

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

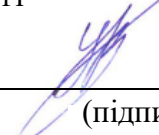
доц.  Олександр ВЕРШКОВ
« 10 » червня 2025 р.

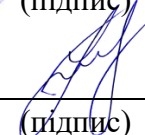
Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи здобувача СВО Бакалавр
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Технічна підготовка виробництва деталі «Корпус компресора ТКР
11 238 МБ.020.01» в системі автоматизованого проектування з розробкою
комплекту технічної документації»

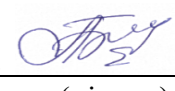
17 ПМД. 9685328.06.25/000000 ПЗ

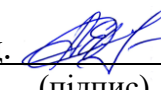
Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу, групи 41 ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за ОПП
«Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

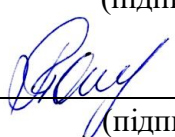

Владислав УСТИНОВ
(підпис)

Керівник доц.  Олександр ВЕРШКОВ
(підпис)

Консультант доц.  Михайло ЗОРЯ
(підпис)

Консультант доц.  Лариса БОЛТЯНСЬКА
(підпис)

Нормоконтроль доц.  Олександр МАЦУЛЕВИЧ
(підпис)

Рецензент  Петро ЯБЛОНСЬКИЙ
(підпис)

Запоріжжя - 2025 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
«18» березня 2025р.

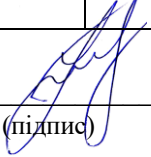
З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
Устінова Владислава Євгеновича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: «Технічна підготовка виробництва деталі «Корпус компресора ТКР 11 238 МБ.020.01» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплексу технічної документації», затверджена наказом по університету від 21 жовтня 2024 року за № 481-С.

1. Термін здачі студентом закінченого проекту: 16 червня 2025 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 комплект технологічної документації, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності ТП.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Модель САПР. Функціональна схема проектування підсистеми
 - 4.2 Проектування технічної документації
 - 4.3 API модуль, та випробовування деталі на міцність
 - 4.4 Обробка деталі «Корпус корпус компресора» у пакеті програм PowerMill
 - 4.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
 - 4.6 Економічні показники

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

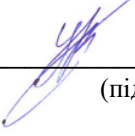
Консультант	Підпис, дата			
	Завдання видав		Завдання виконав	
Зоря М.В.		22.05.2025		31.05.2025
Болтянська Л.О.		05.06.2025		09.06.2025

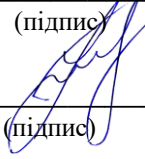
Керівник  (підпис) Олександр ВЕРШКОВ

Завдання прийняв до виконання  (підпис) Владислав УСТИНОВ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Передпроектне обстеження ПП «Таврія Турбо Плюс»	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 для виготовлення деталі корпус двигуна	22.05-26.05	виконано
5	Розробка робочого приміщення конструкторського відділу 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	12.06-16.06	виконано
8	Оформлення роботи в цілому	12.06-16.06	виконано
9	Підпис роботи у консультантів і нормоконтроля	12.06-16.06	виконано

Студент-дипломник  (підпис) Владислав УСТИНОВ

Керівник роботи  (підпис) Олександр ВЕРШКОВ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційну роботу представлено у вигляді розрахунково-пояснювальної записки обсягом 114 сторінок друкованого тексту формату А4(210×297) та 9 аркушів креслярсько-графічних робіт формату А1(341×594), містить 7 розділів, 52 рисунка, 8 таблиць, 2 додатків обсягом 11 сторінок, список використаної літератури кількістю 34 найменувань.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наданні інженеру-проектувальнику можливостей підвищити продуктивність своєї праці.

В першому і другому розділах проводиться обстеження і аналіз підприємства.

У третьому розділі пропонуються шляхи створення системи автоматизованого проектування.

У четвертому розділі розробляється обчислювальна мережа на підприємстві та створюється база даних для продажу деталей

У п'ятому розділі розроблюється керуюча програма для виготовлення деталі та АРІ модуль.

У шостому розділі розроблені норми безпеки життєдіяльності інженера-проектувальника та розроблене робоче місце.

У сьомому розділі наведені економічні показники від впровадженої САПР.

Ключові слова: технічне завдання, програмне забезпечення, система автоматизованого проектування, приватне підприємство, числове програмне керування, автоматизована система.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CAD (англ. Computer-aided design) – система автоматизації проектних робіт

CAM (англ. Computer-aided manufacturing) – система автоматизованого проектування технологічних процесів

PDM (англ. Product data management) – система керування інформацією про виріб

АРМ – автоматизоване робоче місце

БД – база даних

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

МАІ – метод аналізу ієрархій

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій

ПЗ – програмне забезпечення

ПП – приватне підприємство

САПР – система автоматизованого проектування

САПР ТП – система автоматизованого проектування технологічних процесів

ТЗ – технічне завдання

ТП – технологічний процес

ТПВ – технологічна підготовка виробництва

ЦПД – циліндр пускового двигуна

ЧПК – числове програмне керування

№ рядка	формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Номер листа	При- мітки	
1	A4	17 ПМД. 9685328.06.25/000000 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна	106			
2			записка				
3	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/010 000	Тема, мета та задачі				
4			кваліфікаційної роботи	1	1		
5	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/210 000	Кресленик та 3D модель деталі				
7			«Корпус компресора»	1	2		
8	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/310 000	Структура рекомендованої				
9			підсистеми	1	3		
10	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/410 000	Функціональна модель процесу				
11			створення САПР	1	4		
12	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/420 000	Функціональна схема				
13			інформаційного забезпечення				
14			автоматизованого проектування	1	5		
15	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/510 000	API модуль, керуюча програма				
16			та база даних деталі				
17			«Корпус компресора»	1	6		
18	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/520 000	Розробка технологічної.				
19			документації	1	7		
20	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/610 000	Розробка робочого місця				
21			інженера-проектувальника	1	8		
22	A1	17 ПМД. 9685328.06.25/710 000	Економічний ефект від				
23			впровадженої САПР	1	9		
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	17 ПМД. 9685328.06.25/000 000		
Розрб.	Устїнов В.Є.		10.06	Технічна підготовка виробництва деталі «Корпус компресора ТКР 11 238 МБ.020.01» в системі автоматизованого проектування з розробкою комплексу технічної документації	Літ	Лист	Листів
Перевір.	Вершков О.О.		10.06			1	1
Консул.	Зоря М.В.		10.06		ТДАТУ, 2025		
Консул.	Боляньська Л.О.		10.06				
Н.контр.	Мацулевич О.Є.		10.06				
Затв.	Вершков О.О.		10.06				

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ТАВРІЯ ТУРБО ПЛЮС»	
1.1 Загальні відомості про підприємство	11
1.2 Організаційна структура підприємства	14
1.3 Характеристика технічного та програмного забезпечення відділів підприємства. Топологія обчислювальної мережі	16
1.4 Інформаційні потоки в технічних службах.....	18
Висновки по першому розділу	19
2 САПР ЯК ФУНДАМЕНТ ЗАГАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПІДПРИЄМСТВА	
2.1 Автоматизовані системи підтримки життєвого циклу виробу	20
2.2 PLM системи.....	26
Висновки по другому розділу.....	29
3 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ САПР	
3.1 Характеристика існуючої моделі САПР	30
3.2 Недолік та переваги діючої системи автоматизованого проектування та формування виробничої задачі.....	32
3.3 Вимоги до технічного завдання.....	34
Висновки по третьому розділу	35
4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ	
4.1 Ескізний проект	36
4.2 Технічний проект	43
4.3 Розробка топології обчислювальної мережі	51
4.4 Розробка бази даних для продажу деталей	53
Висновки по четвертому розділу	65
5 ВИПРОБУВАННЯ І СДАЧА В ЕКСПЛУАТАЦІЮ СПРОЕКТОВАНОЇ САПР	
5.1 Розробка 3D і 2D моделі деталі «Корпус компресора».....	66
5.2 Розробка керуючої програми для встаткування з ЧПК.....	67

5.3 Параметризація.....	73
4.4 Розробка бази даних для продажу деталей.....	53
Висновки по п'ятому розділу	79
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників.....	80
6.2 Розробка заходів щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці.....	83
6.3 Розробка ергономічного проекту робітничого місця проектувальника.....	88
Висновки по шостому розділу	92
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	
7.1 Розрахунок економічної ефективності від впровадженої САПР.....	94
Висновки по сьомому розділу	102
ВИСНОВКИ	103
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	105
ДОДАТКИ	107

.

ВСТУП

Мелітополь – це місто, де завжди працювало багато підприємств, на яких апробовувалися й впроваджувалися у роботу нові методи і прийоми, а їх продукція успішно реалізовувалася як в Україні, так і далеко за її межами. За час повномасштабного вторгнення ситуація змінилася, але після нашої Перемоги потрібно буде в короткі строки відновити підприємства й вивести виробництво на високий конкурентоспроможний рівень. Тому наша робота виконана в рамках відбудови міста.

Прискорення інноваційних процесів є ключовим фактором підвищення ефективної діяльності підприємств та покращення якості продукції. Для цього необхідно впроваджувати нові машини, устаткування, прилади та технологічні процеси, що відповідають вимогам часу. Проте існуюча проблема — це застарілі методи проектування, які не відповідають сучасним вимогам складності технічних об'єктів. Виходом з цієї ситуації є застосування математичних методів, програмного забезпечення та комп'ютерних технологій, які істотно підвищують якість та дозволяють скоротити час на розробку технічних рішень. Саме таким рішенням і є створення систем автоматизованого проектування (САПР). Автоматизація проектних процесів через впровадження САПР може значно покращити не тільки результати проектування, а й фінансово-господарську діяльність підприємства, адже саме характеристики САПР визначають ефективність автоматизованих систем підприємства в цілому.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є оновлення підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації на підприємстві.

Об'єктом дослідження є підприємство «Таврія Турбо Плюс», а предметом дослідження — розробка спеціалізованої САПР для цього підприємства.

Новизна результатів дослідження полягає в розробці нової САПР технологічної документації, а також в створенні керуючої програми для обладнання з ЧПК, що значно підвищить результативність виробничих

процесів. Практична цінність роботи полягає в наданні можливості технологу підвищити продуктивність праці.

З метою реалізації поставлених цілей було виконано такі завдання:

- проведено передпроектне обстеження підприємства для визначення технічного стану та наявної САПР, виявлені її недоліки;
- розроблені рекомендації для впровадження інформаційних систем на підприємстві;
- розроблено керуючу програму та API модуль для виготовлення деталей.

Ця кваліфікаційна робота пройшла апробацію та була прийнята до впровадження на підприємстві ТОВ «Таврія Турбо Плюс». Розроблена САПР відповідає всім вимогам щодо ефективності, безпеки та ергономічності. У післявоєнний період відновлення економіки вимагатиме значного впровадження новітніх технологій та автоматизації для швидкого відновлення та розвитку виробництва. Тобто прогнозовано станеться бурхливий розвиток технологій, що призведе до зростання складності проєктованих об'єктів. В умовах зростаючих вимог до ефективності та якості продукції підприємства будуть змушені адаптувати свої виробничі потужності, використовувати новітні методи проєктування та виробництва, щоб забезпечити конкурентоспроможність на ринку. У цей час особлива увага приділятиметься розробці та впровадженню нових автоматизованих систем, здатних підвищити продуктивність праці та покращити контроль якості. Саме в цей період для забезпечення ефективного функціонування підприємств і скорочення термінів розробки нових виробів необхідно буде використовувати автоматизовані системи проєктування та обробки даних. Це стане основою для розвитку сучасних САПР і комплексних автоматизованих інформаційних систем.

Модернізація підсистеми автоматизованого проєктування технологічної документації, яку розглядає ця кваліфікаційна робота, є важливим кроком у розвитку та підвищенні ефективності виробничих процесів підприємства «Таврія Турбо Плюс». Впровадження цієї системи дозволить підприємству скоротити час на проєктування, покращити якість продукції та забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

1 АНАЛІЗ ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ТАВРІЯ ТУРБО ПЛЮС»

1.1 Загальні відомості про підприємство

«Таврія Турбо Плюс» є окремим проектом відомої в Україні і далеко за її межами компанії «Таврія Турбо» – виробника нових високоякісних автотракторних турбокомпресорів широкого номенклатурного ряду, яке було засноване в 1996 році і впродовж своєї діяльності посіло провідне місце в галузі випуску нових турбокомпресорів на ринку України і з початку свого заснування спеціалізувалося на реставрації та ремонті турбокомпресорів [15].

