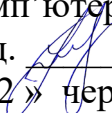


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. «Інженерна механіка та
комп'ютерне проектування»

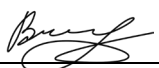
доц.  Олександр ВЕРШКОВ
« 12 » червня 2024 р.


Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи здобувача СВО Бакалавр
(ступінь вищої освіти)


на тему: «Комп'ютерне моделювання деталі «Поршень Д-112-94-1438
двигуна СМД-62» в системі автоматизованого проектування з розробкою
комплекту технологічної документації»


17 ПМД.8999009.06.24/000000 ПЗ


Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи 41 ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

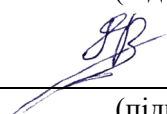

Владислав ВОЛОШИН
(підпис)

Керівник доц. 
Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Консультант доц. 
Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц. 
Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент 
Дмитро СПІРІНЦЕВ
(підпис)

Запоріжжя - 2024 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

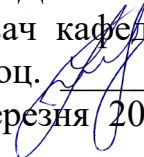
Факультет: МТ
ІМКП

Кафедра:

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ІМКП

к.т.н, доц.  Олександр ВЕРШКОВ
«20» березня 2024р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**





Волошину Владиславу Олеговичу


(прізвище, ім'я, по батькові)

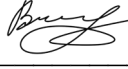
Тема кваліфікаційної роботи: «Компютерне моделювання деталі «Поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплексу технологічної документації» затверджена наказом по університету від 18 березня 2024 року за № 157-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2024 року.
2. Вихідні дані до проекту (роботи): завдання на розробку кваліфікаційної роботи.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): провести обстеження підприємства у відповідності до ТЗ, створити систему автоматизованого проектування технологічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити спеціалізовану САПР проектування поршня двигуна, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності проекту.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Ціль та мета кваліфікаційної роботи;
 - 4.2 Креслення та 3D модель деталі;
 - 4.3 Дослідження напружених станів та можливих деформацій деталі;
 - 4.4 Вибір верстату за допомогою Аналізу ієрархій;
 - 4.5 Створення керуючої програми в PowerMill MasterCAM lathe 8.1;
 - 4.6 Робоче місце інженера-конструктора;
 - 4.7 Економічна ефективність проекту.

5. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх:

Консультант	Підпис, дата		
	Завдання видав		Завдання виконав
Зоря М.В.		22.05.2024	 31.05.2024
Болтянська Л.О.		05.06.2024	 09.06.2024

Керівник  Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Владислав ВОЛОШИН
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Передпроектне дослідження ПП “Завод Двигун”	08.05-10.05	Виконано
2	Аналіз існуючої системи САПР	11.05-12.05	Виконано
3	Розробка підсистеми САПР технологічної документації	15.05-19.05	Виконано
4	Розробка керуючої програми виготовлення деталі “Поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62”	22.05-26.05	Виконано
5	Розробка робочого місця проектувальника з урахуванням ергономічних показників	29.05-31.05	Виконано
6	Розробка питань з охорони праці	05.06-09.06	Виконано
7	Теніко-економічна оцінка рішень проекту	12.06-16.06	Виконано
8	Оформлення проекту в цілому	12.06-16.06	Виконано
9	Підпис проекту у консультантів і нормоконтроля	12.06-16.06	Виконано

Студент-дипломник  Владислав ВОЛОШИН

Керівник кваліфікаційної роботи  Олександр МАЦУЛЕВИЧ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота представлена у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом 98 сторінок друкованого тексту формату А4 (210×297) та 6 аркушів креслярсько-графічних робіт формату А1 (341×594), містить 4 розділи, 23 рисунки, 6 таблиць, додатки, список використаної літератури кількістю 15 найменувань.

Об'єкт дослідження – розробкою комплексу технологічної документації на Приватному підприємстві «Завод Двигун».

Мета дослідження – модернізація підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації.

В першому розділі проводиться обстеження і аналіз підприємства.

У другому розділі проводиться технічна підготовка виробництва деталі «Поршень 112-94-1438 двигуна СМД-62».







У третьому розділі вирішуються питання охорони праці при впровадженні нового технологічного процесу, та розраховується робоче місце інженера-прграміста.

У четвертому розділі проводиться розрахунок економічної ефективності проекту.

Ключові слова: технічне завдання, програмне забезпечення, система автоматизованого проектування, COSMOSWorks, CAD - система, управляюча програма, числове програмне керування, автоматизована система, технологічний процес, коефіцієнт запасу міцності, верстати, програмні модулі.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕОМ	електронно-обчислювальна машина
КТЕ	конструкторсько – технологічний елемент
ПК	персональний комп'ютер
ТЗ	технічне завдання
ТП	технологічний процес
ЧПК	числове програмне керування
ВГК	відділ головного конструктора
ВГМ	відділ головного металурга
АРМ	автоматизація робочого місця
САПР	система автоматизованого виробництва
КУД	крайне устаткування даних
АКД	апаратура закінчення каналу даних
ВДТ	візуальні дисплейні термінали
ГДК	гранично допустимі концентрації.

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Прим.		
1	A4	17 ПМД.8999009.06.24/000 000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна					
2			записка					
3	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/100.000	Ціль та мета кваліфікаційної роботи	1	0			
4	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/210.000	Креслення та 3D модель деталі	1	1			
5			«Поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62»					
7	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/220.000	Дослідження напружених станів та	1	2			
8			можливих деформацій деталі					
9			«Поршень Д-112-94-1438»	1	3			
10	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/230.000	Вибір верстату за допомогою					
11			Аналізу ієрархій					
12	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/240.000	Створення керуючої програми в	1	1			
13			PowerMill MasterCAM lathe 8.1 для деталі					
14			«Поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62»					
15	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/310.000	Робоче місце інженера-конструктора	1	2			
16								
17				1	1			
18	A1	17 ПМД. 8999013.06.24/410.000	Економічна ефективність проекту					
19				1	1			
20								
21								
22								
23								
				17 ПМД.8999009.06.24/ 000 000				
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Волошин В.О.		12.06	Комп'ютерне моделювання деталі «Поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62» в системі автоматизованого	Літ	Лист	Ли
Перевір.		Мацулевич О.Є.		12.06			1	1
Конс.		Зоря М.В.		12.06		ТДАТУ, 2024		
Конс.		Болтянська Л.В.		12.06				
Н. контр		Мацулевич О.Є.		12.06				
Затв.		Вершков О.О.		12.06				

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ, ЩО ІСНУЄ НА ПІДПРИЄМСТВІ	11
1.1 Коротка характеристика підприємства та виробляємої продукції	11
1.2 Характеристика програмного забезпечення САПР «Заводу Двигун»...	15
1.3 Характеристика технічного забезпечення САПР «Завод Двигун»	15
1.4 Характеристика локальної обчислювальної мережі приватного підприємства «Завод ДВИГУН»	17
1.5 Інформаційні потоки в технічних службах приватного підприємства «Завод Двигун»	19
Висновки до першого розділу	21
Розділ 2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ ПОРШЕНЬ Д-112-94-1438 ДВИГУНА СМД-62	22
2.1 Опис конструкції і службове призначення деталі.	22
2.2 Аналіз конструкції деталі	23
2.2.1 Розрахунок деталі на міцність в COSMOSWorks	25
2.2.2 Задання матеріалу	26
2.2.3 Задання обмежень	28
2.2.4 Задання навантаження	28
2.2.5 Виконання розрахунку	29
2.2.6 Аналіз результатів розрахунку	31
2.3 Розробка пропонованої конструкції деталі	34
2.4. Аналіз технологічності деталі	37
2.5 Аналіз наявного технологічного процесу на виготовлення деталі поршень Д-112-94-1438	37
2.6. Розробка нового технологічного процесу	38
2.6.1 Характеристика вибраного устаткування для модернізованого технологічного процесу	40
2.6.2 Вибір допоміжного, ріжучого і мерительного інструментів.	45
2.7 Розрахунок режимів різання	47
2.8 Розробка керуючої програми в програмному продукті PowerMill та MasterCAM Lathe 8.1	49

2.8.1 Розробка керуючої програми в програмному продукті MasterCAM Lathe 8.1	49
2.8.2 Програмна реалізація обробки деталі поршень в PowerMill	51
Висновки до другого розділу	55
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА З ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
3.1 Розробка ергономічного проекту розташування робочих місць у ВГК та безпека життєдіяльності при роботі з ЕОМ	57
3.1.1 Ергономічні вимоги до організації місця праці та безпека життєдіяльності при роботі з ЕОМ	57
3.2 Впровадження та експлуатація	61
3.2.1 Безпека життєдіяльності	61
3.2.2 Розробка ергономічного проекту робітничого місця конструктора ...	63
Висновки до третього розділу	67
РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ 68	
4.1 Розрахунок економічної ефективності	68
4.1.1 Розрахунок норми часу	68
4.2 Техніко-економічні показники	70
4.2.2 Коефіцієнт використання матеріалу	70
4.2.3 Коефіцієнт використання верстата по потужності	70
4.2.4 Коефіцієнт використання верстата за часом	71
4.2.5 Собівартість механічної обробки деталі	71
Висновки до четвертого розділу	73
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	77
ДОДАТКИ	79
ДОДАТОК А	80
ДОДАТОК Б	91

ВСТУП

На сучасному етапі історії ми стикаємося з викликом військових дій, які призводять до руйнування важливого чинника економіки країни – промислових об'єктів та заводів. Це створює необхідність у збереженні, відновленні та модернізації інфраструктури та виробництв. Відбудова зруйнованих заводів та промислових об'єктів є важливим завданням для забезпечення стійкого розвитку країни. Використання сучасних методів та інноваційних підходів може сприяти ефективному відновленню промисловості та створенню умов для процвітання суспільства.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка технічної підготовки виробництва деталі «Поршень Д-112-94-1438 Двигуна СМД-62» приватного підприємства «Завод Двигун» (м. Мелітополь) в системі автоматизованого проектування з розробкою комплекта технічної документації.

По проханню приватного підприємства «Завод Двигун» зі згодою керівника кваліфікаційної роботи переді мною була поставлена задача модернізувати існуючий технологічний процес для поршня Д-112-94-1438 двигуна СМД-62 Д-112-94-1438 з розробкою технічної документації в системі автоматизованого проектування.

Об'єктом обстеження був відділ головного конструктора та головного технолога ПП «Завод Двигун».

Метою дослідження є аналіз та модернізація процесу технічної підготовки виробництва на ПП «Завод Двигун», розробка технічної документації. Створення технічного завдання на деталь поршень Д-112-94-1438. Дослідження конструкторської документації, існуючої на підприємстві.

Під час проходження нами переддипломної практики на приватному підприємстві «Завод Двигун» було проведено передпроектне обстеження та

аналіз існуючої системи технологічної підготовки деталі поршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62.

Практичне значення має покращення техно-економічних показників виробництва деталі поршень Д-112-94-1438.

Новизна отриманих результатів полягає в наступному: створення технологічного процесу обробки на основі системи автоматизованого проєктування.

Дана кваліфікаційна робота пройшла апробацію та рекомендована до впровадження в умовах підприємства.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ, ЩО ІСНУЄ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Коротка характеристика підприємства та виробляємої продукції

Приватне підприємство «Завод Двигун» організовано в 1993 році. Основний вид діяльності – виробництво поршнів, гільз, циліндропоршневих комплектів, водяних насосів до автотракторної техніки [9].

До складу підприємства входять:

Цех чавунного лиття.

Виготовляє відливання методом лиття в піщано-глинисті форми, а також відцентровими машинами, масою від 1 до 50 кг Основними відливаннями, що виготовляються в цеху є автотракторні гільзи, циліндри.
(рисунок 1.1)



Рисунок 1.1 – Цех чавунного лиття

Цех алюмінієвого лиття.

Виготовляє ливарну форму методом лиття в кокіль, під високим тиском, в ґрунт, масою від 0,03 кг до 50 кг. Використання прогресивних методів лиття, дозволяє отримувати виливки підвищеної точності, з щільною структурою і мінімальними припусками на механічну обробку.

Основні алюмінієві сплави, які використовуються на виробництві - АК12М2МГН, АК7, АК5М2, АК9.

Виробнича потужність цеху – 2000 т алюмінієвого лиття за рік.

Два цехи механічної обробки.

У механічних цехах проводиться обробка відливаних поршнів, гільз, циліндрів і водяних насосів на верстатах з числовим програмним керуванням, що дозволяє отримувати стабільну якість продукції, що випускається. (рисунок 1.2)



Рисунок 1.2 – Цех механічної обробки

Акредитована лабораторія хімічного аналізу.

Для забезпечення контролю якості сплаву, і готової продукції підприємство має лабораторію хімічного аналізу, яка дозволяє досягати з високим ступенем точності відповідність необхідного сплаву.

Інструментальна ділянка.

Розробляється оснащення, як для ливарних, так і механічних цехів. На ділянці працюють кваліфікований конструктор, токарі, координатчики, фрезерувальники, слюсарі – інструментальники.

На підприємстві ми мали змогу ознайомитись с такими основними відділами як:

- відділ головного конструктора (ВГК);
- відділ головного металургу(ВГМ);
- служба підготовки виробництва.

До складу ВГК входить один конструктор, який створює нові і модернізує конструкційні вироби існуючого виробництва. Він власноруч виконує увесь обсяг роботи з використанням кульмана, при цьому не використовуючи комп'ютерні технології.

Після оформлення конструкторської документації, головний конструктор передає її у відділ головного металурга (ВГМ), який представлений також однією людиною. Головний металург разом з технічним завданням виготовляє заготовку конкретної деталі. Ця заготовка разом з виготовленими ріжучими інструментами та вимірювальними приладами передається в механічний цех обробки.

В механічному цеху конкретна заготівля оброблюється на токарно-фрезерному станку з числовим програмним керуванням. Після цього готовою продукцією займається відділ менеджменту, який рекламує та

реалізовує готову продукцію як на зовнішньому так і на внутрішньому ринку.

На приватному підприємстві «Завод Двигун» відсутній відділ технолога. Замість відділу є служба підготовки виробництва. До складу цієї служби входять токарі, координатчики, фрезерувальники, слюсарі-інструментальники. Вони займаються підготовкою виробництва виробів розроблених конструктором.

Вся наявна технічна документація на вироби була запозичена з інших заводів, в частості це з Мелітопольського Моторного Заводу. Свої технологічні документації підприємство не має.

Підприємство реалізує свою продукцію до Російської Федерації, Казахстану, Польщі, Узбекистану та Туреччині. А також розширене регіональне представництво у всіх регіонах України.

Нижче представлений короткий перелік випускаємої продукції:

- поршень: 60-03105.31, 01-М-0305-3, 236-1004015-Д, 51-03-23, Д21-1004021-А2, Д-144-1004021-А3, Д-112-94-1438, Д50-1004021-А, Д240-1004021-А2, 53-1004015-22П, Д24.023-Г, 14Н-0305А, 20-0305А, 22-0305А, 412-1004015, 968-1004015-Б, 3509160;

- гільза: 236-1002021, Д240-1002021, 14-0102;

- циліндр: Д37М-1002021-А2, 350.01.005.00, 542.100.2016-10, 968-1004015-Б, А29.01002;

- водяний насос: 240-1307010-А-03, 240-1307010-АД11-С12Б-4, 236-1307010-А.

У 2008 році запущені у виробництво циліндр до пускового двигуна ПД-10, в 2009 році циліндр до дизельного двигуна автомобіля ГАЗ, поршень до трактора Т-130, гільзи Д-240, ЯМЗ-236, 01М, СМД-14.

На даний час здійснюються пуско-налагоджувальні роботи по виготовленню гільз і поршнів до двигунів сільськогосподарської техніки зарубіжного виробництва.

1.2 Характеристика програмного забезпечення САПР «Завод Двигун»

Програмним забезпеченням (ПЗ) САПР є сукупність всіх програм і експлуатаційної документації до них, необхідних для автоматизованого проектування.

На приватному підприємстві «Завод Двигун» було виявлено відсутність програмних продуктів на робочому місці конструктора.

Вся документація, а саме конструкторське креслення, представлена в поганому вигляді, деякі креслення мають поганий вигляд та потребують відновлення.

Сходячи з цього, доцільно було б створити електронний варіант цих креслень, що у свою чергу зменшить затрати і час на їхнє відновлення. Тому, доречним в цьому випадку було б використання такого програмного продукту як Autodesk Inventor [6].

1.3 Характеристика технічного забезпечення САПР «Завод Двигун»

Технічне забезпечення САПР – сукупність технічних (апаратних) засобів, використовуваних в САПР для обробки, зберігання, передачі інформації, організації спілкування людини з ЕОМ, виготовлення проектною документації.

Технічне забезпечення САПР включає різні технічні засоби (hardware), використовувани для виконання автоматизованого проектування, а саме ЕОМ, периферійні пристрої, мережеве устаткування, а

також устаткування деяких допоміжних систем (наприклад вимірювальних), що підтримують проектування.

Використовувані в САПР технічні засоби повинні забезпечувати:

- виконання всіх необхідних проектних процедур, для яких є відповідне ПЗ;
- взаємодія між проектувальниками і ЕОМ, підтримку інтерактивного режиму роботи;
- взаємодія між членами колективу, що працюють над спільним проектом.

