

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 ВЕРІШКОВ**
« 14 » червня 2024 р.


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

на тему: «Технічна підготовка виробництва деталі «Поршень 245.100» в системі автоматизованого проектування з комп'ютерним аналізом в САЕ-системі COSMOSWORKS.»

17 ПМД. 8999045.06.24/000000 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)


_____ **Кирило МОВЧАН**
(підпис)

Керівник доц. 
_____ **Євген ГАВРИЛЕНКО**
(підпис)

Консультант доц. 
_____ **Михайло ЗОРЯ**
(підпис)

Консультант доц. 
_____ **Лариса БОЛТЯНСЬКА**
(підпис)

Нормоконтроль доц. 
_____ **Олександр МАЦУЛЕВИЧ**
(підпис)

Рецензент 
_____ **Леонід ЦВІРКУН**
(підпис)

Запоріжжя - 2024 рік

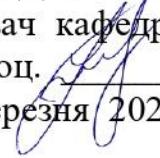
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

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

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**



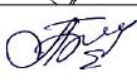

Мовчана Кирила Сергійовича


(прізвище, ім'я, по батькові)


Тема проекту: «Технічна підготовка виробництва деталі «Поршень 245.100» в системі автоматизованого проектування з комп'ютерним аналізом в САЕ-системі COSMOSWORKS», 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 їй належить розробити): провести обстеження підприємства у відповідності до ТЗ, створити комплект технічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити керуючу програму виготовлення диску, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Аналіз існуючої конструкції деталі «Поршень 245.100»
 - 4.2 Перевірка деталі на міцність
 - 4.3 Розробка технологічного процесу на виготовлення деталі «Поршень 245.100»
 - 4.4 Розробка керуючої програми для верстатів з ЧПК
 - 4.5 Проект робочого місця технолога-програміста
 - 4.6 Економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу

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

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

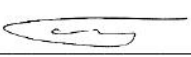
Керівник  Євген ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Кирило МОВЧАН

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Передпроектне обстеження ПП «Завод Двигун»	08.05-10.05	Виконано
2	Перевірка деталі на міцність	11.05-12.05	Виконано
3	Розробка технологічного процесу	15.05-19.05	Виконано
4	Розробка керуючої програми	22.05-26.05	Виконано
5	Розробка робочого місця інженера-технолога з урахуванням ергономічних показників	29.05-31.05	Виконано
6	Розробка питань з охорони праці	05.06-09.06	Виконано
7	Техніко-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  Кирило МОВЧАН
(підпис)

Керівник проекту  ЄВГЕН ГАВРИЛЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 75 сторінок друкованого тексту формату А4, 4 розділи, 10 рисунків, 11 таблиць, сторінок додатків 4.

Графічна частина роботи складається з 7 аркушів формату А1.

Об'єкт дослідження – приватне підприємство "Завод Двигун" (м.Мелітополь) з технічними підрозділами.

Мета роботи – модернізація комплексу технічної документації в системі автоматизованого проектування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в підвищенні продуктивності праці технологів-програмістів, а також оптимізація роботи парку станків з ЧПК.

У першому розділі проведено аналіз стану підприємства.

У другому розділі – описана технічна підготовка виробництва деталі. У третьому розділі описується безпека життєдіяльності інженера-технолога, приводяться ергономічні показники проекту.

У четвертому розділі приводяться техніко-економічні показники проекту.

До кожного розділу в кінці наведені висновки.

Проект є економічно ефективний. Річний економічний ефект, що буде отримано при функціонуванні впровадженого ТП становить 5444 грн.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, приватне підприємство, програмне забезпечення, технічне завдання, відділ головного конструктора, відділ головного технолога, автоматизована система, CAD/CAM/CAE/PDM-система, автоматизоване робоче місце, система управління базами даних, локально-обчислювана мережа, CAD(ComputerAidedDesign)/CAM(ComputerAidedManufacturing)/CAE(Computer -Aided Engineering)/ PDM(Product Data Managment), числове програмне керування (ЧПК), автоматизована система(АС).

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСКП автоматизована система керівництва підприємством;

АРМ автоматизоване робоче місце;

АС автоматизована система;

ВГК відділ головного конструктора;

ВГТ відділ головного технолога;

ЕОМ електронна обчислювальна машина;

ЖЦП життєвий цикл продукції;

КП керуюча програма;

КТЕ конструкторсько-технологічні елементи;

ЛОМ локально-обчислювальна мережа;

ОК обчислювальний комплекс;

ОС операційна система;

ПЗ програмне забезпечення;

СКБД система керування базами даних;

СУОП система управління охороною праці;

ТЗ технічне завдання;

ТО технологічне оснащення;

ТОВ товариство з обмеженою відповідальністю;

ТПВ технологічна підготовка виробництва;

ТПП технологічна підготовка виробництва;







ЧПК числове програмне керування;

CAD Computer Aided Design;

CAE Computer Aided Engineering;

CAM Computer Aided Manufacturing;

PDM Product Data Management;

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	Примітки
1	A4	17 ПМД, 8999045.06.24/000000ПЗ	Розрахунково-пояснювальна			
2			записка	56		
3	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 010	Ціль та мета кваліфікаційної			
4			роботи	1	1	
5	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 210	Перевірка деталі на міцність	1	2	
	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 220	Розробка технологічного			
6			процесу на виготовлення			
7			деталі	1	3	
8	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 230	Розробка керуючих програм			
9			для верстатів з ЧПК	1	4	
10	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 310	Проект робочого місця -			
11			проектувальника	1	5	
12	A1	17 ПМД, 8999045.06.24/000 410	Економічні показники			
13			ефективності впровадження			
14			проекту	1	6	
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
				17 ПМД. 8999045.06.24/000000		
Зм	Лист	№ документа	Підпис	Дата		
Розроб.		Мовчан К.		14.06.24	Лі	Лист
Перевір		Гавриленко		14.06.24		Листів
Консул.		Зоря		14.06.24		1
Консул		Болтянська		14.06.24		1
Н.контр		Мацулевич		14.06.24	ТДАТУ, 2024	
Затв.		Вершков		14.06.24		
					«Технічна підготовка виробництва деталі «Поршень 245.100» в системі автоматизованого проектування з комп'ютерним аналізом в САЕ-системі COSMOSWORKS.»	

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 . АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЗАВОД ДВИГУН».....	11
1.1 Загальні відомості про підприємство та випускаєму продукцію	11
1.2 Характеристика програмного забезпечення САПР ПП «Завод Двигун».....	13
1.3 Існуюча система технологічної підготовки виробництва приватного підприємства «Завод Двигун».....	
Висновки до першого розділу.....	17
2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	18
2.1 Опис конструкції та призначення деталі.....	18
2.2 Аналіз конструкції деталі.....	18
2.2.1 Розрахунок деталі на міцність в CosmosWorks.....	
2.2.2 Задання матеріалу.....	
2.2.3 Задання обмежень.....	
2.2.4 Задання навантаження.....	
2.2.5 Виконання розрахунку.....	
2.2.6 Аналіз результатів розрахунку.....	
2.2.7 Таблиця порівнянь конструкцій деталі.....	
2.3 Аналіз наявного технологічного процесу	20
2.4. Розробка нового технологічного процесу.....	23
2.4.1. Позитивні сторони розробленого технологічного процесу.....	
2.4.2 Характеристика вибраного устаткування.....	
2.4.3 Основні технічні характеристики вибраного устаткування.....	
2.5. Розробка керуючої програми в програмному продукті Power Mill та Master CAM X4.....	25
2.5.1 Розробка керуючої програми в програмному продукті MasterCAM...	
2.5.2 Програмна реалізація обробки деталі поршень в Power Mill.....	

Висновки до другого розділу.....	
3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА 3	
ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
3.1 Організація робочого місця проектувальника.....	
3.2 Фактори діяльності, що викликають стомлення.....	
3.3 Санітарно-гігієнічні вимоги.....	
3.4 Моделювання робочого місця проектувальника.....	
Висновки до третього розділу.....	
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ...45	
4.1 Розрахунок економічної ефективності45	
4.1.1 Розрахунок норми часу46	
4.2 Техніко-економічні показники47	
4.2.1 Коефіцієнт використання матеріалу47	
4.2.2 Коефіцієнт використання верстата по потужності47	
4.2.3 Коефіцієнт використання верстата за часом48	
4.2.4 Собівартість механічної обробки деталі.....	
Висновки до четвертого розділу.....	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	54
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Науково-технічний прогрес (НТП) в буквальному розумінні означає безперервний взаємообумовлений процес розвитку науки і техніки, а в більш широкому значенні - постійний процес створення нових і вдосконалення вже існуючих технологій, засобів виробництва і кінцевої продукції з використанням досягнень науки.

Сучасна промисловість ніколи не розглядає і не тлумачить існуючу форму виробничого процесу як остаточну.

В умовах сучасних революційних перетворень технічного базису виробництва ступінь його досконалості та рівень економічного потенціалу в цілому визначається прогресивністю використовуваних технологій.

Підприємства, що не використовують інформаційні технології, виявляються не конкурентоздатними.

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

Метою даного дипломного проекту є розробка технічної документації виробництва деталі «Поршень 245.100» приватного підприємства «Завода Двигун» (м.Мелітополь) в системі автоматизованого проектування з розробкою комплекта технічної документації.

За технічним завданням приватного підприємства «Завод Двигун» була поставлена задача модернізувати технічну підготовку існуючої деталі з розробкою технічної документації в системі автоматизованого проектування.

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

Метою дослідження є аналіз та модернізація процесу технічної підготовки виробництва на приватному підприємстві «Завод Двигун», розробка технічної документації. Дослідження конструкторської документації, існуючої на підприємстві. Створення технічного завдання на деталь «Поршень 245.100».

Під час проходження нами переддипломної практики на приватному підприємстві «Завод Двигун» було проведене передпроектне обстеження та аналіз існуючої системи технологічної підготовки деталі «Поршень 245.100».

Новизна отриманих результатів полягає в наступному: створення технологічного процесу обробки з застосуванням системи автоматизованого проектування.

Практичне значення має поліпшення техніко-економічних показників виробництва деталі «Поршень 245.100».

1 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЗАВОД ДВИГУН»

1.1 Загальні відомості про підприємство та випускаєму продукцію

«Завод Двигун» - це приватне підприємство, розташоване по адресу 72312, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь., вул. Луначарського 4.

До складу підприємства входять:

- цех алюмінієвого лиття;
- цех чавунного лиття;
- акредитована лабораторія хімічного аналізу;
- два цехи механічної обробки;
- інструментальна ділянка;
- відділ головного конструктора (ВГК);
- відділ головного металурга (ВГМ);
- служба підготовки виробництва.

Розглянемо даний список більш докладно:

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.

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.

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.

Два цехи механічної обробки:

У механічних цехах проводиться обробка відливаних поршнів, гільз, циліндрів і водяних насосів на верстатах з числовим програмним керуванням моделей.

Інструментальна ділянка:

Розробляється технологічне оснащення для виготовлення ливарної оснастки та оснастки для обробки заготовок у механічному цеху. В технічному відділі підприємства працюють конструктори, які розробляють конструкцію ливарної і технологічної оснастки; на інструментальній ділянці працюють кваліфіковані токарі; також на підприємстві працюють координатчики, фрезерувальники, слюсарі-інструментальники, які втілюють їх розробки в металі. Служба технічної підготовки виробництва складається: відділ головного конструктора (ВГК), відділ головного металурга (ВГМ) та служба підготовки виробництва.

До складу ВГК входить один конструктор, який виконує весь об'єм проектних робіт у ручному режимі з використанням кульмана. Конструктор займається створенням нових і модернізує конструкційні вироби існуючого виробництва. Бере участь в монтажі, випробуваннях, налазці і пуску нових конструкційних виробів. Система автоматизованого проектування конструкторської документації на підприємстві відсутня. Відділ головного металурга (ВГМ) представлений також однією людиною, яка керує виконанням всього комплексу робіт з технологічної підготовки металургійного виробництва. Виконує роботу по складанню розрахунків виробничих потужностей металургійних агрегатів і завантаження устаткування, розробку норм витрати основних і допоміжних матеріалів [9].

На підприємстві нема відділу головного технолога. Замість відділу є служба підготовки виробництва. Вона займається підготовкою виробництва

виробів розроблених конструктором. До складу цієї служби входить робочий персонал у складі токарі, координатчики, фрезерувальники, слюсарі-інструментальники.

Підприємство жваво реагує на потреби ринку. 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.

З метою розширення асортименту виробів, підприємство налагодило стосунки з закордонними фірмами.

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

Висока якість пропонованої продукції дозволила придбати постійних партнерів в Російській Федерації, Польщі, Республіці Казахстані.

Нещодавно було налагоджено продажу продукції і в Туреччину. На території Росії, Казахстану, України, Узбекистану розширена регіональна мережа представництв.

Нижче представлений перелік основної продукції, яку випускає підприємство:

- поршень: 60-03105.31, 01-М-0305-3, 236-1004015-Д, 51-03-23, Д21-1004021-А2, Д-144-1004021-А3, 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-А, Д11-С12Б-4, 236-1307010-А.

1.2 Характеристика програмного забезпечення САПР ПП «Завод Двигун»

На приватному підприємстві «Завод Двигун» відсутня система автоматизованого проектування. Підготовка виробництва виконується в ручному режимі.

Вся документація підприємств пов'язана з конструкторською роботою, а саме наявність креслень, представлена в бумажному вигляді. Деякі креслення представлені в поганому вигляді, що потребують відновлення. Для цього одноразово залучають робітників, які виконують роботи по відновленню конкретного креслення.

Розробка документації без застосування автоматичного проектування не дозволяє розробляти якісні креслення.