У процесі ремонту та реставрації деякі вузли турбокомпресорів доводилось виготовляти заново, що призвело до значного розширення виробництва та переходу підприємства на випуск нових агрегатів наддування. За час свого існування підприємством було виготовлено більше ніж 300000 турбокомпресорів різних серій та модифікацій. До початку повномасштабного вторгнення воно представляло найбільший вибір продукції в країнах пострадянського простору. Було налагоджено виробництво понад дев'яноста типів турбонаддувних агрегатів для двигунів тракторів, комбайнів та автомобілів. Інженерно-технічна служба щорічно здійснює розробку та впровадження у виробництво нових моделей турбокомпресорів. До того ж «Таврія Турбо Плюс» забезпечує гарантійне та післягарантійне обслуговування і ремонт своєї продукції. Відповідно для цих цілей підприємство випускає достатню кількість запчастин та ремкомплектів.

Створення турбокомпресорів засноване на поєднанні багаторічного досвіду роботи, постійного пошуку і працьовитості інженерів-розробників, маркетинговими дослідженнями ринку в галузі виробництва турбокомпресорів.

Уся продукція випускається на сучасному механообробному устаткуванні. Кожен етап виготовлення продукції контролюється за допомогою сучасних балансувальних, добалансувальних і випробувальних стендів. За

вимогами технологічного процесу турбокомпресори проходять випробовування на такому обладнанні:

- балансувальний станок моделі БВІ-03-09Т для динамічного балансування моделі;
- станок балансувальний двохплощинний ПБ-10 для динамічного врівноваження вала ротора в зборі;
- стенд добалансувальний СДБ-02, призначений для усунення погрішностей при збиранні середнього корпусу в зборі, шляхом динамічного врівноваження і виявлення виносу масла;
- стенд замкнутого циклу для безмоторного випробування турбокомпресорів двигунів внутрішнього згорання для визначення показників якості.

2004 року на підприємстві було введено в експлуатацію добалансувальний стенд СГІ-2, який дає змогу контролювати дисбаланс зібраного середнього корпусу. Завдяки використанню цього обладнання вдалося знизити середній рівень повернення виробів до 1,1% при допустимій нормі 3% для цього вузла, а також подовжити строк служби ТКР.

Після підписання угоди в 2005 році з Мелітопольським моторним заводом було розроблено та налагоджено виробництво турбокомпресора ТКР 3 для автомобілів «Таврія» з турбированим двигуном об'ємом 1,4 л.

Підприємство «Таврія Турбо Плюс» має в своєму користуванні два станка з числовим програмним керуванням 16A20Ф3, оснащених системою ЧПК та електроприводом NC-210 вітчизняного виробництва. Призначення верстата – токарна обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі ступінчастим або криволінійним профілем різної складності в напівавтоматичному режимі. Програма руху інструмента, керування головним приводом і допоміжні команди вводяться до системи керування через клавіатуру пульта оператора або з касети зовнішньої пам'яті. За потреби ці програми можна редагувати безпосередньо з пульта УЧПК з відображенням змін на цифровому індикаторі.

У січні 2006 році була запущена лінія алюмінієвого ливарного виробництва «Таврія Турбо Литво». Це дозволило уникнути проблем невчасного постачання та контролю якості відливань, що постачались на підприємство.

У 2007 році на підприємстві було введено в експлуатацію цех з виробництва чавунного лиття, що забезпечило повну виробничу автономію шляхом усунення залежності від зовнішніх постачальників, стабілізувало надходження заготовок до основних цехів та дозволило сформувати замкнутий цикл виробництва всередині підприємства.

З 2009 року на підприємстві було введено в експлуатацію виробничу ділянку з виготовлення гідروпідсилювачів рульового управління для тракторів марок ЮМЗ, МТЗ, Т-40, Т-150, К-701, К-702.

2015 року було організоване серійне виробництво водяних насосів для автотракторних двигунів типів СМД, ЯМЗ, ММЗ та інших. Зазначені заходи дали змогу суттєво розширити номенклатуру продукції, що випускається, та підвищити рівень задоволення попиту споживачів.

У 2004 році дилери компанії «Таврія Турбо Плюс» відкрили сервісні центри. У регіонах було доставлено та змонтовано випробувальні стенди типу СГІ-3 для перевірки турбокомпресорів, повернутих споживачами за рекламациями. Персонал і працівники ОТК пройшли на підприємстві курс навчання по проведенню технічної експертизи турбокомпресорів за допомогою якої визначається причина відмови від виробу і винуватець. Контрольно-випробувальні стенди були передані підприємствам-партнерам в Україні і за кодомом.

Технологічні процеси на підприємстві виконуються у відповідності до ТУ У 34.3-35124823-001:2011. А Державною системою сертифікації України було видано сертифікат № UA1.032.0238642-13. Підприємство керується вимогами ДСТУ ISO 9001:2001 задля покращення якості продукції, удосконалення виробничих процесів та підвищення конкурентоспроможності

на ринку. Це підтверджують сертифікати відповідності, зокрема ISO 9000/9001/9004/19011:2000 та інших.

Завдяки доведеній якості роботи, надійності агрегатів, вмінню реагувати на потреби ринку підприємство змогло налагодити довгострокове партнерство з компаніями з Болгарії, Польщі, Казахстану, Вірменії, Азербайджану, Узбекистану, Латвії, Литви, Молдови, Монголії та низки інших країн. Після початку війни співробітництво з Росією було припинене.

На виробництві підприємства «Таврія Турбо Плюс» працюють висококваліфіковані спеціалісти, які мають досвід роботи на машинобудівних підприємствах, але постійно вдосконалюють свої знання та вміння.

Значна увага приділяється підготовці молодих фахівців і формуванню кадрового резерву. У 2008 році було укладено договір про співпрацю між підприємством та Таврійським державним агротехнологічним університетом. Метою цього договору є спільна діяльність у сфері професійної підготовки студентів, зокрема організація виробничої практики на базі підприємства. Студенти набувають практичних навичок роботи на сучасному обладнанні, а по завершенні навчання найуспішніші з них мають можливість працевлаштування на підприємстві.

На базі підприємства відкрився філіал кафедри «Прикладна геометрія і інформаційні технології проектування» Таврійського державного агротехнологічного університету. Філія була базою для практичної підготовки студентів за фахом «Інформаційні технології проектування».

1.2 Організаційна структура підприємства

Підприємство «Таврія Турбо Плюс» є невеликою виробничою організацією з обмеженою, але чітко структурованою організаційною будовою. До його складу входять бюро технічного контролю, технологічне бюро, маркетингова група.

Бюро технічного контролю є незалежним структурним підрозділом, який здійснює контроль за відповідністю продукції встановленим стандартам якості. Воно підпорядковується безпосередньо керівництву компанії, що забезпечує об'єктивність і високий рівень контролю якості.

Технологічне бюро складається з технолога та конструктора. Технолог відповідає за розробку і впровадження технологічних процесів та режимів виробництва. До його обов'язків належать:

- визначення порядку виконання робіт і післяопераційного маршруту руху деталей і вузлів;
- планування розміщення обладнання, технічних засобів і організація робочих місць;
- розрахунок виробничих потужностей та навантаження на обладнання;
- встановлення норм часу на виготовлення продукції, побудова лінійних і мережевих графіків;
- аналіз технологічності виробів, розрахунок норм витрат матеріалів, енергії, палива, інструментів;
- оцінка економічної ефективності технологічних рішень.

Крім того, технолог розробляє нормативну документацію: маршрутні карти, технічні інструкції, карти якості продукції, схеми складання, вносить зміни до технічної документації, пов'язані з удосконаленням технологій.

Інженер-конструктор відповідає за створення ескізних, технічних і робочих проектів виробів. Він аналізує конструкторську документацію, отриману від інших організацій, з метою її використання у власних розробках, а також погоджує внутрішні проекти з замовниками та наглядовими органами. Конструктор обґрунтовує економічну доцільність нових проектів на стадії розробки.

Виробничий майстер організовує та контролює роботу механообробного, складального та ливарного цехів підприємства.

Маркетингова група об'єднує бухгалтерію та відділ маркетингу.

Бухгалтерія веде облік майна, зобов'язань, основних засобів, товарно-матеріальних цінностей, витрат на виробництво, реалізацію продукції, фінансово-господарської діяльності, а також розрахунків з постачальниками й замовниками.

Відділ маркетингу проводить глибоке дослідження ринку турбокомпресорів та, у співпраці з іншими підрозділами та керівництвом, формує стратегію ринкової діяльності підприємства. Основна мета відділу — розробка рекомендацій та координація діяльності щодо закупівельної, збутової та сервісної політики компанії. До основних функцій відділу маркетингу входять:

- аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища;
- дослідження конкурентного середовища;
- сегментування ринку та позиціонування продукції;
- формування асортиментної політики, ціноутворення, визначення вимог до якості продукції та обслуговування;
- просування продукції та підтримка позитивного іміджу компанії.

1.3 Характеристика технічного та програмного забезпечення відділів підприємства. Топологія обчислювальної мережі

Роблячи огляд загального стану обчислювальної інфраструктури підприємства «Таврія Турбо Плюс», можна дійти висновку, що вона є слаборозвиненою та побудована на основі простої локальної мережі. Лише п'ять автоматизованих робочих місць (АРМ) мають комп'ютери з необхідним ПЗ. АРМ мають бухгалтер, троє менеджерів, комірник.

Програмне забезпечення:

Операційна система: Microsoft Windows XP Professional.

Офісний пакет: Microsoft Office 2020

Система управління: 1С:Підприємство 8.2

Технічні характеристики АРМ:

Процесор: AMD Ryzen 5 5600 (3.9 ГГц); ОЗУ: 32 ГБ

Відеокарта: GeForce RTX 3070 (8 ГБ)

Монітор: DELL P2417H

SSD-диск: 1 ТБ

Периферія: USB-порти

Друкована техніка: мережевий принтер: HP LaserJet Pro M15a;
багатофункціональний пристрій: Samsung SCX-4650

Мережа: типологія «зірка».

Функцію сервера виконує один із менеджерських ПК — частина дискового простору виділена під серверні функції для економії ресурсів.

Програми для станка з ЧПК підприємство самостійно не створює.

Топологія обчислювальної мережі приведена на рисунку 1.2

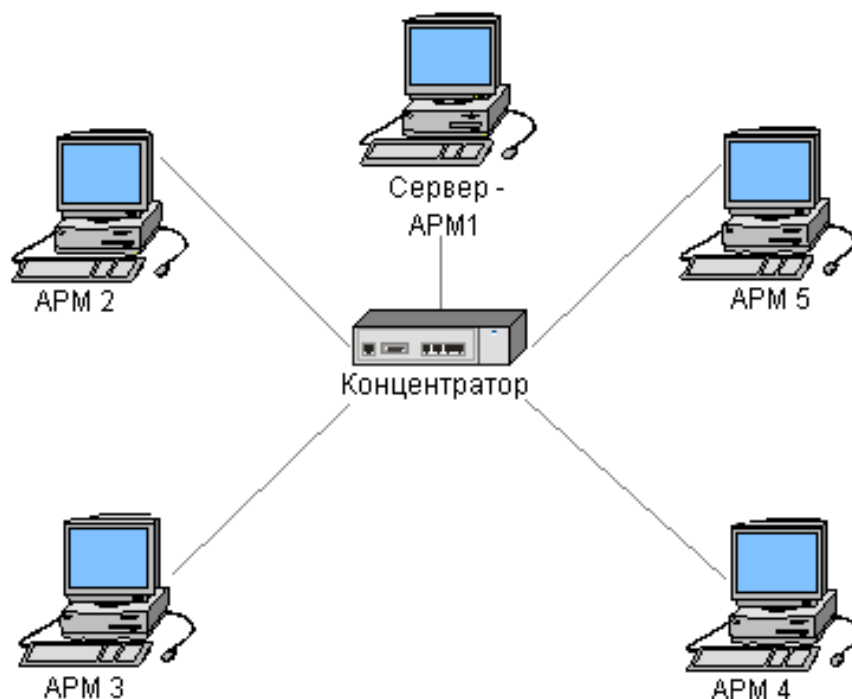


Рисунок 1.2 – Топологія обчислювальної мережі

1.4 Інформаційні потоки в технічних службах

Після отримання замовлення на модель, що вже була у серійному чи дрібносерійному виробництві, відділ маркетингу опрацьовує заявку та передає її виробничому майстрові для подальшого виконання. Отримавши заявку, виробничий майстер організовує виробничий процес, видаючи відповідні розпорядження механообробному та складальному цехам. На основі раніше розробленої та затвердженої конструкторської і технологічної документації, яка містить технічні умови, інструкції, креслення, маршрутні карти та нормативи, цехи розпочинають виготовлення необхідної кількості турбокомпресорів або їх комплектуючих визначеного типу. Такий підхід дозволяє оперативно запускати повторне виробництво без необхідності повторної розробки технічної документації, що значно скорочує підготовчо-організаційний цикл виконання замовлення. На рисунку 1.3 проілюстровано, який шлях проходить інформація, якщо виникає потреба у створенні нового продукту.