Перша з цих вимог виконується за наявності в САПР обчислювальних машин і систем з достатньою продуктивністю і ємкістю пам'яті.

Друга вимога відноситься до інтерфейсу користувача і виконується за рахунок включення в САПР зручних засобів введення–виводу даних і перш за все пристроїв обміну графічною інформацією.

Третя вимога обумовлює об'єднання апаратних засобів САПР в обчислювальну мережу.

В результаті спільна структура ТО САПР є мережею вузлів зв'язаних між собою середою передачі даних. Вузлами (станціями даних) є робочі місця проектувальників, часто звані автоматизованими робочими місцями (АРМ) або робочими станціями (WS – Workstation), ними можуть бути також великі ЕОМ (мейнфрейми), окремі периферійні і вимірювальні пристрої. Саме у АРМ повинні бути засоби для інтерфейсу проектувальника з ЕОМ.

На приватному підприємстві «Завод Двигун» повністю відсутня технічна забезпеченність САПР. Все виконується вручну без використання комп'ютерних технологій.

1.4 Характеристика локальної обчислювальної мережі приватного підприємства «Завод ДВИГУН»

Мережа – це система, яка дозволяє виконувати обмін інформацією. Мінімальний набір компонентів, складових базової комунікаційної моделі, виглядає таким чином:

- джерело;
- приймач;
- середина передачі;
- повідомлення.

У мережі джерелом і приймачем можуть бути персональний комп'ютер (ПК) і головна ЕОМ.

Середина передачі даних представлена каналами передачі даних, які складаються з ліній зв'язку і комутаційного устаткування.

У кожному вузлі можна виділити крайове устаткування даних (КУД), що виконує певну роботу по проектуванню, і апаратуру закінчення каналу даних (АКД), призначену для зв'язку КУД з середою передачі даних. Наприклад, як КУД можна розглядувати персональний комп'ютер, а як АКД

- мережеву плату, що вставляється в комп'ютер.

Канал передачі даних – засіб двостороннього обміну даними, що включає в себе АКД і лінію зв'язку. Лінією зв'язку називають частку фізичної середина, використовувану для поширення сигналів в певному напрямку; прикладами ліній зв'язку можуть служити коаксіальний кабель, вита пара дротів, волоконно– оптична лінія зв'язку (ВОЛЗ). Близьким є поняття каналу (каналу зв'язку), під яким розуміють засіб односторонньої передачі даних. Прикладом каналу зв'язку може бути смуга частот, виділена одному передавачу при радіозв'язку. У деякій лінії можна утворити декілька каналів зв'язку, по кожному з яких передається своя інформація. При цьому говорять, що лінія розділяється між декількома каналами.

Повідомлення є інформацією, що передається від джерела до приймача.

До переваг використання мереж відносять:

- швидкий обмін інформацією між користувачами;
- спільний доступ до ресурсів;
- оптимальний розподіл навантаження між декількома ЕОМ;
- можливість резервування для підвищення стійкості всієї системи до відмов;
- створення гнучкої робочої середовища.

Локальна обчислювальна мережа – комп'ютерна мережа, що покриває відносно невелику групу будівель або невелику територію (будинки, інститут офіс, фірму).

Коли вузли мережі виконують однакові комунікаційні функції, вони називаються рівними (peer). Комунікації між такими вузлами зазвичай називаються одноранговими. В протилежність їм, є мережі, що складаються з безлічі комп'ютерів, званих робочими станціями або клієнтами, які обмінюються інформацією практично виключно з одним або декількома комп'ютерами, званих серверами.

Мережі клієнт-сервер пропонує централізований доступ до сервісу, додатків і/або пристроїв, що спрощує доступ до інформації. Оскільки ресурси сконцентровані на сервері, на відміну від розподілених по мережі ресурсів в однорангових мережах, мережі клієнт-сервер можуть бути ефективнішими.

Як з'ясувалося ПП «Завод Двигун» за своєю політикою не має локальної мережі. На мою думку це витрачає час на передачу документації з одного відділу в інший. Тобто відсутність проводити інжиніринг між відділами, що є набагато зручнішим для працівників.

1.5 Інформаційні потоки в технічних службах приватного підприємства «Завод Двигун»

На підприємстві «Завод ДВИГУН» випускають продукцію малосерійного і одиничного виробництва. У зв'язку з цим доцільно використовувати для виготовлення таких деталей станки з ЧПК (Числовим Програмним Керуванням). На підприємстві встановлено 4 станки з ЧПК, це дозволяє виготовляти деталі зі складними криволінійними поверхнями з високою точністю.

Відділ головного конструктора проводить научно-дослідницькі і дослідно-конструкторські роботи, розробляє повний комплект конструкторської документації і передає його у відділ головного технолога, а також документацію на технологічну підготовку виробництва передає її в відділ зовнішньої комплектації для замовлення комплектуючих виробів.

У відділі головного технолога розробляються процеси на виготовлення деталей і вузлів виробу, а також видається ТЗ на проектування установлюючих пристосувань, спеціальних ріжучих та вимірюючих інструментів і інших засобів технологічного оснащення і передається в інструментальний цех на виготовлення.

Відділ головного технолога розробляє норми матеріалу і передає їх у відділ матеріально-технічного постачання. Також проектує технічне завдання на проектування оснащення і направляє його в конструкторське бюро відділу головного технолога, яке готує креслення оснащення спеціального ріжучого і вимірюючого інструменту і передає їх в інструментальний цех. З відділу відправляється спроектований ТП у відділ технічного контролю, також пишуться програми, що управляють, які видаються у виробничі цехи. У той же час відділ головного технолога розробляє ТЗ на ливарні вироби, які передаються у відділ головного металурга, з якого ТЗ прямує в конструкторське бюро відділу головного металурга, а ТП – в ливарні цехи для подальшого процесу.

Після проходження всіх відділів, інформація з кожного з них направляється у планово – економічний відділ – відділ нарахування цін.

В результаті проведення передпроектного обстеження ПП «Завод Двигун» було виявлено, що відділ головного конструктора і відділ головного технолога як такі відсутні.

Висновки до першого розділу

На ПП «Завод Двигун» був проведений аналіз структури і технічного стану підприємства, в результаті якої можна зробити такі висновки:

- необхідно модернізувати існуючу систему підготовки виробництва підприємства, для того, щоб підвищити відсоток проектних процедур, що виконуються в автоматичному режимі, зменшивши тим самим використання ручної праці при виконанні конструкторських і технологічних операцій;

- ПП «Завод Двигун» комп'ютеризоване не в достатньому обсязі, тобто комп'ютери взагалі використовуються тільки для ведення бухгалтерського обліку, а програмне забезпечення, як таке, відсутнє. Звідси випливає, що підприємству необхідно придбати ЄОМ для використання програмних продуктів, які дозволять зменшити терміни технологічної підготовки виробництва і відповідно підвищиться конкурентний рівень продукції;

- на підприємстві відсутня локальна мережа, що заважає проводити паралельний інженерінг між відділами. Це в свою чергу заважає відділам своєчасно обмінюватись даними про зміни в технічному процесі на виготовлення продукції;

- відсутня посада технолога-програміста, що не дозволяє самостійно розроблювати керуючі програми для станків з ЧПК;

- відсутність деяких верстатів з ЧПК на ПП «Завод Двигун» призводить до того, що продукція виготовляються в ручному режимі, що свідчить про те, що деталь оброблюється з невідповідним класом точності.

Розділ 2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ ПОРШЕНЬ Д-112-94-1438 ДВИГУНА СМД-62

2.1 Опис конструкції і службове призначення деталі.

На сучасному етапі розвитку важко зосередити всю сукупність знань у всіх областях технології виробництва машин в рамках однієї спеціальності як технологія машинобудування, технологія ливарного виробництва, технологія кування та штампування і т.п. [11]

В області верстатобудування на місце верстатів з ручним управлінням прийшли верстати з Чисельно Програмним Управлінням.

Трудомісткість проектування, скорочення виділених на це строків, вимагають корінних змін методів проектування. Тому проблема автоматизації вирішується шляхом створення автоматизованої системи проектування конструкторської документації [11].

Нами був вивчений існуючий технологічний процес деталі поршень Д-112-94-1438 та запропонований новий.

Поршні виготовляються номінального і ремонтного розмірів. Деталі отримують у вигляді ливарних форм методом лиття в кокіль, під високим тиском, в ґрунт. Кокіль – металева форма, яка заповнюється розплавом під дією гравітаційних сил. На відміну від разової піщаної форми кокіль може бути використаний багато разів.

Деталь використовується в циліндрі двигуна, і працює в агресивному середовищі із статичними навантаженнями, а також випробовує деформації стискування.

2.2 Аналіз конструкції деталі

Аналіз існуючої конструкції деталі проведено в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks, який повністю інтегровано в CAD систему SolidWorks. [11]

CosmosWorks має широкий спектр спеціалізованих модулів, що дозволяють провести аналіз більшості задач, що зустрічаються, при аналізі деталей і зборок:

- лінійний статичний аналіз;
- визначення власних форм і частот;
- розрахунок критичних сил і форм втрати стійкості;
- тепловий аналіз;
- спільний термостатичний аналіз;
- розрахунок зборок із використанням контактних елементів;
- нелінійні розрахунки;
- оптимізація конструкції;
- розрахунок електромагнітних завдань;
- визначення довговічності конструкції;
- розрахунок плин рідин і газів. [11]

Використовуючи перевірену техніку генерації кінцево-елементної сітки, CosmosWorks дозволяє швидко і якісно проводити аналіз конструкцій будь-якої складності, включаючи зборки, виробу з листового металу і т.д.

Навантаження й граничні умови можуть бути прикладені в глобальній або локальній системі координат. CosmosWorks підтримує ортогональну, циліндричну й сферичну системи координат. Навантаження й граничне умови включають:

- примусові переміщення вузлів;
- постійні й змінні сили й моменти;
- постійний і змінний тиск;
- підшипникові навантаження;
- віддалені навантаження й закріплення;
- абсолютно тверде з'єднання компонентів у зборці;
- прискорення й гравітацію;
- теплові навантаження.

Для візуалізації результатів CosmosWorks підтримує тривимірну графіку, засновану на OpenGL. Постпроцесор дозволяє переглядати наступні дані, отримані при розрахунку конструкції:

- напруги, відносні й абсолютні деформації, деформований стан, енергія деформації, сили реакції;
- власні форми й частоти коливань;
- температура, градієнти температури, теплові потоки;
- динамічне відображення перерізів і вивід ізоповерхонь;
- майстер перевірки конструкції дозволяє визначати коефіцієнт безпеки;
- історію оптимізації конструкції;
- графічне відображення зміни параметрів при Р-методі. [11]

Результати можуть відображатись у форматі HTML (для генерації звітів). AVI, VRML, XGL, Bitmaps, JPEG.

2.2.1 Розрахунок деталі на міцність в COSMOSWorks

Кожний розрахунок в COSMOSWorks 2020 виконаний у вигляді вправи. Щоб виконати вправу треба вибрати команду **COSMOSWorks Упражнение**. З'явиться діалогове вікно **Упражнение**, у якому можна задавати будь-яку кількість розрахунків з однієї й тією же деталлю. Це буває корисно при оптимізації конструкції деталі й призначенні різних навантажень і обмежень. Подвійним щигликом миші активізуйте перший рядок стовпця **Имя упражнения** й задайте його ім'я, наприклад, **Diplom**. Тепер перейдіть у наступний стовпець **Тип анализа** й у меню, що випадає, **виберіть Static**. Аналогічним образом у стовпці **Тип сетки** виберіть **Сетка на твердом теле**. (рисунок 2.1) [13].

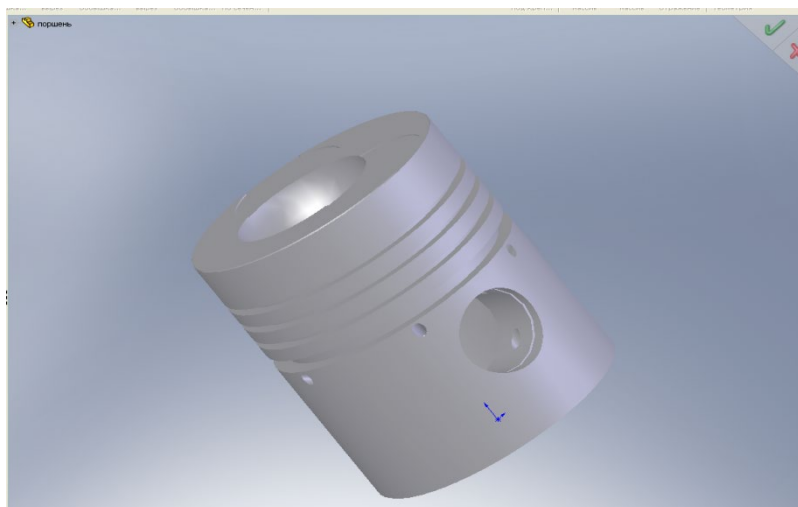


Рисунок 2.1- Налаштування меню «Вправа»

Натисніть кнопку **OK** і в **Менеджері COSMOSWorks** з'являться нові елементи (див. рисунок 2.2). Тепер можна задавати вихідні параметри розрахунку на міцність. Параметри розрахунку на міцність деталі або

зборки - матеріал, навантаження, обмеження, розмір кінцевих елементів і т.п. - можна задавати в довільному порядку.

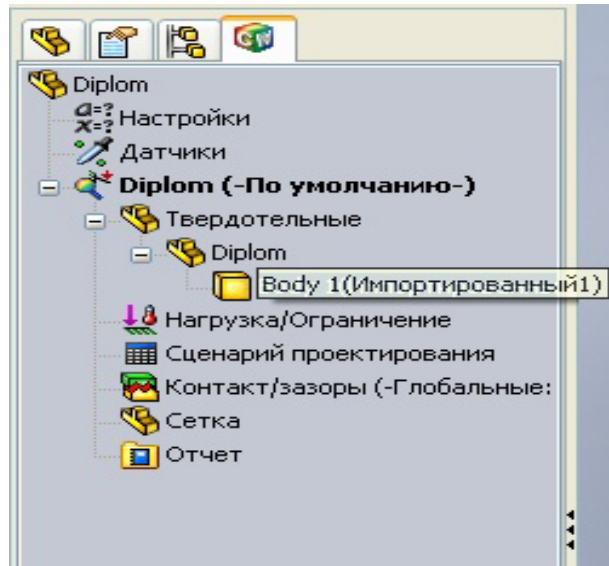


Рисунок 2.2- Вікно менеджера COSMOSWorks 2020

2.2.2 Задання матеріалу

Наведіть покажчик миші в **Менеджері COSMOSWorks** на твердотільний елемент **Diplom** (на рисунку 2.2 він підсвітлений) і клацніть правою кнопкою. У контекстному меню, що з'явилося, **вибрати Применить/редактировать материал.**

Тут же відкриється діалогове вікно **Материал.** У цьому вікні потрібно вибрати матеріали, наявні в базах SolidWorks 2020, COSMOSWorks 2020, а можна визначити матеріал із заданими властивостями самостійно й призначити його як матеріал деталі.

Будемо використати матеріал з бази SolidWorks 2020 і встановимо перемикач **Выбрать источник материала** в позицію **Библиотечные файлы**, а у вікні **База материалов** виберемо базу **SolidWorks 2020**

solidworks materials. Нижче у вікні **Матеріал** виберіть **Легированный алюминий** (рисунок 2.3).

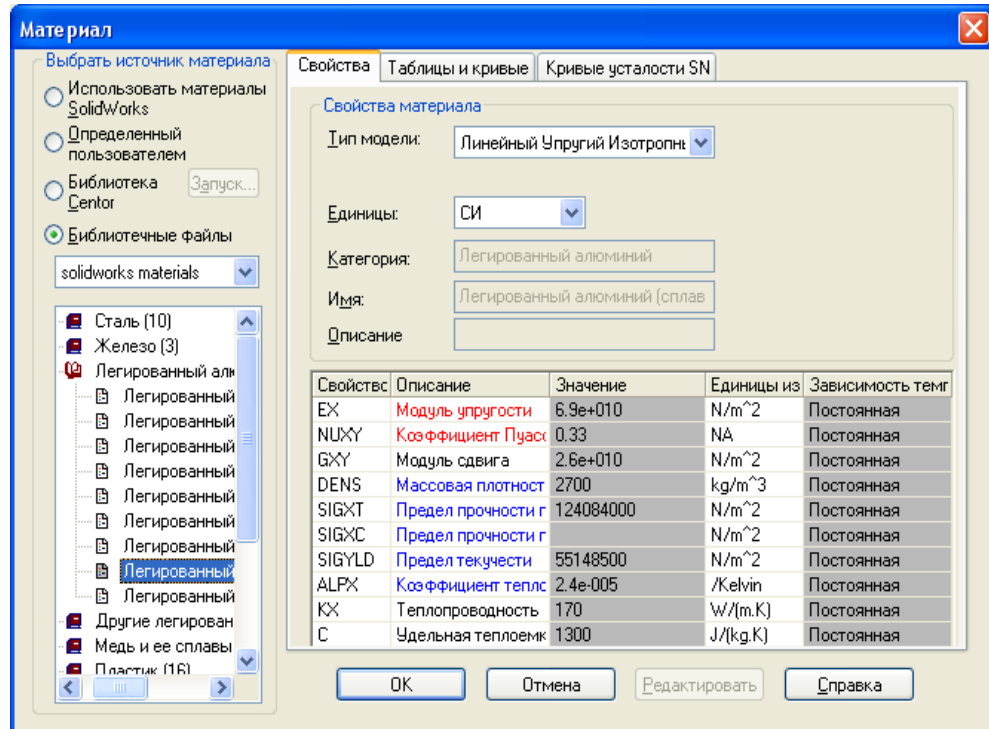





Рисунок 2.3- Вибір матеріалу

На вкладці **Свойства** в правій половині діалогового вікна з'являться поточні встановлені властивості обраного матеріалу. Для того щоб властивості відображалися в міжнародній системі, у параметрі **Единицы** виберіть **СИ**. Якщо ви будете вибирати іншу систему мір (англійської або метричну), то величини властивостей матеріалів будуть змінюватися автоматично.