На мою думку відсутність системи автоматизованого проектування подовжує терміни підготовки виробництва нових виробів, а це в свою чергу веде до зниження конкурентоспроможності виробу підприємства.

1.3 Існуюча система технологічної підготовки виробництва приватного підприємства «Завод Двигун»

Приватне підприємство «Завод Двигун» постійно розширює номенклатуру виробів, що випускаються. Для цього необхідно забезпечити великий обсяг проектування: основних виробів, технологічних процесів та технологічного оснащення.

Основним документом для конструкторського відділу є технічне завдання (ТЗ) розроблене групою маркетингу. За цим завданням відділ головного конструктора проектує конструкторську документацію на основний виріб. Після закінчення комплект конструкторських документів передається у відділ головного технолога на підготовку виробництва.

Технолог проектує технологічні процеси (ТП) виготовлення виробів і видає технічне завдання на проектування технологічного оснащення. Конструктор з проектування технологічного оснащення проектує його та передає документацію на інструментальну ділянку для виготовлення. Після закінчення підготовки виробництва запускається дослідна партія нових виробів. Під час обробки дослідної партії виявляються недоліки конструкції виробу і технологічного процесу його виготовлення.

Після усунення недоліків запускається серійне виробництво виробів.

Недоліком такої системи технологічної підготовки виробництва є:

- послідовна конструкторська та технологічна підготовка виробництва, що призводить до подовження термінів підготовки виробництва виробу;
- доцільно запровадити систему автоматизованого проектування, що дозволить забезпечити режим паралельного інжинірингу та скоротити терміни виготовлення деталей.

Висновки до першого розділу

На приватному підприємстві «Завод Двигун» була проведена робота по аналізу системи технічної підготовки підприємства, в результаті якої можна зробити такі висновки:

На підприємстві відсутня система автоматизованого проектування технічної документації, що веде до зниження якості розроблюваної технічної документації, збільшення термінів технічної підготовки виробництва, також це знижує показники використання технологічного устаткування.

Існуюча система технологічної підготовки виробництва приватного підприємства «Завод Двигун» має значні недоліки, такі як:

- послідовна конструкторська та технологічна підготовка виробництва, що призводить до подовження термінів підготовки виробництва виробу;
- доцільно запровадити систему автоматизованого проектування, що дозволить забезпечити режим паралельного інжинірингу та скоротити терміни виготовлення деталей.

2 ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Опис конструкції та призначення деталі

Деталь, представлена для дипломного проектування – «Поршень 245.100».

Деталь «Поршень 245.100» має номінальні розміри:

$$L = 50 \text{ мм};$$

$$D_2 = 59,9 \text{ мм};$$

$$D_3 = 59,8 \text{ мм};$$

$$d_n = 12,5 \text{ мм};$$

Маса поршня компресора 0,145 кг. Деталь виготовляється з алюмінієвого сплаву АК6 ГОСТ 1583-89.

Поршень - рухоме циліндричне тіло, що щільно примикає до стінок циліндра і переміщається в напрямку його осі. Служить для нагнітання та виштовхування з циліндра рідин, газів, пари.

Поршні використовуються в насосах, компресорах, двигунах. Поршневий компресор - це компресор, у якого поршень в циліндрі здійснює зворотно-поступальні рухи.

У поршневих компресорах для повітря, фреону або іншого газу - приводимий в рух кривошипно-шатунним механізмом поршень, стискає газ, що надійшов в камеру на етапі впуску газу [8].

Основні поверхні: зовнішня циліндрична поверхня поршня компресора $\varnothing 59,8 \text{ } h_{11}(-0.095; -0.195)$ з шорсткістю 2,5 мкм, діаметр юбки поршня компресора $\varnothing 68,4 \text{ } h_{11} 59,9 \text{ } h_{10} (-0.03; -0.06)$.

Допоміжні поверхні: отвір під палець $\varnothing 12,5_{-0.012}$ з шорсткістю Ra 0,63 мкм, 8 отворів $\varnothing 4,5$ мм для зливу масла.

Технічні вимоги пропонувані до заготівлі:

– поверхні E повинні бути чистими і гладкими в лиття;

- граничні відхилення розмірів виливки, окрім обумовлених особливо, повинні бути по 4-му класу точності;
- незазначені ливарні ухили 1° ;
- разностенность не більше 0,5 мм;
- незазначені граничні відхилення за СН 025 202-66;
- різниця в масі поршнів одного комплекту не більше 5г;
- овальність та конусоподібність поверхонь Г не більше 3 мкм;
- допускається виготовлення зі сплаву АК9М2, зі сплаву АК12М ГОСТ 1583-89.

Креслення деталі «Поршень 245.100» представлено в додатках.

2.2 Аналіз існуючої конструкції деталі

Аналіз існуючої конструкції деталі проведено за допомогою пакету прикладних програм CosmosWorks 2006, інтегрованого в програму SolidWorks 2007, який проводить аналіз міцності спроектованих деталей методом кінцевих елементів. Вихідними даними є 3D моделі деталі.

У складі пакету CosmosWorks є наступні спеціалізовані модулі:

- модуль аналізу статичних навантажень;
- модуль дослідження частотних характеристик форми;
- модуль розрахунку максимальних критичних сил;
- модуль дослідження теплових впливів на стійкість конструкцій;
- модуль термостатичного аналізу;
- модуль нелінійних розрахунків;
- модуль дослідження впливу електромагнітних хвиль;
- модуль визначення довговічності конструкції;
- модуль дослідження впливу рідин і газів на конструкцію.

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 та граничні умови можна накладати як в глобальній, так і в локальній системі координат (в залежності від необхідності) і включають примусові переміщення вузлів, постійні й змінні сили й моменти, постійний і змінний тиск, прискорення й гравітацію, теплові навантаження та інше.

Використовуючи переміщення, програма розраховує навантаження, що діють у різних напрямках. Нарешті, програма використовує математичні вирази для розрахунку напружень.

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 2007 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, **Поршень**. 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 1).

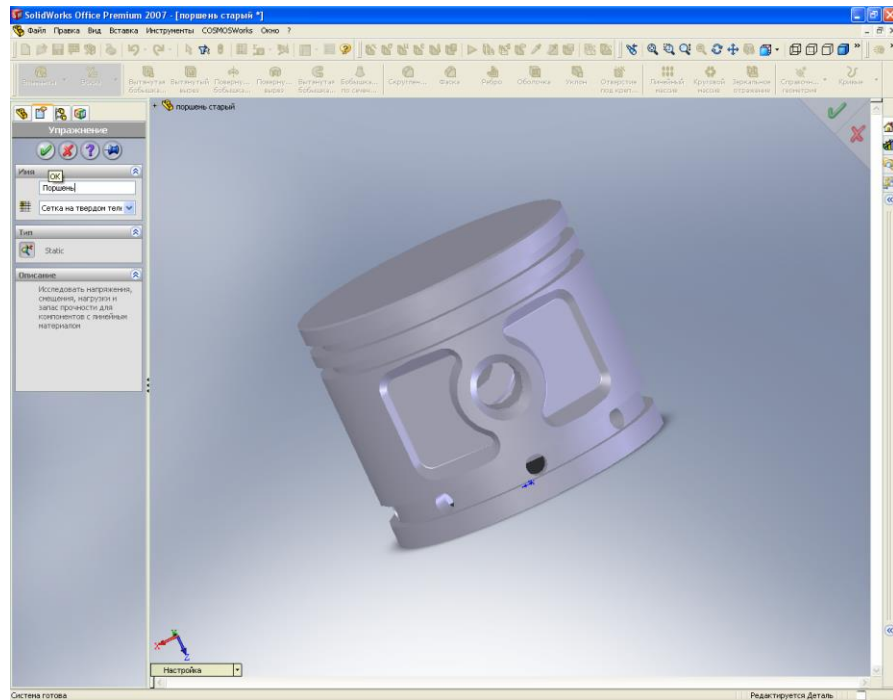


Рисунок 1 – Поршень 245.100.

Натисніть кнопку **OK** і в **Менеджері COSMOSWorks** з'являться нові елементи (Рисунок 2). Тепер можна задавати вихідні параметри розрахунку на міцність. Параметри розрахунку на міцність деталі або зборки - матеріал, навантаження, обмеження, розмір кінцевих елементів і т.д. - можна задавати в довільному порядку.

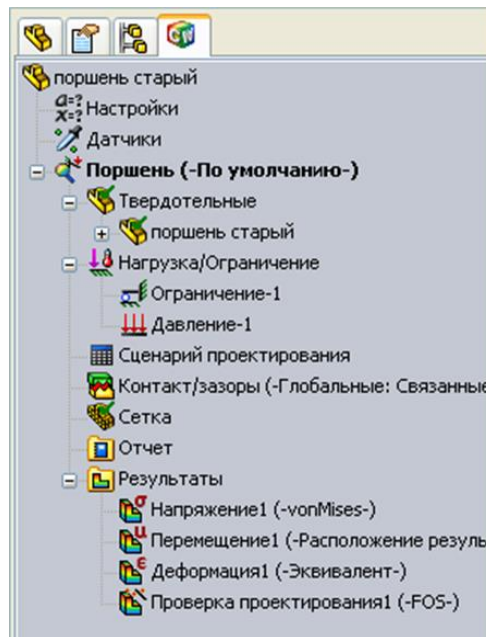


Рисунок 2 – Менеджер COSMOSWorks.


2.2.2 Задання матеріалу

Наведіть курсор в **Менеджері COSMOSWorks** на твердотельний елемент **Поршень** і клацніть правою кнопкою. У контекстному меню, що з'явився, виберіть **Применить/редактировать материал**.

Тут же відкриється діалогове вікно **Материал**. У цьому вікні ви можете вибрати матеріали, наявні в базах SolidWorks 2006, COSMOSWorks 2006.

Використовуємо матеріал з бази SolidWorks 2006 і встановимо перемикач **Выбрать источник материала** в позицію **Библиотечные файлы**, а у вікні **База материалов** виберемо базу **SolidWorks 2006 solidworks materials**. Нижче у вікні **Материал** виберіть **Легированный алюминий** (Рисунок 3).

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 **SI**. Якщо ви будете вибирати іншу систему мір (англійської або метричну), то величини властивостей матеріалів будуть змінюватися автоматично.

Натисніть кнопку **ОК**. У дереві **Менеджера COSMOSWorks** з'явиться значок , який говорить про те, що в розрахунку задано матеріал деталі.

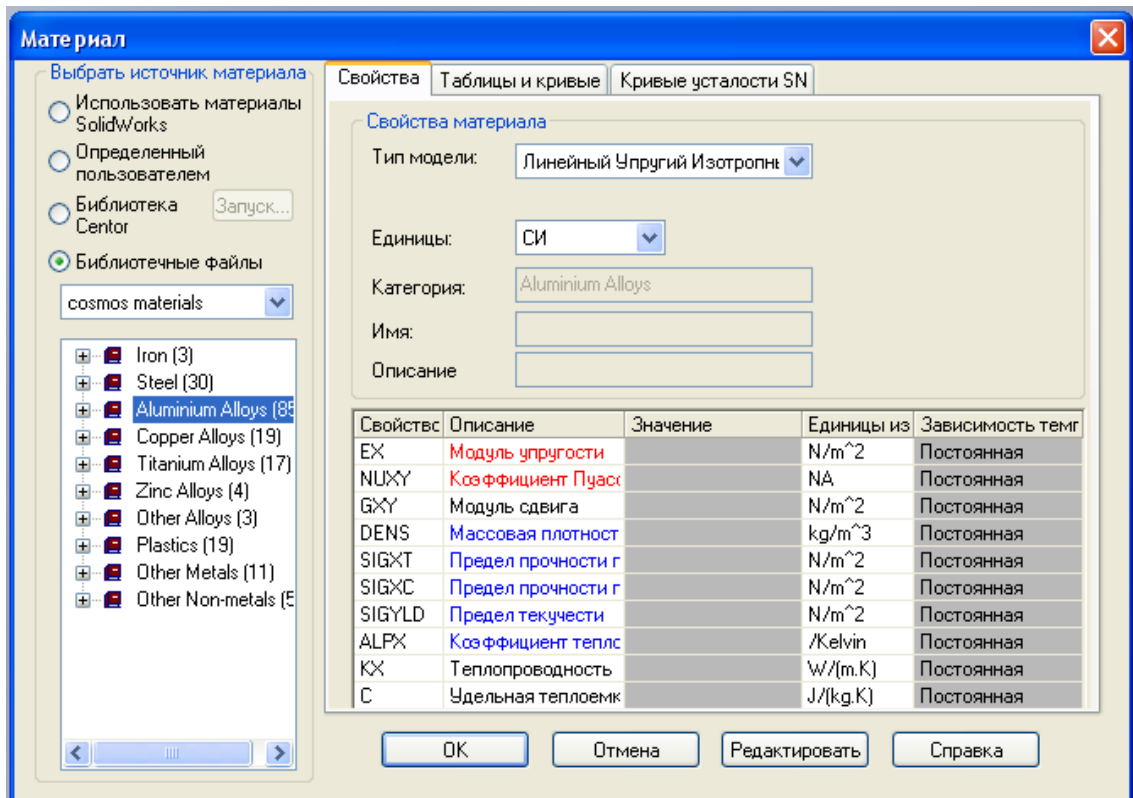



Рисунок 3 – Задання матеріалу.

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 4).

Натисніть кнопку **ОК**.