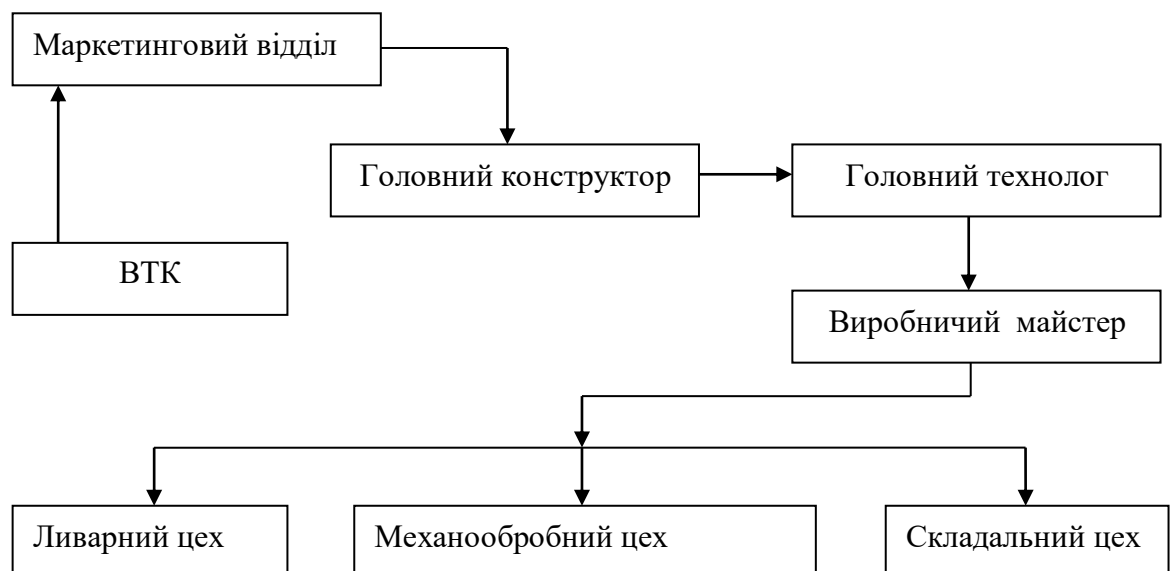


Рисунок 1.3 – Інформаційні потоки в технічних службах

Висновки до першого розділу

Робота підприємства «Таврія Турбо Плюс» зосереджена на випуску автотракторних турбокомпресорів для двигунів вітчизняного та імпорного виробництва більше двадцяти років. Замкнутий цикл виробництва дозволяє не залежати від постачальників та оптимізувати роботу цехів.

Підприємство є невеликою виробничою організацією з чітко структурованою, але обмеженою за обсягами діяльності організаційною та обчислювальною інфраструктурою. Попри наявність ключових підрозділів — бюро технічного контролю, технологічного бюро, маркетингової групи та виробничих цехів — ефективність їхньої роботи обмежена слабким рівнем автоматизації. Обчислювальна інфраструктура підприємства представлена простою локальною мережею типу «зірка», що включає лише п'ять автоматизованих робочих місць з однаковим, але морально застарілим програмним забезпеченням, зокрема Windows XP. Серверна функція виконується одним із АРМ, що є технічно необґрунтованим рішенням. Відсутність власних засобів розробки керуючих програм для ЧПК-обладнання призводить до залежності від сторонніх організацій.

Виробничий процес добре налагоджений і забезпечений кваліфікованими фахівцями: технологами, конструкторами, маркетологами та бухгалтером, які виконують свої функції відповідно до визначених завдань. Однак відсутність сучасних САПР, САМ-систем та централізованого управління даними знижує загальну продуктивність підприємства і його гнучкість у реагуванні на потреби ринку. З метою виведення функціонування виробництва на сучасний рівень пропонуємо здійснити модернізацію програмно-апаратного комплексу, впровадити сучасні інформаційні технології та автоматизувати ключові виробничі процеси.

2 САПР ЯК ФУНДАМЕНТ ЗАГАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Автоматизовані системи підтримки життєвого циклу виробів

Життєвий цикл промислового виробу охоплює низку послідовних етапів, що починаються з формування ідеї створення нового продукту та завершуються його утилізацією після завершення терміну експлуатації. Ключові етапи життєвого циклу промислової продукції: розробка проекту, технологічна підготовка виробництва, безпосереднє виготовлення, реалізація, експлуатація та подальша утилізація. Додатково в межах життєвого циклу можуть розглядатися такі процеси, як маркетингові дослідження, закупівля сировини та комплектуючих, надання послуг, пакування, зберігання, монтаж і введення виробу в експлуатацію.

Згідно зі стандартом ISO 9004-1, життєвий цикл виробу — це сукупність процесів, що здійснюються від моменту виявлення потреби в продукції до її повного задоволення й остаточного виведення продукту з експлуатації.

Життєвий цикл промислового виробу включає в себе такі етапи:

- маркетингові дослідження;
- проектування продукту;
- планування і розробка процесу;
- закупівля;
- виробництво або обслуговування;
- перевірка;
- упаковка та зберігання;
- продаж та розподіл;
- монтаж і налагодження;
- технічна підтримка та обслуговування;
- післяпродажне обслуговування;
- утилізація та (або) переробка.

На рисунку 2.1 можна побачити приклад життєвого циклу промислового виробу.

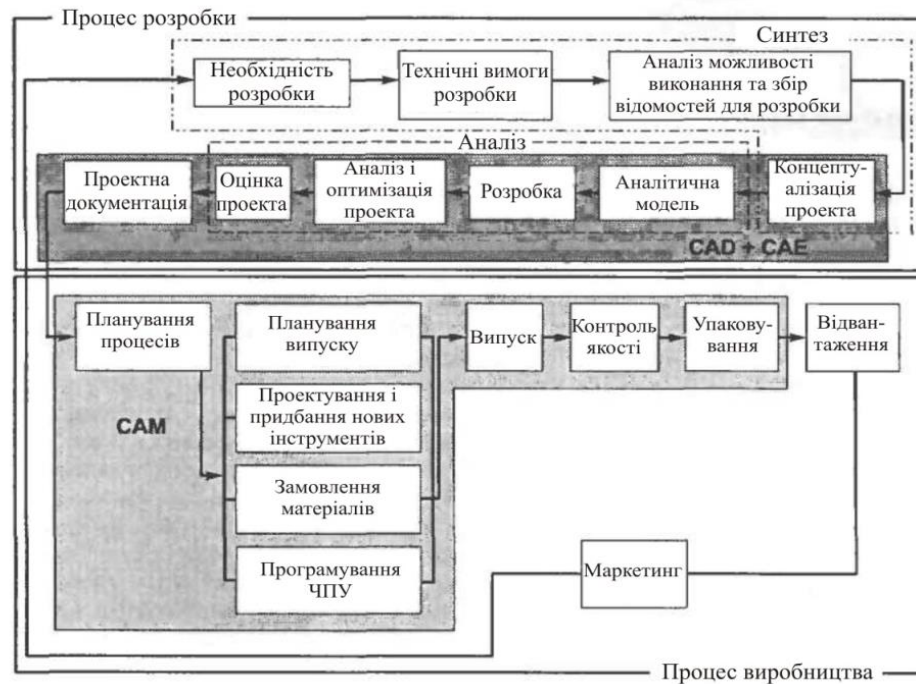


Рисунок 2.1 – Життєвий цикл виробу

Основні процеси життєвого циклу виробу – процеси розробки та виробництва – зображено двома прямокутниками з суцільними лініями.

Перший етап починається із вивчення споживчого попиту, який фіксується та опрацьовується маркетинговим підрозділом підприємства. Далі, на основі зібраної інформації, розпочинається створення концепції нового продукту. Цей процес завершується формуванням повного опису виробу, що зазвичай оформлюється у вигляді креслень, схем. Процес виробництва розпочинається після затвердження технічних вимог до виробу. Він включає підготовку матеріалів, складання, обробку, контроль якості, тестування й закінчується постачанням готового виробу до кінцевого споживача або складу.

Процес розробки має складну структуру і складається з двох основних підпроцесів: синтетичного (синтез) та аналітичного (аналіз). На етапі синтезу виконуються початкові роботи, які включають визначення необхідності створення нового продукту, формування до нього технічних вимог, оцінку

доцільності розробки; збирання інформації про подібні вироби, технології, матеріали; розробку концепції майбутнього виробу. Результатом цього підпроцесу є концептуальний проект — попереднє технічне рішення, що відображається у вигляді ескізів, структурних схем, які демонструють загальний вигляд виробу, принципи його дії та взаємозв'язки між елементами. У межах цього етапу також відбувається визначення функціональних можливостей виробу та виконуються основні фінансові вкладення, необхідні для реалізації ідеї. Варто зазначити, що більшість даних, створених на етапі синтезу, мають якісний характер — тобто вони описують властивості або концепції, які складно формалізувати та автоматизовано обробити за допомогою комп'ютерних систем.

Після створення концептуального проекту необхідно оцінити його ефективність і здійснити оптимізацію. Тож настає черга аналітичного підпроцесу. Під час цієї стадії будується аналітична модель, яка дозволяє виконати розрахунки, виявити слабкі місця, перевірити працездатність і відповідність заданим параметрам. Зазначимо, що аналізу піддається не сам проект, а його модель — спрощене представлення, яке зберігає основні характеристики виробу, але виключає другорядні деталі, що не впливають на результат. Це дозволяє знизити обчислювальні витрати та спростити аналіз.

Для спрощення моделі застосовуються такі прийоми, як редукція розмірностей — наприклад, тонкий металевий лист можна замінити плоскою поверхнею з вказаною товщиною, а довгу вузьку деталь — лінією з параметрами поперечного перерізу; використання симетрії — якщо конструкція та навантаження мають симетричні властивості. Можна аналізувати лише частину виробу, що суттєво зменшує обсяг розрахунків.

Попри те, що комп'ютери та програмні засоби активно використовуються у процесі конструювання, повна відмова від абстрактного аналітичного моделювання поки що недоцільна, бо дозволяє створити точні та ефективні цифрові копії виробів, що слугують основою для подальших інженерних розрахунків і вдосконалення конструкцій, а також дозволяє швидко

оцінити доцільність певних рішень, створює гнучкість і універсальність у проектуванні, у поєднанні з комп'ютерним моделюванням дозволяє отримувати більш надійні та обґрунтовані результати.

Після завершення етапу проектування та визначення оптимальних параметрів виробу розпочинається стадія оцінювання проекту. З цією метою можуть бути виготовлені дослідні зразки, для створення яких часто застосовують сучасну технологію швидкого прототипування (*rapid prototyping*), яка дозволяє створювати фізичні моделі виробу безпосередньо на основі цифрових даних про його геометрію. Метод передбачає побудову моделі знизу вгору, тобто шар за шаром, використовуючи переважно інформацію про поперечні перерізи виробу. Наступним етапом є організація виробництва, що починається з розробки плану виготовлення на основі креслень, підготовлених на проектному етапі. Виробничий процес завершиться випуском готової продукції. Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) охоплює визначення послідовності технологічних операцій, необхідних для виготовлення виробу із заданими характеристиками. Одночасно обирається обладнання для проведення обробних процесів – наприклад, виготовлення деталей із заготовок за допомогою механічної обробки.

