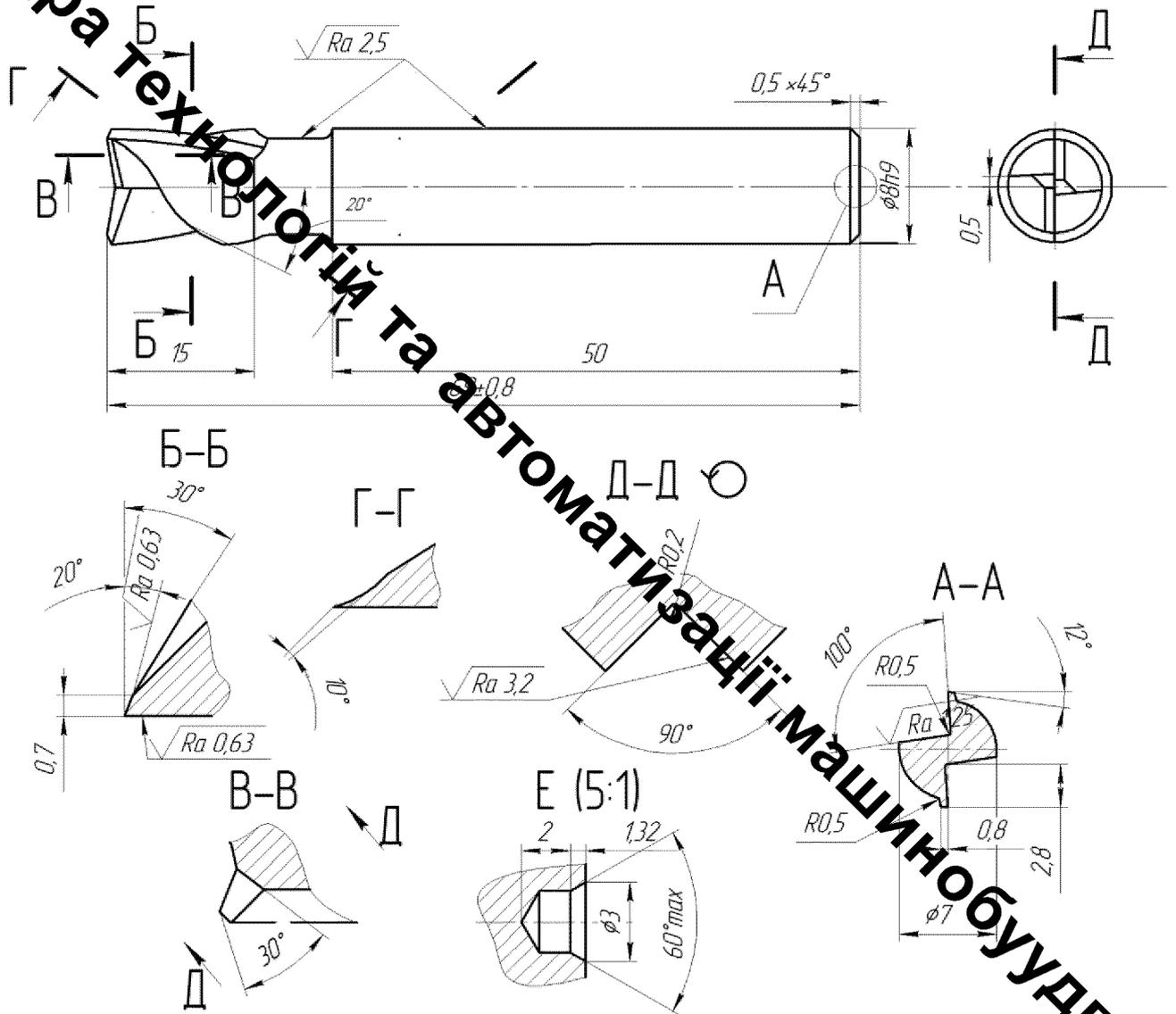


Рисунок 2.7 – Запропонована конструкція шпонкової фрези для обробки шпонкового пазу $B=8$ мм

$$\sigma_{on.} = \frac{6021}{51,2} = 117,6(\text{МПа}) < 750(\text{МПа}) \Rightarrow \sigma_{on.} < [\sigma].$$

В результаті розрахунків отримуємо висновок: $\sigma_{on.} < [\sigma]$, тому розрахунок фрези правильний.

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРОНШТЕЙН Д02116.1»

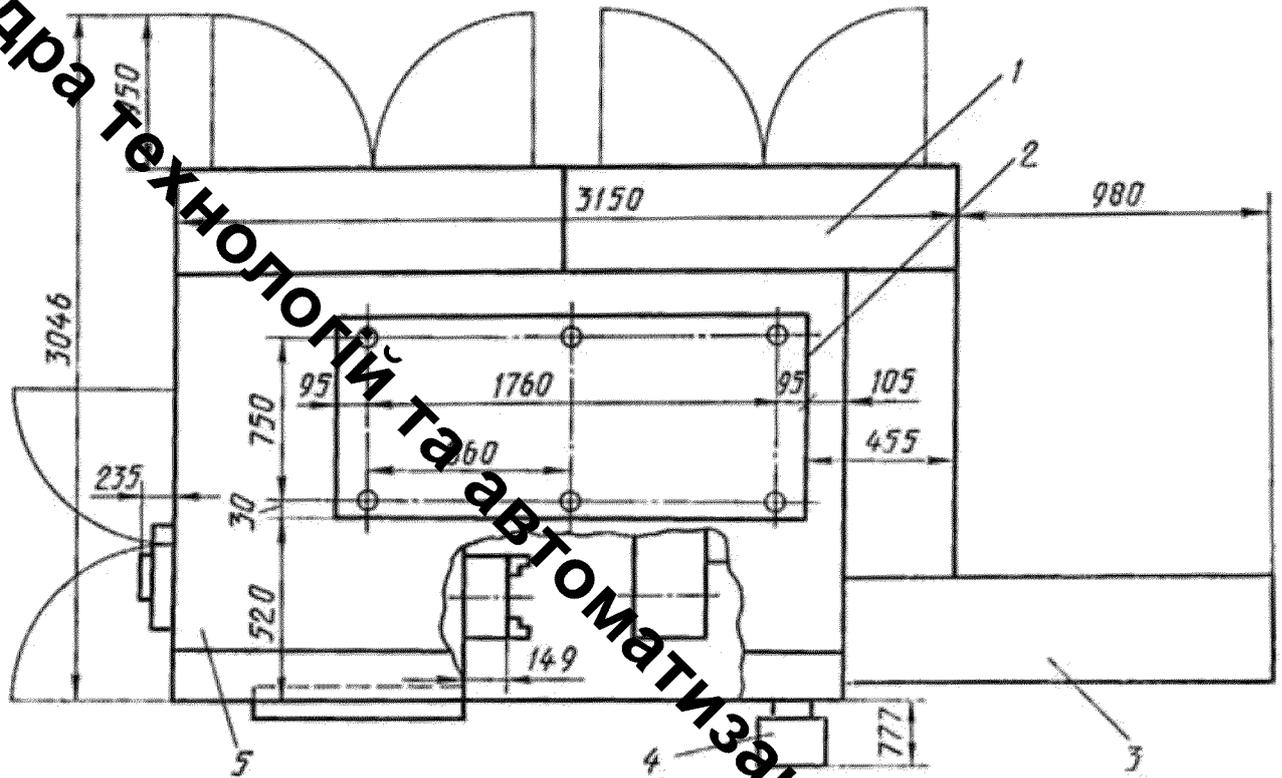
3.1 Характеристики оброблюваного обладнання робочого місця

Шляхом вдосконалення робочого місця мехобробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» виконаємо удосконалення технологічного процесу [5, 6]. Прийmemo до уваги операцію 010, яка виконується на токарно-револьверному верстаті з ЧПК 1П420ПФ30. Цей верстат оснащений чотирма інструментами в різцетримачі, а також пристроєм їх автоматичної заміни. Заготовка встановлюється в пристосування з автоматичним затисканням (розтисканням). Для удосконалення технологічного процесу операції 010 буде обслуговуватися промисловим роботом.

Загальний вигляд а) токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1П420ПФ40 та його габарити б), наведені на рисунку 3.1.



а)



1 — електрошкафи; 2 — контур фундаменту; 3 — транспортер стружки;
4 — ЧПК; 5 — верстат 1П420ПФ40

б)

Рисунок 3.1 – Види токарно-револьверного верстата з ЧПК моделі 1П420ПФ40: а) – загальний вигляд; б) – габаритні розміри

Технічні характеристики токарно-револьверного верстата з ЧПК моделі 1П420ПФ40 [4]:

- Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм: 450;
- Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм: 200;
- Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм: 130;
- Діаметр затискного патрона, мм: 200;
- Частота обертання шпинделя, об/хв: 20...4000, 20...2500;
- Межі подач револ. поздов. та попер. супорта, мм/хв: 1-5000 та 1-5000;
- Потужність електродвигуна головного руху, кВт: 30/22;
- Габаритні розміри, мм: 3470x2260x2300;
- Маса, кг: 5900.