Перевірте чи правильно ви ввели матеріал, і натисніть кнопку **ОК**. У дереві **Менеджера COSMOSWorks** з'явиться значок , який говорить про те, що в розрахунку задано матеріал деталі.

2.2.3 Задання обмежень

Клацніть правою кнопкою миші на елементі **Нагрузка/Ограничение** в дереві Менеджера. У контекстному меню, що з'явився виберіть пункт **Ограничение** або просто натисніть кнопку **Ограничение** .

Відразу з'явиться діалогове вікно **Ограничение**. Установіть тип обмеження **Зафиксирован**. Тепер можна вибрати кілька граней або крайок для фіксації елемента деталі (рисунок 2.4). Натисніть кнопку **ОК** .

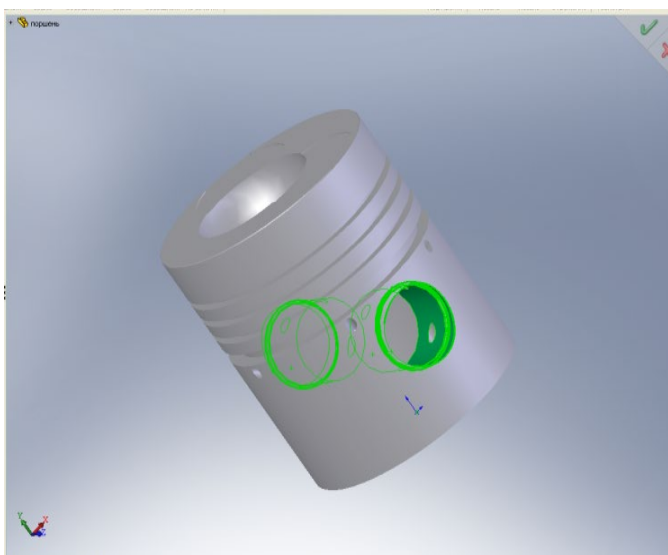


Рисунок 2.4 - Вибір обмежень для деталі

2.2.4 Задання навантаження

Для задання навантаження клацніть правою кнопкою миші на елементі **Нагрузка/Ограничение** в дереві Менеджера CosmosWorks 2020. У контекстному меню, що з'явилося, виберіть пункт **Давление** або просто натисніть кнопку – **Давление**. Цей пункт призначений для задання тиску.

Відразу з'явиться діалогове вікно **Давление** (рисунок 2.5). Потрібно вибрати верхню грань поршня, його голову, і задати тиск в $3e+006\text{N/m}^2$ (розмірність Па). Після виконання вище описаних дій потрібно натиснути

кнопку **ОК**.

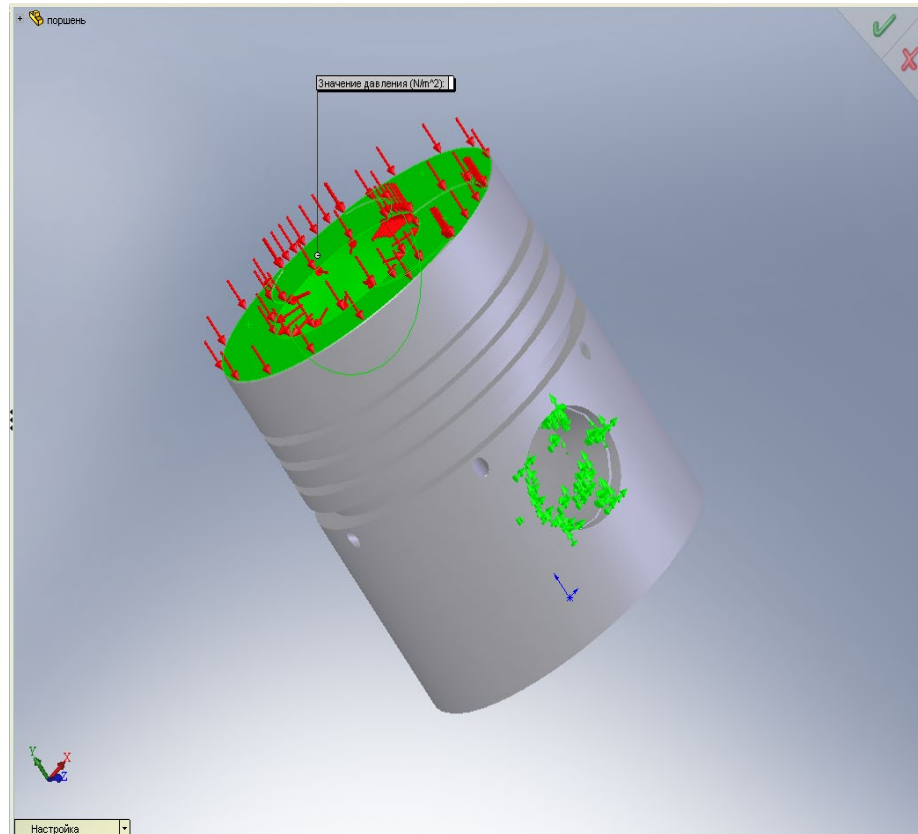



Рисунок 2.5- Навантаження тиску

2.2.5 Виконання розрахунку

Тепер усе готово для проведення розрахунку на міцність. Для запуску розрахунку необхідно вибрати команду **COSMOSWorks** |

Выполнить або просто натисніть кнопку  – **Выполнить**. Почнеться процес розрахунку на міцність.

На початку процесу буде відбуватися розбивка деталі на кінцеві елементи – побудова сітки, про що свідчить появу інформаційного вікна **Процес создания сетки**. Ця процедура буде виконуватися завжди, коли буде відбуватися зміна геометрії деталі. При оптимізації геометрії можна оперативно перемикатися між **Деревом Конструювання** й **Менеджером COSMOSWorks**.

У випадку яких-небудь перебудовань деталі програма автоматично попередить про те, що відбулися зміни в геометрії моделі, і запропонує перешикувати сітку. По закінченні розбивки деталі на кінцеві елементи вона відобразиться у вигляді, показаному на рисунку 2.6. Показати або сховати розбивку сіткою можна за допомогою кнопки – **Отобразить/скрыть сетку**. Далі проводиться розрахунок на міцність. На будь-якому етапі процес можна зупинити, нажавши кнопку **Стоп**. [13]

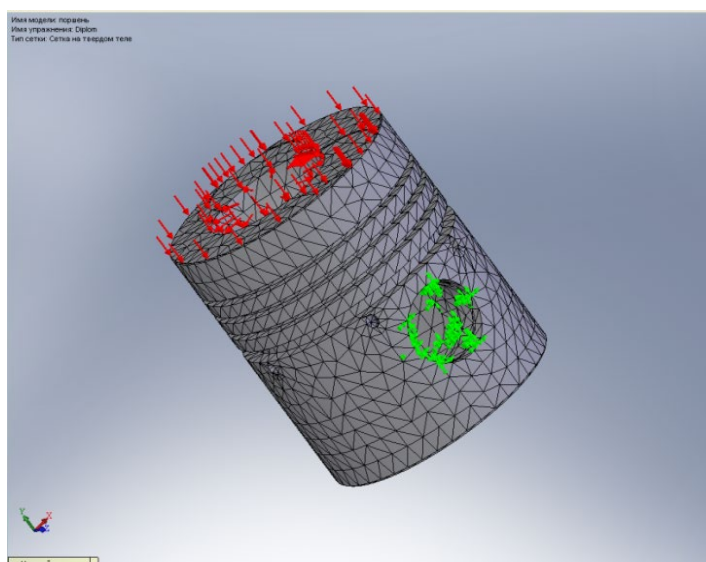


Рисунок 2.6- Сітка на твердому тілі

По закінченні розрахунку програма видасть повідомлення "**Статический анализ. Окончено**" і запропонує натиснути кнопку **ОК**. Розрахунок проведений. [13]

2.2.6 Аналіз результатів розрахунку

По закінченні розрахунку в дереві **Менеджера COSMOSWorks** з'явилися додаткові елементи, що ставляться до результатів розрахунку. Розглянемо їх послідовно.

Елемент дерева **Звіт** дозволяє одержати повний звіт про розрахунок наміцність деталі у вигляді HTML-файлу. Звіт можна одержати, нажавши кнопку – **Отчет** у панелі **Інструменти результатів COSMOSWorks**. Цей файл ви можете помістити на Web-сторінку або послати по електронній пошті.

Елемент **Напряжение** дозволяє проаналізувати розподіл напруг по деталі. Розкрийте цей елемент подвійним щикликом миші. Далі також двічі клацніть на вкладці, що з'явилася, **Построение!** Для цієї ж мети можна скористатися кнопкою – **Напряжение**. Деталь перетвориться і прийме вид, як на рисунок 2.7. Червоною стрілкою на шкалі напруг зазначена **Границя плинності** матеріалу.

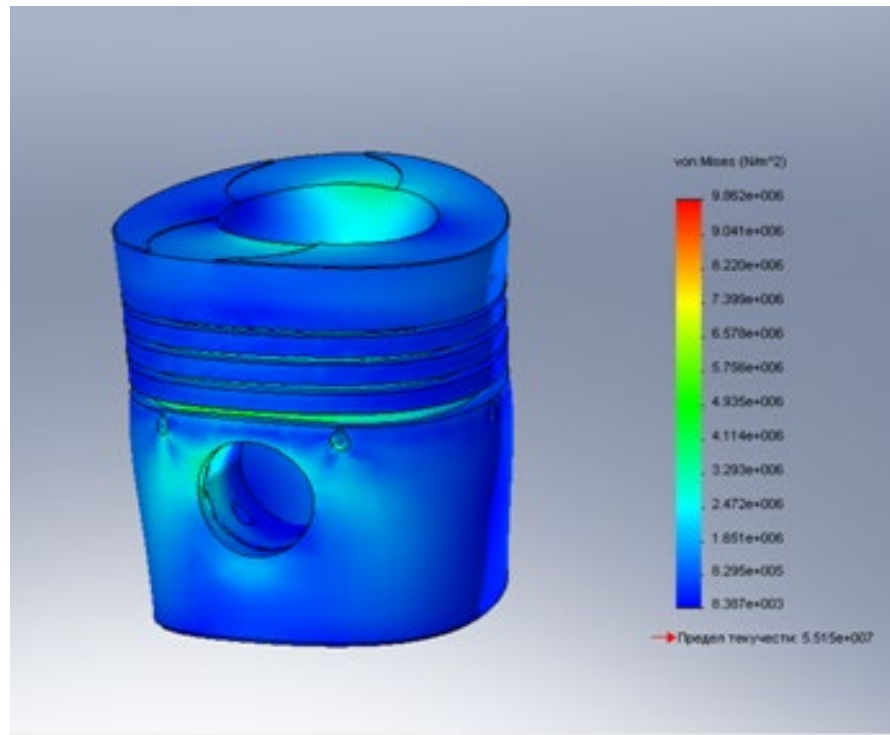


Рисунок 2.7- Напружений стан деталі

Червоними кольорами відображається більше напружений стан матеріалу, синім – менш напружене. [13]

Елемент **Перемещение** дозволяє проаналізувати переміщення точок деталі від вихідного стану. Розкрийте цей елемент подвійним щигликом миші, потім також відкрийте вкладку, що з'явилася, **Построений1**. Для цієї ж мети можна скористатися кнопкою – **Перемещение**. Деталь перетворить і прийме вид, як на рисунку 2.8. [13]

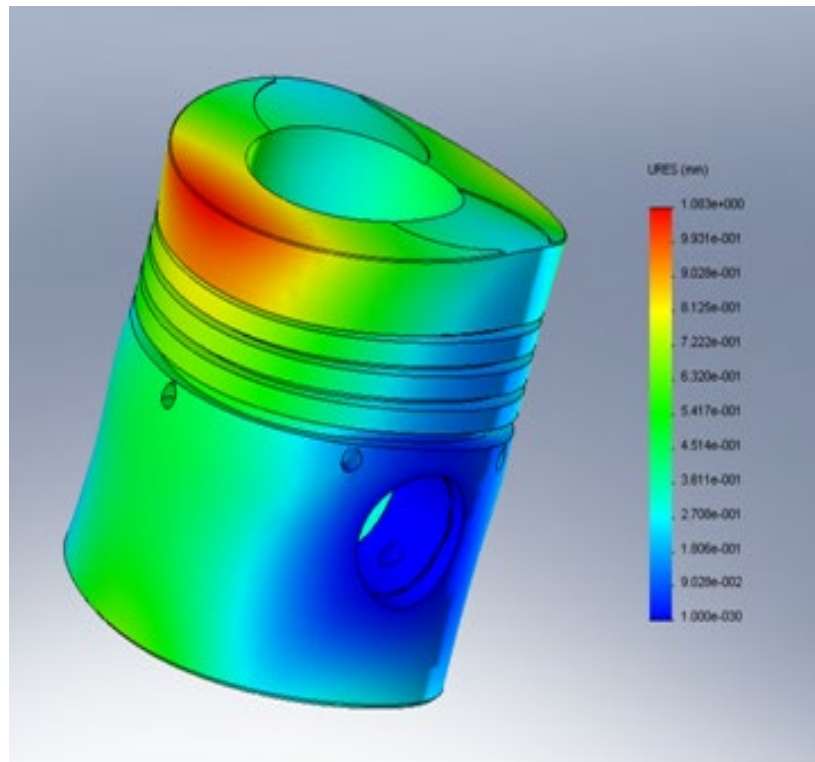


Рисунок 2.8 - Статичне переміщення

Червоними кольорами на шкалі відображаються найбільші переміщення деталі від вихідного стану, синім – найменші. [13]

Елемент **Проверка проектирования** дозволяє проаналізувати розподіл запасів міцності в кожній точці деталі. Розкрийте цей елемент подвійним щигликом миші. Для цієї ж мети можна скористатися кнопкою **Design Check Wizard**. Деталь перетвориться і прийме вид, як на рисунку 2.9.

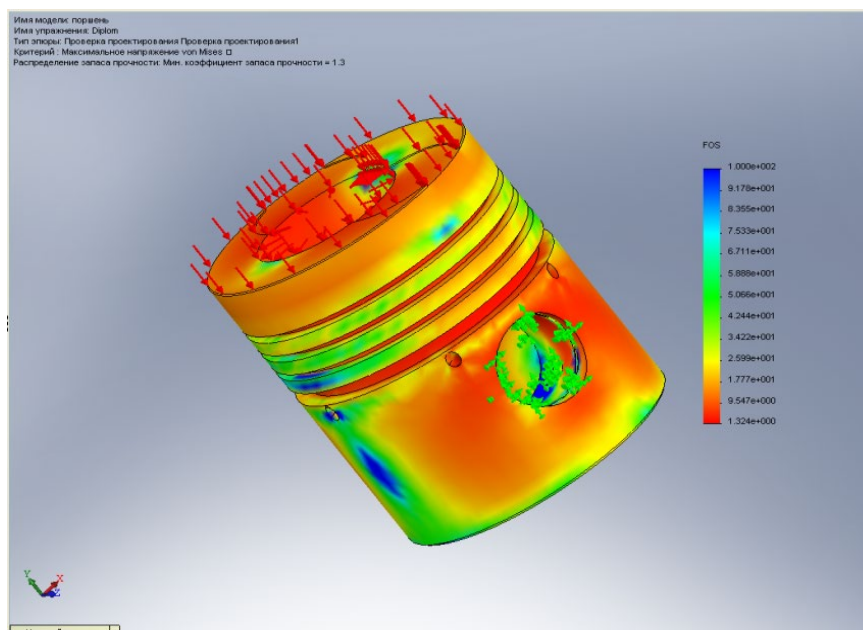


Рисунок 2.9 - Проверка проектирования деталі

Синіми кольорами на шкалі й деталі відображаються крапки з найбільшим запасом міцності, червоним – з найменшим. По розцвіченню деталі можна судити, витримає вона прикладені навантаження чи ні.

Таким чином, був проведений аналіз деталі на міцність при різних параметрах тиску та визначено слабкі сторони деталі «Поршень Д-112-94-1438». Результати роботи були збережені в HTML-файлі. [13]

2.3 Розробка пропонованої конструкції деталі

В результаті аналізу напружено-деформованого стану деталі поршень Д-112-94-1438 в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks, який повністю інтегрований в CAD систему SolidWorks, аналіз даного випробування показав, що найбільш вразливим місцем поршня є внутрішня стінка форкамери. Ми бачимо, що при запасі міцності рівній 1,03 та навантаженню в $3e+006 \text{ N/m}^2$ відбувається

зминання поршня, що приводить до небажаних деформацій і зрештою його зносу, і браку.