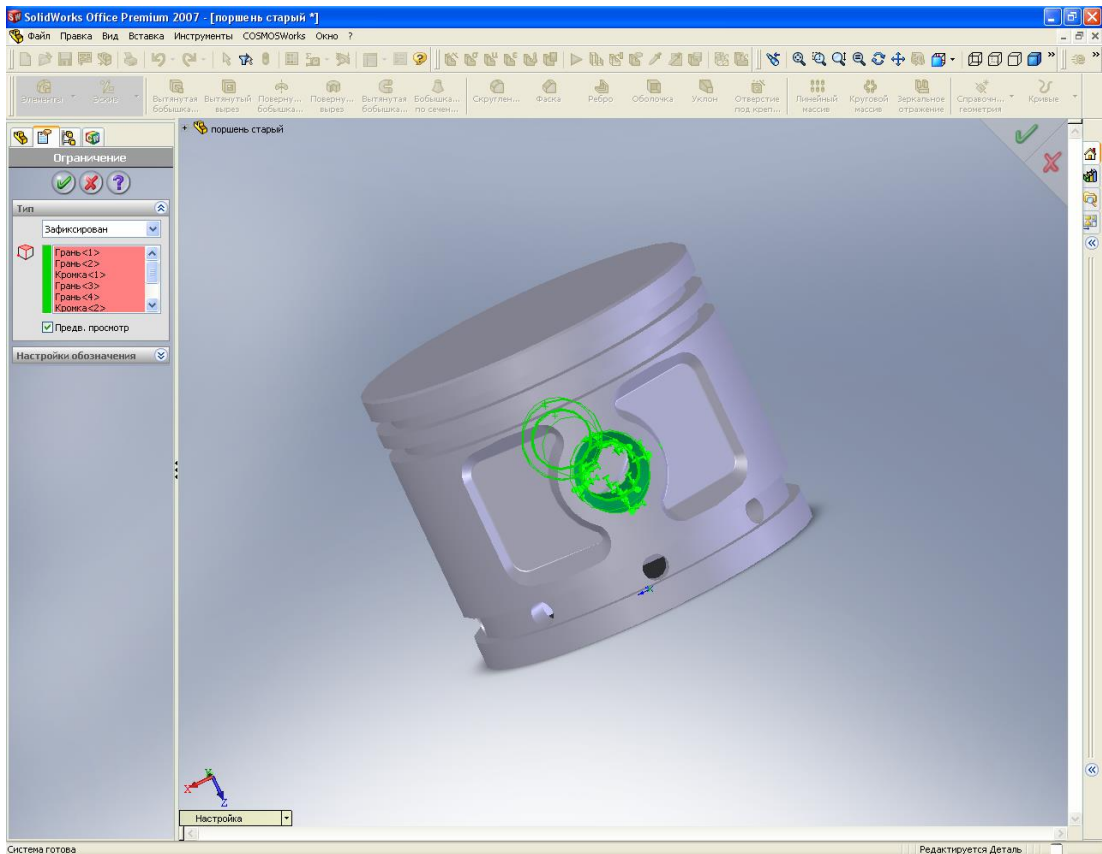


Рисунок 4 – Задання обмежень деталі

2.2.4 Задання навантаження

Для задання навантаження клацніть правою кнопкою миші на елементі **Нагрузка/Ограничение** в дереві Менеджера CosmosWorks 2007. 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 5).

Потрібно вибрати верхню грань поршня, його голову, і задати тиск 800000 Н/м^2 . Натисніть кнопку **ОК**.

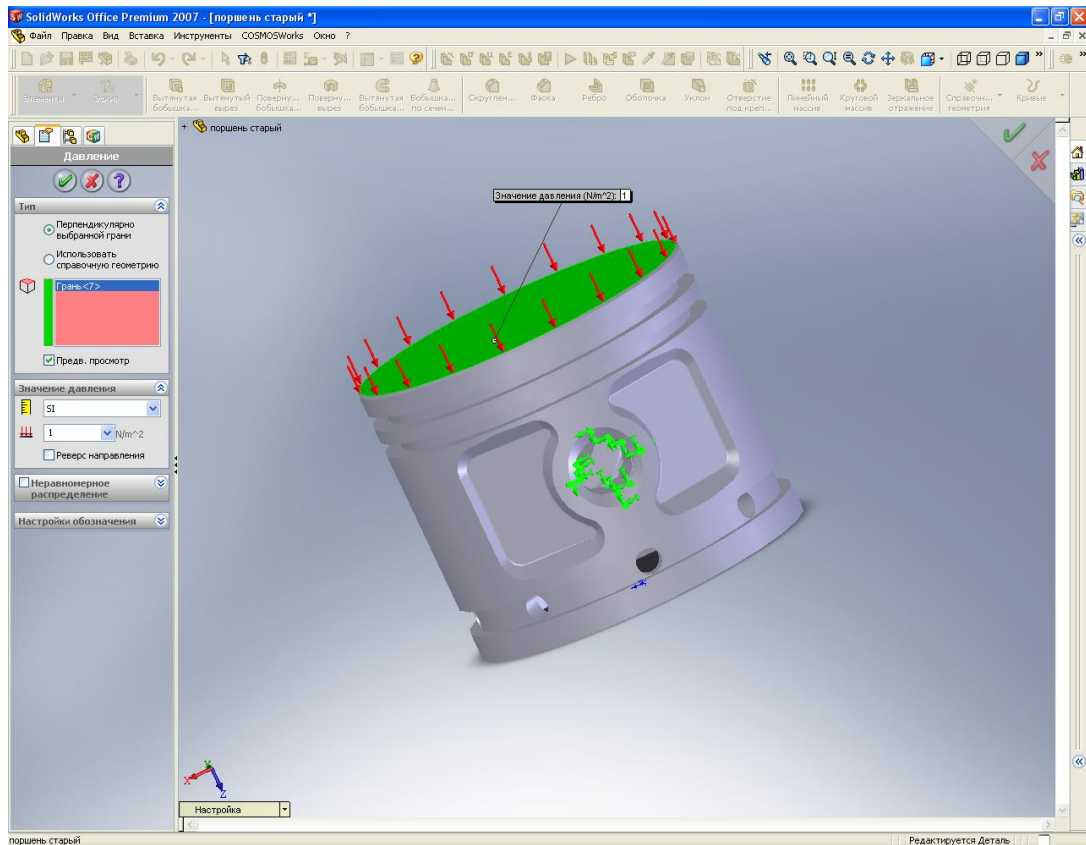



Рисунок 5 – Задання навантаження на деталь

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 перебудовувань 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 6.

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

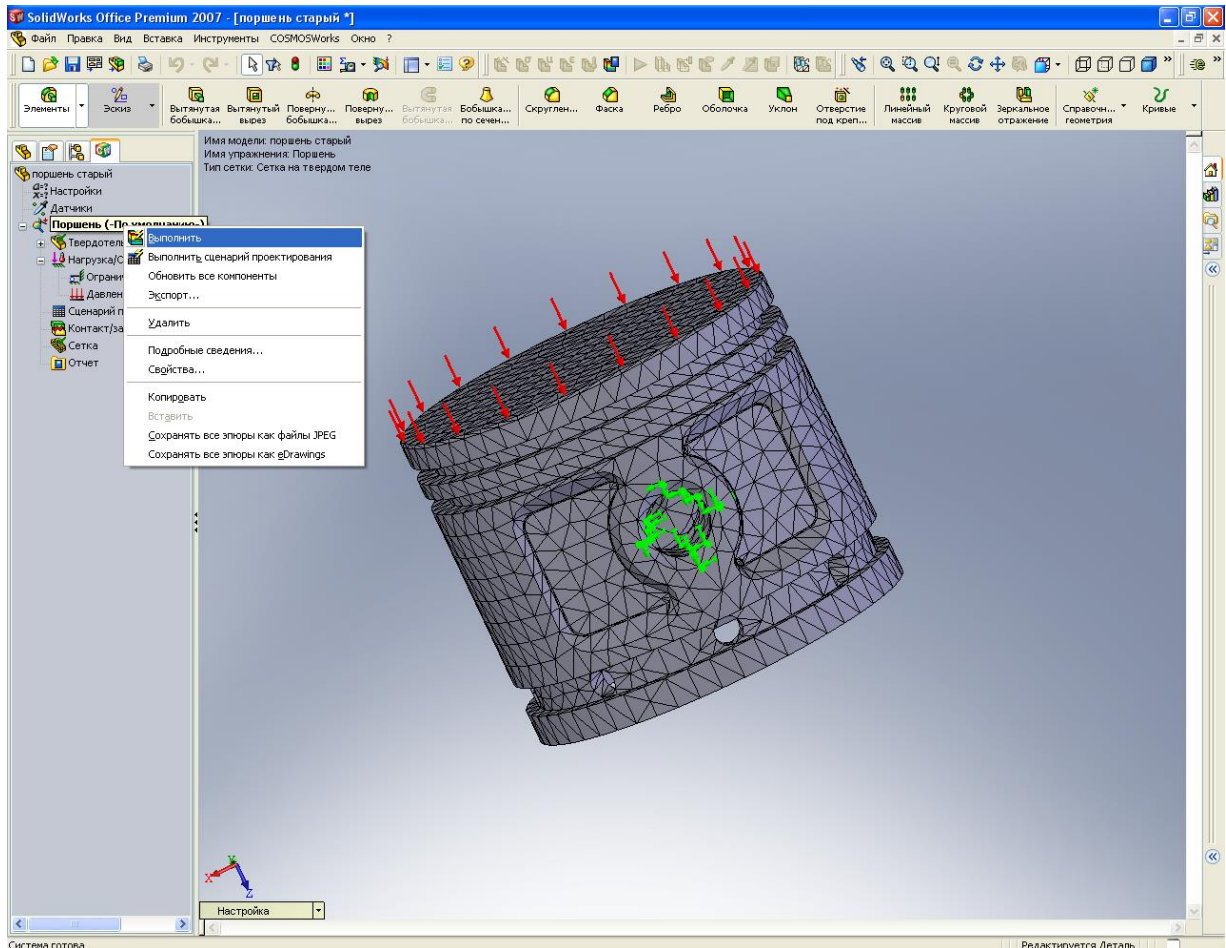


Рисунок 6 – Відображення сітки та виконання розрахунку.

2.2.6 Аналіз результатів розрахунку

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

Червоними кольорами відображається більш напружений стан матеріалу, синім - менш напружений (Рисунок 7).

При навантаженні у 800000 Н/м^2 , яке була прикладене не модернізованої деталі поршень, був отриманий запас міцності 2.6.

Таким чином, був проведений аналіз деталі на міцність при різних параметрах тиску та визначено слабкі сторони деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53». Результати роботи були збережені в HTML-файлі.

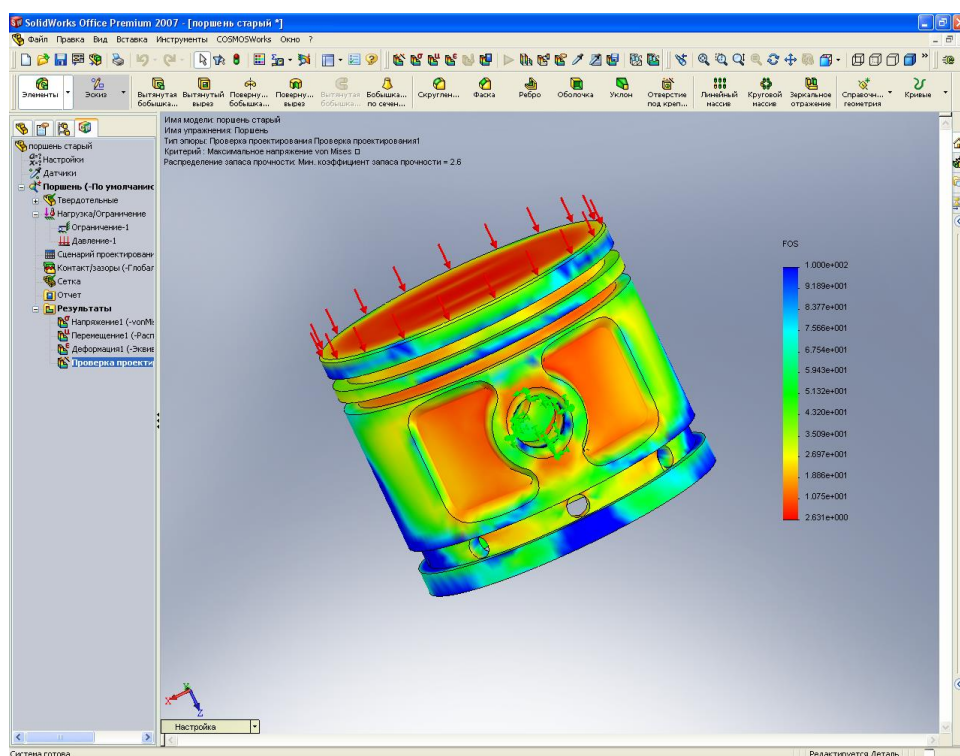


Рисунок 7 – Результат розрахунку напружено-деформативного стану деталі.

В результаті аналізу напружено-деформованого стану деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53» в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків CosmosWorks, який повністю інтегрований в CAD систему SolidWorks, були виявлені деякі недоліки конструкції деталі.

На основі аналізу була розроблена нова конструкція деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53» (Рисунок 8). Креслення та 3D-модель модернізованої деталі представлені в додатках.

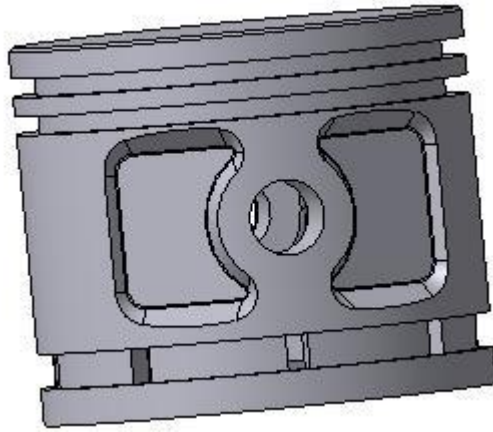


Рисунок 8 – Конструкція нової деталі.