3.2 Вибір промислового робота для удосконалення робочого місця,

Промислові роботи є ключовими компонентами, що сприяють підвищенню ефективності виконання допоміжних операцій у виробничих процесах. Їхня здатність працювати безперервно, ритмічно та зі значною швидкістю, а також відсутність втоми забезпечують стабільність та надійність технологічного циклу. Вибір оптимальної моделі промислового робота та відповідних технічних параметрів виступає критичним етапом у процесі автоматизації виробництва. Робота такого робота здійснюється в синхронізації з іншими складовими робочого середовища, що вимагає дотримання певних технічних вимог. Основні критерії для розробки системи керування промисловим роботом включають наступне [7, 8]:

- забезпечення відповідної вантажопідйомності обладнання;
- робоча зона промислового робота повинна перевищувати межі обслуговуваної площі;
- врахування кількості координат управління у програмному забезпеченні і об'єму оперативної пам'яті пристрою;
- адаптація конструкцій захватного пристрою промислового робота до специфіки деталі на прикладі компонента «Кронштейн Д02116.1»;
- розрахунок вантажопідйомності промислового робота з 10-відсотковим запасом по відношенню до маси маніпульованого об'єкта.

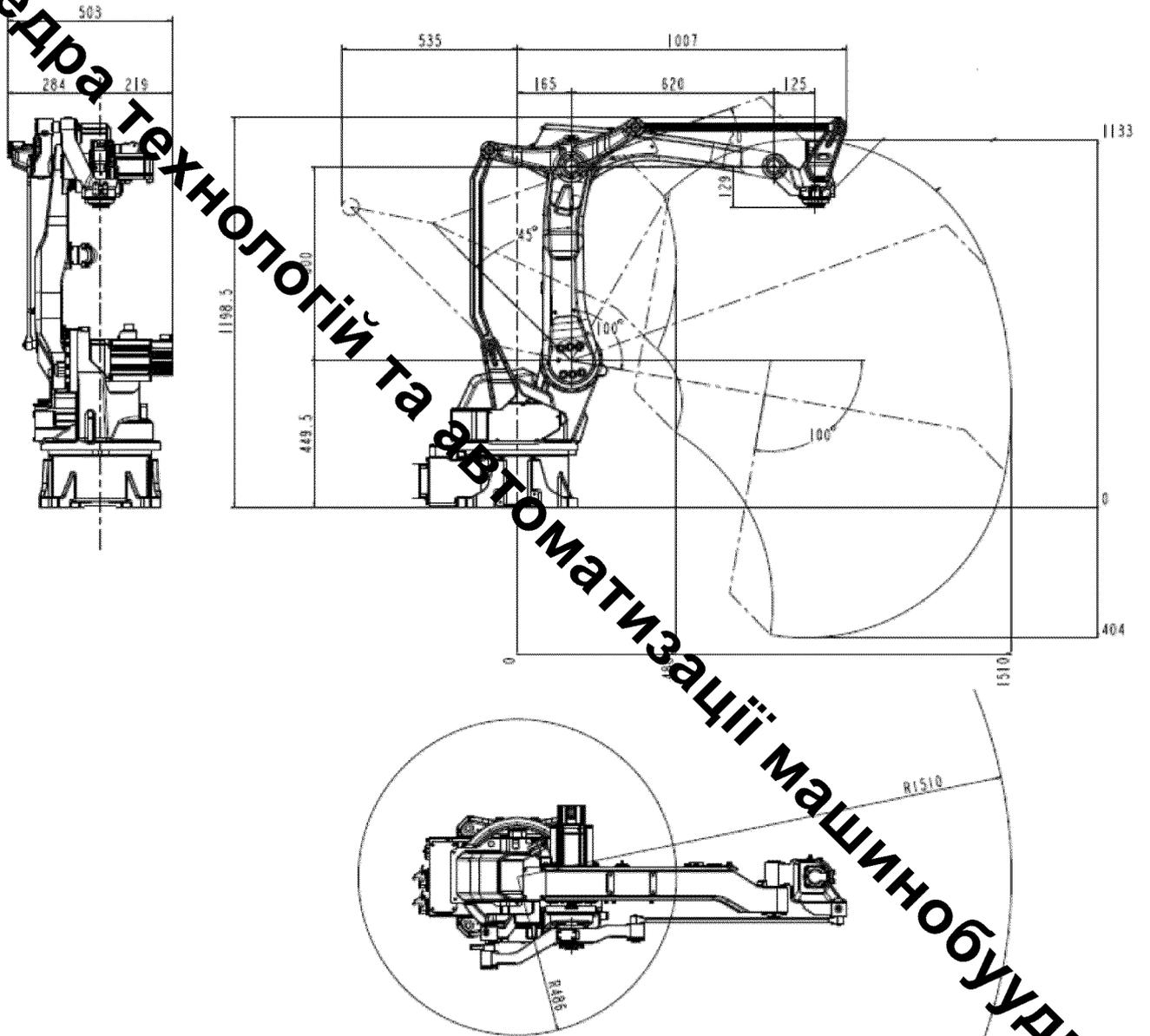
Організація процесів завантаження та вивантаження заготовок і деталей після обробки повинна бути здійснена з урахуванням форм і габаритів робочої зони таким чином, щоб уникати перешкод. Важливо також враховувати параметри форми, розміру та просторового положення робочої зони обладнання, зокрема верстату та його подавача. Наявність кількох ступенів вільності у промислового робота забезпечує досягнення високої ефективності виконання операцій.

Для роботи з деталлю «Кронштейн Д02116.1» на підставі рекомендацій [7] було попередньо обрано модель промислового робота «QJRB15-1» (рисунок 3.2). Основна функція зазначеної моделі полягає в автоматизації таких технологічних процесів, як холодне штампування, завантаження і розвантаження, а також

можливе операційне транспортування у заготовчих і високотехнологічних цехах. Застосування моделі «QJRB15-1» дозволяє замінити людську працю на циклічних або потенційно небезпечних виробничих ділянках, сприяючи підвищенню безпеки та продуктивності.



a)



б)

Рисунок 3.2 – Промисловий робот моделі «QJRB15-1»

а) загальний вигляд, б) основні габаритні розміри

Робочі характеристики промислового робота моделі «QJRB15-1»:

- вантажопідємність промислового робота - 15 кг;
- число програмованих осей - 4;
- кількість рук промислового робота - 1;
- загальна кількість захватних механізмів на одній руці - 1;

- тип приводу для основних рухів - пневматичний;
- система керування встановлена універсальна;
- кількість одночасно програмованих координат- 6;
- засіб програмування переміщень – по датчикам;
- розрахована похибка позиціонування - $\pm 0,05$ мм;
- найбільший виліт руки для робочої зони - 1510 мм;
- найменший виліт руки для робочої зони - 486 мм;
- кутові переміщення, $^{\circ}$ / кутова швидкість, $^{\circ}/с$: J1=195; J2=195; J3=229;
- габаритні розміри промислового робота, мм - 580x600x960;
- маса промислового робота, - 1 т 0 кг.

3.3 Проектування захватного пристрою та перевірочний розрахунок цього захвату

Заготовка деталі «Кронштейн Д02116.1» встановлюється в поводковому патроні на центрах, використовуючи зовнішню циліндричну поверхню та торці. Важливо, щоб ці поверхні залишалися доступними під час кріплення як заготовки, так і готової деталі за допомогою промислового робота. Для забезпечення якісного переміщення заготовки до патрона та її встановлення в захваті був запроектований захватний пристрій, який фіксує заготовку по зовнішній циліндричній поверхні (рисунок 3.3).

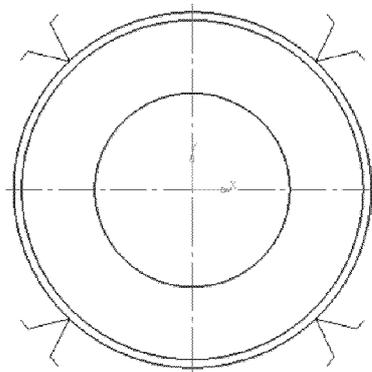


Рисунок 3.3 – Схема захвату заготовки промисловим роботом

Промисловий робот моделі «QJRB15-1» обладнаний захоплювальним механізмом, зображеним на рисунку 3.4. На одному кінці маніпулятора розташовані спеціальні призматичні губки, а на іншому – фланець для кріплення механізму. Рух двох призматичних губок забезпечується за допомогою важелів і пневматичного циліндра.

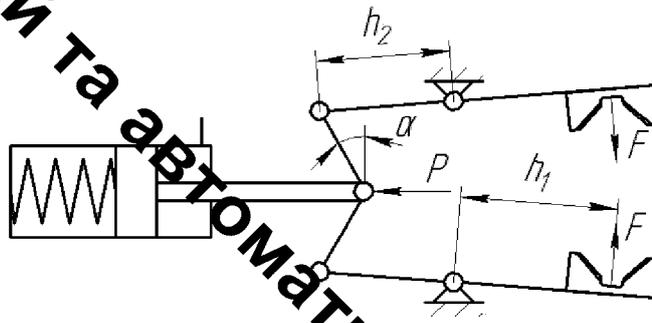


Рисунок 3.4 – Схема використовуваного захопного пристрою для промислового робота моделі «QJRB15-1»

Схема з пневмоциліндром працює наступним чином. Пневмоциліндр починає втягувати свій шток після подачі стисненого повітря до робочої камери. При цьому пружина в безштоковій камері пневмоциліндра стискається. Через діючу систему важелів спеціальні губки будуть рухатися назустріч одна одній на кінці механізму. Цей процес буде забезпечувати необхідну силу затиску F .

Для розтискання деталі «Кронштейн Д02116.1», за рахунок переключення пневмокнопки, стиснене повітря виходить із робочої камери пневмоциліндра. Стиснена пружина повертає поршень на початкове положення. Через систему важелів відбуватиметься рух спеціальних губок та розтискати деталь «Кронштейн Д02116.1».