У результаті ТПВ формується виробничий план, складаються списки необхідних матеріалів, а також генеруються програми для керування обладнанням (наприклад, ЧПУ-код). Додатково розглядаються конструкції допоміжного оснащення, зокрема, елементи кріплення, затискачі тощо. У структурі виробничого циклу цей етап відіграє ту ж роль, що й етап синтезу в конструкторському процесі, оскільки також вимагає високого рівня професійних знань і прийняття рішень, що базуються на практичному досвіді. Тому виникає потреба в широкому використанні комп'ютерних технологій для автоматизації і підтримки підготовчого етапу. Після його завершення починається серійне або одиничне виготовлення продукції, її перевірка та контроль якості. Елементи, що пройшли успішне тестування, збираються в

єдиний виріб, проходять функціональне випробування, після чого підлягають упаковці, маркуванню та транспортуванню замовників.

У подальшому розглянемо, яким чином у межах описаного життєвого циклу виробу можуть застосовуватись системи автоматизованого проектування (CAD), комп'ютерного виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE).

У підпроцесі синтезу розробник не може покладатися на комп'ютер, проте за допомогою комерційних баз даних доцільно збирати потрібну інформацію для аналізу. Застосування комп'ютерних технологій значно підвищує ефективність процесу створення концептуальних проектів. Для цього широко використовуються інструменти параметричного та геометричного моделювання, а також макропрограми, що є складовими систем автоматизованого створення креслень (CAD — Computer-Aided Drafting). Системи геометричного моделювання (geometric modeling systems) є тривимірними аналогами CAD-систем, що дозволяють працювати з об'ємними об'єктами, здійснюючи їх візуалізацію та обробку у 3D-просторі. У рамках аналітичного етапу проектування комп'ютерні технології стали незамінним інструментом. Сучасні інженерні CAE-системи (Computer-Aided Engineering) включають безліч спеціалізованих програмних засобів, які дозволяють виконувати розрахунки напружено-деформованого стану, кінематичний аналіз, контроль зіткнень та інші складні інженерні дослідження. Однак головним викликом при використанні таких пакетів є необхідність побудови аналітичної моделі. Автоматизація цього процесу є складною, і формування аналітичної моделі зазвичай виконується окремо. Таку модель можна створити в середовищі системи геометричного моделювання або ж безпосередньо в інженерному аналітичному пакеті. Щоб це здійснити, об'єкт треба створити у вигляді сітки — сукупності елементів, які розбивають його на зони. Процес генерації цієї сітки називається моделюванням методом кінцевих елементів (Finite Element Modeling, FEM), який включає також задання граничних умов та прикладених зовнішніх навантажень.

Після побудови аналітичної моделі виконується розрахунок на основі заданих параметрів. Такі задачі вирішуються із застосуванням алгоритмів пошуку оптимальних рішень. Хоча процес оптимізації може бути частиною загальної CAD-системи, на практиці його зручно реалізовувати як окремий процес.

Наступна фаза — оцінювання проекту — передбачає створення дослідного зразка. Цей етап може бути реалізований за допомогою технологій швидкого прототипування (Rapid Prototyping), які належать до засобів комп'ютерної підготовки виробництва (CAM — Computer-Aided Manufacturing). Геометричні дані, отримані під час моделювання, використовуються для побудови фізичного прототипу.

Однак, з огляду на сучасні тенденції, більшого поширення набуває віртуальне прототипування. Цей підхід передбачає створення цифрової копії виробу (digital mock-up), яка здатна відтворити ті ж характеристики, що й фізичний зразок. Віртуальне прототипування виконується в спеціалізованих програмних середовищах і дозволяє суттєво зекономити час і ресурси на етапі досліджень.

Завершальним етапом проектного процесу є оформлення конструкторської документації. Тут особливу роль відіграють системи підготовки робочих креслень, які забезпечують точність, повноту й уніфікованість проектної інформації для подальшого її використання на виробництві.

Виробничий процес охоплює низку важливих етапів, таких як: планування випуску продукції, проектування та закупівля інструментів, замовлення необхідних матеріалів, програмування обладнання з числовим програмним управлінням (ЧПУ), контроль якості, а також пакування готових виробів.

Для підвищення ефективності цих етапів активно застосовуються системи автоматизованого виробництва (CAM). Однією з ключових складових є система автоматизованої технологічної підготовки виробництва (Computer-

Aided Process Planning — CAPP), яка використовується на етапі планування технологічного процесу. Хоча повна автоматизація цього етапу є складною і повністю автономні рішення наразі відсутні, окремі програмні засоби дозволяють значно скоротити час розробки, створюючи керуючі програми для верстатів з ЧПУ, які формують деталі відповідної форми за заданими параметрами, що надходять безпосередньо з комп'ютера.

До складу САМ-систем також входять програмні комплекси для керування промисловими роботами при монтажі деталей, автоматизованого переміщення елементів між робочими позиціями, програмування координатно-вимірювальних машин (coordinate measuring machine — CMM), які забезпечують високоточну перевірку геометричних параметрів виготовлених виробів.

На рівні управління виробничим процесом функціонує автоматизована система управління підприємством (АСУП), яка забезпечує загальну координацію ресурсів, логістики та фінансів. Паралельно із цим, автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) відповідають за контроль і регулювання параметрів у реальному часі безпосередньо на виробництві. До АСУП входять ERP-системи (Enterprise Resource Planning) — універсальні платформи, які забезпечують широкий спектр бізнес-задач: фінансування, планування виробництва, управління закупівлями, збутом, маркетингом, персоналом, обліком складу, управління основними засобами тощо. MRP-2-системи (Manufacturing Resource Planning) — орієнтовані передусім на управління ресурсами, безпосередньо пов'язаними з виробничими процесами. Вони дозволяють планувати матеріальні потреби, обсяги виробництва та ресурси на основі попередніх прогнозів. SCM-системи (Supply Chain Management) — здійснюють управління ланцюгами постачання, включаючи координацію з постачальниками та логістику. Підсистеми MRP-2 та SCM можна інтегрувати в рамках ERP-рішень, однак сучасна практика все частіше розглядає їх як окремі спеціалізовані системи, що дозволяє гнучкіше адаптувати їх до конкретних завдань підприємства.

Таким чином, впровадження таких інформаційних систем дозволяє не лише ефективно управляти ресурсами, а й забезпечувати цілісність і взаємозв'язок усіх підрозділів підприємства у межах єдиного цифрового середовища.

2.2 PLM системи

PLM (Product Lifecycle Management) — процес керування усіма етапами життєвого циклу продукту. Системи PLM — це програмне забезпечення, яке призначене для автоматизації та підвищення ефективності виробничих процесів на всіх стадіях існування продукту, і основна увага приділяється керуванню даними про виріб. Однією з ключових функцій технології PLM є створення єдиного інформаційного простору, який об'єднує всі автоматизовані системи, що функціонують на підприємстві, незалежно від їхніх виробників і структурної побудови. Це забезпечує узгодженість даних і безперервну інформаційну підтримку виробу. Концепція PLM також передбачає інтеграцію методів і засобів автоматизації не лише в межах одного підприємства, а й між різними підприємствами.

Основними складовими PLM-системи на підприємстві є:

- PDM-система (Product Data Management) — система управління даними про виріб, яка є базовим елементом PLM і призначена для зберігання та організації технічної інформації;
- CAD-система (Computer Aided Design) — інструмент для проектування виробів;
- CAE-система (Computer Aided Engineering) — забезпечує проведення інженерних розрахунків і аналізів;
- CAPP-система (Computer Aided Production Planning) — використовується для створення технологічних процесів;
- CAM-система (Computer Aided Manufacturing) — розробляє керуючі програми для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК);

– MPM-система (Manufacturing Process Management) — відповідає за моделювання й аналіз виробничих процесів.

PLM-система не є єдиним програмним продуктом, а являє собою інтегрований комплекс програмних рішень, які можуть надходити від різних розробників (хоча деякі постачальники прагнуть охопити повний спектр функцій у межах одного рішення). Завдання PLM-системи — створення інженерних даних (за допомогою CAD, CAE, CAPP, CAM, MPM) і їхнє управління (через PDM-систему). Крім того, PLM-система повинна взаємодіяти з системами управління проектами, АСУП / ERP-системами, а за потреби — з інформаційними системами клієнтів або партнерів підприємства (рисунк 2.2).

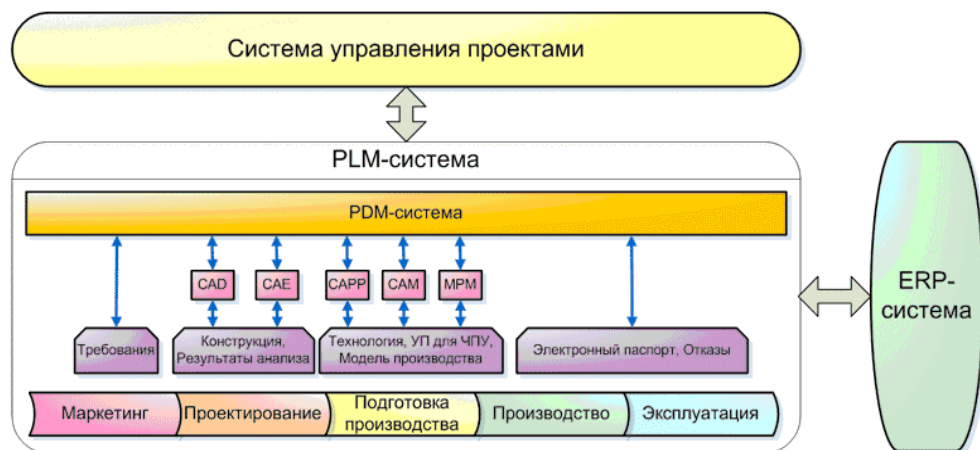


Рисунок 2.2 – PLM Система

Відразу слід зазначити, що практично всі сучасні PDM-системи мають функціонал з управління проектами, але, на наш погляд, його застосування, у порівнянні з використанням спеціалізованих систем, не завжди виправдано.

Сучасні ключові принципи концепції PLM охоплюють наступне:

- детальне документування, захищене зберігання та контрольоване використання всієї інформації про продукт на всіх етапах його життєвого циклу;
- забезпечення цілісності та узгодженості даних про виріб протягом усього періоду його існування;

- управління всіма бізнес-процесами та супутніми даними з метою розповсюдження інформації в межах усього підприємства відповідно до встановлених правил.

Відповідно змінилося й охоплення даних, PLM-рішення оперують вже практично всім набором даних, пов'язаних з продукцією, в тому числі офісними документами, мультимедіа даними і т.п.

Найбільш активно впровадження PLM-рішень відбувається в проектних організаціях, що займаються архітектурно-будівельним і промисловим проектуванням, управлінням інфраструктурою і власністю, управлінням процесами виробництва, збуту і супроводу продукції.

До того ж розширилися і функціональні можливості PLM-рішень: інтегруються інструменти для управління проектами, засоби календарного планування та системи управління вимогами. Обов'язковим є наявність у складі рішення потужних засобів Workflow, які дозволяють автоматизувати бізнес-процеси в рамках всього розширеного підприємства. Причому намітилася цікава тенденція: якщо раніше в рамках придбання ліцензій на програмні компоненти PLM-рішення основні робочі місця зазвичай припадали на частку співробітників, що займаються безпосередньо розробкою (конструкторські та технологічні служби), і мова йшла про модулі САПР і PDM для цих служб, то останнім часом помітний суттєвий приріст числа користувачів, які є споживачами вже створених даних. При цьому основним робочим інструментом для співробітників цих служб стають засоби пошуку інформації, засоби візуалізації та формування звітних документів.

Висновки до другого розділу

Життєвий цикл промислового виробу охоплює сукупність послідовних етапів — від виникнення ідеї до утилізації готової продукції. До ключових фаз життєвого циклу виробу належать проектування, технологічна підготовка, виробництво, реалізація, експлуатація та утилізація. Важливу роль у цьому процесі відіграють також супровідні етапи, як-от: маркетинг, закупівля матеріалів, пакування, зберігання та введення в експлуатацію.