У новій конструкції деталі ми змінили форму маслослівних отворів. Замість застосовуваних у старій конструкції поршня отворів діаметром 4,5 мм ми застосовуємо маслослівні пази прямокутної форми шириною 3 мм.

Наступним етапом наших досліджень є перевірка нової конструкції деталі «Пошень компресора 45.33.15.60.53» на міцнісні характеристики в програмному комплексі COSMOSWorks 2007.

При тому ж навантаженні 800000 Н/м^2 , яке була прикладене до не модернізованої деталі поршень, був отриманий запас міцності 2,8. Результат роботи програми представлений на Рисунку 9.

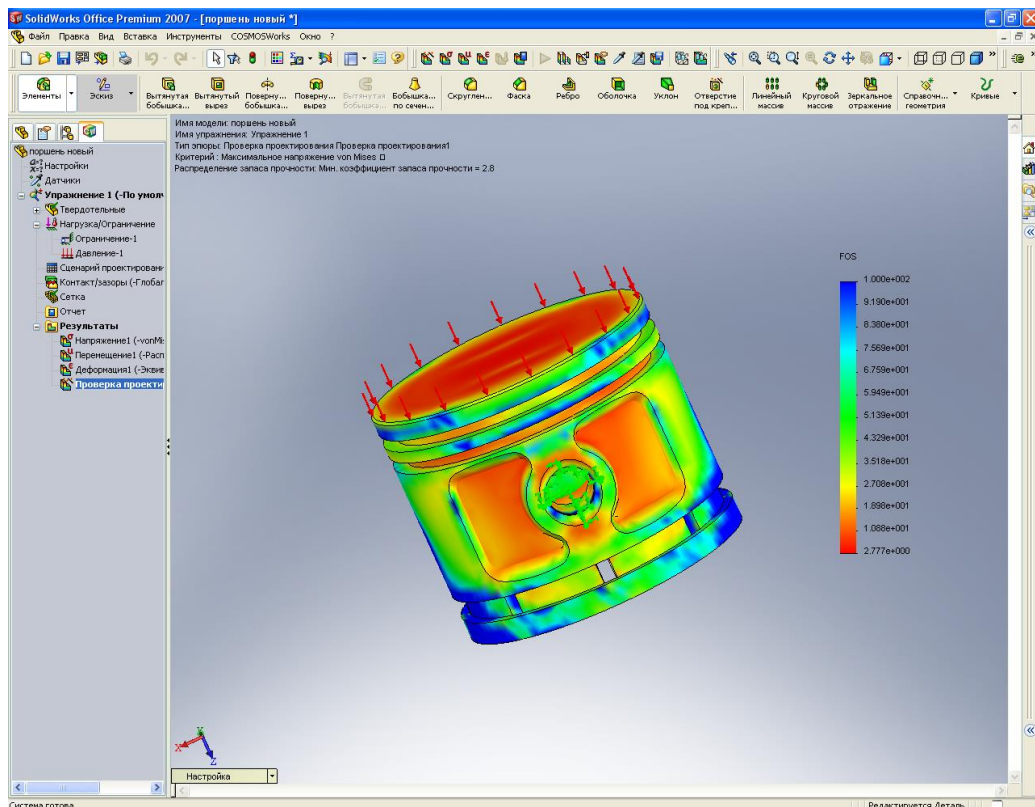


Рисунок 9 – Результат дослідження модернізованої деталі.

2.2.7. Таблиця порівнянь конструкцій деталі

Порівняємо існуючу та модернізовану конструкції деталі поршень компресора 45.33.15.60.53 виходячи з результатів аналізу напружено-деформованого стану двох деталей «Поршень компресора 45.33.15.60.53» в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків CosmosWorks. Данні приведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння результатів розрахунків.

Тиск (Н/м ²)	Існуюча деталь	Модернізована деталь
	коефіцієнт запасу міцності	коефіцієнт запасу міцності
500000	4,2	4,4
600000	3,5	3,7
700000	3	3,2
800000	2,6	2,8
900000	2,3	2,5
1000000	2,1	2,2
2000000	1,1	1,1

2.3 Аналіз наявного технологічного процесу

Проаналізував існуючий технологічний процес, виявили деякі недоліки. Даний технологічний процес розроблений в ручному режимі без використання автоматизованих систем проектування.

Існуючий технологічний процес має деякі недоліки:

- технологічний процес побудований на використанні обладнання з ручним управлінням;

- наявність агрегатно-свердильної операції по свердленню 8 отворів для зливу масла. Застосування для даної операції дорогого інструменту свердел діаметром 4,5 мм; Необхідність наявності додаткового обладнання для заточення й доведення даного інструментом; Необхідність додаткової кількості робітників для виконання даної операції;
- агрегатно-свердильний верстат має досить низьку продуктивність.
- використання універсальних токарно-гвинторізних верстатів, які також мають низьку продуктивність.
- деталь отримують у вигляді ливарної форми методом лиття в одноразові піщані форми. Цей процес не дуже продуктивний та має високу собівартість. Великий відсоток заготовок виходять з відхиленнями від заданих ливарних розмірів. Також спостерігається велика кількість ливарних дефектів: мікропор, мікротріщин, мікрораковин, - які в процесі експлуатації поршня компресора зменшують термін роботи даної деталі.

2.4 Розробка нового технологічного процесу

При розробці нового технологічного процесу враховуємо позитивні та негативні сторони існуючого технологічного процесу.

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

Вертикаль-Технологія - САПР технологічних процесів нового покоління, призначена для автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва.

Система ВЕРТИКАЛЬ призначена для автоматизації процесів технологічної підготовки виробництва. У системі ВЕРТИКАЛЬ реалізований якісно новий підхід до організації даних про технологічні процеси, що базуються на об'єктній моделі представлення та обробки інформації. Основним компонентом програмного комплексу є Вертикаль-Технологія. Система

Вертикаль-Технологія дозволяє користувачеві оперувати конструкторсько-технологічними елементами (КТЕ). «Технологічна» частина моделі містить відомості про операції, переходах, оснащенні. «Конструкторське» - відображає склад і структуру оброблюваних поверхонь деталей.

У системі Вертикаль-Технологія реалізовані наступні методи проектування технологічних процесів:

- діалоговий режим проектування з використанням баз даних системи;
- запозичення технологічних рішень з раніше розроблених технологій;
- проектування на основі техпроцесу-аналога;
- проектування з використанням бібліотеки часто повторюваних технологічних рішень;
- проектування з використанням бібліотеки КТЕ.

Дані по новому технологічному процесу представлені в додатках.

2.4.1. Позитивні сторони розробленого технологічного процесу

Новий технологічний процес має такі позитивні сторони:

- використання верстатів з ЧПК дозволяє скоротити час на обробку і понизити собівартість виготовлення деталі;
- завдяки зміні конструкції заготовки немає необхідності використання агрегатно-свердлильного верстата;
- деталь отримують у вигляді ливарної форми 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. Таким чином, суть литва в кокілі полягає у використанні металевих матеріалів для виготовлення багато разів ливарних форм. Використання прогресивних методів лиття, дозволяє отримувати виливки підвищеної точності, з щільною структурою і мінімальними припусками на механічну обробку. А також дозволяє ввести зміни в

- конструкцію заготовки поршня компресора. В даному випадку - пази (8 шт.) шириною в 3 мм;
- застосування верстатів ЧПУ та удосконалення методу одержання заготовки деталі призводять до зниження витрат робочого часу на виробництво деталі;
 - економічні розрахунки представлені в четвертому розділі.

2.4.2 Характеристика вибраного устаткування

У даному технологічному процесі застосовуються верстат токарний полуавтомат 1Б240П-6К та полуавтомат обробно (алмазно) – розточний горизонтальний з рухомим столом односторонній 2711В.

Верстат токарний полуавтомат 1Б240П-6К:

Різноманіття виконуваних на даних верстатах операцій дозволяє у ряді випадків здійснити обробку складної деталі за один цикл, виключивши доопрацювання на інших верстатах. Конструктивною особливістю автоматів є оригінальний привід повздовжнього супорта зі зміною робочого ходу без зміни куркулів, що значно полегшує переналадження. Прискоренню наладки та скороченню фізичної праці сприяє спеціальний налагоджувальний привід. Все обладнання може вироблятися як в універсальному виконанні із стандартним набором інструменту, так і в спеціальному, розробленому відповідно до замовлення клієнта. При необхідності, верстати комплектуються автоматичними пристроями завантаження заготівель і вивантаження готових виробів, а також, одним або декількома поперечними хрестовими супортами з ЧПУ провідних світових виробників, таких як Siemens, Bosch, NUM та ін.

Є широкий вибір спеціальних пристроїв, що розширюють технологічні можливості та підвищують точність обробки і забезпечують високу економічну ефективність.

Наприклад, пристрої для:

- точіння циліндрів і конусів з поздовжнього супорта, канавок в отворах на торцях, камер в отворах, сферичних та криволінійних поверхонь;
- свердління глибоких отворів невеликих діаметрів, отворів, перпендикулярних осі деталі, кількох отворів на торці деталі;
- забезпечення необхідної швидкості різання осьовим інструментом незалежно від частоти обертання шпинделя;
- закріплення заготовок: патрони кулачкові, цангові затискні і розтискні, поршневі самоустановлювальні затискні, спеціальні однокулачкові, многолепесткові, поворотні, з перекантівкою заготовки;
- нарізування, фрезерування, накатки різьб;
- обробки деталі з боку відрізки;
- підтримки довгою деталі при відрізку;
- контролю зносу і автоматичної подналадки різального інструменту.

Полуавтомат обробно (алмазно) – розточний горизонтальний з рухомим столом односторонній 2711В використовується для тонкого розточування й обточування циліндричних, конічних, а також фігурних поверхонь обертання, підрізання внутрішніх та зовнішніх торців, вирізання канавок та ін.

2.4.3 Основні технічні характеристики вибраного устаткування

Токарний полуавтомат 1Б240П-6К:

Клас точності [6]	П
Найбільший діаметр заготовки в патроні, мм	120
Найбільша довжина оброблюваної поверхні, мм	160
Відстань від осі шпинделя до межі поздовжнього супорта, мм	60
Найбільший хід поздовжнього супорта, мм	80
Найбільший хід поперечних супортів, мм:	
- Нижнього	78

- Верхнього	84
- Середнього	80
Межі частот обертання робочих шпинделів, об / хв	80-1120
Час холостого ходу, з	2,0
Межі робочих подач, мм / об	0-2,1
Потужність головного приводу, кВт	18,5
Габарити, мм:	
- Довжина	4500
- Ширина	1700
- Висота	2010
Маса, кг	11500

Полуавтомат обробно (алмазно) – розточний горизонтальний з рухомим столом односторонній 2711В:

ОКП	381261
Рік початку випуску	1969
Клас точності	В
Найбільший діаметр розточування, мм	50
Довжина робочої поверхні столу, мм	500
Ширина столу, мм	150
Максимальна частота обертання шпинделя, об / хв	4000
Розміри, мм	600-320-155
Маса верстата з виносним обладнанням, кг	540

Вибір верстатів був проведений з використанням програми Аналіз ієрархій, який ґрунтується на прийнятті рішень по методу Т. Сааті. Зразок програми представлений в додатках.

2.5 Розробка керуючої програми в програмному продукті Power Mill та Master CAM X4

Для вирішення завдань технологічної підготовки виробництва використовуються САМ-системи [1].

САМ-системи (computer-aided manufacturing комп'ютерна підтримка виготовлення) призначені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням та видачі програм для цих верстатів (фрезерних, свердлильних, ерозійних, пробивних, токарних, шліфувальних та ін.) САМ-системи ще називають системами технологічної підготовки виробництва. В даний час вони є практично єдиним способом для виготовлення складнопрофільних деталей і скорочення циклу їх виробництва. У САМ-системах використовується тривимірна модель деталі, створена в САД - системі.

2.5.1 Розробка керуючої програми в програмному продукті MasterCAM

Програму Master CAM X4 використовуємо для токарної обробки деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53». MasterCAM X4 включає в себе набір САД/САМ інструментів, які прискорюють створення траєкторій для механічної обробки.

Для обробки деталі в програмі MasterCAM X4 імпортуємо деталь. Для цього в пункті меню програми **Файл** вибираємо **Открыть** (Рисунок 10). У діалоговому вікні вибираємо потрібний файл з розширенням *.DFX.

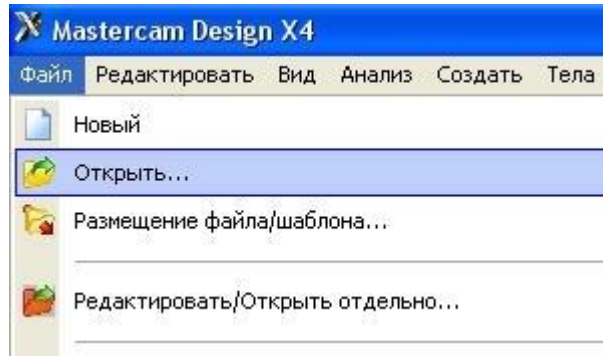


Рисунок 10 - Відкриття файлу для обробки.

На екрані з'явиться ескіз імпортованої деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53» (Рисунок 11).