Зусилля для затискання деталі «Кронштейн Д02116.1» визначаємо за припущенням, що утримання деталі «Кронштейн Д02116.1» відбувається за рахунок сил тертя.

Зусилля для затискання деталі «Кронштейн Д02116.1» [7]:

$$F = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot g, [H] \quad (3.1)$$

де m – маса деталі «Кронштейн Д02116.1»;

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1 = 1,2 \div 2,0$, приймаємо $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що розраховується від максимального прискорення A , з яким наш робот переміщує деталі «Кронштейн Д02116.1», для пневматичних роботів:
 $A = g = 1 + A/g = 1 + 1 = 2$;

K_3 – коефіцієнт передачі, який розраховується від конструкції самого захвату:

$$K_3 = \frac{\sin \alpha}{2\mu}, \quad (3.2)$$

де α – половина кута нахилу губок пристрою затискання, $\alpha = 60^\circ$;

μ – коефіцієнт тертя; приймаємо $\mu = 0,15$;

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,15} = 2,9.$$

Тоді:

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 14 \cdot 9,81 = 956 \text{ (H)}.$$

Зусилля затискання для вибраної схеми:

$$\frac{P}{F} = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \alpha \quad (3.3)$$

$$P = \frac{h_1}{h_2} \cdot 2 \sin \alpha \cdot F. \quad (3.4)$$

$$P=0,015/0,09 \cdot 2 \cdot \sin(45^\circ) \cdot 956=225 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо діаметр поршня який входить до циліндра односторонньої дії:

$$P = p_v \cdot \frac{\pi D^2}{4} - F_{тр} - F_{пр}. \quad (3.5)$$

де p_v – робочий тиск повітря в системі, приймаємо $p_v = 0,6$ МПа. Варто врахувати, що тиск в пневматичній мережі більше 0,6 МПа зазвичай призводить до можливих жахливих аварійних ситуацій, адже інші пристрої повітряної мережі не розраховані на такий підвищений тиск.

D – діаметр поршня;

$F_{тр}$ – сила тертя в ущільненнях ($\approx 10\%$ від зусилля, що розвивається),

приймаємо $F_{тр} = 22,5$ Н;

$F_{пр}$ – зусилля, створене пружиною (в кінці ходу дорівнює 10% від зусилля, що

розвивається), приймаємо $F_{пр} = 22,5$ Н.

$$D = \sqrt{\frac{4(P + F_{тр} + F_{пр})}{\pi \cdot p_v}} = \sqrt{\frac{4(225 + 22,5 + 22,5)}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,0224 \text{ (м)} = 22,4 \text{ (мм)}.$$

Отже, приймаємо діаметр поршня механізму затиску $D = 25$ мм.

Розрахуємо похибку розміщення заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1».

Основними частинами установчих розмірних ланцюгів є: розміри заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1», пристосування, які розраховано, відповідно, до загальних методик розмірного аналізу конструкції.

Розглянемо розміри, що з'являються при автоматизованому відпрацюванні програми промислового робота із заготовкою деталі «Кронштейн Д02116.1» на токарно-револьверного верстата з ЧПК моделі 1П420ПФ40 (рисунок 3.5):

- B_{Δ} – відхилення осей між затискним пристроєм верстата та заготовкою;
 B_1 – відхилення осей між заготовкою та захватним пристроєм;
 B_2 – відхилення, що враховують основні необхідні переміщення;
 B_3 – відхилення осі захватного механізму від бази промислового робота;
 B_4 – відхилення габаритної відстані між верстатом із ЧПК та роботом;
 B_5 – відхилення відстані від осі робота до головної бази верстата із ЧПК.

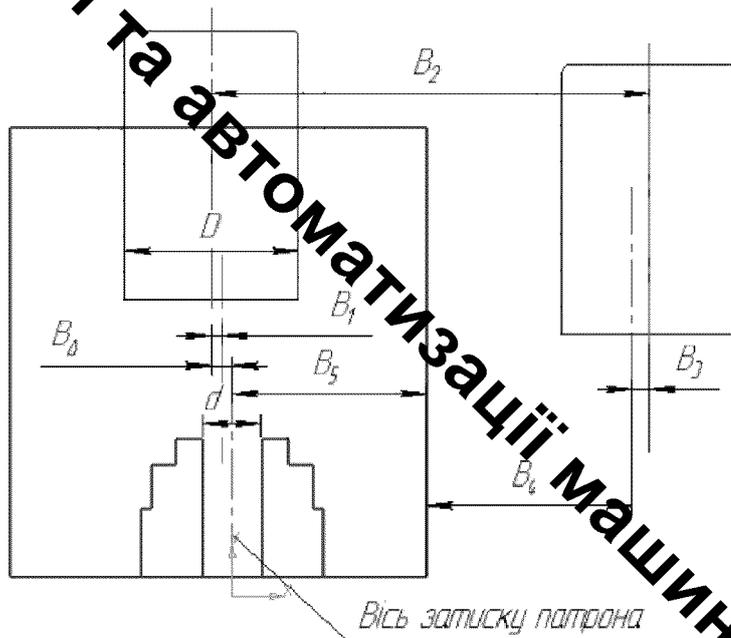


Рисунок 3.5 – Розрахунок похибки розміщення заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1»

Встановлення заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» безпосередньо на призму в тому випадку, коли B_{Δ} не перевищує значення:

$$B_{\max} = \frac{d - D}{2K_3}, [\text{мм}] \quad (3.6)$$

де $K_3 = 1,1 \div 1,2$ (коефіцієнт запасу);

d – діаметр розкриття кулачків патрона (120 мм);

D – діаметр поверхні базування деталі (62 мм).

$$B_{\max} = (120 - 62) / 2 / 1,2 = 24,17 \text{ (мм)}.$$

В результаті приймаємо допуск на розмір для базування заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» $62^{+0,3}_{-1,1}$ мм, тоді розрахуємо інші параметри:

$$B_1 = \frac{0,5}{2} \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 0,04 \text{ (мм)}$$

$$B_2 = 1400 \pm 1,55 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = \frac{0,5}{2} \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 0,04 \text{ (мм)}$$

$$B_4 = 940 \pm 0,72 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 940 \pm 2,3 \text{ (мм)}$$

$$T_{\Delta} = 0,04 + 3,1 + 0,04 + 0,72 + 2,3 = 5,87 \text{ (мм)}$$

Оскільки $T_{\Delta} < B_{\max}$, то можна зробити висновок, що розрахована точність позиціонування заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» достатня для виконання необхідної операції.

3.4 Розрахунок траєкторії руху елементів промислового робота

Запишемо координати переміщення траєкторії руху вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розраховані елементи траєкторії переміщення захвату робота

Елемент Траєкторії	Найменування та напрямок руху	Величина переміщення, мм (град)
1	2	3
r0-1	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
	Затиск заготовки схватом промислового робота	-

Продовження таблиці 3.1

	2	3
r1-2	Переміщення руки промислового робота назад	1000
z2-3	Переміщення руки промислового робота вгору	100
φ 3-4	Поворот корпусу за год. стрілкою	90
r5-6	Переміщення руки промислового робота вперед	1400
z6-7	Переміщення руки промислового робота вниз	100
x7-8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату руки	-
x9-10	Переміщення корпусу промислового робота вправо	100
z10-11	Переміщення руки промислового робота вгору	100
z11-12	Переміщення руки промислового робота назад	1400
	Вистій руки промислового робота	-
r12-13	Переміщення руки промислового робота вперед	1400
z13-14	Переміщення руки промислового робота вниз	100
x14-15	Переміщення корпусу вліво	100
	Затиск схвату руки	-
x15-16	Переміщення корпусу промислового робота вправо	100
z16-17	Переміщення руки промислового робота вгору	100
r19-20	Переміщення руки промислового робота назад	1000
φ 20-21	Поворот корпусу проти год. стрілкою	90
z22-23	Переміщення руки промислового робота вниз	100
r23-24	Переміщення руки промислового робота вперед	1000
	Розтиск схвату руки	-
r25-26	Переміщення руки промислового робота назад	1000

3.5 Вибір допоміжного устаткування для удосконалення робочого місця

Розберемо функції допоміжного устаткування:

- основна функція накопичення;
- також функція транспортування та поштучної видачі виробів;
- остання функція орієнтації та переорієнтації виробів.

Допоміжне обладнання робочого місця забезпечує надійну фіксацію заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» під час її переміщення до верстата, а також точне позиціонування для захватного механізму промислового робота моделі «QJRB15-1». Важливо гарантувати, що зона роботи допоміжного обладнання однозначно перетинається з робочою зоною промислового робота моделі «QJRB15-1».

Для удосконалення робочого місця передбачено використання спеціального тактового столу. На його робочу поверхню будуть встановлені спеціальні призми, призначені для заготовок деталі «Кронштейн Д02116.1». Оскільки габаритні розміри заготовок цієї деталі мають певні відмінності, опорні елементи обираються однаковими. Схема тактового столу СТ350 та його пластина із розмірами наведені на рисунку 3.6.