Для усунення цього недоліку необхідно провести роботу по модернізації існуючої конструкції деталі. За пропозиціями головного конструктора

ПП «Завод Двигун» та дипломного керівника, було запропоновано збільшити товщини форкамери, що привело би до запобіганню деформації і швидкому зносу поршня, тим самим збільшивши термін експлуатації деталі. На основі аналізу була розроблена нова конструкція деталі поршень Д-112-94-1438 (рисунок 2.10).

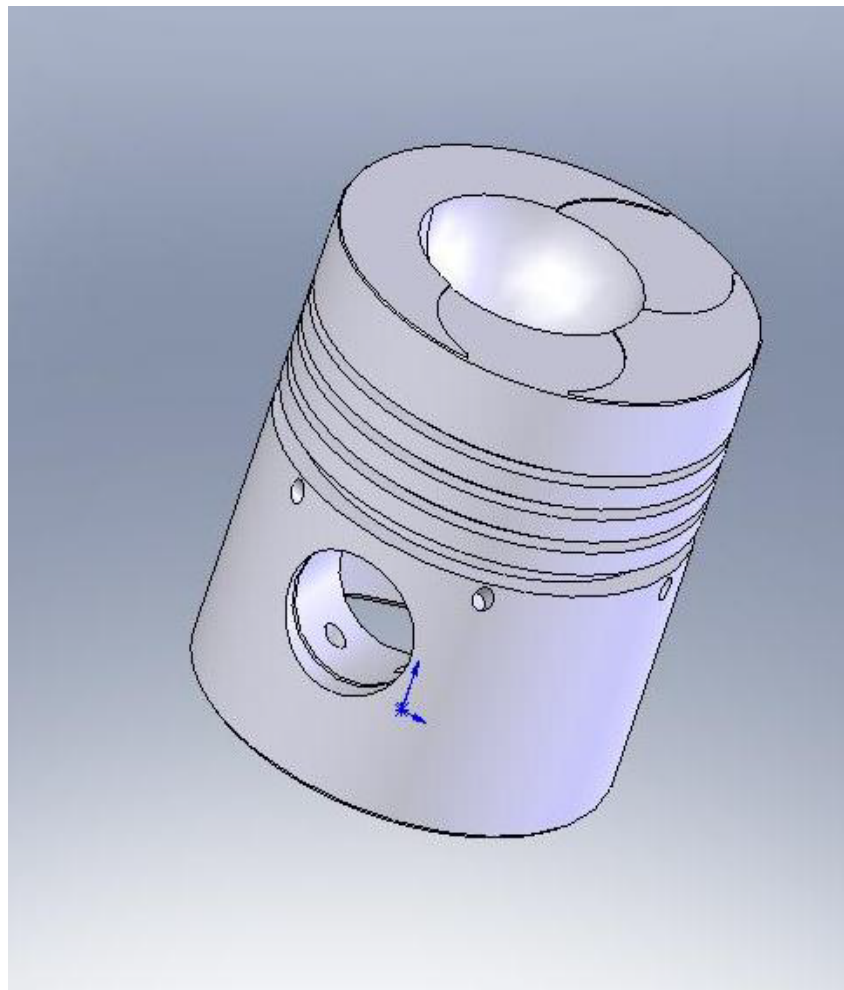


Рисунок 2.10- Модернізована конструкція поршня Д-112-94-1438

Наступним етапом наших досліджень є перевірка нової конструкції деталі пошень Д-112-94-1438 на прочностні характеристики в програмному комплексі COSMOSWorks 2020.

При тому ж навантаженні $3e+006 \text{ N/m}^2$, яке була прикладене до не модернізованої деталі поршень, був отриманий запас міцності 2. Результат роботи програми представлений на рисунку 2.11.

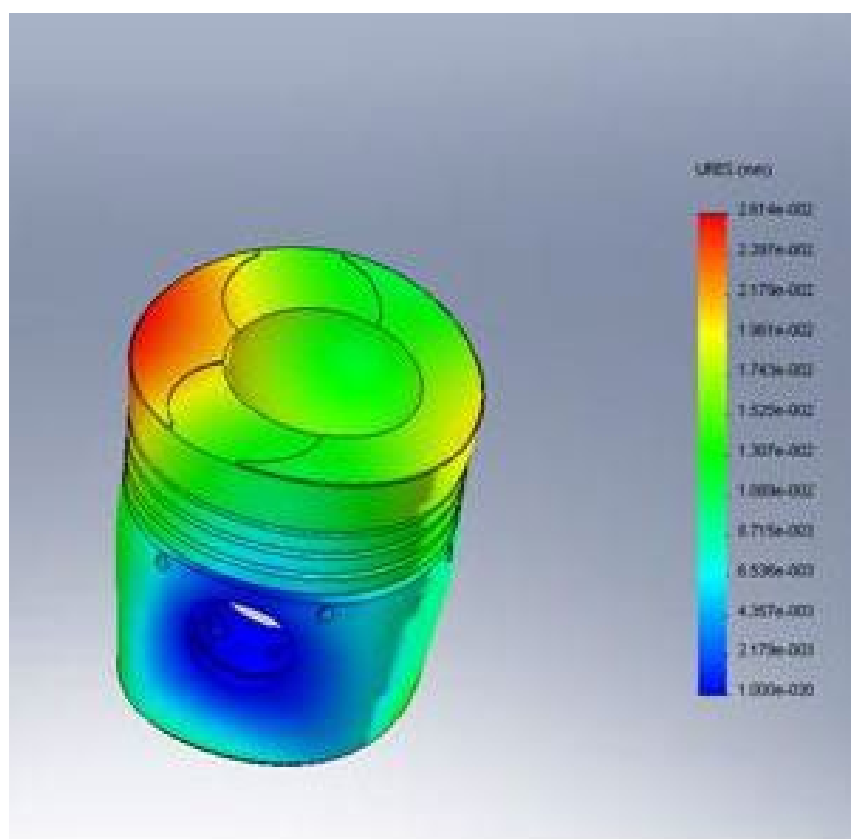


Рисунок 2.11- Аналіз спроектованої модернізованої деталі

З малюнка ми бачимо, що змінилася колірна гамма на деталі, в тому місці, де було прикладене навантаження до і після модернізації деталі. Після модернізації, червоного кольору на голові поршня стало менше і збільшився запас міцності деталі з 1,03 до 2, що свідчить про те, що деталь поршень Д-112-94-1438 стала більш прочнішою.

2.4. Аналіз технологічності деталі

На кресленні дані всі розміри, перетини, які дають повне уявлення про деталь, на основні розміри вказані допуски і шорсткості, і є особливі технічні вимоги: НВ 101...143.

Деталь технологічна, тому що поверхні можна обробляти прохідними різцями, є вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь, спосіб отримання заготовки досить простий.

2.5 Аналіз наявного технологічного процесу на виготовлення деталі поршень Д-112-94-1438

Технічне завдання розробляється відповідно до вимог ДСТУ 34.602-89. Технічне завдання (ТЗ) є офіційним документом і тому повинне містити як найповніші початкові дані і вимоги.

ТЗ містить наступні розділи:

- найменування й область застосування;
- підстава для створення;
- характеристика об'єктів проектування;
- мета й призначення;
- характеристика процесу проектування;
- вимоги;
- техніко-економічні показники;
- стадії й етапи;
- порядок випробувань і запровадження в дію;
- джерела розробки.

З урахуванням результатів виконаних робіт на стадії предпроектного обстеження підприємства, було розроблене і узгоджене з підприємством технічне завдання на розробку підсистеми проектування конструкторської документації.

Для розробки нового технологічного процесу виготовлення деталі, необхідно проаналізувати старий ТП.

Основні дані по процесу представлені в додатках А.

Даний ТП має деякі недоліки:

- нераціональність вибору заготівлі;
- велика кількість установів заготівлі;
- нераціональність вибору устаткування, використовуються застарілі моделі верстатів, які не можуть високопродуктивно виготовити деталь і ухиляються час на її виготовлення;
- непридатність високопродуктивних методів обробки.

Усунути ці недоліки можна замінивши устаткування на продуктивніше. Використання верстатів з ЧПУ дозволить скоротити час на обробку і понизити собівартість виготовлення деталі.

2.6. Розробка нового технологічного процесу

При розробці нового технологічного процесу необхідно врахувати позитивні і негативні сторони існуючого технологічного процесу, тобто в новому технологічному процесі необхідно вибрати раціональніший вид заготівлі, використання новішого устаткування і більше високопродуктивних методів обробки.

Компанія «АСКОН» для автоматизації проектування технологічних процесів пропонує програмний продукт «Вертикаль-Технологія».

«Вертикаль-Технологія» – система автоматизованого проектування технологічних процесів, здатна вирішувати більшість завдань автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва.

В програмному комплексі «Вертикаль-Технологія»:

- застосовані нові інтерфейсні рішення, полегшуючі процес проектування технологій;
- створена об'єктна модель технології, об'єднуюча конструкторську і технологічну частину інформації;
- розроблена бібліотека конструктивних елементів, пов'язаних з типовими планами обробки за допомогою логічних умов вибору («knowledge-base machining»), що настроюються;
- ActiveX вікно конструкторської САПР 3D інтегровано в САПР технологічних процесів.

Окрім цього в ТП «Вертикаль» реалізований новий метод, поєднуючий переваги різних напрямів. В його основі лежить синтез уніфікованих маршрутів обробки деталей і типових планів обробки КТЕ. Такий синтез може бути представлений як стрічний рух двох потоків технологічних рішень, породжених, з одного боку, конструкторсько-технологічними властивостями деталі, з іншою – конструкторсько-технологічними характеристиками конструктивних елементів.

Програма «Вертикаль –Технологія» дозволяє зробити роботу технолога швидкою і зручною; зростає як швидкість, так і якість розробки технологічних рішень.

Запропонований варіант технологічного процесу приведено в додатку Б.

Переваги ТП:

- зменшено час на виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438»;

- обробка деталі з використанням верстату з ЧПК;
- скорочено час на обробку і знижена собівартість виготовлення деталі;
- програмна реалізація обробки деталі, що дозволяє вносити технологічні поправки не в ручному режимі, а з допомогою програми «Вертикаль-Технологія».

2.6.1 Характеристика вибраного устаткування для модернізованого технологічного процесу

Для виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438», з існуючого на підприємстві парку верстатів з ЧПК були обрані верстати, що найбільш підходить для обробки цієї деталі.

Обробку деталі було вирішено виконати на таких верстатах, як: 16A20Ф3С39, який призначений для точіння зовнішніх поверхонь, розточування отворів, нарізування різьби (рисунок 2.12) та на верстаті 6М-13НЦ, котрий призначений для обробки деталей складної конфігурації з будь-яких сталей і сплавів. На верстаті можуть бути оброблені опуклі й увігнуті поверхні подвійний кривизни з допомогою фасонних фрез з кульовим кінцем [6]. Обробка деталей на верстаті проводиться за трьома координатами по програмі (рисунок 2.13).

Таблиця 2.1 Технічні характеристики токарного верстата «16A20Ф3С39»

Технічні характеристики Дшпінделя-55мм.,	РМЦ-1000мм., Dmax. - 320мм.,
---	------------------------------

Опис механічної частини	Верстат оснащений 8-мипозиційною голівкою. Комплект люнетів. Є стружко збиральний транспортер, механічний патрон Ф250,СОЖ,освітлення
Опис електричної частини ЧПК-НЦ-31	Приводи "Розмір 2М-5-21/11", Стойка
Потужність електродвигуна [кВт]	10
Габаритні розміри [мм]	3000×1600×1600
Маса верстата, кг	5000



Рисунок 2.12 - Токарний патроно – центровий верстат 16А20Ф3С39

Таблиця 2.2 Технічна характеристика вертикальнофрезерного верстата «6М-13НЦ»

Параметри	6М-13НЦ
Клас точності	Н
Робоча поверхня стола, довжина x ширина	1600x400
Найбільше переміщення,мм	

- по координате «X» 900	900
- по координате «Y» 300	300
- по координате «Z» 120	120
Установче переміщення консолі,мм	360
Пристрій ЧПК	НЦ-110
Робочі подачі, мм / хв	3-2400
Частота обертання шпинделя, об / хв	20-2500
Потужність головного приводу, кВт	15
Сумарна потужність, кВт	23,6
Габаритні розміри верстата,мм довжина x ширина x висота	3020x3000x2800
Маса верстата, кг	5000



Рисунок 2.13 - Вертикально-фрезерний верстат 6М-13НЦ

Вибір верстату був проведений з використанням програми «Аналіз ієрархії», який ґрунтується на прийнятті рішень по методу Т. Сааті.

Вибір фрезерного верстату з ЧПК оцінювався по 5-ма критеріям:

- переміщення супорта;
- швидкість переміщення супорта;
- потужність шпинделя;
- кріплення заготовки;
- ціна.

На першому етапі створюється ієрархія, що приведена на рисунку

2.14.

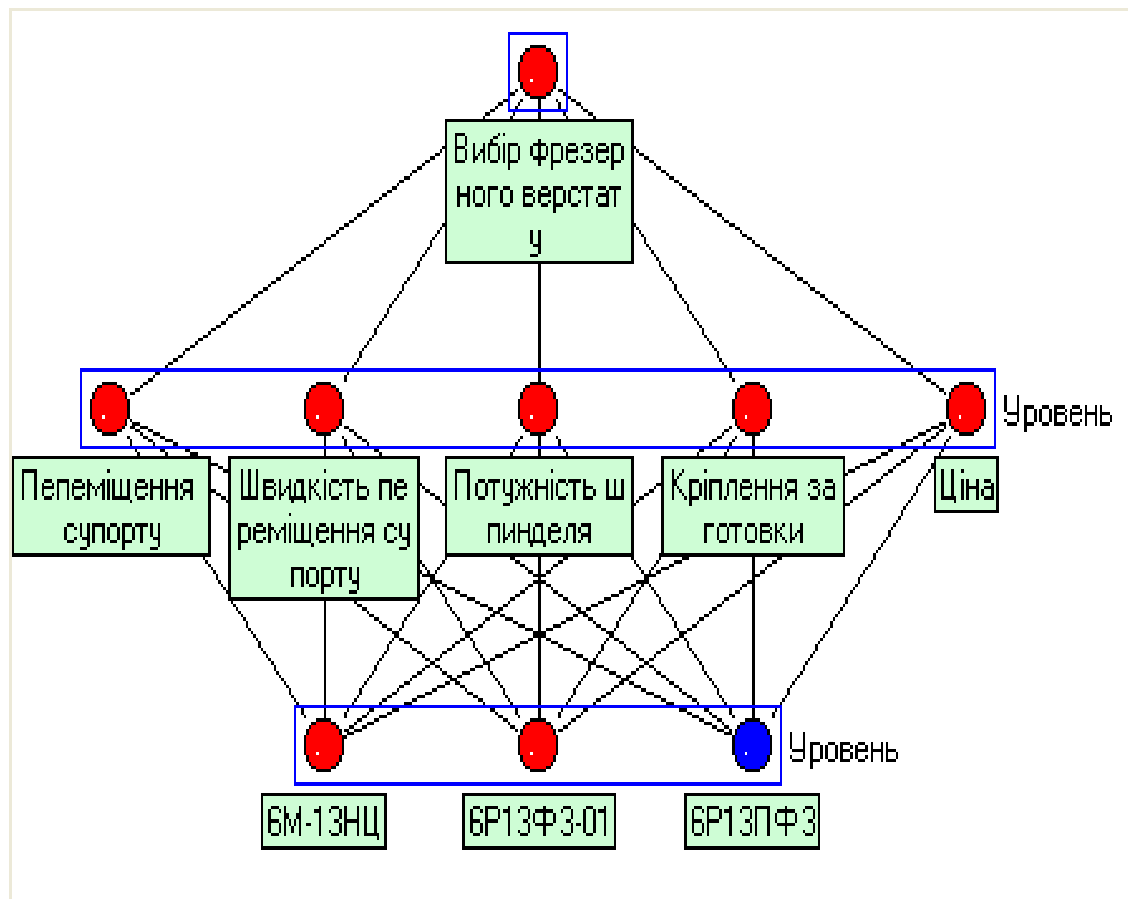


Рисунок 2.14 - Копія вікна програми з побудованою ієрархією

Другим етапом є розрахунок вектору пріоритетів, що зображений на рисунку 2.15.

Свойства узла

Заголовок: Вибір фрезерного вер

Индекс уровня: 1 Индекс узла: 1 Способ сравнения: Классический Тип шкалы: Качественная

Количество верхнесвязанных узлов: 0 Параметры шкалы: Макс: 9 Дискретность: Да

Индексы верхнесвязанных узлов: 1, 2, 3, 4, 5

Количество нижнесвязанных узлов: 5

Индексы нижнесвязанных узлов: 1, 2, 3, 4, 5

Сравнения

i \ j	1	2	3	4	5
1	1	0,5	0,5	0,1	2,5
2		1	0,5	0,5	0,5
3			1	3	3
4				1	0,8
5					1

Результаты расчета

Корректность матрицы: Да

Собств. значение: 6,3443

Индекс согласованности: 0,33607

Относ. согласованность: 0,32625

Вектор приоритетов

i	w
1	0,1137
2	0,11474
3	0,33215
4	0,29763
5	0,14178

Рисунок 2.15 - Розрахунок вектору пріоритетів

Найбільші вектори пріоритету має потужність шпінделя, а також кріплення заготовки. Рисунок 2.16.