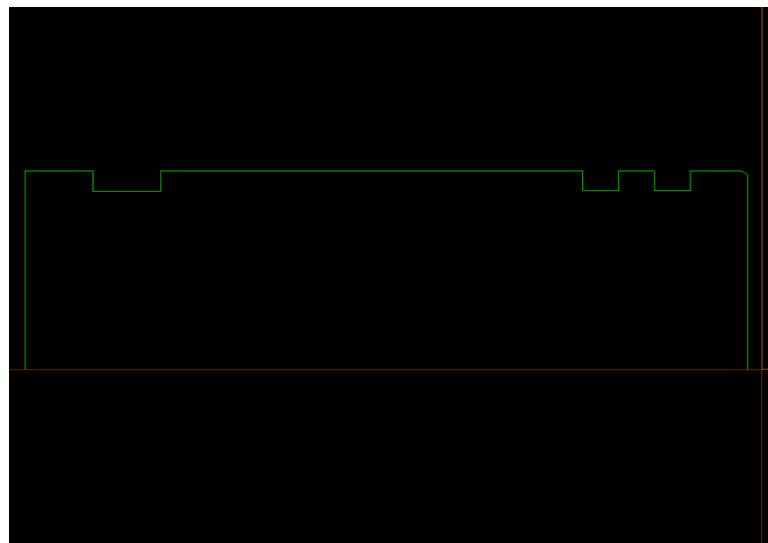


Рисунок 11 - Імпортований ескіз деталі.

Далі вибираємо тип верстата та тип обробки деталі. Для цього вибираємо меню **Тип станка/Точение/По умолчанию** (Рисунок 12).

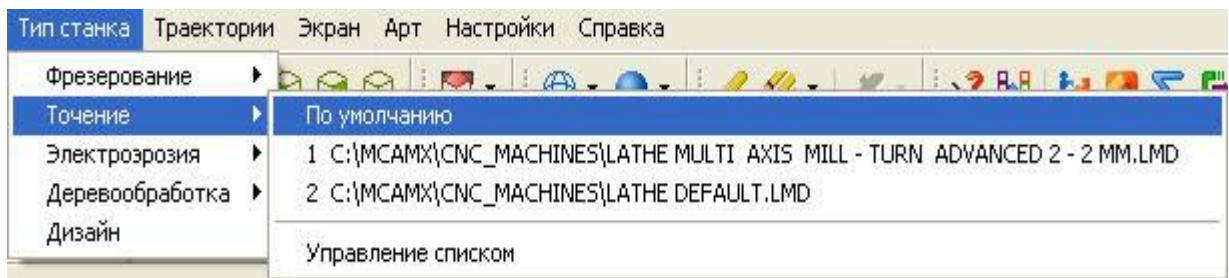


Рисунок 12 - Вибір типу верстата та обробки деталі.

Спочатку робимо чорнову обробку деталі поршень компресора. Для цього в меню **Траектории** вибираємо пункт **Черновая** (Рисунок 13).

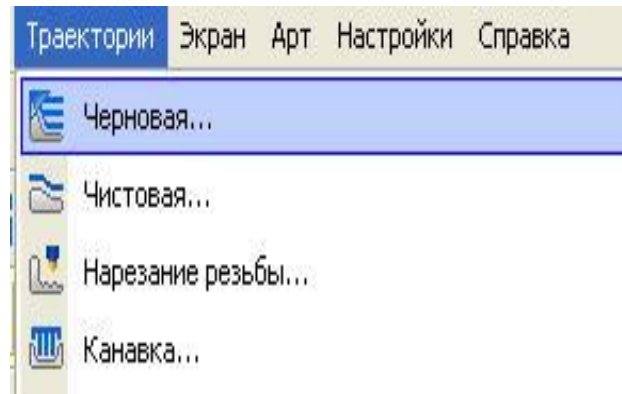


Рисунок 13 – Вибір чорнової обробки.

Для вказівки границь обробки поршня компресора, у діалоговому вікні вибираємо тип **Цепочки** (Рисунок 14) та виділяємо ескіз поршня.

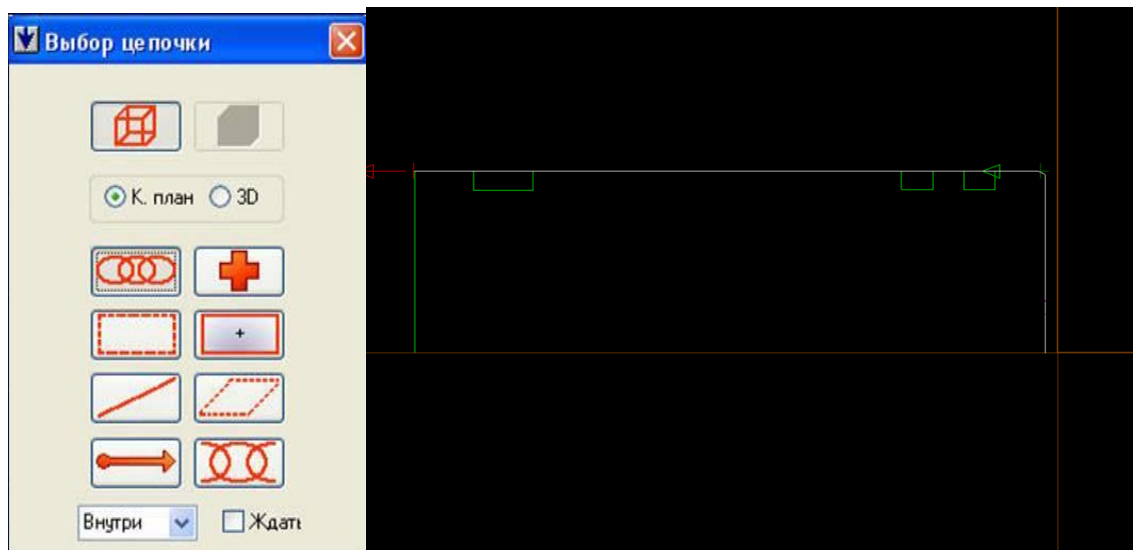


Рисунок 14 - Вибір Цепочки.

Вибираємо тип різця відповідно до технологічного процесу обробки деталі і вказуємо подачу, S шпинделя, натискаємо ОК. Після цього буде проведена чорнова проточка зовнішньої поверхні поршня компресора. Результат чорнової обробки поршня приведений на Рисунку 15.

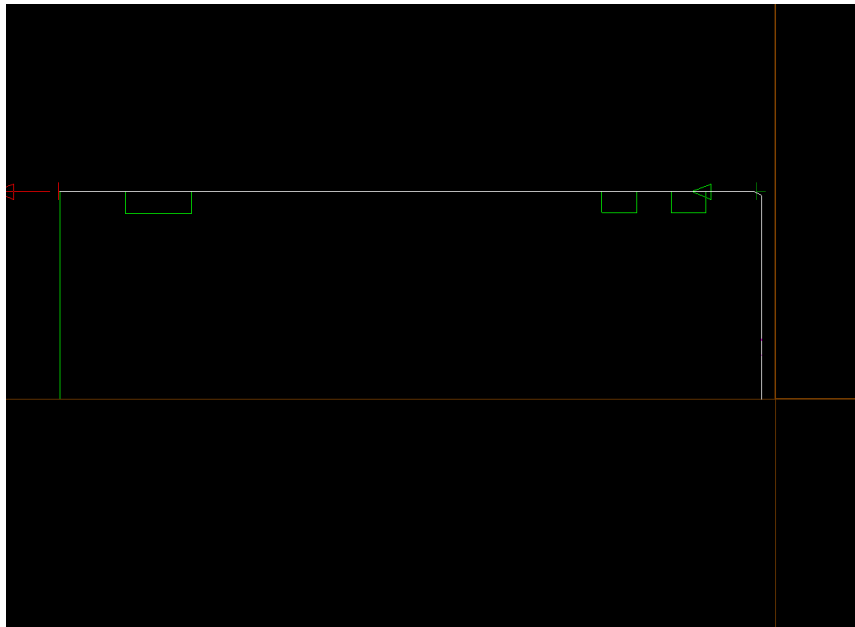


Рисунок 15 - Чорнова обробка поршня.

Для чистової обробки канавок в меню **Траектории** вибираємо пункт **Канавка**. У діалоговому вікні **Опции обработки канавки** в області **Определение канавки** потрібно вибрати пункт **Много цепочек**.

Для проведення чистової обробки зовнішньої поверхні поршня потрібно вибрати меню **Траектории** та пункт **Чистовая** (Рисунок 16).

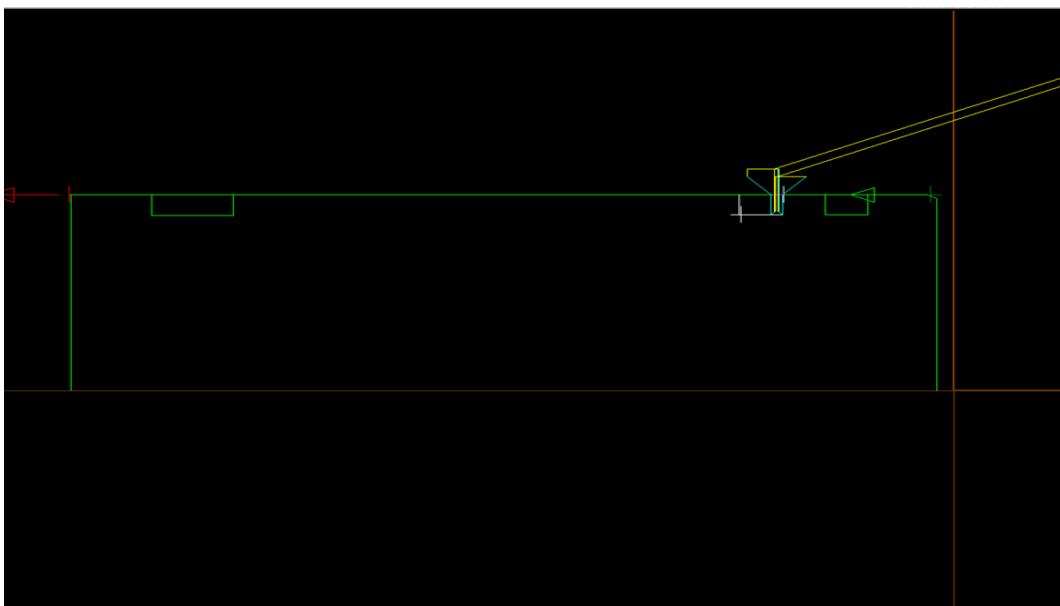


Рисунок 16 - Чистова обробка.

На Рисунку 17 представлена візуалізація обробки поршня. Візуалізація імітує роботу станка і відображає рух різців з одночасним зняттям шару матеріалу – легованого алюмінія.

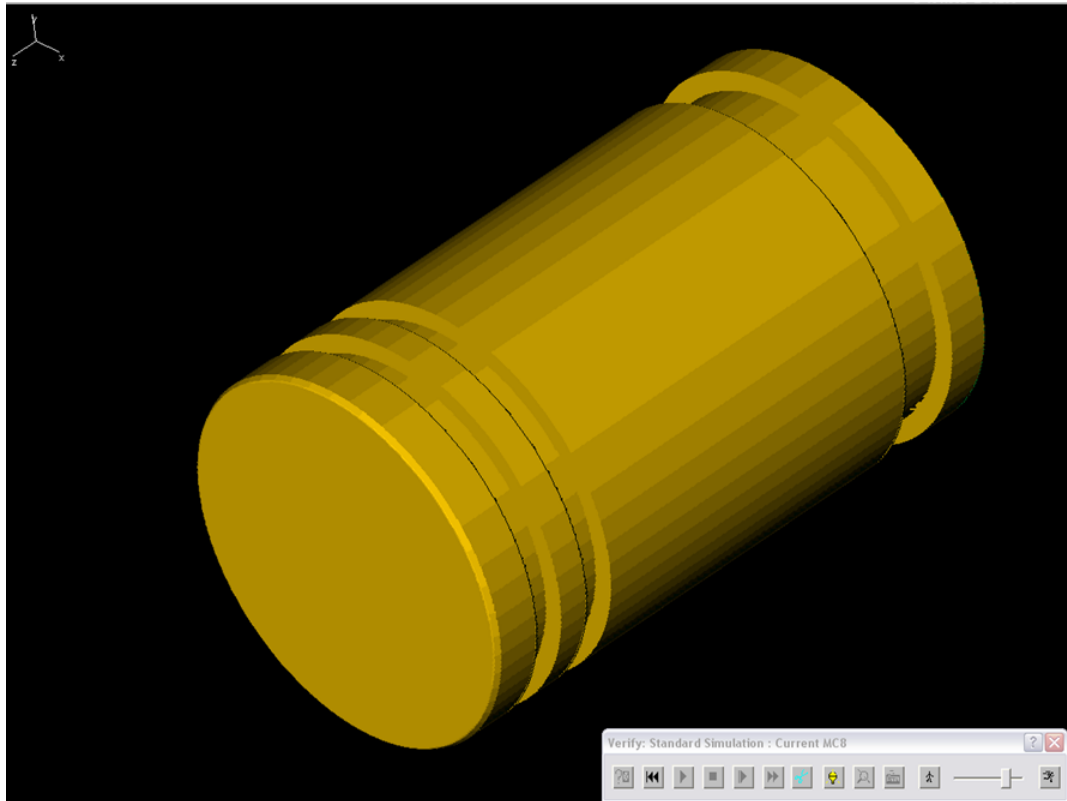


Рисунок 17 - Візуалізація обробки деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53»

2.5.2 Програмна реалізація обробки деталі поршень в Power Mill

Програмна реалізація виконана в пакеті для підготовки керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК PowerMill фірми Delcam.

Delcam PowerMILL - пакет для підготовки високоефективних керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК. Програма традиційно вважається кращою системою підготовки керуючих програм для фрезерної обробки виробів складної форми.

Зокрема Delcam Power Mill використовується у авіабудуванні, в автомобілебудуванні та у суднобудуванні. Також при виготовленні пресформ і штампів, турбінних лопаток, медичних виробів [12].