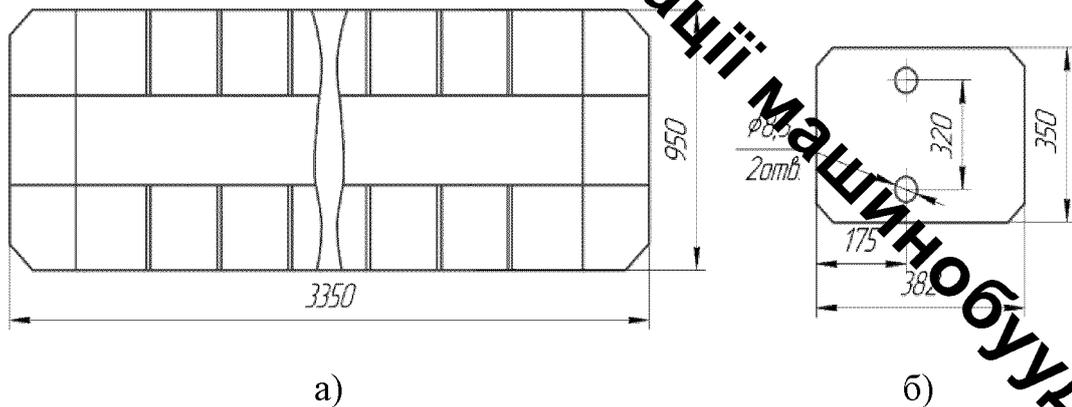


Рисунок 3.6 – Схема тактового столу СТ350 а) та розмірами елемента пластини б)

Для роботи промислового робота на робочій ділянці використовується кільцева компоновка (рисунок 3.7).

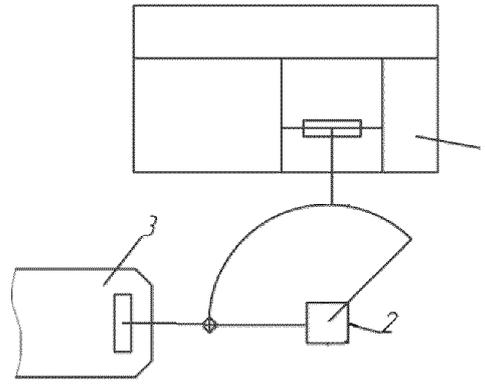


Рисунок 3.7 – Кільцева компоновка робочого місця з промисловим роботом моделі «QJRB15-1»

Такий підхід дозволяє здійснювати завантаження і розвантаження заготовок як на тактовий стіл, так і на верстат. Основна перевага кільцевої компоновки полягає у зменшенні допоміжного часу, необхідного для закріплення та установки заготовок і деталей. Це, своєю чергою, сприяє скороченню штучно-калькуляційного часу, що позитивно впливає на підвищення продуктивності процесу.

3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення деталі в захваті

Проведемо розрахунок швидкості лінійних переміщень. Для цього визначаємо швидкість лінійних переміщень в діапазоні робочої зони руки робота, використовуємо формулу 3.7:

$$V_x = \frac{2L_x \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (3.7)$$

де L_x – виліт руки робота;

Δl – похибка позиціонування (5,87 мм);

M – маса заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» (14 кг).

В результаті швидкість лінійних переміщень із заготовкою деталі «Кронштейн Д02116.1» перед операцією:

$$V_r = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{14}} = 0,23(\text{м/с}).$$

а також під час відведення завантаженої руки від накопичувача:

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{14}} = 0,02(\text{м/с}).$$

Знайдемо швидкість переміщень по вертикалі. Для визначення швидкості цих переміщень застосуємо умову зрівноваження мас:

$$V_z = \frac{\alpha_z \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{M}}{\sqrt[3]{M}} \quad [\text{м/с}] \quad (3.8)$$

де α_z – коефіцієнт враховує залежність від конструкції приводу робота, для пневмоприводу $\alpha_z=3$;

L_z – довжина шляху при вертикальному переміщенні деталі «Кронштейн Д02116.1».

Швидкість вертикальних переміщень із заготовкою деталі «Кронштейн Д02116.1»:

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,1} \cdot \sqrt[4]{0,00587}}{\sqrt[3]{14}} = 0,11(\text{м/с}).$$

Знайдемо швидкість кутових переміщень. Кутова швидкість для повороту руки нашого промислового робота моделі «QJRB15-1» щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5 \sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, \quad [\text{град/с}] \quad (3.9)$$

де δ – похибка кутового позиціювання:

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0,0001}{1} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 20,64 \text{ (с)} ;$$

φ – кут повороту руки, град.

Врахуємо також, що для повороту станини з рукою робота необхідно повернути на кут 90° :

$$\omega = \frac{0,5 \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \sqrt[4]{20,64}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 1)^4}} = 1,5 \text{ (рад/с)}.$$

3.7 Побудова циклограми роботи промислового робота

Циклограма удосконаленого робочого місця з роботою промислового робота моделі «QJRB15-1» включає графічне відображення усіх послідовностей роботи під час мехобробки деталі «Кронштейн Д02116.1» та з врахуванням окремих його елементів і підсистем (рисунок 3.8).

Вона враховує усі допоміжні операції на встановлення, закріплення, переміщення заготовки. Основний та допоміжний час на виконання механічної обробки враховано і він займає ліву частку процесу обробки. Інші операції по розтисканню і переміщенню на тактовий стіл також враховано.

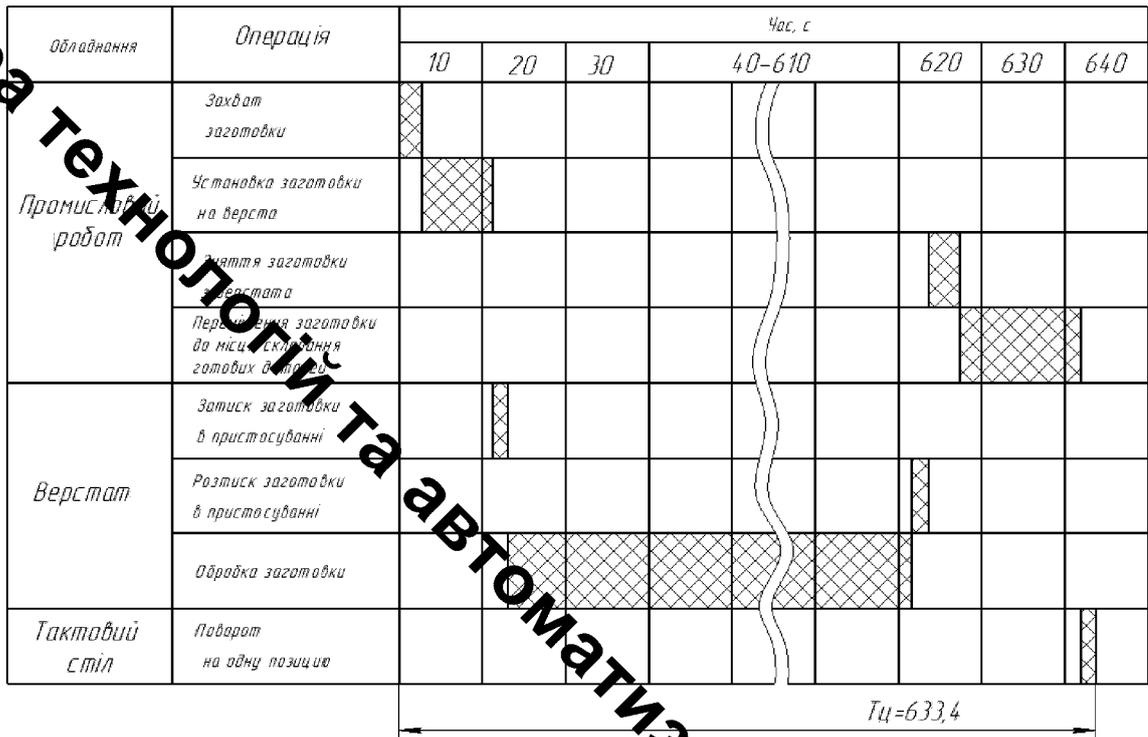


Рисунок 3.8 – Циклограма роботи промислового робота моделі «QJRB15-1»

Із циклограми роботи промислового робота визначено, що його використання дозволяє зменшити витрати на допоміжні операції до 4,7 хв, що складає 30,7% штучно-калькуляційного часу на 010 операцію.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

4.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

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

Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснюється за 12-ма критеріями [14]. Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Лозінський Д.О.	Піоніров О.В.	Сердюк О.В.
1	2	3	4
1. Технічна здійсненність концепції	3	3	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	2	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	2	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	3	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	2	4	3

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	3	2
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	3
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	4
Сума балів	СБ ₁ =33	СБ ₂ =35	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{33+35+34}{3}$		

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} \quad (4.1)$$

Згідно результатів оцінювання можна охарактеризувати рівень комерційного потенціалу розробки «вище середнього» ($\overline{СБ}=34$), а також розкрити такі аспекти:

- розробка може бути реалізована на таких підприємствах як ТОВ «Техносмарт груп», ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод», ООО «Вінницький інструментальний завод»;

- загальна якість розробки має високі показники: коефіцієнт запасу міцності деталі «Кронштейн Д02116.1» складає 2,9, точність обробки поверхонь забезпечує точність позиціонування та виконання функціональних обов'язків;

- за рахунок удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн Д02116.1» забезпечується підвищення продуктивності випуску продукції та економія енергетичних ресурсів, що дозволяє покращити співвідношення ціна-якість;

- ринками збуту продукції можуть бути підприємства України, що займаються виготовлення машин із двигунами такого типу;

- двигун фірми Cummins серії ISLe є досить перспективний проєкт, а потенційними покупцями цього товару можуть бути дрібні та великі фірми по виготовленню автомобілів;

- оскільки загальний ресурс роботи двигуна з деталлю «Кронштейн Д02116.1» є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити, що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 15 років.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z_o , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]}, \quad (4.2)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн. У 2025 році величини окладів рекомендується брати до 15372 грн. за місяць для працівників професійної, наукової та технічної діяльності;

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = (21 \dots 23)$ дні, Приймаємо 22 робочих дні;

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Таблиця 4.2 – Розрахунки основної заробітної плати розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Керівник проектувальний	15372	698,72	10	6987,2
Інженер-конструктор 1-ї категорії	1556	525,27	10	5252,7
Технік 1-ї категорії	8172	71,45	8	2971,6
Всього				15211,5

Основна заробітна плата робітників Z_p , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \text{ [грн.]}, \quad (4.3)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_{MKC} \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \text{ [грн./год]}, \quad (4.4)$$

де M_m – розмір мінімальної місячної заробітної плати,
 $M_m = 8000,00$ грн./міс.;

$K_{\text{мкс}}$ – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду: 1,35 – 3 розр.; 1,7 – 5 розр.; 2 – 6 розр.;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати: приймаємо 1,8.