Процес розробки охоплює як аналітичні, так і синтетичні операції, починаючи з аналізу потреб і закінчуючи створенням концептуального проекту. Комп'ютерні технології, зокрема CAD, CAE, CAM, CAPP, MPM і PLM, широко застосовуються для автоматизації процесів проектування, аналізу, моделювання, планування та виробництва, значно підвищуючи ефективність і якість продукції.

Використання PLM у складних багатоступеневих виробничих процесах забезпечує централізоване управління всіма даними про виріб на всіх етапах життєвого циклу, дає змогу досягти вищого рівня координації, оптимізувати обмін даними між підрозділами та партнерами, підвищити ефективність управління проектами і скоротити час виходу продукції на ринок, а отже, й підвищити конкурентоспроможність підприємства.

3 АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ САПР

З ускладненням конструкцій машин і жорсткістю вимог, пропонованих до них, складність конструкторських завдань, а отже, і вимог до кваліфікації інженерів-конструкторів підвищується. У той же час строки, що приділяються на проектування виробу, найчастіше різко скорочуються. Внаслідок цього зростає вплив етапу проектування на ефективність машинобудівного виробництва.

У промисловості з етапом проектування безпосередньо зв'язані освоєння випуску нових виробів, підвищення якості продукції, як наслідок, максимальне зменшення тривалості процесу проектування має першорядне значення. Зростання трудомісткості проектування, але в той же час необхідність скорочення термінів його виконання вимагають докорінного перегляду підходів до проектної діяльності й активного залучення обчислювальної техніки. У зв'язку з цим автоматизація процесів досягається шляхом впровадження автоматизованої системи проектування конструкторської документації.

3.1 Характеристика існуючої моделі САПР

Виробнича система промислового підприємства являє собою інтегроване об'єднання структурних підрозділів, посадових осіб та технологічних ланок, між якими реалізуються організаційні, економічні, соціальні й психологічні взаємозв'язки. Упорядковане поєднання цих складових формує організаційну структуру керування, що відображає логіку розподілу управлінських функцій та обов'язків, а також повноважень у межах підприємства.

Будова функціональної структури зумовлена особливостями виробничого процесу й не залежить від масштабу підприємства. У невеликих організаціях функції можуть бути об'єднані в межах окремих посадових

одиниць, тоді як у великих підприємствах функції, як правило, чітко диференційовані.

На основі функціональної структури формується виробнича структура, що включає конкретний склад цехів, дільниць та допоміжних служб і визначається типом виробництва, прийнятим принципом організації (технологічним або предметно-замкненим) і масштабами підприємства. У свою чергу, організаційна структура управління формується відповідно до обраної системи управління: лінійної, функціональної, лінійно-функціональної, дивізійної, матричної або тензорної.

У промисловості найпоширенішою моделлю є лінійно-функціональна структура управління, що передбачає чітке розмежування управлінських повноважень: лінійні керівники (директор, керівники підрозділів, майстри тощо) наділяються повною відповідальністю за функціонування підпорядкованих підрозділів; функціональні керівники (головний інженер, головний бухгалтер, головний економіст та ін.) здійснюють координацію та контроль у межах спеціалізованих напрямів діяльності підприємства, формуючи управлінський апарат при керівникові.

Типова організаційна структура управління підприємством, розроблена на основі проведеного аналізу, представлена у вигляді структурної схеми (рис. 3.1). Вона відображає лише рівень виконавчих органів управління, тоді як органи стратегічного керівництва (наглядова рада, рада директорів тощо) не розглядаються через варіативність організаційно-правових форм підприємств.

3.2 Недоліки та переваги існуючої системи автоматизованого проектування та формування виробничої задачі

Проектування і виготовлення різних виробів є сукупністю взаємозв'язаних процесів, які вирішують конкретні завдання в умовах промислового виробництва. Конструкторська і технологічна підготовка – це

початковий етап життєвого циклу продукції, на якому формуються проектні рішення нових виробів у відповідності до маркетингової політики компанії.

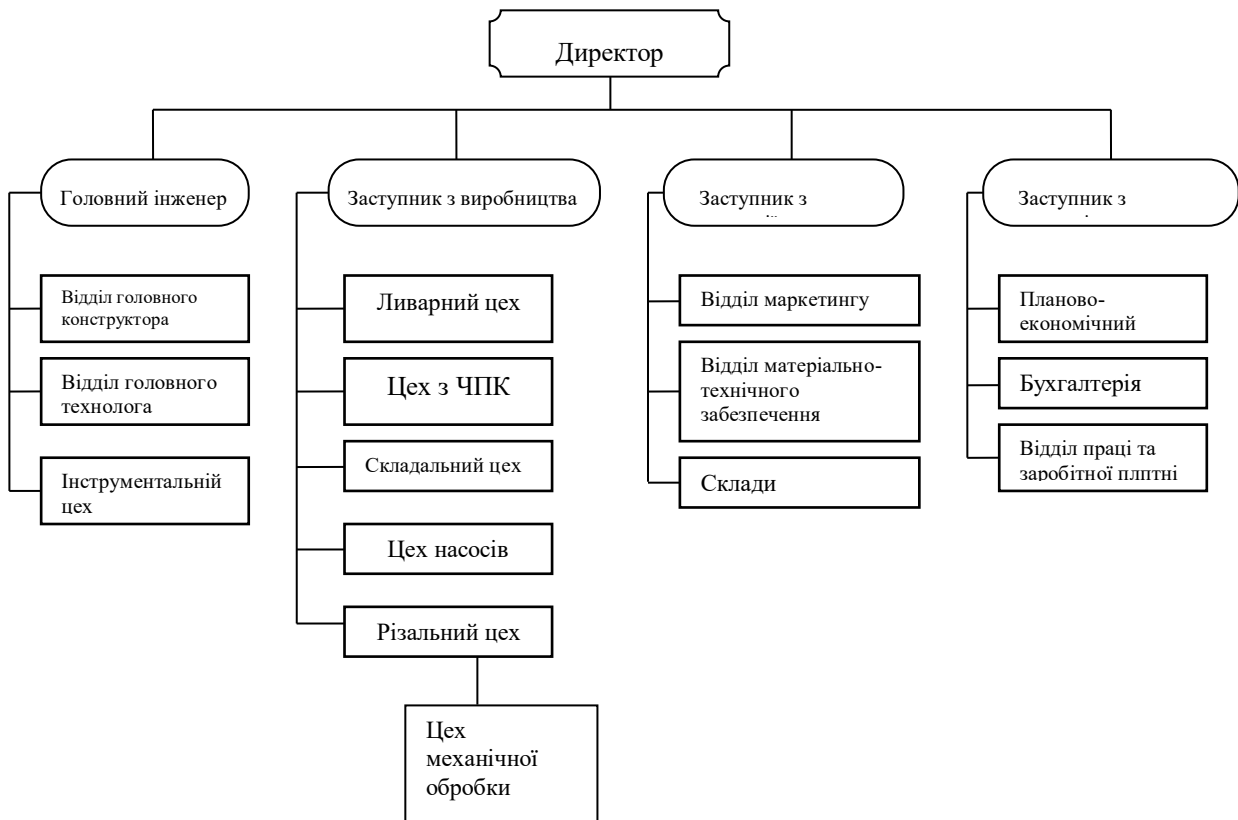


Рисунок 3.1 – Організаційна структура підприємства

Актуальні системи автоматизованого проектування (САПР) промислової продукції також включають локальні підсистеми «Конструктор» і «Технолог», які забезпечують автоматизовану підготовку нової продукції до виробництва. Використання таких підсистем дозволяє зменшити витрати та підвищити якість проектування на конструкторському та технологічному етапах у порівнянні з традиційними, неавтоматизованими методами. Проте, робота автономних підсистем викликає величезну кількість узгоджень, що вимагають доопрацювання і коректування проектних рішень. Взаємозв'язок цих підсистем ускладнюється відсутністю системного підходу до формування інформаційного забезпечення процесу автоматизованого проектування. Проведені дослідження показали, що функціонування локальних САПР в неінтегрованому середовищі

в процесі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва приводить до виникнення наступних проблем:

- неузгодженості інформаційних потоків між підсистемами САПР;
- недостатності інформації для проведення проектування;
- наявності конструкторських і технологічних помилок при проектуванні і виробництві промислових виробів;
- зниження якості інформаційного забезпечення;
- збільшення термінів проектування нових різновидів продукції;
- ускладнення доступу до необхідної інформації під час роботи в мережі;
- зниження гнучкості реагування виробництва на вимоги ринку.

Наявність цих проблем вимагає додаткових зусиль для розробки проектних рішень, що приводить до збільшення термінів впровадження, зниження якості проекту і готових виробів. Одним з напрямів розв'язання задач вдосконалення процесу проектування нових різновидів продукції є пошук шляхів інтеграції конструкторської і технологічної підготовки виробництва в умовах САПР для вироблення сумісних ефективних рішень, позбувшись зайвих узгоджень і повторних циклів проектування. Для цього слід провести вивчення процесу автоматизованого проектування в неінтегрованому середовищі, виявити проблеми при застосуванні локальних підсистем і створити інформаційний простір, що забезпечує інтеграцію конструкторської і технологічної підготовки і розробку сумісних проектних рішень при зниженні термінів впровадження нових різновидів продукції у виробництво і підвищенні якості проектів і готових виробів.

3.3 Вимоги до технічного завдання

Технічне завдання (ТЗ) є ключовим документом, що слугує відправною точкою при розробці автоматизованих систем проектування (САПР). Воно визначає мету створення системи, основні вимоги до неї. Основна роль ТЗ: чітке формулювання потреб (ТЗ дозволяє сформувати єдине бачення між

замовником і розробником щодо майбутньої системи); планування розробки (визначає обсяг і послідовність робіт, ресурси, строки та відповідальність сторін); юридична підстава (є офіційним документом, використовується для контролю виконання зобов'язань між сторонами), основа для перевірки результатів (на його основі проводиться тестування, оцінка ефективності та відповідності розробленої системи початковим вимогам).

ТЗ розробляється головним розробником системи й оформлюється відповідно до встановлених стандартів, зокрема РД 50-34.698-90. Правильно складене технічне завдання забезпечує ефективність створення та впровадження САПР, зменшує ризики помилок і непорозумінь між учасниками проекту.

Зміст технічного завдання зазвичай включає найменування проекту та сферу його застосування; підстави для розробки; цілі створення та призначення САПР; опис об'єктів, які підлягають проектуванню; характеристику процесу проектування; вимоги до функцій, інтерфейсу, надійності, безпеки тощо; техніко-економічні показники; стадії виконання проекту; порядок випробувань і введення в експлуатацію; джерела інформації, що використовуються під час розробки.

Висновки до третього розділу

У результаті детального ознайомлення з діяльністю підприємства та проведення бесіди з його представником було виявлено низку організаційно-технічних недоліків, що обмежують ефективність функціонування інформаційної системи. Зокрема: відсутність централізованого електронного архіву, що ускладнює збереження та доступ до документації; бази даних функціонують автономно в межах окремих підрозділів без інтеграції в єдиний інформаційний простір; недостатньо ефективна організація комунікацій між структурними підрозділами, що призводить до затримок в обміні інформацією

та зниження узгодженості дій. Оптимальне функціонування підприємства також значною мірою залежить від ефективної організаційної структури управління. У цьому контексті лінійно-функціональна модель виявляється доцільною, оскільки забезпечує чіткий розподіл повноважень, відповідальності та підвищує керованість підприємством.

Потрібно провести модернізацію наявної системи з метою збільшення частки проектних процесів, які відбуваються в автоматизованому режимі. Організувати роботу всіх інформаційних служб у єдиному інформаційному середовищі. У перспективі САПР має інтегруватися в загальний інформаційний простір підприємства. Для ефективної роботи усієї системи потрібно, щоб усі підсистеми були інформаційно скоординовані, що дасть змогу здійснювати проектування конструкторської й технологічної документації одночасно. Це, у свою чергу, сприятиме пришвидшенню всіх процесів та підвищенню рівня конкурентоспроможності продукції. Створити електронний архів замість паперового. Це передумова для формування єдиного інформаційного простору підприємства. Ввести електронно-цифровий підпис, який дозволить замість паперового еталону документа використовувати електронну модель виробу, що проектується.