Delcam PowerMILL має дві різні конфігурації:

- Delcam PowerMILL - базові можливості 3-х координатної обробки;
- Delcam PowerMILL PRO - повний пакет 3-х координатної обробки;

Опції Delcam PowerMILL:

- гнучкі стратегії чорнової та чистової обробки;
- висока швидкість розрахунку управляючих програм;
- потужний інструмент для редагування керуючих програм;
- інтегровані засоби їх візуалізації та перевірки;
- 100% гарантія від зарізаний;
- імпорт твердотільних, 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, виконує обробку без зарезаній навіть у разі наявності розривів на поверхні моделі;
- Бібліотека стандартних постпроцесорів плюс конфігурується постпроцесор;
- обробка 2,5 D без тривимірної моделі з ескізу або імпортованого кресленням;
- автоматичний пошук плоских ділянок, розпізнавання отворів;
- закриття отворів і пазів для виключення їх обробки;
- гнучкий механізм кордонів для обмеження зони обробки;
- генерація карт налагодження для керуючих програм;
- карти налагодження створюються у форматі HTML і можуть адаптуватися користувачем.

Інтерфейс користувача:

- зручний і простий у використанні інтерфейс в стилі Windows, включаючи дерево проекту;
- русифікація меню, документації, довідки;

- налаштування для конкретного користувача;
- всі параметри задаються в одній формі (вибір інструменту, кордонів, переходів, згладжування і т.п.).

Delcam PowerMILL Pro містить всі функції, що входять до Delcam PowerMILL, а також безліч додаткових коштів, істотно розширюють можливості системи і дозволяють підвищити ефективність обробки:

- використання заготовки довільної форми;
- генерація моделі залишкового матеріалу;
- чорнове доопрацювання з посиланням на траєкторію або залишковий матеріал;
- вибірка зануренням;
- використання дискової фрези та фрези довільної форми;
- чистові проєкційні методи обробки;
- автоматична доробка кутів;
- обробка 3D зсувом з опцією спіральної траєкторії;
- спеціальні функції створення траєкторій для високошвидкісної обробки;
- трохіодальна та «гоночна» обробка;
- контроль зіткнень з урахуванням патрона і оправки;
- пакетна обробка.

Широкий набір стратегій у Delcam PowerMILL, інструменти моделювання процесу та результатів обробки дозволяють найбільш якісно та ефективно виконати деталь, і скорочують час простою верстатів з ЧПК й матеріальні втрати.

PowerMILL імпортує тривимірні моделі, створені в більшості CAD-систем, готує програми для верстатів з ЧПК. Дані можуть бути імпортовані в наступних форматах: IGES, VDA-FS, ProENGINEER, Unigraphics, CADD5, CATIA, Parasolid, ACIS, STL, STEP, а також у Decam форматах DGK і DMT.

Початок роботи в PowerMILL розпочинається з створення системи координат в програмі SolidWorks. Імпортуємо деталь поршень компресора в програму SolidWorks 2007, в якій і створюємо систему координат.

Вісь Z показує в якому положенні буде розміщений інструмент та де знаходитиметься шпindel 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. Для цього використовують параметр СК деталь.

Обираємо заготовку деталі (блок, контур, модель, межа або циліндр). Для деталі поршень компресора використовуємо модель з розмірами відповідними до креслення існуючої деталі. Результати обробки зображенні на рисунках приведених нижче.

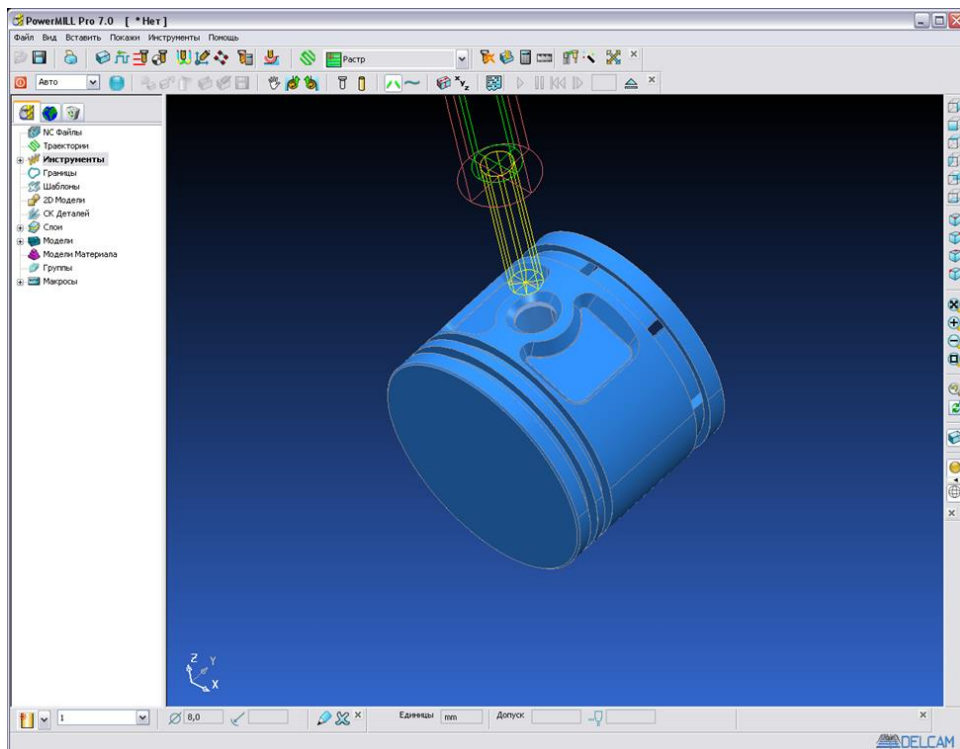


Рисунок 18 - Загальний вигляд деталі з інструментом.

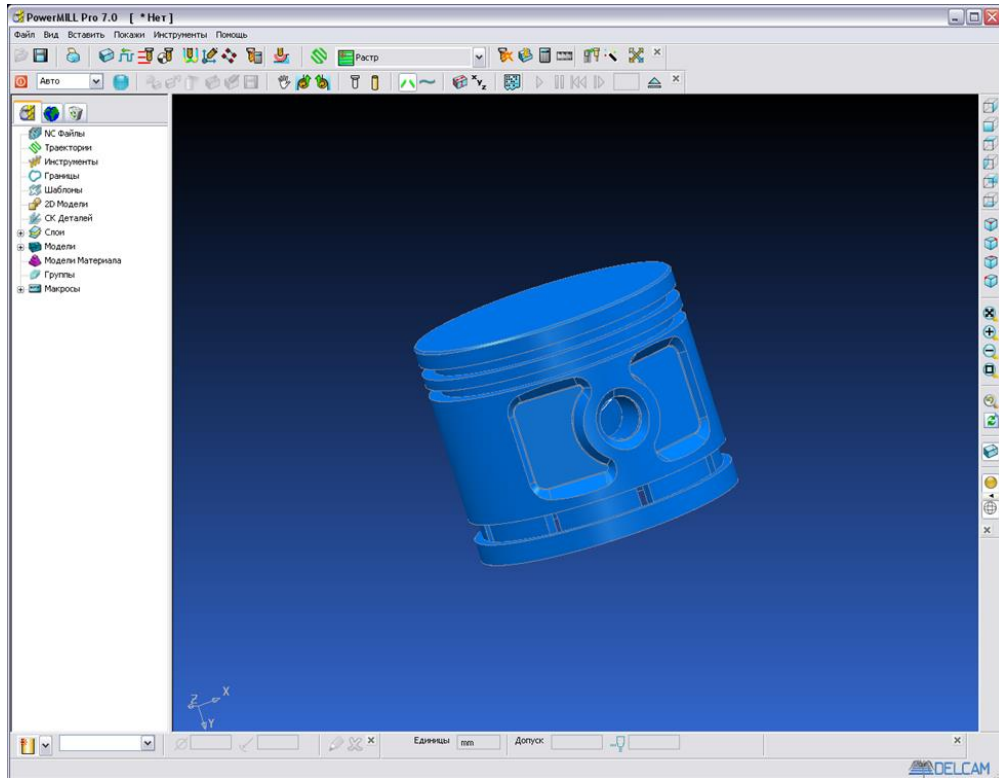


Рисунок 19 - Загальний вигляд деталі.

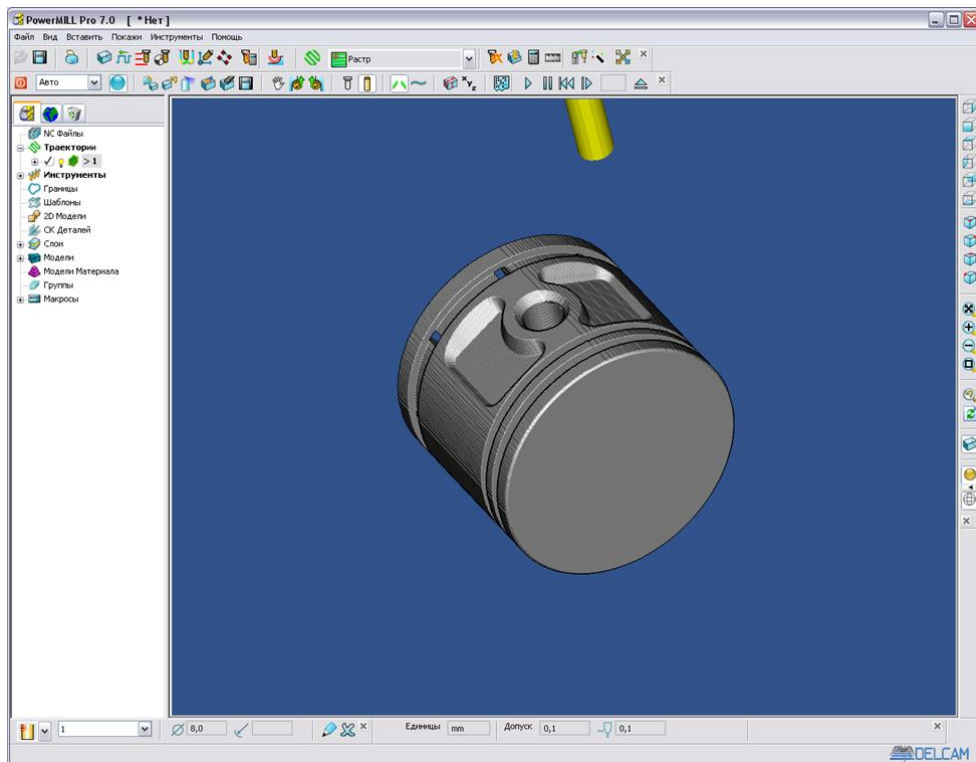


Рисунок 20 - Результат свердління отвору.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

Деталь, представлена для дипломного проектування – «Поршень компресора 45.33.15.60.53».

Поршень - рухоме циліндричне тіло, що щільно примикає до стінок циліндра і переміщається в напрямку його осі. Служить для нагнітання та виштовхування з циліндра рідин, газів, пари.

Поршні використовуються в насосах, компресорах, двигунах. Поршневий компресор - це компресор, у якого поршень в циліндрі здійснює зворотно-поступальні рухи.

Аналіз існуючої конструкції деталі проведено за допомогою пакету прикладних програм CosmosWorks 2006, інтегрованого в програму SolidWorks 2007, який проводить аналіз міцності спроектованих деталей методом кінцевих елементів.

На основі аналізу була розроблена нова конструкція деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53»

У новій конструкції деталі ми змінили форму маслослівних отворів. Замість застосовуваних у старій конструкції поршня отворів діаметром 4,5 мм ми застосовуємо маслослівні пази прямокутної форми шириною 3 мм.

Враховуючи позитивні та негативні сторони існуючого технологічного процесу, був розроблений новий ТП.

Новий технологічний процес розроблений з використання програми Вертикаль-Технология 1.0 фірми Аскон.

Новий технологічний процес має такі позитивні сторони:

- використання верстатів з ЧПК дозволяє скоротити час на обробку і понизити собівартість виготовлення деталі;
- завдяки зміні конструкції заготовки немає необхідності використання агрегатно-свердлильного верстата;
- деталь отримують у вигляді ливарної форми 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. Таким чином, суть литва в кокілі полягає у використанні металевих матеріалів для виготовлення багато разів ливарних форм. Використання прогресивних методів лиття, дозволяє отримувати виливки підвищеної точності, з щільною структурою і мінімальними припусками на механічну обробку. А також дозволяє ввести зміни в конструкцію заготовки поршня компресора. В даному випадку - пази (8 шт.) шириною в 3 мм;

- застосування верстатів ЧПУ та удосконалення методу одержання заготовки деталі призводять до зниження витрат робочого часу на виробництво деталі;
- економічні розрахунки представлені в четвертому розділі.

На основі розробленого нового технологічного процесу розроблено 2 керуючі програми з використанням програмних продуктів PowerMill та MasterCAM x4.

В результаті проведеної роботи розроблена технічна підготовка виробництва деталі «Поршень компресора 45.33.15.60.53» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплекта технічної документації.

3. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКА З ВІДОБРАЖЕННЯМ ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Організація робочого місця проектувальника

Ергономіка - науково-практична дисципліна, що вивчає діяльність людини, знаряддя й засоби його діяльності, витрати його енергії, продуктивність й інтенсивність при конкретних видах робіт, навколишнє середовище в процесі їхньої взаємодії з метою забезпечення ефективності, безпеці й комфортності життєдіяльності людини. Ергономіка досліджує не тільки анатомічні й фізіологічні, але також і психічні зміни, якою піддається людина під час роботи. Результати ергономічних досліджень використовуються при організації робочих місць, а також у промисловому дизайні.