T_p – число робочих днів в місяці. Прийняте $T_p = 22$ дні;

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

Тоді

$$C_3 = \frac{8000 \cdot 1,35 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 110,45 \text{ (грн/год);}$$

$$C_5 = \frac{8000 \cdot 1,7 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 139,09 \text{ (грн/год);}$$

$$C_6 = \frac{8000 \cdot 2 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 163,64 \text{ (грн/год).}$$

Таблиця 4.3 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка. грн.	Величина оплати на робітника грн.
Полірувальна операція	0,03	6	163,64	4,9
Токарна з ЧПК	0,615	6	163,64	100,6
Нанесення акрилового покриття	0,17	5	139,09	23,6
Шпонково-фрезерна операція	0,22		139,09	30,6
Обслуговування промислового робота	0,03	5	139,09	4,17
Слюсарна операція	0,5	3	110,45	55,2
Миюча операція	0,25	3	110,45	27,6
Всього				246,7

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}}(Z_o + Z_p) \text{ [грн.]},$$

$$Z_{\text{дод}} = 0,11(15211,5 + 246,7) = 1700,4 \text{ (грн.)}.$$

Відрахування на соціальні заходи. До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ — єдиний соціальний внесок). Розраховуються за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \text{ [грн.]}, \quad (4.6)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$H_{zn}=22\%$ – норма нарахування на заробітну плату.

$$Z_n = (15211,5 + 246,7 + 1700,4) \cdot \frac{22}{100} = 3775 \text{ (грн).}$$

Сировина та матеріали. Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \quad \text{[грн.]}, \quad (4.7)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

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

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ приймаємо 1,1;

B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

C_b – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.4 - Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Штамповка	40X	11,92	5,0	7,2	554
Всього:					554

Розрахунок витрати на комплектуючі K_e , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K_e = \sum_1^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \text{ [грн.],} \quad (4.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_j – ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$ приймаємо 1,1;

n – кількість видів комплектуючих.

Всі необхідні данні для розрахунку витрат на комплектуючі вироби зведемо в таблицю 4.5

Таблиця 4.5 - Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Корпус двигуна	1	260000	260000
Інші дрібні комплектуючі для кріплення	10	60	660
Всього			2310

Спецустаткування для наукових робіт. Проектування та удосконалення деталі конічно-циліндричного мотор-редуктора виконувалася на ноутбуці ASUS VivoBook X571GT-BQ073 Star Black. Балансова вартість спецустаткування розраховується за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_1^k C_i \cdot C_{\text{пр.}j} \cdot K_j \text{ [грн.],} \quad (5.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн.;

$C_{пр.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 0, \dots, 1, 12$) приймаємо 1,1;

k – кількість найменувань устаткування;

$$B_{спец} = 23999 \cdot 1 \cdot 1,1 = 26398,9 \text{ (грн)}.$$

Програмне забезпечення для наукових робіт

При виконанні МКР використовуються програми, які є у вільному доступі та на підприємстві.

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування A цілому бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн]},$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	20	1	375
Вир. прим.	15000	20	1	625
Ноутбук	23999	5	1	400
Полірувальна операція	200000	15	1	1111,1
Токарна з ЧПК	400000	15	1	2222,2
Фарбувальна шафа	300000	15	1	1666,7
Шпонково-фрезерна операція	200000	15	1	1111,1
Робот типу «QJRB15-1»	45000	15	1	250
Інше обладнання	10000	5	1	166,7
Всього				7927,8

Паливо та енергія для науково-виробничих цілей. Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} t_i \Pi_e K_{eni}}{\eta_i} \text{ [грн]}, \quad (4.1)$$

W_{yi} - встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

Π_e - вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

K_{eni} - коефіцієнт, що враховує використання потужності, приймаємо 0,75;

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання, приймаємо 0,8.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$C_e = (C_{opt} + C_{розп} + C_{пост})(1 + \frac{ПДВ}{100\%}) \quad (4.12)$$

C_{opt} - середня оптова ціна електроенергії, яка визначається оператором ринку, грн за 1кВт·год [15];

$C_{розп}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ) для ПАТ «Вінницяобленерго», грн за 1кВт·год [17];

$C_{пост}$ - вартість постачання електроенергії від енергорозподільчої компанії до конкретного споживача (без ПДВ), грн за 1кВт·год [18].

$$C_e = (5621,52 + 344,82 + 528,57) \cdot (1 + 0,2) / 10^3 = 7,79 \text{ грн}$$

Таблиця 4.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Ноутбук	0,3	160	35,6
Полірувальна операція	3	0,03	0,7
Токарна з ЧПК	6,3	0,615	28,3
Фарбування	6,3	0,17	7,8
Шпонково-фрезерна операція	3,5	0,22	5,6
Робот типу «QJRB15-1»	1	0,22	1,6
Інше обладнання	2	10	146,1
Всього			540,7

Службові відрядження Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% (приймаємо 22%) від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$B_{ce} = \frac{H_{ce}}{100\%} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.13)$$

$$B_{ce} = 0,22(15211,5 + 246,7) = 3400,8 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації. До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Таких робіт не передбачено під час виготовлення зразка. Адже всі дослідження проведено на нашому підприємстві. Тому витрати на цю статтю дорівнюють 0.

Інші витрати. До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_e = \frac{H_{ie}}{100\%} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.14)$$

$$I_e = 0,5(15211,5 + 246,7) = 7729,1 \text{ (грн.)}.$$

Накладні (загальновиробничі) витрати. До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

$$B_{нзв} = \frac{H_{нзв}}{100\%} (Z_o + Z_p) \text{ [грн.]}, \quad (4.15)$$

$$H_{нзв} = 1,25(15211,5 + 246,7) = 19322,8 \text{ (грн)}.$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи. Цей показник розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат:

$$B_{заг} = 15211,5 + 246,7 + 1700,4 + 3775 + 554 + 286660 + 26398,9 + 0 + 7927,8 + 540,7 + 3400,0 + 7729,1 + 19322,8 = 373467,7 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково—дослідної (науково— технічної) роботи та оформлення її результатів, із врахуванням того розробка знаходиться на стадії розробки впровадження зразка:

$$ЗВ = 373467,7 / 0,9 = 414964,11 \text{ (грн)}$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Оскільки у нас удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1», то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних: збільшення кількості споживачів редукторів для добрих із деталлю «Кронштейн Д02116.1», в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – (250 шт за 2026 рік, 150 шт за 2027 рік, 90 штук за 2028 рік та 80 шт за 2029 рік); кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 3000 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 260000 грн; зміна вартості пристрою

(зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу 2000 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені в січня 2026 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2026-го, 2027-го, 2028-го та 2029-го років.

З 2029 року 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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \mathcal{G}/100) \text{ [грн]}, \quad (4.16)$$

де $\Delta\Pi_o$ – 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_o – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

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

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

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

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток. $\mathcal{G} = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_i протягом першого року від реалізації нашої розробки (2026 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (2000 \cdot 3000 + 260000 \cdot 250) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 12128682 \text{ (грн)};$$

$$\Delta\Pi_2 = (2000 \cdot 3000 + 260000 \cdot 150) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 7687193 \text{ (грн)};$$

$$\Delta\Pi_3 = (2000 \cdot 3000 + 260000 \cdot 90) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 5022299 \text{ (грн)};$$

$$\Delta\Pi_4 = (2000 \cdot 3000 + 260000 \cdot 80) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 4578150 \text{ (грн.)}.$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \text{ [грн]}, \quad (4.16)$$

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

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

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

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

$$ПП = \frac{12128682}{(1+0,1)^2} + \frac{7687193}{(1+0,1)^3} + \frac{5022299}{(1+0,1)^4} + \frac{4578150}{(1+0,1)^5} = 22072174 \text{ (грн)}.$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{inv} \cdot ZB \text{ [грн]}, \quad (4.17)$$

де k_{inv} – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай $k_{inv} = 2 \dots 5$, приймаємо 2.

$$PV = 2 \cdot 414964,11 = 829928,2 \text{ (грн)}.$$

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

$$E_{abc} = (ПП - PV) \text{ [грн]}, \quad (4.18)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Тоді

$$E_{abc} = (22072174 - 829928,2) = 21242246 \text{ (грн)}.$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів роботи 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.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v . Для цього користуються формулою:

$$E_v = \tau_{oc} \sqrt[5]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 \quad (4.19)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, років;

$$E_v = \sqrt[5]{1 + \frac{21242246}{8299228,2}} - 1 = 0,927 = 92,7\%$$

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{min} , яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ_{min} визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.20)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2025 році в Україні $d = (0,16...0,22)$;

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

Якщо величина $E_B > \tau_{\text{мін}}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{\text{мін}}$. Припустимо, що за даних умов:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,22 + 0,1 = 0,32 = 32\%.$$

Оскільки $E_B = 92,7\% < \tau_{\text{мін}} = 32\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B} \text{ [років]}. \quad (4.21)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{0,927} = 1,08 \text{ (років)}.$$

Це свідчить про можливу доцільність фінансування даної наукової розробки. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали і таке

і інші. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності. За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою. Термін окупності вкладених коштів у реалізацію наукового проекту становить $T_{ок}=1,08$ роки. Крім того відносна ефективність вкладень $E_v=92,7\%$ є більшою за мінімальну ставку дисконтування $\tau_{мін}=23\%$, що може зацікавити у фінансуванні даної наукової розробки. Приведена вартість прибутків становить $ПП=22,07$ млн. грн.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було оптимізовано конструкцію деталі «Кронштейн Д02116.1» та підвищено продуктивність механічної обробки її заготовки шляхом інженерного аналізу втрати матеріалу та зменшення допоміжного часу на обробку після використання розроблених пристосувань та удосконаленого робочого місця.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» за її службове призначення. Виявлено напрямок оптимізації конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» за рахунок врахування втрати матеріалу. В результаті обрано тип виробництва – дрібно серійний з формою організації роботи – групова. Проведено склад попередніх розрахунків, обрано заготовку, попередньо сформульований маршрут механічної обробки та режими різання.