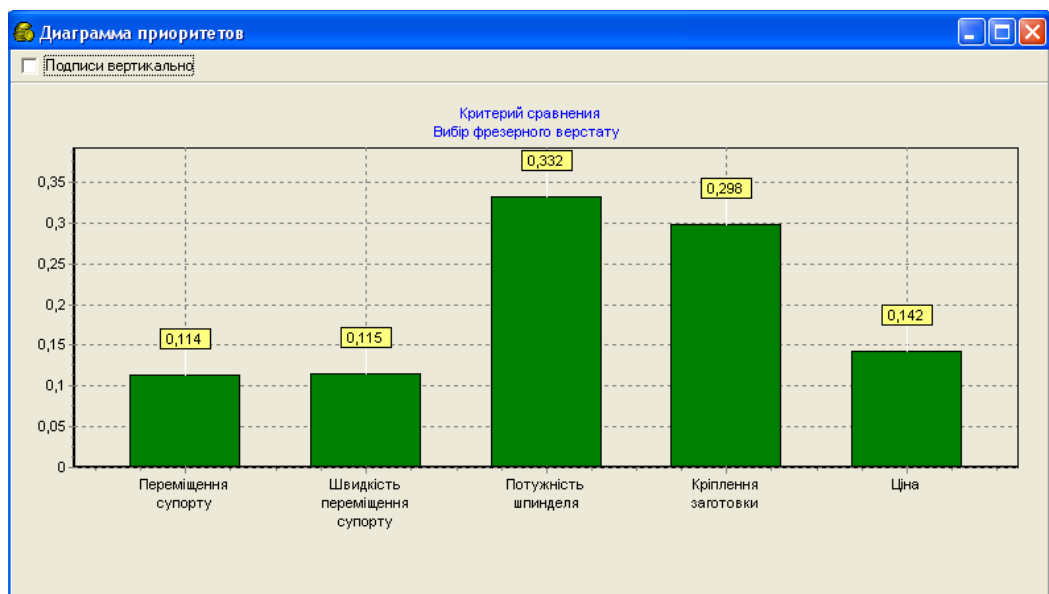


Рисунок 2.16 - найбільші вектори пріоритету

Третім етапом є побудова матриць попарних порівнянь для критеріїв оцінювання та розрахунок векторів пріоритетів для верстатів 6P13ПФ3, 6P13Ф3-01, 6M-12НЦ.

Останнім етапом є розрахунок вектору глобальних пріоритетів для всієї ієрархії зображений на рисунку 2.17.

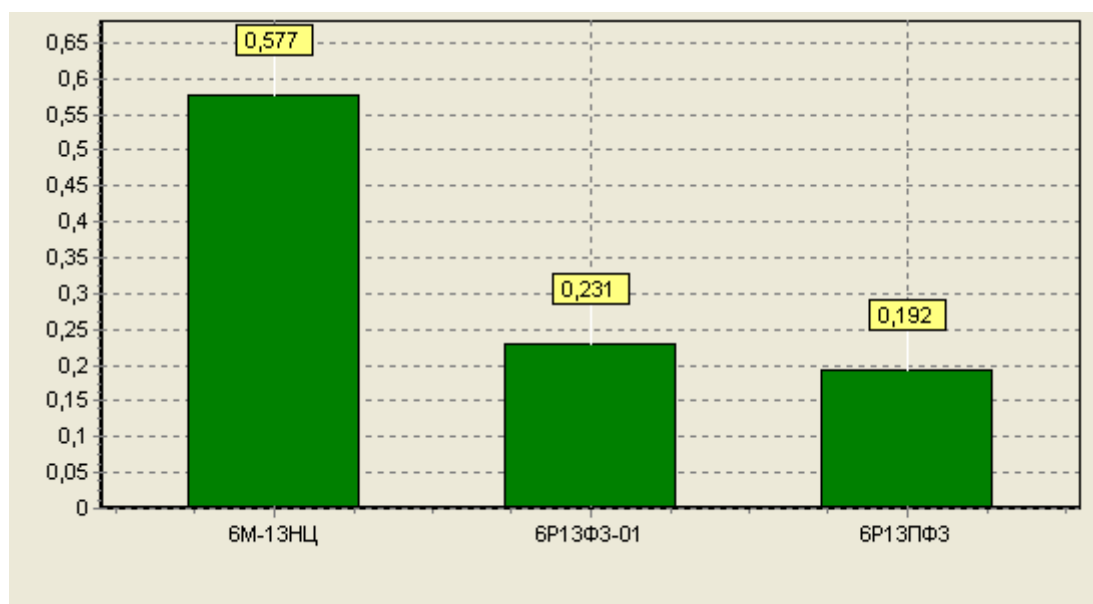


Рисунок 2.17 - Розрахунок вектору глобальних пріоритетів

Вибір токарного верстату з ЧПК 16A20Ф3С39 приведений в додадку В.

2.6.2 Вибір допоміжного, ріжучого і мерительного інструментів.

Для виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438», з існуючого на підприємстві парку верстатів з ЧПК були обрані верстати, що найбільш підходить для обробки цієї деталі.

При розробці технологічного процесу обробки деталі велике значення, для підвищення продуктивності і зниження собівартості, має правильний вибір інструментів для виготовлення деталі і для контролю

розмірів. При виборі інструментів слід прагнути до використання стандартних інструментів, але якщо доцільно, можна застосовувати спеціальний, комбінований або фасонний інструмент.

Ріжучий інструмент вибирають залежно від методів обробки, властивостей оброблюваного матеріалу, необхідної точності і якостей поверхні.

В таблиці 2.3 представлені ріжучі інструменти.

Таблиця 2.3 Ріжучий інструмент

№ опер.	Допоміжний, ріжучий і вимірювальний інструменти. Їх ГОСТ і матеріал ріжучої частки.
010	Резец отрезной Р18 ГОСТ 18874-73, резец проходной Р6М5 ГОСТ 18868-73, резец канавочный Т14К8 ОСТ 2И10-7-84, резец фасочный Р6М5 ГОСТ 18875-73, резец подрезной Р18 ГОСТ 18871-73, резец проходной ВК6 ГОСТ 18881-73, сверло спиральное Р18 ГОСТ 10903-77, штангенциркуль ШЦ-III-125-0,05 ГОСТ 166-89, рычажная скоба 8115-0001 ГОСТ 18367-73, фаскомер СИ.М9558-058, патрон 3-х кулачковый ГОСТ 16886-71
015	Фреза дисковая Т15К6 ГОСТ 5348-69, фреза торцовая Р6М5 ГОСТ 9304-69, фреза полукруга Р6М5 ГОСТ 9305-93, фреза концевая Р6М5 ГОСТ 15086-69, штангенциркуль ШЦ-III-125-0,05 ГОСТ 166-89, патрон самоцентрирующий двухкулачковый Тип А ГОСТ 14903-69

2.7 Розрахунок режимів різання

При встановленні режимів різання враховується характер обробки, тип і матеріал інструменту, його геометричні параметри, матеріал і стан заготовки, тип устаткування і інші чинники.

Розрахунок режимів найчастіше ведеться по наступній схемі $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow P$, тобто встановлюється глибина різання (t), подача (S), визначається швидкість різання (V) і сила різання (P), по якій розраховується потрібна потужність верстата [10].

Глибина різання при чорновій обробці вибирається по можливості максимальною (найчастіше рівною всьому припуску на обробку), а при чистовій – залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

Подача при чорновій обробці вибирається максимально можливою, виходячи з жорсткості і міцності системи: верстат-пристосування - інструмент-деталь; потужності верстата, міцності ріжучої частки інструменту і інших обмежуючих чинників. При чистовій обробці береться до уваги необхідний ступінь точності і шорсткості обробленої поверхні.

Швидкість і сили різання розраховуються по емпіричних формулах встановлюваним для кожного виду обробки.

Розрахунок режимів різання проводиться в Вертикаль-Технологія 1.0.

Для отримання режиму різання для конкретної операції потрібно вибрати потрібну операцію в дереві ТП (рисунок 2.18).

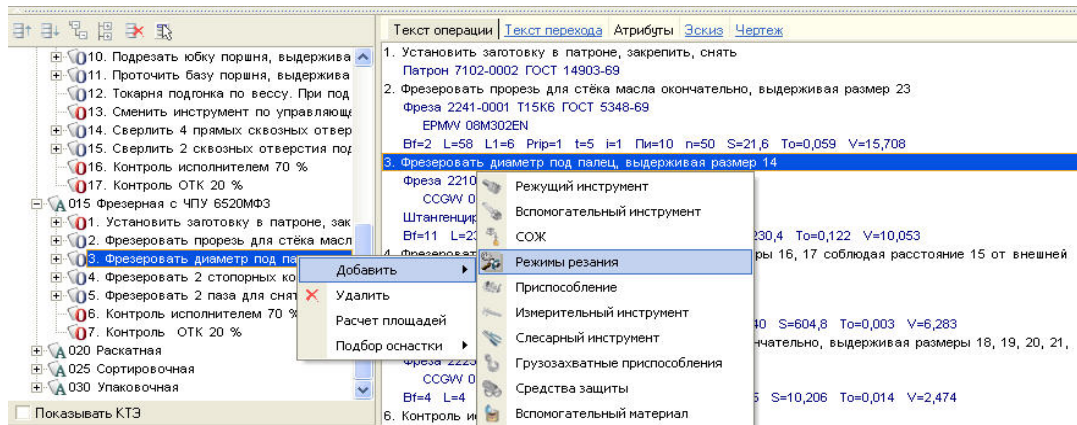


Рисунок 2.18- Вибір режиму різання

Дерево ТП відображує склад і ієрархію операцій, переходів, оснащення і інших об'єктів, складових технологічного процесу виготовлення ДСЕ (деталь сборочная единица). «Коренем» дерева ТП завжди є деталь (складальна одиниця), в нашому випадку, Поршень Д-112-94-1438. Клацнути правою клавішею миші в дереві ТП, в контекстному меню вибрати «Додати/Режими різання». Після появи ділового вікна потрібно вказати ширину, довжину операції, що виконується, врізання перебіг. У полі «Шорсткість» з випадного списку потрібно вибрати необхідне значення, поставити галочку термообробка і вибрати жорсткість верстата. Після цього потрібно вказати припуск R_{rip} , товщину шару t , що зрізається, кількість проходів i , порядковий номер інструменту Π . Після цього потрібно вказати обороти інструменту в ручному режимі або вибрати обороти в лівому вікні лівим щигликом миші. Для отримання розрахунку потрібно натиснути кнопку «Розрахувати».

2.8 Розробка керуючої програми в програмному продукті PowerMill та MasterCAM Lathe 8.1

2.8.1 Розробка керуючої програми в програмному продукті MasterCAM Lathe 8.1

Для розробки керуючої програми токарної обробки деталі «Поршень Д-112-94-1438» був використаний модуль Mastercam Lathe 8.1. Цей модуль дозволяє розробляти траєкторії обробки поверхонь тільки у 2D режимі. [12]

На першому етапі був створений ескіз контуру поверхні деталі, які потрібно обробити. Для цього у Autodesk Inventor був створений файл типу «фрагмент», в який був скопійований вид розрізу деталі вздовж осі Ох. Цей файл був експортований у файл типу «*.igs» засобами Autodesk Inventor та імпортований у MasterCAM Lathe 8.1 засобами MasterCAM (рисунок 2.19). [12]

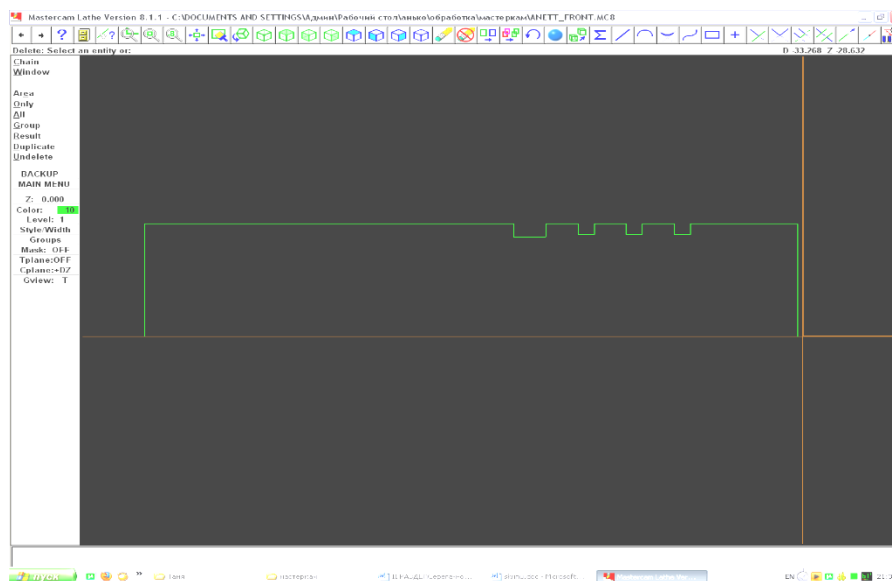


Рисунок 2.19 - Імпортований ескіз контуру поверхні деталі

Другим етапом було зазначення на контурі координати $Z = 0$ та початкової і кінцевої точок розташування інструменту. Також був створений контур заготовки (рисунк 2.20).

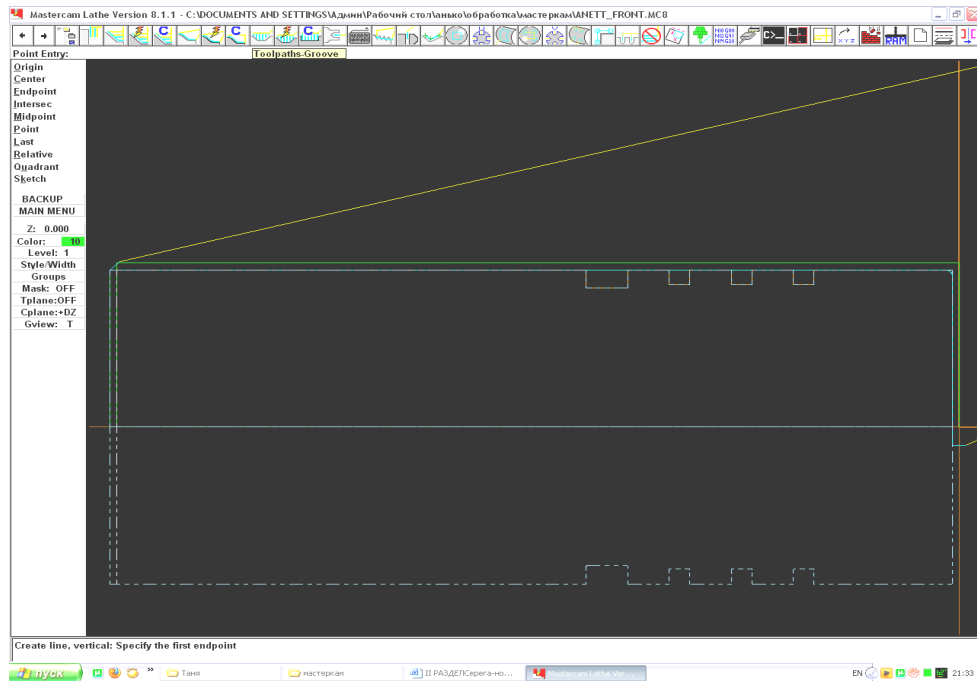


Рисунок 2.20 - Створення контуру заготівлі

На третьому етапі були розроблені траєкторії чорнової та чистової обробки поверхонь деталі. Для цього були використані наступні стратегії Rough (стратегія чорнової обробки), Finish (стратегія чистової обробки), Groove (стратегія обробки канавок).

На четвертому етапі були розроблені траєкторії, які були перевірені на зарізання та зіткнення інструменту з заготовкою. Перевірка показала, що зарізань та зіткнень у траєкторіях немає.