Під робочим місцем розуміється зона, оснащена необхідними технічними засобами, у якій відбувається трудова діяльність одного виконавця або групи.

Організацією робочого місця називається система заходів щодо його оснащення засобами й предметами праці і їхнє розміщення й певний порядок. Під робочим місцем оператора в системі "людин - машина" розуміється місце, оснащене засобами відображення інформації, органами керування й допоміжним устаткуванням, де здійснюється його трудова діяльність.

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 .

Для правильної організації робочого місця необхідно забезпечити оптимальні умови для зорового сприйняття в межах робочої зони. Найбільш важливі елементи необхідно розташовувати в оптимальній зоні видимості (у межах 15° від нормальної лінії погляду). Оптимальні й припустимі кути нахилу панелей пульта керування для роботи в положенні сидячи показані на (Рисунок 21).

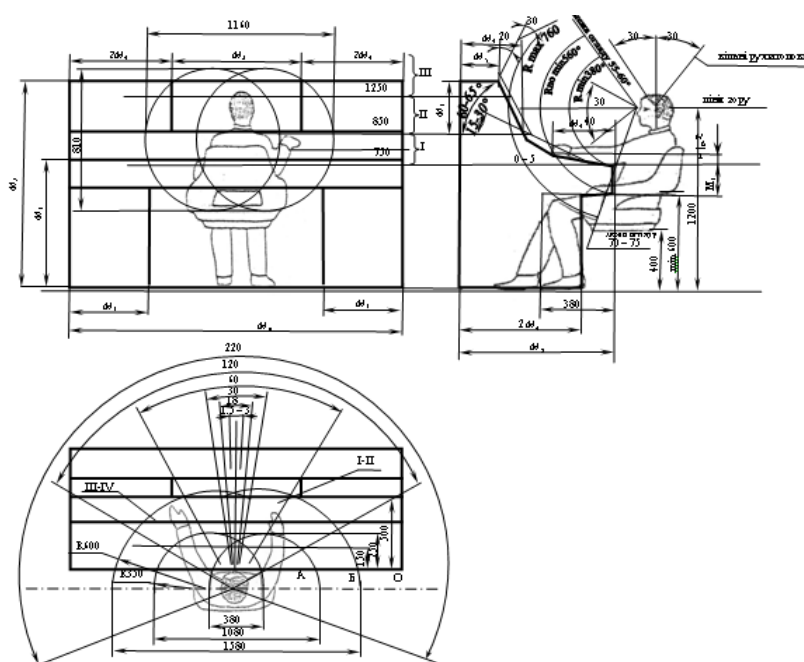


Рисунок 21 – Параметри організації робочого місця оператора.

Кути зору:

1.5-3 - кут центрального зору;

18 - кут моментального зору;

30 - кут ефективної видимості;

60 - кут оптимальної видимості;

120 - кут перегляду без повороту голови;

220 - кут перегляду з поворотом голови;

Відстань від ока до об'єкта:

380 – мінімальна;

560 - нормальна;

760 – максимальна;

Зони ручної дії:

А-оптимальна R=350 мм;

Б - максимальна R=600 мм;

В - зона розміщення органів керування;

II - зона розміщення візуальних індикаторів, які вимагають частого спостереження;

III - зона розміщення візуальних індикаторів;

IV - зона розміщення другорядних органів керування;

Внутрішнє планування робочого місця означає розміщення на його площі всіх предметів оснащення, їх раціональну компоновку по відношенню один до одного і до працівника. При внутрішньому плануванню вирішуються наступні завдання:

- забезпечення найменших витрат робочого часу на виконання робіт, які закріплені за робочим місцем;
- мінімізація фізіологічних зусиль і нервово-психічної напруженості працівника;
- зручність виконання роботи та обслуговування обладнання;
- хороший огляд в активній робочій зоні всіх частин обладнання, приладів, механізмів;
- оптимізація маршрутів пересування працівника по робочому місцю;
- раціоналізація робочої пози (положення) працівника;
- створення сприятливих умов праці;
- безпека праці.

Для правильної організації робочого місця необхідно забезпечити оптимальні умови для зорового сприйняття в межах робочої зони. Найбільш важливі елементи необхідно розташовувати в оптимальній зоні видимості (у межах 15° від нормальної лінії погляду) [4].

Конструкція робочого стола повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з врахуванням його кількості та конструктивних

особливостей (розмір монітора, клавіатури, принтера, ПК та ін. і документів, а також враховувати характер роботи, що виконується.

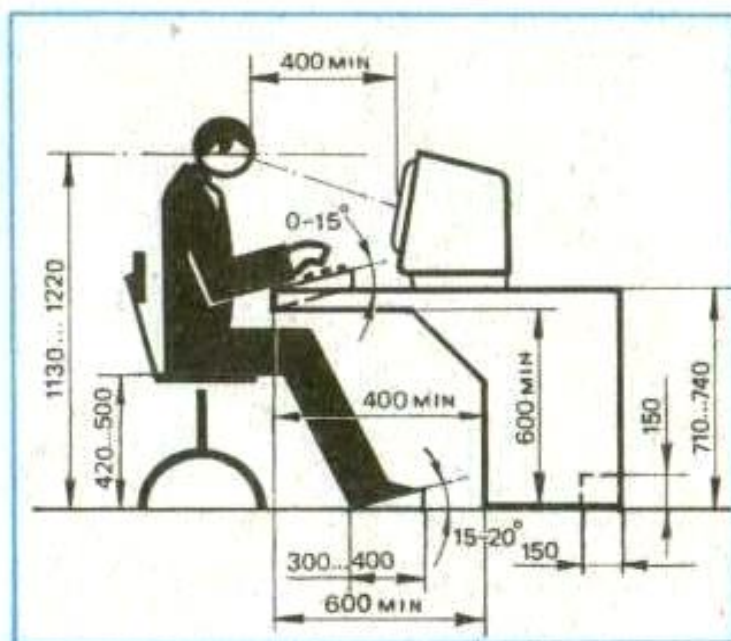


Рисунок 22 - Розмірні характеристики робочого місця при роботі з дисплеєм.

3.2 Фактори діяльності, що викликають стомлення

Основним чинником, що викликає стомлення, є інтегральна екстенсивностная напруженість діяльності (навантаження). Крім абсолютної величини навантаження на ступені розвитку стомлення позначається ще ряд факторів, серед яких необхідно виділити наступні:

- статичний або динамічний характер навантаження;
- інтенсивність навантаження, тобто її розподіл у часі;
- постійний і ритмічний характер навантаження.

Статична фізичне навантаження за інших рівних умов веде до більшого розвитку стомлення, ніж динамічна, причому суб'єктивне відчуття втоми в цьому випадку виражено особливо чітко.

Час настання стомлення і його вираженість залежать від ступеня інтенсивності навантаження наступним чином: при збільшенні інтенсивності навантаження втома настає раніше, при зменшенні інтенсивності навантаження

Час настання стомлення не змінюється (в останньому випадку продуктивність праці значно знижується, що не вигідно). Існує певна оптимальна інтенсивність навантаження, при якій стомлення розвивається найповільніше.

Крім величини навантаження існує ряд додаткових або сприяють розвитку стомлення факторів. Самі по собі вони не ведуть до розвитку стомлення, однак, поєднуючись з дією основного фактора, сприяють більш раннього і вираженому наступу стомлення. Ці фактори можна розбити на три великі групи:

- мікроклімат;
- використання техніки;
- порушення режиму праці та відпочинку.

До першої групи відносяться: знижений вміст кисню у вдихуваному повітрі, підвищений вміст вуглекислого азота, висока температура середовища, підвищена вологість, зміна барометричного тиску і т.п.

Найбільшим різноманітність характеризується друга група. Серед причин, що входять в цю групу, слід назвати зміну складу повітря - забрудненість його різними газами (наприклад, продуктами неповного згорання палива та ін); дію механічних сил провідних до вібрації, тряскі, до прискорень, вплив електромагнітних коливань, шумів та ультразвуку, зміна освітленості, незручність робочої пози і багато іншого.

Нарешті до третьої групи належать чинники, пов'язані в основному з порушенням режиму праці та відпочинку: недостатність часу для відновлення сил після втоми, неправильне використання перерв між роботою, непродумане планування роботи та відпочинку.

На розвиток стомлення сильно впливають емоційні чинники. Виразність і час настання стомлення людини, його загального і спеціального фізичного розвитку тощо.

При розробленні 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.

3.3 Санітарно-гігієнічні вимоги

Умови праці осіб, які працюють з ЕОМ, повинні відповідати I або II класу згідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу N 4137-86, затвердженою МОЗ СРСР 12.08.86.

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79 "Естественное и искусственное освещение".

Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %. Розрахунки КПО проводяться відповідно до СНиП II-4-79.

При виробничій потребі дозволяється експлуатувати ЕОМ у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами державного нагляду за охороною праці та органами і установами санітарно-епідеміологічної служби.

Широке промислове та побутове використання ПК актуалізувало питання охорони праці їхніх користувачів. Найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК є "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними матеріалами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань.

Виходячи з цього, роботодавець повинен забезпечити гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації ВДТ, робочого середовища, робочих місць з ВДТ, режиму праці і відпочинку при роботі з ВДТ тощо, які викладені у Правилах.

Ігнорування санітарних правил і норм роботи з ВДТ може викликати у осіб, які з ними професійно працюють, загальну втому, зорову втому, болі та відчуття піску в очах, відчуття засміченості та свербіння очей, болі в хребті, закам'янілість та оніміння м'язів шиї та плечового поясу, пошкодження дисків хребта, порушення постави, судоми м'язів ніг, синдром RSI хронічний розтяг зв'язок, синдром тунелю Карпаля, головні болі, поганий сон, депресивні стани тощо [5].

3.4 Моделювання робочого місця проектувальника

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

ширина 1550 мм;

глибина min. 700мм - max. 900 мм (з видвинутою клавіатурою);

висота 1150мм.

Загальний вигляд робоче місце має такий (Рисунок 23)

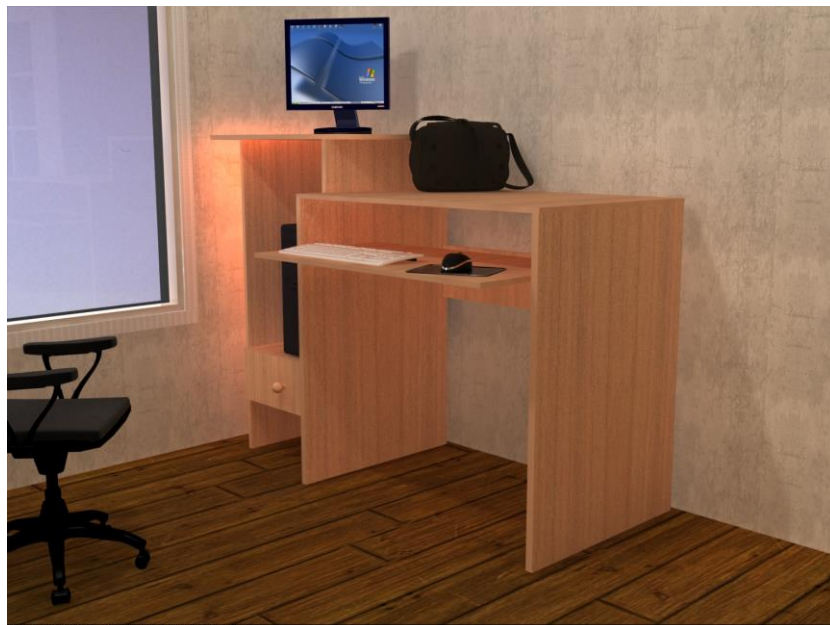


Рисунок 23 – Проект робочого місця проектувальника.

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

Ергономіка - науково-практична дисципліна, що вивчає діяльність людини, знаряддя й засоби його діяльності, витрати його енергії, продуктивність й інтенсивність при конкретних видах робіт, навколишнє середовище в процесі їхньої взаємодії з метою забезпечення ефективності, безпеці й комфортності життєдіяльності людини. Ергономіка досліджує не тільки анатомічні й фізіологічні, але також і психічні зміни, якою піддається людина під час роботи. Результати ергономічних досліджень використовуються при організації робочих місць, а також у промисловому дизайні.

Таким чином, становлення й розвиток ергономіки відбиває об'єктивні потреби суспільного виробництва в синтезі досягнень соціально-економічних, природних і технічних наук стосовно до завдань дослідження й проектування організації праці, підвищення його ефективності і якості.

Небезпечна ситуація може виникнути будь-де на підприємстві і зменшити ризик її виникнення покликані створити правила та нормативні акти з безпеки життєдіяльності.

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 0.25 ч. Собівартість механічної обробки становить 47,20 грн.

Порівняємо існуючий і вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі.

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

4.1.1 Розрахунок норми часу

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

Технічною нормою штучного часу є 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 норма часу розраховується по формулі:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{дод}, ХВ.,$$

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

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

$T_{дод}$ – додатковий час.

Основними складовими штучного часу є основний та допоміжний час.

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

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.

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

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.

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

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

Розрахуємо річну економію норми часу:

$$(0,25-0,135) \times 2000 = 230 \text{ год.}$$

Таблиця 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 2000 шт.

$$A = (47,2 - 21,06) 2000 = 52280 \text{ грн.}$$

Розрахований річний економічний ефект складає 52280 грн.

Річна економічна норма часу складає 230 годин.

ВИСНОВКИ ДО ЧЕТВЕРТОГО РОЗДІЛУ

Проведений розрахунок економічної частини дипломного проекту.

В результаті проведених розрахунків були порівняні існуючий та новий технологічний процеси виготовлення деталі «Поршень 245.100». Розроблений технологічний процес є більш економічним в порівнянні з існуючим. Про це свідчить річний економічний ефект, який склав 52280 грн.