В другому розділі спроектовано конструкцію верстального пристосування для обробки деталі типу «Кронштейн Д02116.1». Використано автоматизований пневматичний привід для затискання заготовки на операції, що дозволяє зменшити затрати допоміжного часу на встановлення деталі «Кронштейн Д02116.1». Спроектовано конструкцію шпонкової фрези для обробки пазу 8 мм.

Третью розділ МКР розділі запропоновано удосконалення робочого місця механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн Д02116.1» за рахунок використання промислового робота моделі «QJRB15-1». Підібрано також тактовий стіл СТ350 для автоматичної подачі заготовок. Це дозволило зменшити витрати на допоміжні операції до 4,7 хв, що складає 30,7% штучно-калькуляційного часу на 010 операцію.

В останньому розділі МКР розраховано економічну доцільність виготовлення виробу в якому зазначено, що річний прибуток виробника складе більше 22,07 млн. грн з терміном окупності за 1,08 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буленко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993. 414 с.
2. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія.– К.: Книжкове видавництво НТУУ, 2005. 280с.
3. Ю. А. Буренніков, Д. О. Лозінський Технологічні основи машинобудування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний. Вінниця : ВНТУ, 2017. 106 с.
4. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. 392 с.
5. Л.Є. Пелевін, К.І. Почка, О.М. Гаркавенко, Д.О. Мішук, І.В. Русан Синтех робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник. К.: ТОВ; Інтерсервіс;, 2016. 256.
6. Д.О. Лозінський. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Роботизовані технологічні комплекси” / Лозінський Д.О. Вінниця: ВНТУ, 2013 43 с.
7. Ю.І. Муляр Методичні вказівки до виконання домашньої роботи з дисципліни “Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК” / Муляр Ю.І. Вінниця: ВНТУ, 2010. 89с.
8. Комп’ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с
9. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин : навч. посібник / За ред. проф. З. А. Стецька. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 321 с
10. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Буткалюк, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васищенко, О. В. Піонткевич // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ,

Вінниця, 21-23 червня 2023 р. Електрон. текст. дані. 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.

11. SolidWorks 2022 Step-By-Step Guide: Part, Assembly, Drawings, Sheet Metal, & Surfacing, 5th Edition / Amit Bhatt, Mark Wiley. India : CADFolks, 2022. 438 p.

12. Analysis of Machine Elements Using SolidWorks Simulation 2021 / Shahin S. Nudehi, John R. Steffen. USA : SDC Publications, 2021. 559 p.

13. Introduction to Finite Element Analysis Using SolidWorks Simulation 2021 / Randy H. Shih. USA : SDC Publications, 2021. 551 p.

14. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Созловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. Вінниця : ВНТУ, 2021. 42 с.

15. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/market/>

16. Тарифи на електроенергію для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/>

17. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozhyvachiv/tarifi-na-poslugi-z-rozpodilu-elektrichnoyi-energiyi>

18. Тарифи на постачання електричної енергії. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozhyvachiv/tarifi-na-poslugi-postachalnikov-universalnih-poslug/tarifi-na-poslugi-postachalnikov-universalnih-poslug-shcho-prodovzhuyut-diyati-z-01042023>

19. Побережець В. Я., Ящук Д. А., Рижих О. В., Піонткевич О. В. Розробка прикладних програм мовою програмування C# для автоматизованого проектування металорізного інструменту. Матеріали ЛІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. 4 с. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20531>

20. Мельник А. С. Проєктування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням CAD/CAM-систем. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні. Вінниця: ВНТУ, 2024. 75 с.

21. Піонткевич О. В. Проєкція результатів вивчення CAD/CAE систем на виконання випускних робіт спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта – доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль, Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 242-246.

22. Мельник А. С., Піонткевич О. В., Козлов Л. Г. Аналіз втоми матеріалу деталі «Кронштейн» під дією циклічних навантажень. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», м. Вінниця, 20 жовтня 2025 р. - 26 червня 2026 р. Електрон. текст дані. 2025. 4 с. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026/paper/view/16917>

23. Піонткевич О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В., Савуляк В. В. Забезпечення результатів вивчення CAD/CAE/CAM систем для підготовки фахівців із спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта - доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль, Краматорськ : ДДМА, 2024. 247-252.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Оптимізація конструкції деталі «Кронштейн Д02116.1» з використанням САД/САЕ-систем та удосконалення технологічного процесу її виготовлення»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 7,54%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Ольга СЕРДЮК, к.т.н., доц. кафедри ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

_____ (підпис)

Леонід КОЗЛОВ, д.т.н., проф., зав. кафедри ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

_____ (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____

(підпис)

Ольга СЕРДЮК

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____

(підпис)

Леонід КОЗЛОВ, д.т.н., проф., зав. кафедри ТАМ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____

(підпис)

Артем МЕЛЬНИК

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

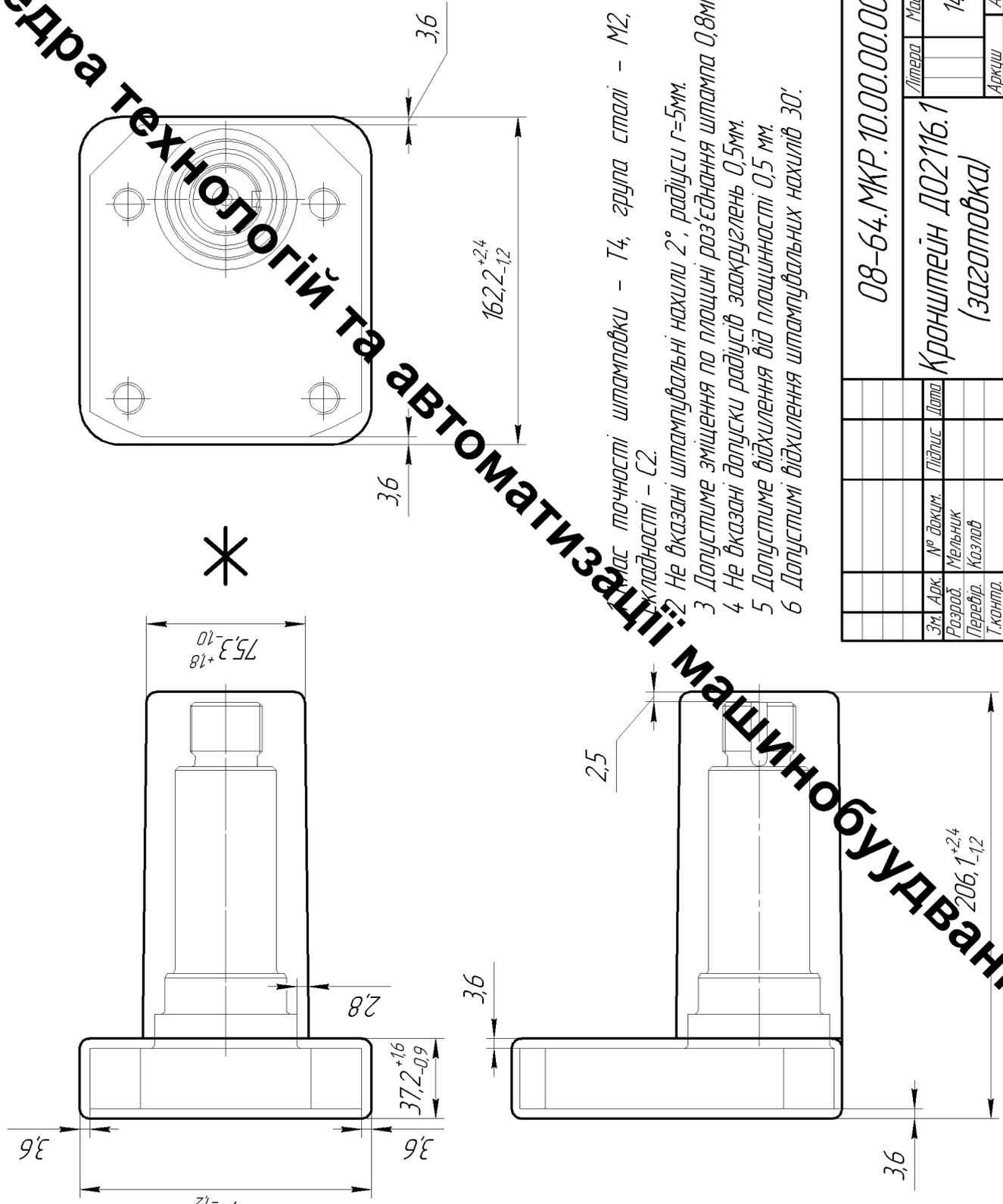
ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ «КРОНШТЕЙН Д02116.1» З
ВИКОРИСТАННЯМ САД/САЕ-СИСТЕМ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