Модуль MasterCAM Lathe 8.1 дозволяє візуально оцінити результати виконання траєкторій обробки. Для цього був використаний влаштований в

нього верифікатор траєкторій обробки. На рисунку 2.21 наведені результати верифікації токарної обробки поверхонь лівого торця деталі. [12]

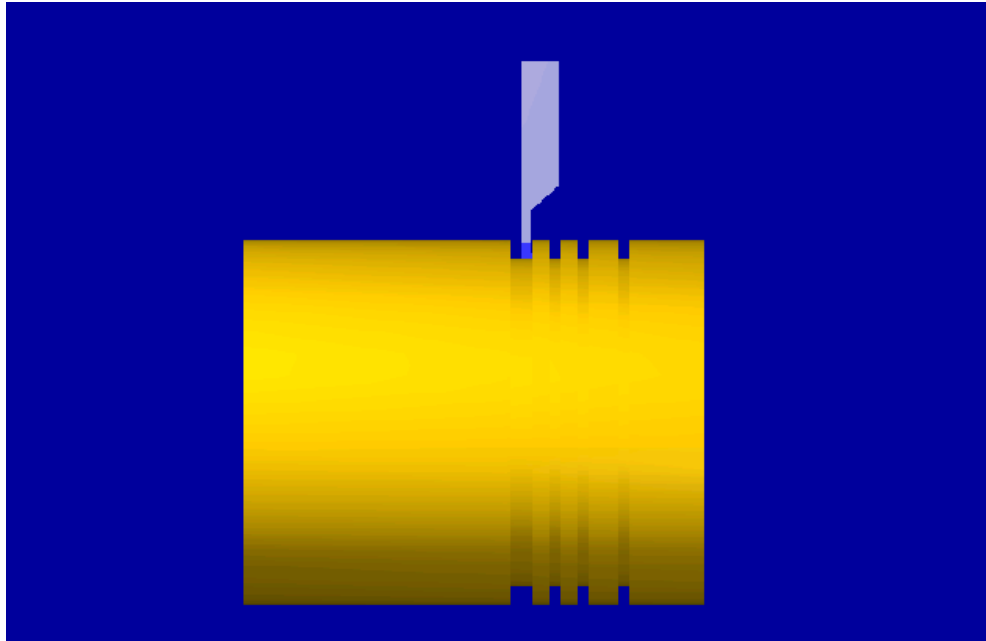


Рисунок 2.21 - Візуалізація обробки деталі «Поршень Д-112-94-1438»

Останнім етапом є створення керуючої програми для відповідного пристрою числового програмного керування. Керуюча програма генерується в автоматичному режимі NC (Numerical Control) – файл засобами Mastercam. [12] Фрагмент керуючої програми токарної обробки деталі наведений у додатку Г.

2.8.2 Програмна реалізація обробки деталі поршень в PowerMill

Delcam PowerMill – пакет для підготовки високоефективних керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК. Delcam PowerMill

широко використовується у авіабудуванні, автомобілебудуванні, суднобудуванні, при виготовленні прес-форм і штампів, турбінних лопаток, медичних виробів та ін. [12]

Переваги Delcam PowerMill:

- гнучкі стратегії чорнової і чистової обробки;
- висока швидкість розрахунку керуючих програм;
- потужний інструмент для редагування керуючих програм;
- інтегровані засоби їх візуалізації і перевірки;
- 100% гарантія від зарізів;
- імпорт твердотілих, поверхневих і фасетних моделей, а також каркасної геометрії в різних форматах: AUTOCAD, STL, STEP, IGES, VDA, DXF;
- додатково можна використовувати прямі інтерфейси системи Delcam Exchange;
- невимогливий до якості даних, і виконує обробку без зарізів навіть в разі наявності розривів на поверхні моделі;
- бібліотека стандартних поспроцесорів плюс постпроцесор, що конфігурується;
- обробка 2,5D без тривимірної моделі по ескізу або імпортованому кресленні;
- автоматичний пошук плоских ділянок, розпізнавання отворів;
- закриття отворів і пазів для виключення їх обробки;
- гнучкий механізм границь для обмеження зони обробки;
- генерація карт наладки для керуючих програм;

- карти наладки створюються у форматі HTML і можуть адаптуватися користувачем [12].

Перед початком роботи в програмі PowerMill необхідно створити систему координат. Для цього імпортуємо деталь «Поршень Д-112-94-1438» в SolidWorks 2020 і створюємо систему координат. Інструмент в PowerMILL буде розташовуватися в напрямі уздовж осі Z. Вісь Z показує, в якому положенні буде розміщений інструмент і де знаходитиметься шпindel ь верстата. Змінюючи напрям осі Z можна міняти і напрям інструменту.

Після імпортування моделі в програму PowerMill обов'язковим є настроювання системи координат моделі для кожної зі стратегій. На рисунку 2.22 показана імпортована деталь в PowerMill.

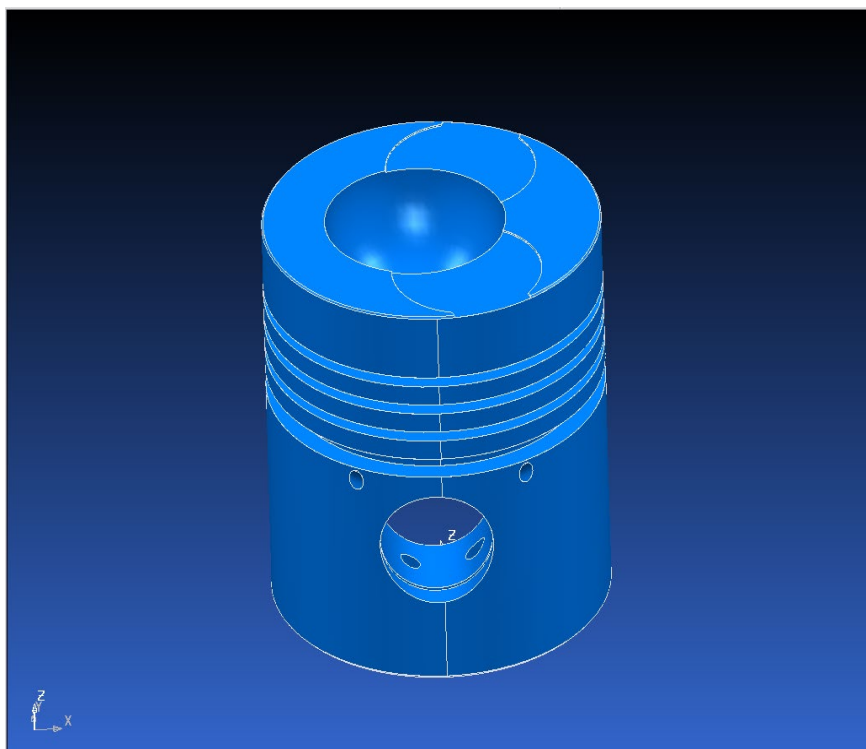


Рисунок 2.22 - імпортована деталь в PowerMill

Наступним етапом необхідно обрати заготовку деталі (блок, контур, модель, межа, циліндр). Для даної деталі обрано заготовку модель з розмірами відповідаючими кресленню існуючої деталі.

Обробка деталь «Поршень Д-112-94-1438» здійснюється у 3 установи.

При виборі кожної траєкторії враховувався час на її виконання та обиралася траєкторія, що займає найменше часу. Після установки параметрів кожна траєкторія проходить перевірку на зіткнення патрона з деталлю й на зарізи фрези. [12]

Вид деталі після кожної обробки та фрагмент керуючої програми показано на рисунках, які знаходяться в додатку Д.

Висновки до другого розділу

В цьому розділі кваліфікаційної роботи була поставлена задача провести аналіз існуючої конструкції деталі «Поршень Д-112-94-1438» та проаналізувати наявний технологічний процес.

Аналіз конструкції деталі був проведений в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків COSMOSWorks, в основі якого закладений метод кінцевих елементів, який повністю інтегрований в CAD систему SolidWorks.

По результату даного випробування, найбільш уразливим місцем поршня виявилась внутрішня стінка форкамери. Також розрахунки показали, що коефіцієнт запасу міцності при даній геометрії й прикладених силах рівний 1. Внаслідок чого було запропоновано збільшити товщину форкамери. Подальші дослідження показали правильність цього розв'язку, коефіцієнт запасу міцності деталі збільшився з 1,03 до 2, що робить деталь більш міцною й дозволяє впиратися динамічним навантаженням.

Проаналізувавши існуючий технологічний процес, можна зробити висновки, що розробка технологічного процесу має істотні недоліки:

- нераціональність вибору заготівлі;
- велика кількість установів заготівлі;
- нераціональність вибору устаткування, використовуються застарілі моделі верстатів, які не можуть високопродуктивно виготовити деталь і ухиляються час на її виготовлення;
- непридатність високопродуктивних методів обробки.

При розробці нового технологічного процесу враховувалися негативні сторони існуючого технологічного процесу, а саме потрібно новий технологічний процес розроблений з використанням програми Вертикаль-Технологія 1.0 фірми Аскон. Швидкий доступ до всіх довідкових даних в багато разів скорочує час на пошук необхідної інформації.

Переваги даного ТП:

- зменшено час на виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438»;
- обробка деталі з використанням верстату з ЧПК;
- скорочено час на обробку і знижена собівартість виготовлення деталі;
- програмна реалізація обробки деталі, що дозволяє вносити технологічні поправки не в ручному режимі, а з допомогою програми Вертикаль–Технологія 1.0.

На основі розробленого нового технологічного процесу розроблено дві керуючі програми з використанням програмних продуктів PowerMill та MasterCAM Lathe 8.1.

Задача цілком була виконана. В результаті проведеної роботи розроблена технічна підготовка виробництва деталі «Поршень Д-112-94-1438 Двигуна СМД-62» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплекта технічної документації.

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА З ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Розробка ергономічного проекту розташування робочих місць у ВГК та безпека життєдіяльності при роботі з ЕОМ

3.1.1 Ергономічні вимоги до організації місця праці та безпека життєдіяльності при роботі з ЕОМ

У людину – машинної системі завжди є три елементи: предмет праці, засоби праці та суб'єкт праці. Найменшою цільною одиницею, де наявні вказані елементи, є місце праці.

Місце праці – це зона, де є необхідні технічні засоби, де відбувається трудова діяльність людини. Воно обладнане засобами відображення інформації, органами керування та допоміжним обладнанням [4].

Організацією місця праці називається проведення системи заходів щодо його обладнання засобами та предметами праці, їх розташуванням у визначеному порядку з метою досягнення: оптимізації умов трудової діяльності, безпеки праці, максимальної ефективності, комфортності роботи людини [7].

До робочого місця ставляться такі вимоги:

-достатній робочий простір, який дає змогу працюючій людині здійснювати необхідні рухи та переміщення;

- достатні фізичні, зорові та слухові зв'язки між людиною та обладнанням, а також між людьми під час виконання спільного трудового завдання;

- необхідний рівень освітлення;

- допустимий рівень шуму, і вібрацій та інших шкідливих факторів, які генерує обладнання місця праці та інші джерела;
- наявність необхідних засобів захисту;
- оптимальне розташування робочих місць, а також безпечні та достатні проходи для працюючих людей.

Засоби відображення інформації мусять забезпечити своєчасність отримання людиною потрібної інформації для її аналізу, логічної обробки та прийняття потрібного рішення.

Відображена інформація повинна відповідати таким вимогам:

- за змістом – адекватно відображати стан об'єктів керування та навколишнього природного середовища;
- за кількістю – відображати дані, які потрібні оператору для прийняття рішення та виконання окремих дій;
- за формою – відповідати завданням оператора та його психофізіологічним можливостям для приймання та опрацювання інформації.

Органи керування повинні забезпечити перехід дій від людини до машини. Вони мають бути надійними у роботі та зручними у використанні і повинні виключати з трудового процесу зайві, малоефективні та втомлювальні рухи і дії.

За призначенням органи керування ділять на 4 основні класи:

- вмикання, вимикання, перемикавання;
- виконання повторних операцій;
- безперервне регулювання;
- аварійні органи.

Органи керування мають захист від випадкового довільного вмикання (механічний опір, блокування, укриття тощо).

При організації робочого місця враховують основні антропометричні дані людини. Найважливішою характеристикою робочого місця є зона досягнення моторного поля.

Моторне поле – це простір робочого місця, в якому розміщені органи керування та інші технічні засоби, в якому людина здійснює рухові дії для виконання робочого завдання. Під зоною досягнення моторного поля робочого місця розуміють частину простору, обмежену крайніми точками, яких можуть досягнути руки та ноги людини, котра не змінює свого положення.

Розрізняють зони легкого та оптимального досягнення.

Легке досягнення – при русі рук у плечовому суглобі з опорою.
Оптимальне досягнення – рух у ліктьових суглобах з опорою.

При організації місця праці потрібно враховувати:

- ступінь рухливості оператора (сидячи стоячи, сидячи-стоячи);
- конфігурацію і спосіб розміщення каналів індикаторів та органів керування;
- потребу в огляді робочого простору;
- необхідність використання робочої поверхні для писання та інших, розміщення телефонів, розташування інструкцій тощо.

Велике значення має правильний підбір робочого стільця або крісла, конструкція якого повинна забезпечити підтримку основної робочої пози, не ускладнювати робочих рухів, зміну положення забезпечити умови для відпочинку.

Ергономіка виробила конкретні вимоги до антропометричних показників обладнання.

Характеристика пульта:

- загальна висота: «сидячи» – 1650 мм, «стоячи» – не більше ніж 1300 мм;

- висота розміщення органів керування для положення «сидячи» – 530 – 1040 мм, «стоячи» – 1000 – 1500 мм.

Характеристики крісла:

- форма сидіння – квадратна;

- форма спинки – прямокутна увігнута;

- розмір сидіння – 400х400мм, спинки – 300х120мм;

- кут нахилу сидіння назад – 50 – 60°;

- кут нахилу спинки 50 – 100°.

Розміри вільного місця для ніг:

- висота – не менше 600 мм;

- ширина – не менше 500 мм;

- глибина – не менше 400 мм.

Зона досягнення органів керування по горизонталі – півколо радіусом 600 мм. Встановлені також відстань між органами керування, їх розміри, зусилля переміщення, величина переміщення, напрямок переміщення.

Продуктивність праці, працездатність людини в багатьох випадках визначаються правильним встановленням режиму праці та відпочинку, що означає зміну періодів праці та відпочинку протягом доби, тижня та довшого терміну.

Реалізація основних ергономічних вимог до режимів праці та відпочинку дає змогу забезпечити необхідний рівень працездатності, зменшити втому, зберегти здоров'я людей.

При виборі режимів праці та відпочинку необхідно встановити:

- тривалість періодів безперервної праці протягом доби (тривалість робочої зміни);
- інтервали між періодами безперервної праці (між змінами);
- кількість змін, які забезпечують чергування;
- тривалість та форму відпочинку.

Для операторів, які працюють з екранами моніторів та інших індикаторів, можуть бути рекомендовані режими праці та відпочинку такі, щоб тривалість безперервної праці не перевищувала б 4-6 годин. В іншому випадку працездатність, через втому зору, знижується.

3.2 Впровадження та експлуатація

3.2.1 Безпека життєдіяльності

Питання, що відносяться до відповідальності за забезпечення охорони праці при роботі за комп'ютером регулюються законом «Про охорону праці».

Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2.007-98[2].

Оператори ЕОМ стикаються з дією таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, статична електрика електричний струм.

Медичні обстеження працівників показали, що крім зниження продуктивності праці високі рівні шуму приводять до погіршенню слуху. Тривале знаходження людини в зоні комбінованої дії різних несприятливих чинників може привести до професійного захворювання. Отже, необхідність впровадження комплексних оздоровчих заходів очевидна.

Об'ємно-планувальні рішення приміщень для роботи з ВГК мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Не допускається розташовувати робочі місця для роботи на комп'ютері в підвальних приміщеннях.

Площа на одне робоче місце для дорослих користувачів повинна бути не менше 6 кв.м., а об'єм – не менше 20 куб.м.

Для внутрішньої обробки приміщень повинні використовуватися дифузно-відображаючі матеріали з коефіцієнтом віддзеркалення від стелі – 0,7 - 0,8; для стін – 0,5 - 0,6; для підлоги – 0,3 - 0,5.

З метою зниження або усунення нервово-психічного, зорового і м'язової напруги, попередження перевтоми необхідне проводити сеанси психофізіологічного розвантаження і зняття втоми вчасно після закінчення роботи.

Шкідливі хімічні речовини не повинні перевищувати гранично допустимих концентрацій відповідно до ГН 2.1.6.1338 - 03 «Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць»

Зразковий перелік шкідливих речовин:

- діоксиду вуглецю 0,1 %;
- озону 0,03 мг/ м³;
- фенолу 0,003 мг/ м³;
- формальдегіду 0,01 мг/ м³;
- хлористого вінілу 0,005 мг/ м³

Зміст легких аероіонів повинен відповідати «Санітарно-гігієнічним нормам допустимих рівнів іонізації повітря виробничих і громадських приміщень» 2152-80 (Таблиця 3.1).

Таблиця 3. 1 – Допустимі рівні іонізації повітря

Рівні	Число іонів в 1 см ³ повітря	
	П+	П-
Мінімально необхідне	400	600
оптимальне	1500-3000	3000-5000
Максимально допустиме	50000	50000

3.2.2 Розробка ергономічного проекту робітничого місця конструктора

Кабінет обчислювальної техніки (КОТ) повинен мати природне освітлення. Орієнтація вікон повинна бути на північ, північний схід. ВГК не повинні розташовуватися в підвалах і цокольних поверхах. ВГК повинні

бути ізолювані від приміщень, що мають підвищення рівня шуму (машинні зали, майстерні і ін.). Площа ВГК повинна прийматися з розрахунку не менше 6 м² на одне робоче місце, висота приміщення не менше 4 метрів. Поверхня підлоги повинна бути рівна, без вибоїн, неслизька і зручна для чищення, що володіє антистатичними властивостями. Забороняється застосовувати для обробки інтер'єру ВГК будівельні матеріали, що виділяють з свого складу шкідливі хімічні речовини і з'єднання в повітря.