Отже, підвищення ефективності проектного процесу можливе лише за умови глибокої інтеграції САПР із виробничими та управлінськими підсистемами підприємства, що дозволить скоротити цикл розробки продукції, покращити якість документації, знизити ймовірність помилок та прискорити виведення нової продукції на ринок. Автоматизація і структурна оптимізація проектної діяльності є критично важливими для забезпечення сталого розвитку машинобудівного підприємства у конкурентному технологічному середовищі.

4 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

4.1 Розробка функціональної моделі процесу

Наступним етапом є створення нової функціональної моделі підсистеми ведення конструкторсько-технологічних баз даних з обліком вимог автоматизації з перспективою на інформаційні потреби управлінських процесів та документообігу. Підсистема ведення конструкторсько-технологічних баз даних має забезпечувати централізоване зберігання, обробку та доступ до технічної інформації, необхідної для проектування, виготовлення та обслуговування продукції.

У середовищі Allfusion Process Modeller v7.2 була створена функціональна модель цього процесу (рисунок 4.1).

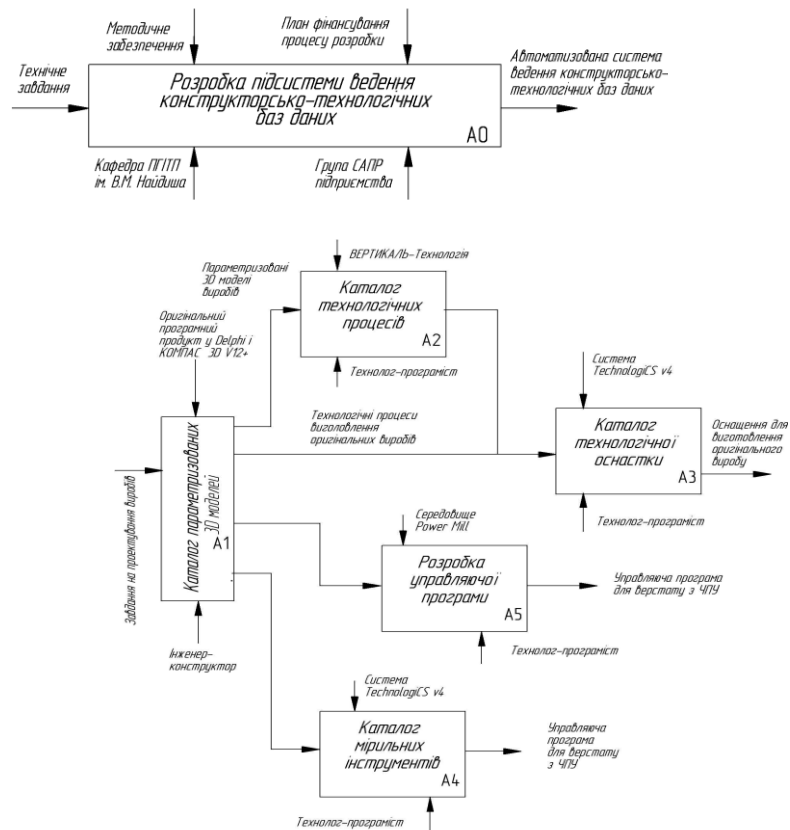


Рисунок 4.1 – Функціональна модель процесу ведення конструкторсько-технологічних баз даних.

Діаграма першого рівня є деталізацією блоку A0 включає блоки A1 – каталог параметризованих 3D моделей виробів, A2 – каталог технологічних процесів виготовлення типових виробів, A3 – каталог технологічної оснастки, A4 – каталог мірних інструментів, A5 – розробка керуючої програми для верстата з ЧПУ.

У процесі проектування системи здійснюється вибір апаратно-програмної платформи, визначається базове програмне забезпечення (ПЗ) як для основних, так і для допоміжних підсистем, розробляється структура корпоративної мережі з урахуванням типів мережевого обладнання, параметрів сервера та робочих станцій. Також встановлюється потреба в створенні унікальних програмних модулів. [13].

Реалізація проекту підсистеми автоматизованого ведення конструкторсько-технологічних баз даних передбачає підготовку інфраструктури: облаштування приміщень, прокладання кабельної мережі, навчання персоналу, а також закупівлю та встановлення апаратного й програмного забезпечення.

Завершальним етапом впровадження підсистеми у виробничий процес є дослідне випробування, під час якого проводиться оцінка її працездатності та виявляються необхідні удосконалення або зміни для подальшої оптимізації системи. [7,8].

Таким чином, розроблена функціональна модель підсистеми ведення конструкторсько-технологічних баз даних забезпечує не лише автоматизацію ключових операцій у сфері проектування, а й створює основу для інтеграції технічної інформації в загальну інформаційну систему підприємства, що відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації виробництва.

4.2 Ескізний проект

З кожним роком обсяги інформаційного обміну зростають і стають більш складними, що зумовлює актуальність створення нових, більш

досконалих підходів до дослідження, опису та аналізу інформаційних потоків в межах організації. Тож логічно припустити, що ступінь прогресу підприємства залежить від вправності керування всіма процесами та швидкості виконання робіт. Одним з рішень у даному випадку виступає створення ескізного проекту, який створюють перед розробкою технічного проекту чи оформленням документації. Його головне призначення полягає у визначенні основних принципових рішень (як конструктивних, так і схемотехнічних), які надають загальне уявлення про функціонування та будову виробу. Під час підготовки ескізного проекту можуть опрацьовуватись різні варіанти конструкцій виробу або його окремих елементів. Проте у деяких випадках розробка ескізного проекту здійснюється без попереднього порівняльного аналізу альтернативних рішень.

Впродовж розробки ескізного проекту виконуються роботи, спрямовані на задоволення вимог, що висуваються до виробу, а також на визначення основних принципових рішень. Обсяг і перелік цих робіт встановлює розробник залежно від особливостей та призначення виробу, узгоджуючи їх із замовником.

На етапі створення ескізного проекту не дублюються роботи, які вже були виконані під час підготовки технічної пропозиції, якщо вони не надають нових або уточнюючих відомостей.. У подібних випадках отримані раніше результати подаються у пояснювальній записці Документація, що формує ескізний проект, включає конструкторські документи, передбачені технічним завданням та протоколом розгляду технічної пропозиції, відповідно до вимог стандарту ГОСТ 2.102-68.

Документи, створені виключно для виготовлення макетів, не включаються до складу ескізного проекту. [27]

Для подальшого розгляду, погодження або затвердження використовуються копії документів ескізного проекту, оформлені згідно з вимогами ГОСТ 2.106-96. У разі домовленості із замовником допускається подання оригіналів.

Конструкторські документи, що містять кілька варіантів виробу, повинні бути складені з урахуванням вимог ГОСТ 2.118-73 — з належним відображенням варіантних рішень, відповідним розміщенням зображень, таблиць та супровідної інформації. [29]

Ключовий документ ескізного проекту, повинні містити:

- зображення виробу (види, розрізи, перерізи), текстові позначення і пояснення, що розкривають конструктивні особливості, принцип дії та взаємодію вузлів;
- найменування і, за потреби, їх позначення, з вказівкою кількості, матеріалів, технічних характеристик або інших ключових параметрів;
- розміри та технічні дані, які наносяться на креслення (за потреби);
- умовну схему, якщо її включення дозволяє покращити сприйняття
- конструкції, але створення окремого документа не виправдане;
- перелік основних технічних характеристик, що дозволяє порівнювати різні
- варіанти виробу безпосередньо за кресленням загального вигляду.

Застосування цього підходу до розробки ескізного проекту сприяє більш чіткому формуванню вимог до виробу, забезпечує узгодженість між конструкторською документацією і майбутніми етапами технічного проектування, а також дозволяє ефективно інтегрувати дані в загальну інформаційну систему підприємства.

Зображення на робочих кресленнях виконують із максимально допустимими спрощеннями, передбаченими стандартами Єдиної системи конструкторської документації. Частини виробу, включаючи покупні або запозичені (раніше створені), зображаються спрощено — іноді лише у вигляді контурів — за умови, що це не перешкоджає правильному розумінню конструкції, взаємодії частин і принципу роботи виробу.

Окремі елементи виробу можуть бути зображені як на тому ж аркуші, де розміщено загальний вигляд, так і на окремих наступних листах креслення загального виду.

Позначення та назви складових частин виробу на кресленнях загального вигляду можуть бути подані трьома різними способами: на виносних лініях; у

таблиці, що розташована безпосередньо на аркуші креслення виробу; у таблиці, виконаній на окремих аркушах формату А4 згідно з ГОСТ 2.301-68, ці аркуші додаються до загального креслення. Якщо використовується таблиця, на полях виносних ліній зазначаються позиційні номери деталей, що до неї включені. Стандартна структура таблиці містить такі графи: «Позначення», «К-сть», «Примітка».

Запис складових частин у таблиці рекомендується здійснювати в такій послідовності:

- запозичені вироби;
- покупні елементи;
- нові, щойно розроблені вироби.

Оформлення елементів креслення загального вигляду (позиційні номери, технічні вимоги, надписи тощо) виконується згідно з вимогами стандартів Єдиної системи конструкторської документації, які регламентують оформлення робочих креслень.

У відомість ескізного проекту вносять усі конструкторські документи, що входять до його складу, у порядку, встановленому ГОСТ 2.106-96, незалежно від того, до якого варіанту проекту вони належать.

У графі «Примітка» за потреби дозволяється зазначати, якому саме варіанту відповідає конкретний документ.

Пояснювальну записку до ескізного проекту оформлюють відповідно до вимог стандарту ГОСТ 2.106-96, з урахуванням таких основних положень щодо змісту окремих розділів:

а) Вступ. У цьому розділі зазначають назву проекту, номер і дату затвердження технічного завдання. Якщо розроблення ескізного проекту ініційовано не технічним завданням, а протоколом розгляду технічної пропозиції, роблять відповідну позначку на кшталт: «Ескізний проект розробляється відповідно до технічної пропозиції...», вказуючи номер і дату документа.

б) Призначення і сфера застосування виробу. Тут викладають інформацію з технічного завдання та технічної пропозиції, а також доповнюють її деталями щодо умов і сфери використання розроблюваного виробу. У разі потреби подають короткий опис об'єкта, для якого призначено виріб.

в) Технічні характеристики У цьому розділі надають:

- основні параметри й технічні показники виробу;
- інформацію про відповідність вимогам технічного завдання або про відхилення від них, з поясненням причин таких відхилень;
- результати порівняння характеристик виробу з аналогами (вітчизняними чи зарубіжними) або посилання на карту технічного рівня і якості.

г) Опис і обґрунтування конструкції. Сюди включають:

- характеристику конструкції й обґрунтування обраних технічних рішень (схемних, конструктивних тощо);
- інформацію про наявні макети (за наявності), програму та методику їх випробувань, результати тестування та оцінку відповідності макетів вимогам, включаючи аспекти ергономіки та дизайну;
- позначення основних конструкторських документів, на основі яких виготовлялися макети, а також номери й дати звітів або протоколів з випробувань;
 - оцінку технологічності конструкції;
- результати перевірки на патентну чистоту і конкурентоспроможність;
- інформацію щодо використаних винаходів та поданих заявок на нові технічні рішення;
- дані про відповідність вимогам безпеки праці та санітарним нормам;
- попередню інформацію щодо пакування і транспортування виробу (якщо потрібно);
- технічні вимоги до нових матеріалів і компонентів, які повинні бути розроблені іншими організаціями (вони можуть бути додані у вигляді додатка до записки);

- відповідність використаних запозичених елементів (раніше створених) технічним параметрам, режимам експлуатації, гарантійним строкам тощо;
- основні відомості про технологію виробництва виробу.

Розглянемо основні проблеми, характерні для малого за розмірами машинобудівного підприємства, наростання яких понад певну межу приводить до таких наслідків:

- складність структури виробів, що випускаються;
- необхідність забезпечити узгоджену роботу різних підрозділів;
- велика кількість постачальників, що обумовлює необхідність чіткого планування;
- наявність у структурі підприємства невиробничих служб: збуту, житлового і соціального секторів і так далі;
- територіальна розподіленість.