08-64.МКР.10.00.00.002

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

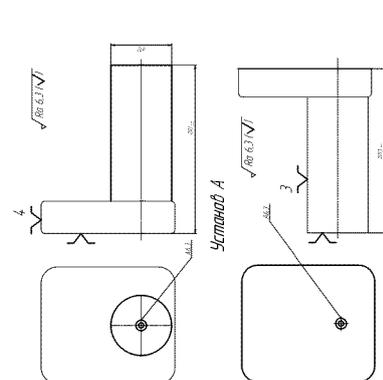
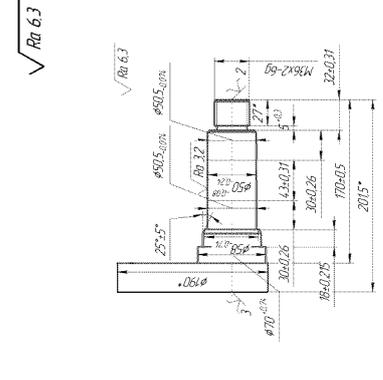
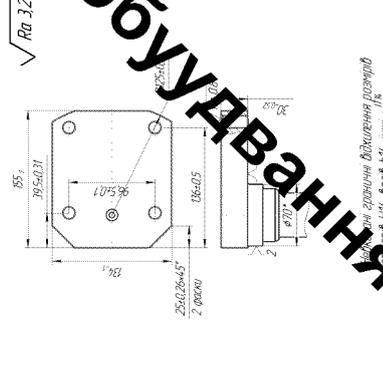
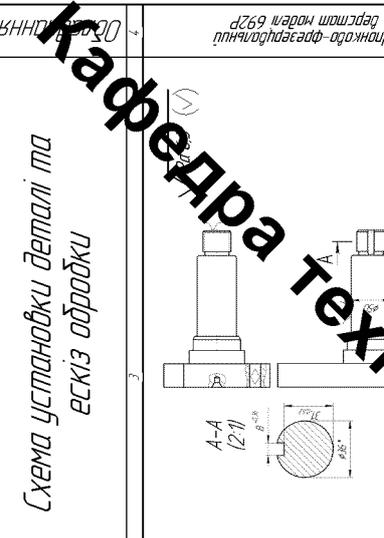
Rz 400



- 1. Макс точності штамповки – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
- 2. Не вказані штампувальні нахили 2°, радіуси r=5мм.
- 3. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа 0,8мм.
- 4. Не вказані допуски радіусів заокруглень 0,5мм.
- 5. Допустиме відхилення від площинності 0,5 мм.
- 6. Допустимі відхилення штампувальних нахилів 30°.

08-64.МКР.10.00.00.002		Литера	Маса	Масштаб
Кронштейн Д02116.1 (заготовка)			14	1:2
Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015		Аркши	Аркцив	1
ВНТУ, ст.бр. 1 ПМ-240		Калюбов		
Формат А3		Калюбов		

Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розроб.	Мельник			
Перевір.	Козлов			
Т.контр.				
Н.контр.	Сердюк			
Затверд.	Козлов			

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Точити торцеві $\phi 75,8$ мм втримуючи розмір $203,15$ мм Точити задню циліндричну поверхню в розмір 72 мм Центрувати отвір А6,4 Переустановити деталь Точити торцеві 190 мм втримуючи розмір $2015,15$ мм Центрувати отвір А6,4 Зняти деталь 	 <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, вказані Н14, інші $\pm 0,2$</p>	Токарно-револьверний верстат з ЧПК М420П30	<p>Фрезерний верстат з ЧПК моделі DM 635 V ecoLine</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ втримуючи $30,5$ мм попереду Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ по контуру однократно Центрувати 4 отвори М16-6Н з утворення фаски 16×45 Свердлити 4 отвори $\phi 14$ для різі М16-6Н Нарізати різь М16-6Н наскрізь Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ втримуючи $30,52$ остаточно Зняти деталь 	
010	<p>Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Точити поверхню $\phi 70,0$ з утворенням торця $\phi 190/\phi 70,0$ попереду Точити $\phi 58,0$ на довжину $18 \pm 0,15$ мм попереду Точити $\phi 51,0$ попереду Точити $\phi 50,5$ та $\phi 50,0$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм та $4,3 \pm 0,31$ мм попереду Точити $\phi 36,2$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм та $3,2 \pm 0,31$ мм попереду Точити канавку $\phi 31$ на глибину 5 мм Точити за контуром торцеві $\phi 190/\phi 70,0$ та фаску 2×45 втримуючи розмір $170 \pm 0,5$ мм Точити різьбу М36x2-6g Зняти деталь 	 <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, вказані Н14, інші $\pm 0,2$</p>	Токарно-револьверний верстат з ЧПК М420П30	<p>Крупношляфувальний верстат з ЧПК моделі ЗН15П2</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50k6$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ втримуючи $30,5$ мм попереду Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ по контуру однократно Центрувати 4 отвори М16-6Н з утворення фаски 16×45 Свердлити 4 отвори $\phi 14$ для різі М16-6Н Нарізати різь М16-6Н наскрізь Фрезерувати поверхню $155,1/134,1$ втримуючи $30,52$ остаточно Зняти деталь 	 <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, вказані Н14, інші $\pm 0,2$</p>	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DM 635 V ecoLine	<p>Крупношляфувальний верстат з ЧПК моделі ЗН15П2</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50k6$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	
020	<p>Шляфо-фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Фрезерувати шляфою розмір $31,0$ Зняти деталь 	 <p>Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, вказані Н14, інші $\pm 0,2$</p>	Шляфо-фрезерувальний верстат моделі 692P	<p>Крупношляфувальний верстат з ЧПК моделі ЗН15П2</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50,2$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	
025	Термічна	Гартування за атмосферою СВ4	Термічна	Гартування за атмосферою СВ4	
030	Шліфувальна з ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50,2$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	Шліфувальна з ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50,2$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	
035	Шліфувальна з ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50k6$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	Шліфувальна з ЧПК	<ol style="list-style-type: none"> Установити і закріпити заготовку Шліфувати поверхні $\phi 50k6$ втримуючи $30 \pm 0,26$ мм Зняти деталь 	
040	Промити деталь	Промити деталь	Промити деталь	Промити деталь	
045	Технічний контроль	Технічний контроль	Технічний контроль	Технічний контроль	
050	Нанесення антикорозійного покриття	Нанесення антикорозійного покриття	Нанесення антикорозійного покриття	Нанесення антикорозійного покриття	

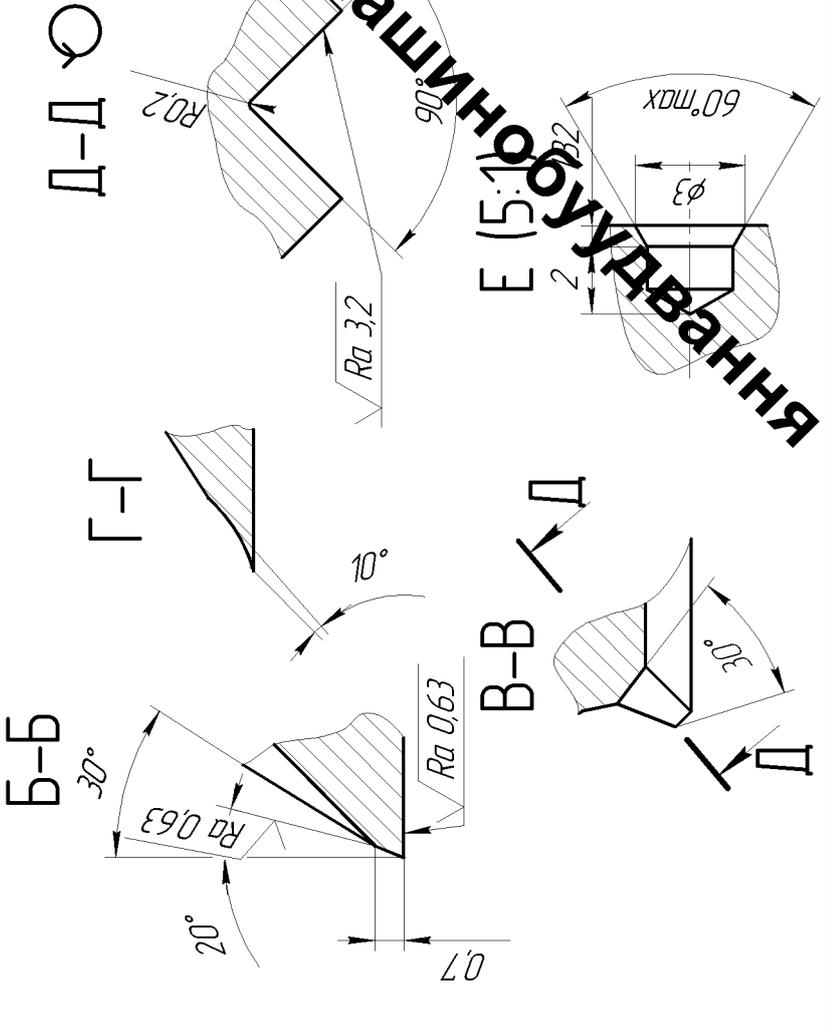
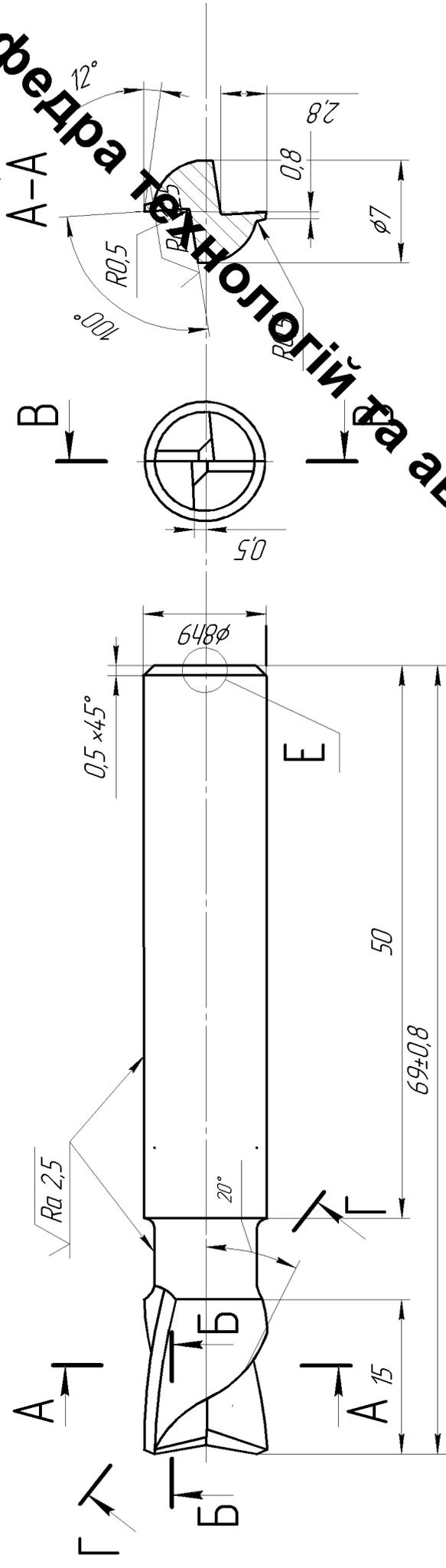
Кафедра Технологій та Автоматизації Машинобудування