Трудомісткість обробки за існуючою технологією надало приватне підприємство «Завод Двигун».

Норма часу при існуючому технологічному процесі становить 0,25 ч.

В розробленому технологічному процесі деталі «Поршень 245.100» виготовляється за 3 операції із затратою штучно-калькуляційного часу в 8,1 хв.

Коефіцієнт використання верстату за потужністю склав 0,72 та за часом – 0,74. Собівартість механічної обробки деталі в результаті задіяння верстатів з ЧПК складає 20,8 грн.

На приватному підприємстві «Завод Двигун» собівартість механічної обробки становить 47,20 грн.

В результаті проведених розрахунків:

- річна економія нормо часу склала 230 год;
- річний економічний ефект складає 52280 грн.

Розрахунок економічної частини диплому з зроби технічної документації деталі «Поршень 245.100» приватного підприємства «Завода Двигун» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплекта технічної документації, мав очікуваний ефект.

Про це говорять факти зменшення нормо часу на виготовлення деталі «Поршень 245.100» в рік та річний економічний ефект від цієї розробки.

ВИСНОВКИ

Деталь, представлена для дипломного проектування – «Поршень 245.100».

Поршень - рухоме циліндричне тіло, що щільно примикає до стінок циліндра і переміщається в напрямку його осі. Служить для нагнітання та виштовхування з циліндра рідин, газів, пари.

В результаті аналізу напружено-деформованого стану деталі «Поршень 245.100» в програмному комплексі для проведення інженерних розрахунків CosmosWorks, який повністю інтегрований в CAD систему SolidWorks, були виявлені деякі недоліки конструкції деталі.

На основі аналізу була розроблена нова конструкція деталі «Поршень 245.100».

У новій конструкції деталі ми змінили форму маслослівних отворів. Замість застосовуваних у старій конструкції поршня отворів діаметром 4,5 мм ми застосовуємо маслослівні пази прямокутної форми шириною 3 мм.

При розробці нового технологічного процесу враховуємо позитивні та негативні сторони існуючого технологічного процесу.

Новий технологічний процес має такі позитивні сторони:

- використання верстатів з ЧПК дозволяє скоротити час на обробку і понизити собівартість виготовлення деталі;
- завдяки зміні конструкції заготовки немає необхідності використання агрегатно-свердлильного верстата;
- деталь отримують у вигляді ливарної форми 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.

Таким чином, суть литва в кокілі полягає у використанні металевих матеріалів для виготовлення багато разів ливарних форм. Використання прогресивних методів лиття, дозволяє отримувати виливки підвищеної точності, з щільною структурою і мінімальними припусками на механічну обробку. А також дозволяє ввести зміни в конструкцію заготовки поршня компресора.

В даному випадку - пази (8 шт.) шириною в 3 мм;

- застосування верстатів ЧПУ та удосконалення методу одержання заготовки деталі призводять до зниження витрат робочого часу на виробництво деталі.

У даному технологічному процесі застосовуються:

- верстат токарний полуавтомат 1Б240П-6К
- полуавтомат обробно (алмазно) – розточний горизонтальний з рухомим столом односторонній 2711В.

Програму Master CAM X4 використовуємо для токарної обробки деталі «Поршень 245.100».

MasterCAM X4 включає в себе набір CAD/CAM інструментів, які прискорюють створення траєкторій для механічної обробки.

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 дипломного проекту.

В результаті проведених розрахунків були порівняні існуючий та новий технологічний процеси виготовлення деталі «Поршень 245.100».

Розроблений технологічний процес є більш економічним в порівнянні з існуючим.

Про це свідчить річний економічний ефект, який склав 52280 грн.

В результаті проведених розрахунків - річна економія нормо часу склала 230 год. Розрахунок економічної частини диплому мав очікуваний ефект.

Про це говорять факти зменшення нормо часу на виготовлення деталі «Поршень 245.100» в рік та річний економічний ефект від цієї розробки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
2. Гранін В. Ю. Бази інженерних знань в автоматизованому проектуванні. Харків, ХАИ, 2005.
3. Норенков І.П. Системи автоматизованого проектування. Ка. 1-9 (Серія навчальних посібників) К., Вища школа, 2018р. 367с.
4. Петренко А. Й., Семенов О. Й. Основи побудови систем автоматизованого проектування. К. Вища школа, 2016р. 209с.
5. Михайленко В.Є., Найдис В.М., Підкоритов А.М., Скидан І.А. Інженерна та комп'ютерна графіка / К., ВШ, 2000р.
6. Щербина В.М. Інженерна та комп'ютерна графіка. Частина 1. Навч. посібник [В.М. Щербина, О.Є. Мацулевич, Є.А. Гавриленко, Ю.В. Холодняк, О.В. Івженко, І.В. Пихтєєва, О.О. Вершков, С.В. Галько, А.П. Чаплінський / Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. – Мелітополь, ТДАТУ. 2020.-238с.
7. Бедрій Я.І. – Безпека життєдіяльності. К.: Кондор, 2004.
8. ДСТУ 7721-99. Джерела світла для вимірювання кольору.
9. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості
10. Бутько Т.В., Ходаківський О.М., Петрушов В.В., Прохоров В.М. Методи дослідження систем: Конспект лекцій / – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Ч. 2. – 44 с
11. Наукова бібліотека ТДАТУ <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>.
12. Мовчан К.О. Комп'ютерний аналіз технологічності деталі типу «Вал». 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. 116-118
13. Джерела інтернету:
www.ascon.kiev.ua
www.autodesk.com
www.cad.com
www.delcam.edu.ua
www.sapr.ua

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Фрагмент керуючої програми виконаної в Mastercam x4

```
%  
O0000  
G20  
G0 T0101  
G18  
G97 S20 M03  
G0 G54 X75.824 Z.1989  
G50 S3600  
G96 S200  
G99 G1 Z.0989 F.01  
Z-21.7353  
X76.0239 Z-22.4785  
Z-77.5327  
X76.1654 Z-77.462  
G0 Z.1989  
X75.624  
G1 Z.0989  
Z- .1573  
X75.7158 Z- .2032  
G18 G3 X75.74 Z- .2324 I-.0292 K-.0292  
G1 Z-7.1324  
Z-9.0774  
Z-12.0774  
Z-21.4232  
X75.844 Z-21.8097  
X75.9854 Z-21.7389  
G0 Z.1989  
X75.4241  
G1 Z.0989  
Z- .0573  
X75.644 Z- .1673  
X75.7855 Z- .0966  
G0 X76.0739  
G28 U0. V0. W0. M05  
T0100  
M01  
G0 T4444  
G18  
G97 S20 M03  
G0 G54 X75.92 Z-8.5061  
G50 S3600  
G96 S200
```

G1 X68.8 F.002
G0 X75.92
Z-8.8411
G1 X68.8 F.0025
X69.0975 **Z-8.6924**
G0 X75.92
G97 S200
Z-8.2275
X75.8556
G1 X75.7141 **Z-8.2982** F.002
X75.3141 **Z-8.4982**
G18 G3 X75.3 **Z-8.5012** I-.007 K.0071
G1 X68.8 **Z-8.5011**
G2 X68.62 **Z-8.5912** K-.09
G1 **Z-8.6736**
G0 X75.8556
G18
G96 S200
Z-9.1198
G1 X75.7141 **Z-9.0491**
X75.3141 **Z-8.8491**
G18 G2 X75.3 **Z-8.8461** I-.007 K-.0071
G1 X68.8
G3 X68.62 **Z-8.7561** K.09
G1 **Z-8.6736**
G0 X75.8556
G28 U0. V0. W0. M05
T4400
M01
G0 **T4545**
G18
G97 S20 M03
G0 G54 X75.92 **Z-15.6963**
G50 S3600
G96 S200
G1 X75.03 F.002
G0 X75.92
Z-14.6215
G1 X75.03 F.004
X75.4599 **Z-14.8365**
G0 X75.92
Z-14.2661
G1 X68.8
G0 X75.92
Z-13.7511
G1 X68.8

X69.2299 **Z-13.9661**
G0 X75.92
G97 S200
Z-13.4725
X75.8556
G1 X75.7141 **Z-13.5432** F.002
X75.3141 **Z-13.7432**
G18 G3 X75.3 **Z-13.7462** I-.007 K.007
G1 X68.8 **Z-13.7461**
G2 X68.62 **Z-13.8362** K-.09
G1 **Z-14.1811**
G2 X68.8 **Z-14.2712** I.09
G1 X74.6 **Z-14.2711**
G3 X74.6141 **Z-14.2741** K-.01
G1 X75.0141 **Z-14.4741**
G3 X75.02 **Z-14.4812** I-.007 K-.0071
G1 **Z-15.1572**
G0 X75.7441
G18
G96 S200
Z-16.8418
X75.1614
G1 X75.02 **Z-16.7711**
Z-15.1572
G0 X75.8556
G28 U0. V0. W0. M05
T4500
M01
G0 **T4444**
G18
G97 S20 M03
G0 G54 X75.8039 **Z-19.9621**
G50 S3600
G96 S200
G1 X67.3802 F.002
G0 X75.8039
Z-20.9584
G1 X67.3839 F.0025
X67.8586 **Z-20.721**
G0 X75.8039
G97 S200
Z-19.6975
X75.1556
G1 X75.0141 **Z-19.7682** F.002
X74.6422 **Z-19.9542**
G18 G3 X74.628 **Z-19.9571** I-.0071 K.0071

G1 X67.3802
G2 X66.8035 Z-20.2159 K-.29
G1 X66.8037 Z-20.3658
G0 X75.7454
G18
G96 S200
Z-21.0341
G1 X75.6039 Z-20.9634
X67.3839
G18 G3 X66.8039 Z-20.6733 K.29
G1 **Z-20.5734**
X66.8037 Z-20.3658
G0 X75.1556
G28 U0. V0. W0. M05
T4400
M01
G0 **T0101**
G18
G97 S2513 M03
G0 G54 X.3039 Z.0989
G50 S3600
G96 S200
G1 **Z-.0011** F.01
X75.2575
G18 G3 X75.3017 Z-.0103 K-.0313
G1 X75.7017 Z-.2103
G3 X75.72 Z-.2324 I-.0221 K-.0221
G1 **Z-7.1324**
Z-9.0774
Z-12.0774
Z-21.4239
X76.0039 Z-22.4791
Z-77.5015
X76.1454 Z-77.4308
G28 U0. V0. W0. M05
T0100
M30
%

ДОДАТОК Б

Фрагмент керуючої програми виконаної в PowerMill 10.0

%

G90

T1

S3500M3

Имя Траектории: 1

Вывод:

Единицы: ММ

Координаты Инструмента: Конец

Но.Инструмента: 1

ID.Инструмента: D16r1

Охлаждение: Standard

Общая длина: 100,000

Заготовка:

MIN X: -37,673

MIN Y: -39,499

MIN Z: -97,750

MAX X: 37,827

MAX Y: 39,501

MAX Z: -22,250

COORDINATE SYSTEM: Глобальная СК

Кончик фрезы:

X: 0,077

Y: 0,077

Z: 10,000

Количество кромок: 4

Фреза: Скругленная

DIAMETER: 16,000

TIP RADIUS: 1,000

Безопасность:

Рабочие ходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов

Подводы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов

Переходы Инструмента: Безопасная БЕЗ зарезов

Рабочие Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений

Подводы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений

Переходы Патрона: Безопасная БЕЗ столкновений

Траектория: С постоянной Z

СТЕРОVER: 5,000

ДОПУСК:0,010

ПРИПУСК:0,000

Статистика:

LENGTH: 793,944

TIME: 0/00/45

LIFTS: 1

G0X.077Y.077Z10.M8

X-1.437Y4.35

Z-.5

G1X-2.197Y5.274Z-.563F500.

X-2.5Y5.657Z-.588

X-2.882Y5.175Z-.62

X-3.565Y4.355Z-.676

X-3.972Y3.832Z-.711

X-4.225Y3.479Z-.734

X-4.407Y3.2Z-.751

X-4.578Y2.913Z-.769

X-4.779Y2.523Z-.792

X-4.85Y2.348Z-.802

X-4.932Y2.069Z-.817

X-4.982Y1.782Z-.832

X-4.996Y1.5Z-.847

X-4.979Y1.217Z-.862

X-4.947Y1.001Z-.873

X-4.894Y.789Z-.885

X-4.816Y.564Z-.897

X-4.696Y.31Z-.912

X-4.559Y.086Z-.926

X-4.413Y-.106Z-.938

X-4.248Y-.284Z-.951

X-4.032Y-.48Z-.966

X-3.686Y-.739Z-.989

X-3.457Y-.88Z-1.003

X-3.235Y-.995Z-1.016

X-2.999Y-1.093Z-1.03

X-2.792Y-1.153Z-1.041

X-2.577Y-1.186Z-1.052

X-2.434Z-1.06

X-2.222Y-1.156Z-1.071
X-2.012Y-1.096Z-1.083
X-1.729Y-.978Z-1.099
X-1.441Y-.82Z-1.116
X-1.132Y-.61Z-1.135
X-.968Y-.48Z-1.146
X-.737Y-.27Z-1.163
X-.581Y-.099Z-1.175
X-.401Y.146Z-1.191
X-.292Y.332Z-1.202
X-.172Y.595Z-1.217
X-.105Y.79Z-1.228
X.063Y1.5Z-1.266
X-.105Y2.21Z-1.304
X-.172Y2.406Z-1.315
X-.289Y2.663Z-1.33
X-.423Y2.913Z-1.345
X-.575Y3.171Z-1.361
X-.776Y3.479Z-1.38
X-.979Y3.765Z-1.398
X-1.303Y4.187Z-1.426