Як наслідок цього необхідно забезпечити інтеграцію в працездатну єдину систему наступних підсистем:

- АСУП (MRP, MRP II, ERP) (включаючи склад, бухгалтерію, кадри, планово-економічний відділ і тому подібне);
- конструкторських САПР і розрахункових систем;
- АСТПП;
- PDM-систем;
- служби архіву і технічної документації;
- служби нормоконтроля і контролю якості;
- геоінформаційних систем (проектне управління);
- АСОВІ ТП;
- офісних систем;
- прикладних програм власної розробки.

Проблема посилюється тим, що системи АСУП (MRP) і PDM мають справу головним чином із структурованою інформацією (бази даних й довідники) і транзакціями, а система архіву й документообігу – з неструктурованою (документи, креслення і ін.). І в більшості випадків

джерелами інформації для архівної системи й системи документообігу, що породжують документи, є саме АСУП і PDM-програми. Але, за бажання, можна реалізувати дійсно повнофункціональне рішення, об'єднавши інформацію, що отримується з цих систем.

Сумісне використання систем PDM, АСУП і документообігу знімає практично 90% проблем, пов'язаних з автоматизацією підприємства. Причому PDM і система документообігу є головними сполучними ланками між всіма системами. Тому не дивно, що саме в цьому напрямку ведуть розробки провідні фірми світу.

Створення системи надійних і високопродуктивних ліній зв'язку є одним з першочергових завдань підприємства, що йде по шляху комплексної автоматизації. Говорити про єдину інформаційну мережу без цього не має сенсу. Безумовно, одним з найбільш переважних рішень є використання оптоволоконних ліній зв'язку, але ціна цього рішення поки надмірно висока для більшості підприємств. Тому в промисловості найбільш широке застосування отримали технології Ethernet/fast Ethernet з використанням кабелю типу витой пари.

При побудові системи документообігу підприємства необхідно передбачити можливість автономної роботи підрозділів протягом деякого (досить тривалого) проміжку часу, необхідного на відновлення працездатності каналів зв'язку при різного роду аварійних ситуаціях.

У структурі більшості підприємств, як правило, існує, разом з архівною службою копіювально-розмножувальний відділ, який виконує завдання підготовки документів для кінцевих замовників, як зовнішніх, так і служб і підрозділів підприємства. На архівну службу, спільно з режимними підрозділами, також покладені функції по контролю звернення документів - термінам повернення в архів, відповідності виданої кількості копій поверненому і тому подібне. Впровадження технологій електронного документообігу дозволяє:

- об'єднати архівну службу і копіювально-розмножувальний відділ на базі сучасної обчислювальної техніки;
- понизити витрати на отримання паперових копій документів;
- прискорити звернення документів;
- скоротити час очікування, що витрачається на підбірку документів в архіві;
- підвищити захист даних від несанкціонованого доступу;
- перевести (частково або повністю) паперовий архів підприємства в електронний вигляд.

При розробці САПР слід також пам'ятати, що, незважаючи на спеціалізованість системи, у ній треба максимально використовувати уніфіковані модулі. Безперечно, вимоги універсальності й ефективності взаємосуперечливі: високоефективною може бути тільки спеціалізована система. Разом з тим, використання уніфікованих модулів розширює можливості САПР і знижує час на її розробку, що в умовах «ринку» може з'явитися визначальним чинником. Відомі безліч випадків, коли фірми, зробивши свої системи на декілька місяців раніше своїх конкурентів, завойовували ринок, незважаючи на значно гіршу якість своїх програмних продуктів.

4.3 Технічний проект. Вибір програмного забезпечення. Розробка топології обчислювальної системи

Етап технічного проектування відіграє ключову роль у створенні ефективної та стійкої інформаційної системи на підприємстві. На цьому етапі визначається оптимальний склад програмного забезпечення, формується структура комп'ютерної мережі, а також обґрунтовуються технічні рішення щодо обчислювальної інфраструктури. Метою є створення гнучкої, безпечної та масштабованої системи, яка дозволить реалізувати всі необхідні функції автоматизації, підтримки ділових процесів і зберігання даних.

Перед аналізом сучасних рішень щодо програмного забезпечення необхідно насамперед ретельно дослідити програмні продукти, що вже використовуються на підприємстві, та оцінити їх переваги й недоліки.

Досліджуване нами підприємство «Таврія Турбо Плюс» користувалося застарілим програмним забезпеченням як базового, так і професійного рівня, яке вже не може виконувати ті задачі, які ставлять сучасні ринкові відносини. Вибір програмного забезпечення досить широкий, але треба враховувати й економічну складову. Тож оскільки сучасні програмні рішення вимагають значних фінансових витрат, з економічної точки зору доцільно обрати комплексну систему, яка б об'єднувала функціональність кількох інструментів. З цією метою запропоновано впровадження систем автоматизованого проектування SolidWorks та Inventor, які ефективно вирішують задачі побудови технологічних процесів, формування маршрутів обробки деталей і генерації постпроцесорів.

Для розробки 3D-моделей і технічної документації рекомендовано використовувати SolidWorks, оскільки ця система має зручний інтерфейс і широкий функціонал. При цьому вона легко інтегрується з Inventor, що дозволяє переносити створені моделі з повним збереженням логіки та етапів їхнього проектування. Об'єднання можливостей цих двох рішень формує потужну CAD/CAM/CAPP-платформу, орієнтовану на комплексну автоматизацію підготовки виробництва. Це уніфікований програмний інструмент, який охоплює всі ключові етапи — від проектування до технологічного супроводу. Це універсальний програмний комплекс, який об'єднує засоби для повної автоматизації наступних процесів:

- розробки конструкцій, 3D-моделювання та проектування виробів;
- створення креслень і конструкторської документації відповідно до стандартів ЄСКД;
- побудови технологічних процесів і підготовки відповідної документації згідно з вимогами ЄСТД;
- програмування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК);

- ведення архівів і управління проектною інформацією;
- збереження та використання накопиченого досвіду та знань підприємства.

Вимоги до апаратного забезпечення. (що рекомендуються, з урахуванням швидкого морального старіння комп'ютерної техніки):

- процесор: починаючи з Core i5 (або аналога);
- оперативна пам'ять (ОЗУ): 16-32 Гб;
- відеокарта: переважно NVIDIA з не менше 8 Гб VRAM;
- ОС: Windows 10.

Для роботи потрібна миша – 2 кнопки + колесо.

Відеокарта Nvidia вибрана не випадково, це результат багаточисельних тестів. Далеко не завжди відеокарти з відмінними характеристиками успішно працюють з графічними системами. Ми рекомендуємо Nvidia, чий відеокарти добре зарекомендували себе при роботі в АДЕМ.

Не гарантується стійка робота АДЕМ на відеокартах з чипсетом ATI. Не гарантується стійка робота АДЕМ на вбудованих відеокартах, особливо на чипсеті Intel.

Для роботи в 3d-модулі рекомендується не менше 8 Гб VRAM, для останніх модулів підійде будь-який розмір відеопам'яті, починаючи з 8 Гб. Система займає на жорсткому диску близько 45 Гб плюс файл підключення – усі разом приблизно 50 Гб.

Ціна, характеристика й необхідні модулі SolidWorks та Inventor на даний час наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість SolidWorks та Inventor

Найменування	Характеристика	Модулі, необхідні для роботи	Ціна локальної системи	Ціна мережевої системи
Solid Works та Inventor	Система проектування технологічних процесів, оформлення програм для верстатів з ЧПУ. Операції по класифікаторові технологічних операцій машинобудування і приладобудування 1 85 151 (відрізні, протяжні, розточувальні, свердлувальні, стругальні, довбальні, токарні, фрезерні, шліфувальні, програмні, операції покриття, операції термообробки, операції технічного контролю, транспортування, пакувальні). База даних устаткування, інструменту, матеріалів і оснащення. Розрахунок норм витрати матеріалів. Інструменти для налаштування вихідних форм під стандарти підприємства.	101(плоске моделювання) або 101 і 102 (тривимірне моделювання)	170 000грн.	210 000грн

З метою автоматизації процесу обробки паперового архіву та переведення його в електронну форму доцільним є вибір програмного забезпечення, яке ефективно працює як з векторною, так і з растровою графікою, що дозволить підвищити точність оцифрування та спростити подальшу обробку даних. Вивчаючи ринок продуктів, призначених для роботи зі сканованими документами, вибір був зупинений на програмі Tebis.

Для сканування та обробки геометричних даних у Tebis передбачено спеціалізовані модулі, які забезпечують інтеграцію з 3D-сканерами, а також

підтримку імпорту даних у форматах STL, OBJ, та інших. Система дозволяє ефективно працювати з отриманими цифровими моделями: очищувати, згладжувати, порівнювати із вихідною CAD-моделлю та трансформувати у точну поверхневу або твердотільну геометрію.

Tebis також підтримує функцію растеризації та зворотного перетворення геометричних даних, що дозволяє конвертувати векторні моделі в растрові зображення і навпаки — з максимальною точністю та автоматизацією процесу.

Зрозумілий та інтуїтивно зручний інтерфейс Tebis дає змогу легко адаптуватися до програми працівнику. Це сприяє його швидкому входженню в робоче середовище та підвищенню продуктивності в обробці як простих, так і складних технічних завдань. У таблиці 4.2 наводимо вартість ліцензій програмного забезпечення Tebis.

Таблиця 4.2 – Вартість Tebis

№	Артикул	Назва продукту	Вартість	Валюта	Примітка
1	TB13SL-CU-00000000	Tebis Base 4.1, локальна ліцензія	180 000	грн	Базовий CAD/CAM-модуль
2	TB13SA-CU-00000000	Tebis Base 4.1, мережева ліцензія, додаткове місце	180 000	грн	Для додаткового робочого місця
3	TB13SN-CU-00000000	Tebis Base 4.1, мережева ліцензія, серверна частина	180 000	грн	Необхідне придбання ключа захисту
4	TP13SL-CU-00000000	Tebis Full Suite Pro, локальна ліцензія	325 000	грн	Повний пакет з CAD/CAM/CAE
5	TP13SA-CU-00000000	Tebis Full Suite Pro, мережева ліцензія, додаткове місце	325 000	грн	Для роботи в групі
6	TP13SN-CU-00000000	Tebis Full Suite Pro, мережева ліцензія, серверна частина	325 000	грн	Необхідне придбання захисного ключа

Технічне забезпечення — це сукупність апаратних засобів обчислювальної техніки, які забезпечують функціонування інформаційної системи, включаючи комп’ютери, периферійне обладнання, засоби зв’язку, мережеву інфраструктуру та інші пристрої, необхідні для збору, обробки, зберігання і передавання інформації [24].

Для реалізації ТЗ пропонуємо облаштувати відділ конструктора підприємства «Таврія Турбо Плюс» ПК з характеристиками, які відображені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вартість та характеристики ПК

Персональний комп’ютер	Вартість
– Монітор IPS 27", 2К (2560×1440); – SSD NVMe 1 ТБ; – материнська плата з чипсетом Intel B760; – відеокарта NVIDIA RTX 4060 8GB; – оперативна пам’ять 32 ГБ DDR5 (2×16 ГБ); – процесор Intel Core i5-13400F (10 ядер, до 4.6 GHz)	42 000 грн

На підприємстві «Таврія Турбо Плюс» відсутній електронний архів, велика кількість потрібної інформації зберігається на паперових носіях, що призводить до незручностей у її пошуку та досить довгої обробки.

Для впровадження та налаштування системи електронного архіву необхідно здійснити низку технічних і організаційних заходів:

- вибір серверного обладнання — потрібно підібрати надійний сервер з достатньою обчислювальною потужністю, обсягом оперативної пам’яті та дискового простору для зберігання електронних документів.

- налаштування мережевої інфраструктури — слід забезпечити стабільне мережеве з'єднання, організувати доступ для користувачів із різних підрозділів підприємства та налаштувати права доступу.
- інсталяція програмного забезпечення — обирається відповідна система електронного архівування (наприклад, open-source рішення або комерційна платформа), після чого виконується її встановлення на сервер.
- налаштування бази даних — створюється та конфігурується база даних для зберігання метаданих і структурованої інформації про документи.
- організація резервного копіювання — реалізується система автоматичного збереження копій архіву на випадок збою або втрати даних.
- створення структури архіву — визначається ієрархія папок, категорій документів, шаблони заповнення даних, налагоджується пошукова система.
- проведення навчання персоналу — користувачі мають отримати інструкції з використання системи, а адміністратори — знання для її підтримки та супроводу.
- тестування системи — перед повноцінним запуском здійснюється перевірка функціональності, швидкості доступу, безпеки та надійності системи.