Код	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			08-64.МКР.010.01000.СК.	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-64.МКР.010.02.000.СК.	Пневмоциліндр	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	08-64.МКР.010.01001	Важил	1	
		3	08-64.МКР.010.01002.	Вісь $\phi 10$	1	
		4	08-64.МКР.010.01003.	Вісь $\phi 12f6$	1	
		5	08-64.МКР.010.01004.	Вилка	1	
		6	08-64.МКР.010.01005.	Плита	1	
		7	08-64.МКР.010.01006.	Тяга	1	
		8	08-64.МКР.010.01007.	Упор	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болт		
		9		M8-6gx35 ГОСТ 7805-70	3	
				Гайка ГОСТ 5927-70		
		10		M10x15-6H	1	

					08-64.МКР.010.01000.		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій для фрезерування шпоночного пазу $b=8$ мм		
Виконав	Мельник			11.12			
Перев.	Козлов			12.12			
Н.контр.	Сердюк			12.12			
Затв.	Козлов			16.12			
					Літ.	Аркуш	Аркушів
					Н	1	2
					ВНТУ, ст. гр. 1ПМ-24 _м		

08-64.МКР.010.03.000

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

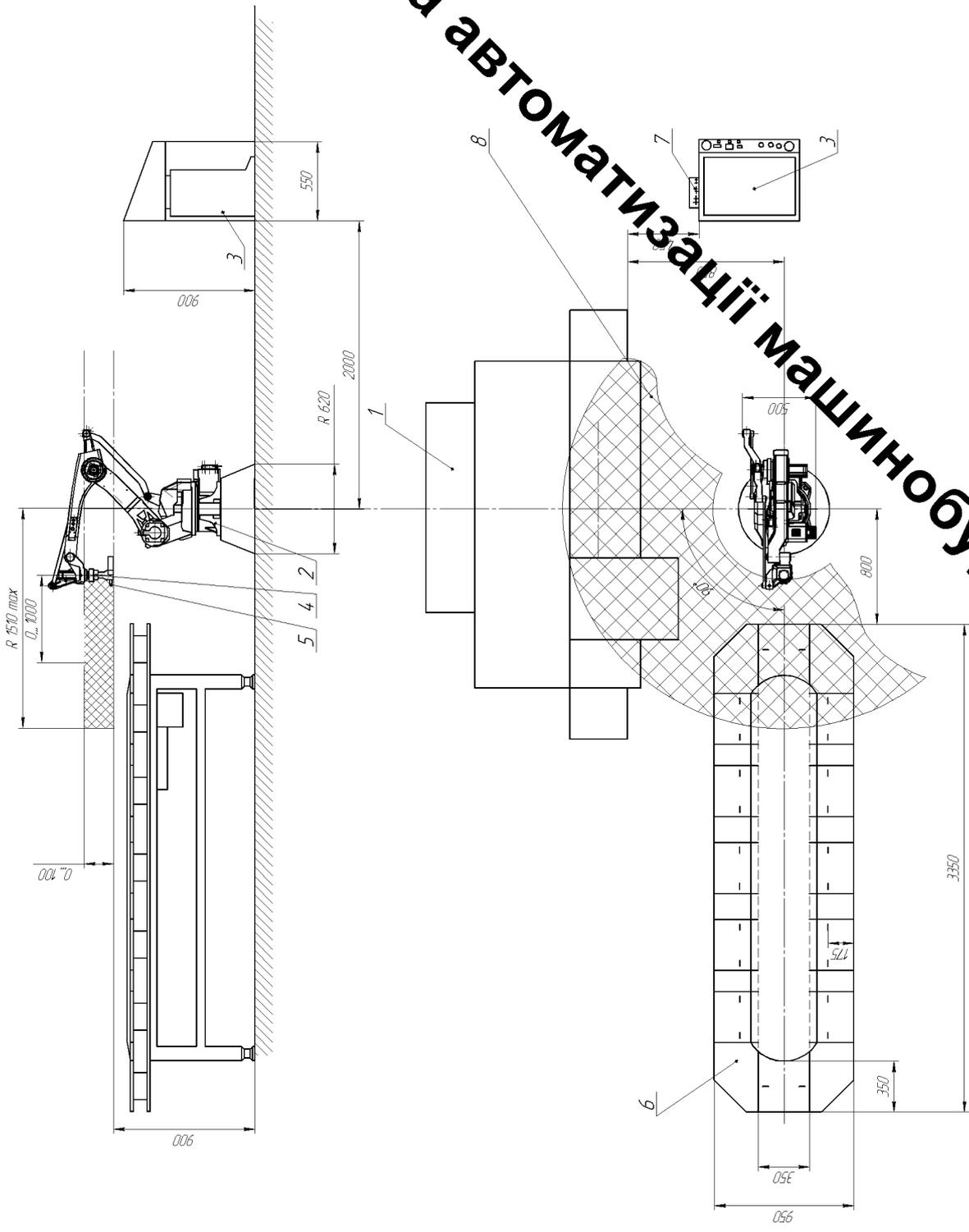


1. Твердість ріжучої частини – 63.65 HRC
хвостової – 35...45 HRC
2. На ріжучій поверхні фрези не повино бути безвуглцевого шару і місць з пониженою твердістю
3. Допустиме зменшення діаметру фрези по напрямлено до хвостовика не більше 0,02 мм на довжині робочої частини
4. Радіальне діття ріжучих кромок зубів відносно вісі поверхні хвостовика не більше 0,02мм
5. Торцьове діття ріжучих кромок відносно вісі поверхні хвостовика – не більше 0,03мм

08-64.МКР.010.03.000		Літера		Маса		Масштаб	
Шпінкова фреза φ8		Н		0,11		4:1	
Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73		Аркші		Аркців		1	
ВНТУ, ст. гр. ПМ-24 _т		Контроль		Серіал		Затверд.	
Калюбов		Мельник		Козлов		Козлов	

Компонавка удосконаленого робочого місця на операцію 010

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування



- 1. Верстат моделі ПН.20ПФ40
- 2. Промисловий робот моделі QJRB15-1
- 3. Пристрій керування
- 4. Виконавчий орган
- 5. Захисний пристрій
- 6. Тактильний стіл СТ-350
- 7. Пульт
- 8. Робоча зона промислового робота

Технічні характеристики промислового робота

- Вантажопідйомність - 15 кг.
- Число ступенів рухоливості - 4.
- Число осей - 1
- Число з'єднаних пристроїв на одній осі - 1
- Провід програмних команд - преінтегрований.
- Система керування - інтелектуальна.
- Число програмованих координат - 6.
- Максимальна швидкість - 0,15 м/с.
- Максимальна діаметр діла - 150 мм.
- Найвищий переміщення / кутова швидкість: °/с.
- a = 79,5
- β = 19,5
- γ = 22,9
- робочий параметр 500x600x960.
- маса ПР - 160 кг

Характеристика робочого місця

- 1 Циклова продуктивність, Qц
- 2 Коefіцієнт відносного завантаження, Kз 0,93
- 3 Режим роботи ПР

0,002
Kз 0,93
легкий