До столів з ЄОМ підводиться електроживлення і кабель локальної мережі із забезпеченням електробезпеки. Довжина (зліва направо) одномісного робочого столу для користувача повинна бути не менше 70 см, ширина – повинна забезпечувати місце клавіатурою 30 см для розташування зошита і опори предплечий рук для зняття статичної напруги з м'язів плечового поясу. Поверхня столу для установки монітора повинна бути горизонтальною, а поверхня на якій знаходиться клавіатура, – похилої (кут нахилу 12-15).

Висота краю столу, зверненого до того, що працює, за відеомонітором, і стільця над підлогою повинні прийматися відповідно до зростання користувача.

Оптимальні розміри робочої поверхні столешниці 1600x900 мм. Ширина простору для ніг під столом повинна бути не менше 500 мм глибина не менше 450 мм. На поверхні робочого столу для документів необхідно передбачати спеціальної підставки, відстань якої від очей повинна бути аналогічним відстані від очей до клавіатури що дозволяє понизити зорове стомлення. ВГК повинні бути забезпечені стільцями із змінними по висоті напівм'яким сидінням і профільованою спинкою, а також – що дозволяють здійснювати поворот сидіння і спинки стільця в межах 100сантиметрів. Розстановка робочих місць з ЄОМ може бути трьох видів: периметральна, рядами (1-3- х рядна), центральна. Висота краю столу, зверненого до того, що працює, за відеомонітором, і стільця над підлогою повинні прийматися

відповідно до зростання користувача (Таблиця 3.2), за відсутності такої можливості його висота повинна складати 720 мм.

Таблиця 3.2 – Параметри висоти робочого місця

Зріст користувача, см	Висота над рівнем підлоги, мм		
	стіл не менше	простір для ніг не менше	стілець не менше
161-175	700	590	420
>175	760	650	460

Подача повітря повинна проводитися у верхню зону малими швидкостями з розрахунку створення рухливості повітря на робочому місці користувачів до 0,1 м/с (краще через підшивання перфорований стеля).

Приміщення ВГК повинні мати природне і штучне освітлення, що відповідає вимогам глави СНіП 23-05-98 «Природне і штучного освітлення» і СанПіН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гігієнічні вимоги до природного, штучного і суміщеного освітлення житлових і громадських будівель».

Співвідношення яркостей поверхонь, що знаходяться в полі зору користувачів, повинно бути в робочій зоні в межах 3:1 між поверхнею екран-стіл і дальнім оточенням: стіни, підлога, стеля–10:1. Коефіцієнт віддзеркалення робочих поверхонь і колірної обробки інтер'єру ВГК повинен бути наступним: стелі – 0,7-0,8; стін – 0,5-0,6; підлоги – 0,3-0,4; столу – 0,45-0,5; клавіатури – 0,4-0,6. Слід офарблювати стіни в КВТ до стелі або на висоту панелей холодними тонами фарб: ясно-блакитним, ясно-зеленим, світло-сірими кольорами. Допускається забарвлення стін ясно-

жовтим, ясно-бежевим або кольором слонячої кістки. Не можна офарблювати стіни, розташовані напроти екрану монітора темними тонами фарб (коефіцієнт віддзеркалення 0,3-0,4).

Розроблене робоче місце інженера-конструктора показано на рисунку 3.1.

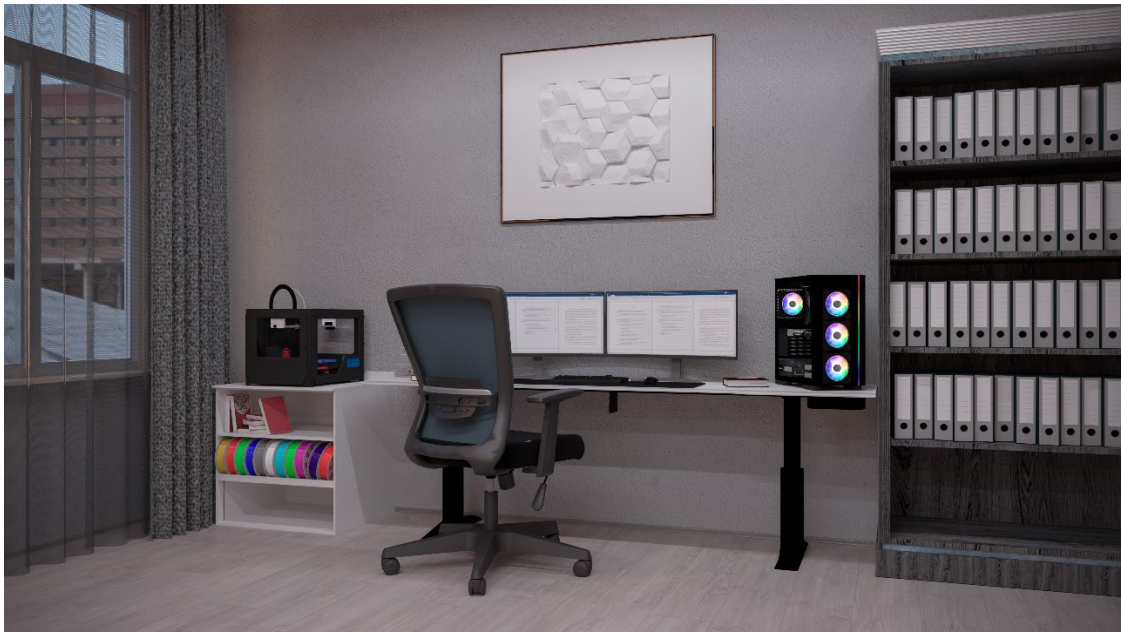


Рисунок 3.1 – Розроблене робоче місце інженера-конструктора

Висновки до третього розділу

Однією з характерних особливостей сучасного розвитку суспільства є зростання сфер діяльності людини, в яких використовуються інформаційні технології. Широке розповсюдження отримали персональні комп'ютери. Однак їх використання загострило проблеми збереження власного і суспільного здоров'я, вимагає удосконалення існуючих та розробки нових підходів до організації робочих місць, проведення профілактичних заходів для запобігання розвитку негативних наслідків впливу ПК на здоров'я користувачів.

Недотримання вимог безпеки призводить до того, що через деякий час роботи за комп'ютером співробітник починає відчувати певний дискомфорт: у нього виникають головні болі і різь в очах, з'являються втома і дратівливість. У деяких людей порушується сон, погіршується зір, починають хворіти руки, шия, поясниця і т.д.

В зв'язку з цим розроблене робоче місце конструктора з дотриманням всіх норм та ДСТУ по ергономіці та безпеці життєдіяльності:

- спроектована робоча поверхня столу;
- спроектований рухомий стілець;
- площа і об'єм виробничого приміщення задовольняє нормам;
- вимоги, що пред'являються до температури і вологості працюючих приміщень в нормі;
- досягнутий високий рівень освітленості в приміщеннях і на робочих поверхнях апаратури;
- зменшили рівень низькочастотних магнітних полів від моніторів.

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

4.1 Розрахунок економічної ефективності

Трудомісткість обробки за існуючою технологією надає підприємство. Відомо, що норма часу при існуючому ТП становить 370 хв. Собівартість механічної обробки становить 193 грн.

Пропонуємо порівняти існуючий та пропонований технологічний процес виготовлення деталі та виявити більш економічний при виготовленні однієї деталі.

Розрахуємо норми часу та техніко-економічні показники пропонованої деталі, для того щоб порівняти її технологічні процеси виготовлення.

4.1.1 Розрахунок норми часу

В основі всіх робіт за розрахунком продуктивності праці лежить технічне нормування – визначення норми часу, тобто часу, в перебігу якого робітник повинен виконати задану йому роботу.

Технічною нормою штучного часу називається час, встановлений для виконання даної операції при визначених організаційно-технічних умовах і найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва з врахуванням передового виробничого досвіду. Основним методом визначення технічної норми штучного часу є розрахунок, який базується на аналізі операції по складових її елементах і визначенні тривалості окремих

елементів, і операції в цілому. Аналітично норму штучного часу (хв) можна представити в наступному вигляді:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}} \text{ хв.} \quad (4.1)$$

де: T_o – сумарне основне (машинне) час на всю операцію;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час, зв'язаний з установкою і закріпленням деталі, а також з переходом;

$T_{\text{дод}}$ – додатковий час.

Основними складовими штучного часу є основний і допоміжний час.

Сумарний основний час визначається як сума основного машинного часу усіх переходів та операції.

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$ - це час установлення та знімання деталі, пуск і зупинку верстату, встановлення та знімання, підведення та відведення різця, вимірювання деталі, переключення швидкості й подачі, вибору перерізу стружки тощо.

$$T_{\text{доп}} = \sum_{i=1}^i t_{\text{уст}} + \sum_{i=1}^i t_{\text{пер}}, \text{ хв.} \quad (4.2)$$

де $t_{\text{уст}}$ - час, який витрачається на установку деталі, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – допоміжний час на природні потреби робітника, хв.

Додатковий час - це час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та природні потреби.

$$T_{\text{дод}} = \frac{\alpha}{100} \cdot (T_o + T_{\text{доп}}) \text{ хв} \quad (4.3)$$

де: α – відсотковий коефіцієнт на відпочинок та природні потреби і дорівнює 7-8%.

Розрахуємо річну економію норми часу:

$$(370-26,4) \times 60 = 17139,2 \text{ хв} = 285,65 \text{ год.}$$

4.2 Техніко-економічні показники

4.2.2 Коефіцієнт використання матеріалу

$$\eta_m = \frac{\sigma_d}{\sigma_z}, \quad (4.4)$$

де: σ_d , σ_z - маса деталі і заготовки відповідно.

Оскільки форма та технологія виготовлення заготовки не змінилася, то коефіцієнт використання матеріалу залишився незмінним.

4.2.3 Коефіцієнт використання верстата по потужності

де N_e – потужність, споживана на різання для найбільш завантаженого переходу, кВт;

$N_{\text{дв}}$ - потужність електродвигуна верстата, кВт;

$\eta_{\text{вер}}$ - ККД верстата, $\eta_{\text{вер}} = 0,8 - 0,9$.

$$\eta = \frac{3,12}{13,6 \cdot 0,8} = 0,286 \quad (4.5)$$

4.2.4 Коефіцієнт використання верстата за часом

$$\eta_{\text{ч}} = \frac{13,66}{26,4} = 0,517 \quad (4.6)$$

4.2.5 Собівартість механічної обробки деталі

$$C = S \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right), \quad (4.7)$$

де H – відсоток накладних витрат;

S - заробітна плата робітника.

де S_i - годинна тарифна ставка робітника 1 розряду;

$S_i = 9,0$ грн.

K – тарифний коефіцієнт (вибирається по таблиці 4.1);

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

$$S = 9 \cdot 1,33 \cdot \frac{26,4}{60} = 5,266 \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$C = 5,266 \cdot \left(1 + \frac{1200}{100}\right) = 68,46 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.1 - Діючі тарифні коефіцієнти для верстатників з погодинною оплатою

Розряд робітника	1	2	3	4	5	6
Тарифний коефіцієнт	1,0	1,09	1,21	1,33	1,5	1,75

Розрахуємо річний економічний ефект:

де: C_1, C_2 – виробнича собівартість відповідно до і після впровадження заходів по зниженню собівартості.

A_2 – річна програма випуску продукції, складає 1200 шт.

$$A = (84,7 - 68,46) 1200 = 19488 \text{ грн.}$$

Розрахований річний економічний ефект складає 19488 грн.

Річна економічна норма часу складає 230 годин.

Висновки до четвертого розділу

В данному розділі проведений розрахунок економічної частини кваліфікаційної роботи. В результаті проведених розрахунків було порівняно існуючий та пропонований технологічний процес виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438» та виявлено, що пропонований технологічний процес більш економічний, про що свідчить річний економічний ефект, який склав 1091,04 грн.

Трудомісткість обробки за існуючою технологією надало приватне підприємство «Завод Двигун». Норма часу при існуючому ТП становить 370 хв.

В модернізованому технологічному процесі деталь «Поршень Д-112-94-1438» виготовляється за 3 операції і за тратою штучно-калькуляційного часу, який складає 26,4 хв.

Коефіцієнт використання верстату по потужності склав 0,286 та за часом – 0,517. Собівартість механічної обробки деталі «Поршень Д-112-94-1438» в результаті задіяння верстатів з ЧПК складає 68,48 грн. На приватному підприємстві «Завод Двигун» собівартість механічної обробки становить 84,7 грн.

В результаті проведених розрахунків річна економія нормо часу склала 285,65 год. В свою чергу, річний економічний ефект від цього складає 1091,04 грн.

Робота, яка була проведена по розробці технологічного процесу виробництва деталі «Поршень Д-112-94-1438 Двигуна СМД-62» приватного підприємства «Завод Двигун» з використанням автоматизованих систем проектування дала очікуваний економічний ефект. Про що свідчить, зменшення нормо часу на виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438» в рік та річний економічний ефект від цієї розробки.

ВИСНОВКИ

Деталь, представлена для кваліфікаційного проектування – «Поршень Д-112-94-1438 Двигуна СМД-62».

Поршень – деталь, призначена для циклічного сприйняття тиску розширюються газів і перетворення його в поступальний механічний рух. Служить для виконання допоміжних тактів з очищення і наповненню циліндра, а також, стискає газ, що надійшов в камеру на етапі впуску газу.

В результаті аналізу напружено-деформованого стану деталі «Поршень Д-112-94-1438» в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків CosmosWorks, який повністю інтегрований в САД систему SolidWorks, були виявлені деякі недоліки конструкції деталі, а саме: по результату даного випробування, найбільш уразливим місцем поршня виявилась внутрішня стінка форкамери, щоб виправити цей недолік було запропоновано збільшити товщину форкамери.

Подальші дослідження показали правильність цього розв'язку, коефіцієнт запасу міцності деталі збільшився з 1,03 до 2, що робить деталь більш міцною й дозволяє впиралися динамічним навантаженням.

При розробці нового технологічного процесу враховувалися негативні сторони наявного технологічного процесу. Для цього пропонується використання новішого устаткування – верстатів з ЧПК.

Новий технологічний процес був розроблений з використанням програми Вертикаль-Технологія 1.0 фірми Аскон.

Переваги нового ТП:

- зменшено час на виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438»;
- обробка деталі з використанням верстату з ЧПК;
- скорочено час на обробку і знижена собівартість виготовлення деталі;

- програмна реалізація обробки деталі, що дозволяє вносити технологічні поправки не в ручному режимі, а з допомогою програми Вертикаль–Технологія 1.0.

На основі розробленого нового технологічного процесу розроблено дві керуючі програми з використанням програмних продуктів PowerMill та MasterCAM Lathe 8.1.

У даному технологічному процесі застосовуються токарний верстат 16A20Ф3С39, який призначений для точіння зовнішніх поверхонь, розточування отворів, нарізування різьби та на фрезерному верстаті 6М13НЦ, котрий призначений для обробки деталей складної конфігурації з будь-яких сталей і сплавів.

Вибір верстату був проведений з використанням програми «Аналіз ієрархії», який ґрунтується на прийнятті рішень по методу Т. Сааті.

На основі ергономічних вимог в програмі 3D Max був створений проект робочого місця проектувальника, з урахуванням параметрів приміщення для інженера-програміста.

Проведений розрахунок економічної частини кваліфікаційної роботи. В результаті проведених розрахунків були порівняні існуючий та новий технологічний процеси виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438».

Розроблений технологічний процес є більш економічним в порівнянні з існуючим.

Про це свідчить річний економічний ефект, який склав 1091,04 грн. В результаті проведених розрахунків - річна економія нормо часу склала 285,65 год.

Розрахунок економічної частини кваліфікаційної роботи мав очікуваний ефект.

Про це свідчать факти зменшення нормо часу на виготовлення деталі «Поршень Д-112-94-1438» в рік та річний економічний ефект від цієї розробки.

Дана кваліфікаційна робота пройшла апробацію та рекомендований до впровадження в умовах підприємства.

Розроблений комплект конструкторської документації задовольняє всім показникам якості: ефективність, безпечність, ергономічність та економічність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст]: підручник / В. Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
- 2) Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель: Навч. посіб. – К.: Кондор, 2009. – 210 с.
- 3) Освітлення промислових об'єктів: Навч. посібник / Укл. Говоров П.П., Пилипчук Р.В., Токань А.І. та ін. – Тернопіль: Джура, 2008. – 388 с.
- 4) Бедрій Я.І. Безпека життєдіяльності/ Я.І. Бедрій // К.: Кондор, 2004.
- 5) Козлов А.П., Кринецький М.І. Основи систем автоматизованого проектування: конспект лекцій
- 6) Електропостачання промислових підприємств: посібник до курсового та дипломного проектування/ Шестеренко В.Є., Шестеренок О.В. – Київ, 2013. – 424 с.: іл., табл.
- 7) Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 199 с.
- 8) ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - Київ, 2000.
- 9) Волошин В.О., Когут А. Застосування геометричних засобів багатовимірних просторів у дослідженнях багатопараметричних технічних систем. Механіко-технологічний факультет: матеріали ІХ Всеукр. наук.-техн. конф., 10-25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 43-44. Науковий керівник к.т.н., доц. Пихтєєва І.В.
- 10) Волошин В.О. Автоматизація розробки технологічного процесу виготовлення різьбонарізного інструменту. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів за підсумками наукових досліджень 2021 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.13. Науковий керівник ст. викладач Дмитрієв Ю.О.
- 11) Волошин В.О. Опис конструкції та службове призначення деталі поршень Д-144-1004021-А3 двигуна СМД-64. Технічне забезпечення

інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 100-101

12) Волошин В.О. Розробка керуючої програми виготовлення деталі «Поршень» в програмному продукті PowerMill та MasterCAM Lathe 8.1. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 111-113

13) Волошин В.О. Розрахунок деталі Поршень Д-144-1004021А3 двигуна СМД4 на міцність в COSMOSWORKS. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.) / ТДАТУ: ред. кол., С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. – С. 123-125

14) Autodesk/ 3D Design, Engineering and Construction Software.
<https://www.autodesk.com/>

15) Autodesk Fusion with PowerMill: Expert CAM software for high-speed and 5-axis CNC machining. <http://www.powermill.com/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Програмний код модуля розрахунку у програмі Delphi.

```
unit uMain;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, ksTLB, StdCtrls, ComObj, ComCtrls, Grids, Buttons, jpeg,  
ExtCtrls;
```

```
const
```

```
MasReal: array [0..10] of char = ('0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','.');
```

```
type
```

```
TVal = class(TForm)
```

```
  OpenDialog1: TOpenDialog;
```

```
  StringGrid1: TStringGrid;
```

```
  BitBtn1: TBitBtn;
```

```
  img1: TImage;
```

```
  LError: TLabel;
```

```
  procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
```

```
  procedure FormShow(Sender: TObject);
```

```
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
```

```
  procedure StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
```

```
    const Value: String);
```

```
  procedure StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
```

```
    Rect: TRect; State: TGridDrawState);
```

```
  procedure StringGrid1Click(Sender: TObject);
```

```

private
  AllOk: byte;
  CheckArray: array of byte;
  { Private declarations }
  function CheckReal(str: string): boolean;
public
  { Public declarations }
end;

```

```

TPartVar=RECORD

```

```

  VarName:STRING; // имя переменной
  VarValue:REAL; // значение переменной
  VarNote:STRING; // комментарий к переменной
END;

TPartVars=ARRAY OF TPartVar;

```

```

var

```

```

  Val: TVal;
  Kompas:KompasObject; // ссылка на API-объект КОМПАС
  Doc:ksDocument3D; // ссылка на текущий документ КОМПАСа
  KompasHandle:THandle; // ссылка на окно программы КОМПАСа
  mas: TPartVars;
  s: TStringList;

```

```

implementation

```

```

{$R *.dfm}

```

```

function GetPartVars(partname:STRING):TPartVars;
var vr:ksVariableCollection;

```

```

parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
univar:ksVariable;
top,cur,vrr:TTreeNode;
j, numpart:WORD;
begin
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// ссылка на деталь с именем partname
part:=ksPart(parts.GetByName(partname,True,True));
// ссылка на список переменных детали
vr:=ksVariableCollection(part.VariableCollection);
// цикл по переменным детали
numpart:=vr.GetCount;
SetLength(result,numpart);

for j:=0 to numpart-1 do
begin
// ссылка на отдельную переменную
univar:=ksVariable(vr.GetByIndex(j));
with result[j] do
begin
VarName:=univar.name;
VarNote:=univar.note;
VarValue:=univar.value
end
end
end;

function StartKompas(filename:string):boolean;
const ka='Kompas.Application.5';

```

```

begin
// подключение к КОМПАС 3D
Result:=true;
try
  kompas:=KompasObject(GetActiveOleObject(ka)); // если уже запущен
except
  try
    kompas:=KompasObject(CreateOleObject(ka)); // если не запущен
  except
    result:=false;
    exit;
  end;
end;

// получение ссылки на окно КОМПАС
KompasHandle := kompas.kGetHWindow;
// делаем окно КОМПАСа видимым
kompas.Visible:=true;
// получение ссылки на текущий документ КОМПАСа
Doc := ksDocument3D(kompas.ActiveDocument3D);
// если такой документ есть...
if Assigned(Doc) then
  // то закрываем его
  Doc.close;
  // создаем новый документ...
  Doc := ksDocument3D(kompas.Document3D);
  // и загружаем в него сборку с именем filename
  Doc.Open(Trim(filename), False);
  // активируем API
  kompas.ActivateControllerAPI();
end;

```

```

procedure ReadParts(s:TStringList);
var i:word;
parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
num: integer;
begin
// получение ссылки на список деталей
parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// число деталей
num:=parts.GetCount;
s.Clear;
// деталь с номером -1 есть сама сборка
s.Add(ksPart(doc.GetPart(-1)).name);
// цикл по деталям
for i := 0 to num-1 do
begin
// получение ссылки на деталь номер i
part:=ksPart(parts.GetByIndex(i));
// помещаем имя детали в список
s.Add(part.name);
end;
end;

PROCEDURE ChangeVar(partname, varname: STRING; value_:REAL);
VAR vr:ksVariableCollection;
parts:ksPartCollection;
part:ksPart;
vvv:ksVariable;
BEGIN
// Список деталей

```

```

parts:=ksPartCollection(doc.PartCollection(true));
// Ищем деталь по имени
part:=kspart(parts.GetByName(partname,true,true));
// Список переменных детали
vr:=ksVariableCollection(part.VariableCollection);
// Ищем переменную по имени
vvv:=ksVariable(vr.GetByName(varname,true,true));
// Начинаем редактировать деталь
part.BeginEdit;
// Меняем значение переменной
vvv.value:=value_;
// Обновляем модель
part.Update;
part.RebuildModel;
// Завершаем редактирование детали с сохранением изменений
part.EndEdit(true);
// Обновляем сборку
parts.refresh
END;

procedure TVal.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var i: integer;
    part: string;
begin
for i := 0 to StringGrid1.RowCount-1 do
begin
if (StringGrid1.Cells[1, i] = "") then part := StringGrid1.Cells[0, i] else
    ChangeVar(part, StringGrid1.Cells[0, i], StrToFloat(StringGrid1.Cells[1, i]));
end;
Doc.Save;

```

```

s.Free;
end;

function TVal.CheckReal(str: string): boolean;
var i, j: integer;
    z: byte;
begin
    Result := TRUE;
    for i := 1 to Length(str) do
    begin
        z := 1;
        for j := 0 to 10 do
            // proverka, 4to v stroke 4islo
            if (str[i] = MasReal[j]) then
                begin
                    z := 0;
                    break;
                end;
            // proverka, 4to posle zapyatoj ne bolee 1 znaka
            if (str[i] = '.') then
                if (((Length(str)-i)>1)or(str[i+1] = '.')) then z := 1;
            if (z = 1) then
                begin
                    Result := FALSE;
                    break;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

procedure TVal.FormShow(Sender: TObject);

```

```

var i,j: integer;
    c: integer;
begin
c := 1;
StringGrid1.RowCount := c;

if (OpenDialog1.Execute) then
if (FileExists(OpenDialog1.FileName)) then

StartKompas({'НАРБАНИЕФИЛА'} {'C:\Temp\Вал
пyahcoH\PyahcoH.a3d'} OpenDialog1.FileName)
    else Application.Terminate;
s := TStringList.Create();
ReadParts(s);
FOR i:=1 TO s.Count-1 DO
begin
StringGrid1.Cells[0, c-1] := s[i];
StringGrid1.Cells[1, c-1] := ";
mas := GetPartVars(s[i]);
for j := 0 to Length(mas)-1 do
begin
inc(c);
StringGrid1.RowCount := c;
StringGrid1.Cells[0, c-1] := mas[j].varname;
StringGrid1.Cells[1, c-1] := FloatToStr(mas[j].varvalue);
// StringGrid1.Cells[2, c-1] := mas[j].VarNote;
end;
end;

SetLength(CheckArray, StringGrid1.RowCount);

```

```

for i := 0 to Length(CheckArray)-1 do
  CheckArray[i] := 0;
// s.Free;
end;

procedure TVal.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  AllOk := 0;
end;

procedure TVal.StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
const Value: String);
begin
  if (ACol = 1) then
    if not(CheckReal(StringGrid1.Cells[ACol, ARow])) then
      begin
        AllOk := 1;
        CheckArray[ARow] := 1;
      end else
        begin
          AllOk := 0;
          CheckArray[ARow] := 0;
        end;
      end;
    end;

procedure TVal.StringGrid1DrawCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
Rect: TRect; State: TGridDrawState);
begin
  if (ACol = 1) then
    if (CheckArray[ARow] = 1) then
      with StringGrid1.Canvas do

```

```

begin
  Font.Color:= clRed ;
  FillRect(Rect);
  TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1.Cells[ACol, ARow]);
end else
with StringGrid1.Canvas do
begin
  Font.Color:= clWindowText;
  FillRect(Rect);
  TextOut(Rect.Left, Rect.Top, StringGrid1.Cells[ACol, ARow]);
end;
end;
procedure TVal.StringGrid1Click(Sender: TObject);
var i: integer;
    z: byte;
begin
try
  // priem proverki opredelennoj (1) ja4ejki
  //if ((StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,2]))<(StrToFloat(StringGrid1.Cells[1,1])))
  //then CheckArray[2] := 1;
except
end;

  // proverka dopyspimosti raboti
  z := 0;
  for i := 0 to Length(CheckArray)-1 do
    if (CheckArray[i] = 1) then
      begin
        z := 1;
        break;
      end;
  end;

```

```
if (z = 0) then
begin
  BitBtn1.Enabled := TRUE;
  LError.Visible := FALSE;
end else
begin
  BitBtn1.Enabled := FALSE;
  LError.Visible := TRUE;
end;
end;

end.
```

ДОДАТОК Б

Фрагмент NC коду керуючої програми розробленої у програмі Unigraphics

%

:0001

N10(NC FILE : 1)

N20(DATE : 04.04.12 & TIME - 15:46:15)

N30(PMPost VERSION : 4.800 CB01100)

N40(MACHINE TOOL : --- & MODEL : ---)

N50(CONTROLLER : Fanuc & SERIES : ---)

N60(OPTION FILE : Fanuc)

N70(OUTPUT WP : Глобальная СК)

N80(OUTPUT UNITS : MM)

N90G91G28X0Y0Z0

N100G40G17G80G49

N110G0G90

N120(=====)

N130(TOOLPATH : Черновая1_1)

N140(STRATEGY USED : Offset_area_clear)

N150(TOOLPATH WP : World)

N160(=====)

N170(TOOL TYPE : ENDMILL)

N180(TOOL NAME : Конц20)

N190(TOOL DIA.: 20 & TIP RAD.: 0 & LENGTH : 210)

N200T1M6

N210G54G90

N220S1500M3

N230M8

N240G0X.322Y0

N250G43Z10.H1

N260X-146.178Y-47.472

N270Z5.

N280G1Z-.9F500

N290X-145.678F1000

N300G2G17X-143.178Y-48.507I0J-3.535

N310G3X-140.678Y-47.472I1.035J1.035

N320G1Y87.

N330G2X-135.678Y92.I5.J0

N340G1X-8.173

N350X-7.852Y83.553

N360X-12.223Y83.047

N370X-12.597Y82.989

N380X-12.965Y82.903

N390X-14.96Y82.359

N400X-15.43Y82.205

N410X-15.883Y82.006

N420X-17.878Y81.006

N430X-18.366Y80.726

N440X-18.819Y80.393

N450X-20.91Y78.669

N460X-21.344Y78.266

N470X-21.727Y77.814

N480X-23.225Y75.819

N490X-23.442Y75.506

N500X-23.635Y75.177

N510X-24.036Y74.428

N520X-24.148Y74.205

N530X-24.249Y73.977

N540X-24.425Y73.552

N550X-25.149Y73.32

N560X-25.285Y73.273
N570X-25.42Y73.223
N580X-29.892Y71.495
N590X-30.066Y71.424
N600X-30.237Y71.347
N610X-35.74Y68.729
N620X-35.905Y68.647
N630X-36.067Y68.559
N640X-40.056Y66.288
N650X-40.207Y66.199
N660X-40.355Y66.104
N670X-44.995Y63.013
N680X-45.135Y62.917
N690X-45.271Y62.816
N700X-48.61Y60.248
N710X-48.744Y60.142
N720X-48.873Y60.032
N730X-52.863Y56.506
N740X-52.952Y56.426
N750X-53.039Y56.344
N760X-54.979Y54.456
N770X-55.054Y54.382
N780X-55.127Y54.306
N790X-57.177Y52.138
N800X-57.256Y52.052
N810X-57.333Y51.964
N820X-59.328Y49.646
N830X-59.401Y49.559
N840X-59.471Y49.471
N850X-62.212Y45.978

N860X-62.323Y45.832
N870X-62.428Y45.681
N880X-65.109Y41.691
N890X-65.362Y41.273
N900X-65.572Y40.832
N910X-66.092Y39.59
N920X-66.524Y39.52
N930X-66.949Y39.413
N940X-68.944Y38.814
N950X-69.418Y38.646
N960X-69.873Y38.43
N970X-71.936Y37.322
N980X-72.451Y37.004
N990X-72.924Y36.626
N1000X-75.13Y34.631
N1010X-75.558Y34.193
N1020X-75.93Y33.707
N1030X-77.268Y31.712
N1040X-77.527Y31.28
N1050X-77.741Y30.824
N1060X-78.559Y28.829
N1070X-78.618Y28.678
N1080X-78.673Y28.524
N1090X-80.013Y24.535
N1100X-80.065Y24.37
N1110X-80.111Y24.205
N1120X-81.673Y18.22
N1130X-81.711Y18.064
N1140X-81.744Y17.907
N1150X-82.516Y13.917

N1160X-82.564Y13.619
N1170X-82.594Y13.318
N1180X-82.735Y11.323
N1190X-82.746Y10.846
N1200X-82.711Y10.37
N1210X-82.446Y8.189
N1220X-82.368Y7.73
N1230X-82.248Y7.279
N1240X-81.674Y5.47
N1250X-81.51Y5.026
N1260X-81.304Y4.599
N1270X-80.222Y2.604
N1280X-80.058Y2.324
N1290X-79.877Y2.056
N1300X-79.538Y1.587
N1310X-79.353Y1.347
N1320X-79.154Y1.119
N1330X-77.739Y-.407
N1340X-77.52Y-.628
N1350X-77.289Y-.835
N1360X-77.29Y-.907
N1370Y-1.09
N1380X-77.283Y-1.273
N1390X-76.953Y-7.258
N1400X-76.941Y-7.426
N1410X-76.923Y-7.593
N1420X-76.46Y-11.354
N1430X-76.44Y-11.497
N1440X-76.416Y-11.64
N1450X-75.647Y-15.859

N1460X-75.622Y-15.989
N1470X-75.593Y-16.117
N1480X-74.645Y-20.107
N1490X-74.609Y-20.252
N1500X-74.568Y-20.396
N1510X-73.364Y-24.386
N1520X-73.318Y-24.53
N1530X-73.268Y-24.673
N1540X-71.796Y-28.663
N1550X-71.746Y-28.792
N1560X-71.693Y-28.92
N1570X-69.964Y-32.91
N1580X-69.902Y-33.048
N1590X-69.836Y-33.184
N1600X-67.812Y-37.174
N1610X-67.737Y-37.315
N1620X-67.659Y-37.453
N1630X-65.304Y-41.443
N1640X-65.218Y-41.584
N1650X-65.127Y-41.723
N1660X-62.4Y-45.713
N1670X-62.303Y-45.85
N1680X-62.201Y-45.985
N1690X-59.06Y-49.975
N1700X-58.947Y-50.113
N1710X-58.829Y-50.247
N1720X-55.198Y-54.237
N1730X-55.101Y-54.341
N1740X-55.001Y-54.442
N1750X-52.966Y-56.437

N1760X-52.865Y-56.534
N1770X-52.76Y-56.627
N1780X-48.858Y-60.047
N1790X-48.724Y-60.16
N1800X-48.587Y-60.268
N1810X-44.597Y-63.299
N1820X-44.49Y-63.378
N1830X-44.38Y-63.455
N1840X-42.125Y-64.984
N1850X-41.886Y-65.137
N1860X-41.638Y-65.276
N1870X-39.903Y-66.185
N1880X-39.497Y-66.375
N1890X-39.076Y-66.527
N1900X-38.278Y-66.777
N1910X-36.742Y-68.022
N1920X-36.428Y-68.257
N1930X-36.097Y-68.467
N1940X-34.891Y-69.164
N1950X-34.686Y-69.277
N1960X-34.476Y-69.379
N1970X-29.697Y-71.577
N1980X-29.534Y-71.649
N1990X-29.368Y-71.714
N2000X-24.602Y-73.507
N2010X-24.431Y-73.568
N2020X-24.257Y-73.622
N2030X-19.048Y-75.159
N2040X-18.885Y-75.204
N2050X-18.721Y-75.244

N2060X-14.731Y-76.133

N2070X-14.57Y-76.166

N2080X-14.409Y-76.194

N2090X-8.424Y-77.121

N2100X-8.206Y-77.15

N2110X-7.987Y-77.17

N2120X-2.817Y-77.511