Пропонуємо підібрати технічне забезпечення для створення архіву.

Сервер, який виконуватиме функцію збереження даних, повинен відповідати вимогам щодо високої продуктивності, забезпечувати швидкий доступ до інформації, підтримувати одночасну роботу декількох користувачів та мати достатній обсяг пам'яті. Для ефективного функціонування архівної системи доцільно використовувати сучасний сервер, здатний забезпечити стабільну роботу, оперативну обробку запитів та надійне зберігання великої кількості електронних документів.

Пропонується використовувати сервер наступної конфігурації:

- процесор: 2× Intel Xeon Silver 4310 (12 ядер, 2.1 GHz, до 3.3 GHz, 18MB Cache);
- материнська плата: ASUS Z11PA-U12/10G-2S, підтримка 2× CPU, ECC-пам'яті, RAID, 10GbE LAN;
- оперативна пам'ять: 4×32 GB ECC DDR4 3200MHz (128 GB загалом);

– сховище:

а) 4× SSD NVMe 2TB Samsung 980 PRO (RAID 10) – для системи та швидкого доступу;

б) 6× HDD Seagate Exos 8TB, 7200rpm (RAID 6) – для архівного зберігання;

– RAID-контролер: LSI MegaRAID 9460-16i з кешем 2GB і підтримкою Battery Backup;

– живлення: Два блоки живлення по 800 Вт, з резервуванням (Redundant PSU);

– корпус: Supermicro 4U Rackmount Server Chassis з гарячою заміною накопичувачів (Hot-Swap);

– ОС: Windows Server 2022 / Linux Ubuntu Server 24.04 (залежно від ПЗ архіву).

Для якісного та швидкого введення великоформатної документації пропонується використовувати професійний широкоформатний сканер Colortrac SmartLF SCi 42 у комплекті з програмним забезпеченням SmartWorks Imaging (оновлена версія SmartWorks Pro). Це дозволить:

- виконувати високоточне сканування з роздільною здатністю до 1200 dpi;
- автоматично застосовувати фільтри для покращення якості зображення;
- експортувати скани у формати PDF, TIFF, JPEG та інші;
- забезпечувати інтеграцію з системами електронного документообігу.

Для обробки сканів знадобиться робоча станція:

- процесор: Intel Core i7-13700K (16 ядер);
- оперативна пам'ять: 32 GB DDR5;
- сховище: SSD NVMe 1TB + HDD 4TB;
- відеокарта: NVIDIA RTX 4060 (підтримка апаратного прискорення);
- ОС: Windows 11 Pro.

Ця конфігурація дозволить швидко обробляти скани, конвертувати їх, створювати архіви та працювати з великоформатними PDF-документами.

Для впровадження та налаштування системи електронного архіву необхідно придбати відповідне обладнання для потокової обробки документів, зокрема широкоформатний сканер і комп'ютерну робочу станцію для обробки отриманих зображень та цифрової інформації.

Серед широкоформатних сканерів найбільш оптимальним варіантом з точки зору вартості та функціональності є обладнання виробництва компанії Colortrac (Велика Британія), а саме — програмно-апаратний комплекс SmartWorks Pro.

Це програмне забезпечення забезпечує ефективне сканування великої кількості широкоформатних документів та підвищує продуктивність завдяки вбудованим фільтрам, які дозволяють швидко налаштовувати параметри обробки. Інтерфейс програми зручний навіть для недосвідчених користувачів, оскільки включає готові шаблони для десяти найпоширеніших типів документів, що дозволяє обрати оптимальний режим сканування без потреби у складних налаштуваннях. [21]

SmartWorks Pro має вдосконалену функцію автоматичного визначення габаритів документа. Крім того, передбачена можливість автоматичного фіксування часу створення кожного файлу та активації функції контролю перезапису даних. Сукупність зазначених функцій дозволяє оператору здійснювати безперервне сканування кількох документів шляхом їх послідовного подавання до пристрою. Сканери Colortrac працюють з різними типами документів великого формату, що є безумовною їх перевагою.

Технологія ScanOnce, реалізована у професійних сканерах і програмному забезпеченні, таких як SmartWorks Pro, передбачає одноразове сканування документа з подальшою можливістю багаторазової обробки отриманого зображення без потреби у повторному фізичному скануванні. Після первинного оцифрування зображення зберігається в оперативній пам'яті або у спеціальному буфері, що дозволяє застосовувати різноманітні параметри постобробки (зміна контрасту, яскравості, обрізка, масштабування тощо) без втрати якості. Такий підхід суттєво підвищує ефективність обробки великої кількості документів, скорочує час на оцифрування та зменшує зношення обладнання.

Потреба у використанні широкоформатного сканера значно зростає в умовах наявності великого обсягу паперової документації на підприємстві,

зокрема оригіналів документів на різних типах носіїв. Оцифрування таких матеріалів забезпечує їх довготривале зберігання, оптимізує архівні процеси, полегшує доступ до інформації для працівників та дозволяє значно зменшити простір, що використовується для зберігання фізичних архівів.

Використання широкоформатного сканера дає змогу створювати цифрові копії документації, які при потребі можна редагувати, а потім відтворювати у паперовому вигляді за допомогою плотера. Крім цього, цифровий архів відкриває можливість для дистанційної роботи з документами — їх можна легко пересилати між підрозділами або зовнішніми партнерами, незалежно від фізичного розташування.

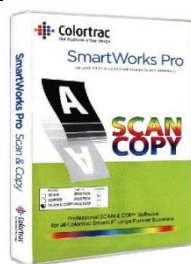
З огляду на особливості роботи, до сканера висуваються такі основні вимоги:

- зручність у користуванні під час виконання базових операцій сканування;
- здатність обробляти великі обсяги архівної документації;
- можливість сканування старих або пошкоджених документів із подальшим програмним покращенням їх якості;
- підтримка функції копіювання документів шляхом сканування з подальшим друком;
- придатність для цифровізації документів з метою створення електронних архівів і впровадження електронного документообігу.

В таблиці 4.4 наводимо вартість та сайт для замовлення вартість SmartWorks Pro SCAN & COPY Colortrac.

Таблиця 4.4 – Вартість SmartWorks Pro SCAN & COPY Colortrac

Найменування	Ціна, грн	Сайт для замовлення
SmartWorks Pro SCAN; COPY Colortrac	33 000 грн	Colortrac https://www.colortrac.com/where-to-buy/ тел. +44 1480 464618



Швидкісний сканер Colortrac SmartLF SCi 42 — це рішення від компанії Colortrac, призначене для ефективного сканування великих обсягів широкоформатних документів. Програмне забезпечення SmartWorks Pro дозволяє зробити процес сканування більш продуктивним завдяки додатковим функціям, зокрема автоматичному визначенню розміру оригіналу. Формат сканування встановлюється автоматично відповідно до параметрів вхідного документа. Програма також підтримує функцію автоматичної фіксації часу створення файлу та надає можливість керування режимом перезапису. Завдяки поєднанню зазначених функцій оператор може здійснювати безперервне сканування документів шляхом їх послідовного подавання до сканера без необхідності додаткових дій чи налаштувань.

Основні характеристики та плюси використання:

- можливість багаторазового редагування зображення одразу після сканування без потреби повторного зчитування;
- зміна налаштувань не вимагає повторного сканування документа;
- функція автоматичного запуску процесу сканування;
- автоматичне надання імені файлу, зазначення дати та часу;
- автоматичне збереження відсканованих матеріалів.

Таблиця 4.5 демонструє вартість і характеристики сканера Colortrac SmartLF SCi 42

Таблиця 4.5 – Вартість та характеристики сканера Colortrac SmartLF SCi 42

Параметр	Значення
Тип сканера	Протяжний
Тип датчика	CCD
Максимальна ширина сканування	56 дюймів (1422 мм)
Оптична роздільна здатність	600 dpi
Інтерфейси	USB 2.0, Ethernet
Підтримка ОС	Windows
Вага	57 кг
Вартість сканера	640,000 грн
Вартість ПЗ SmartWorks Pro SCAN & COPY	33,000 грн

4.4 Розробка топології обчислювальної мережі

Комп'ютери є невід'ємною складовою сучасного виробничого процесу. У разі наявності кількох робочих станцій на підприємстві доцільно їх об'єднати у єдину локальну мережу.

Переваги локальної мережі в організації роботи:

- спільне використання обладнання та периферійних пристроїв (наприклад, принтерів і сканерів), що знижує витрати на їх закупівлю;
- швидкий обмін файлами між працівниками, що сприяє підвищенню ефективності трудового процесу;
- централізований доступ до мережі «Інтернет» для всіх співробітників, що є економічно доцільним рішенням. [15]

Побудова якісної локальної мережі потребує ретельного вибору мережевого обладнання, оскільки саме від цього залежить стабільність і надійність її функціонування. Доцільно звернутись до спеціалізованих компаній, які надають послуги з проектування, монтажу та налаштування ІТ-інфраструктури.

Основні етапи створення локальної мережі:

- складання плану розміщення комп'ютерної техніки, мережевого комутатора та сервера;
- вибір відповідного обладнання згідно з вимогами проекту (див. табл. 4.6);
- фізичне розміщення пристроїв відповідно до створеної схеми;
- підготовка та прокладання одномодового оптоволоконного кабелю необхідної довжини для з'єднання пристроїв;
- перевірка правильності підключення кабелів;
- конфігурація програмного забезпечення для забезпечення взаємодії всіх комп'ютерів у мережі.

Таблиця 4.6 – Вибір мережевого обладнання

Назва мережевого обладнання	Найменування обладнання	Ціна, грн
Комутатор	8 Port 10/100 BASE-T Ethernet RJ-45 Zyxel ES-2108	562
Оптоволоконний одномодовий кабель	UT008-SM-03	308 (1 м, 6,16 грн)

Результат додатково спроектованої гілки представлений на рисунку 4.2.

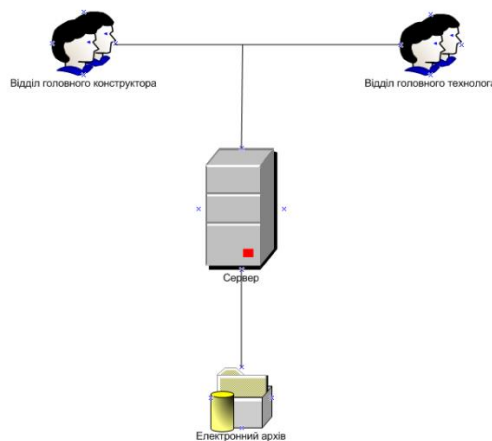


Рисунок 4.2 – Схема спроектованої додаткової гілки мережі
(архів ↔ відділ конструктора, архів ↔ відділ технолога)

4.5 Розробка бази даних для продажу деталей

Для підвищення ефективності роботи підприємства, яке займається реалізацією деталей, доцільним є впровадження інформаційної системи на основі бази даних. Одним з доступних і зручних інструментів для її створення є Microsoft Access, який дозволяє організувати зберігання, обробку та аналіз інформації без необхідності глибоких знань у сфері програмування.

Розробка бази даних передбачає створення кількох взаємопов'язаних таблиць, що відображають основні бізнес-процеси.

Таблиця «Клієнти» містить інформацію про покупців (ПІБ, контактні дані, адресу доставки тощо).

Таблиця «Деталі» включає назву товару, артикул, категорію, одиницю виміру, кількість на складі та ціну.

Таблиця «Замовлення» відображає дату покупки, найменування деталі, кількість, суму, а також посилання на конкретного клієнта.

Таблиця «Склад» показує залишки продукції на основі даних про надходження і реалізацію.

Далі наводимо приклад, як створити таблиці. Для початку роботи з програмою необхідно виконати кілька кроків. Після відкриття Microsoft Access потрібно перейти до розділу «Файл» і обрати пункт «Створити» (рисунки 4.3). На вкладці, що відкриється, слід вибрати параметр «Нова база даних» (див. рис. 4.4), натиснути кнопку підтвердження, вказати місце для збереження файлу, задати його назву та натиснути «Створити». Після цього автоматично відкриється вкладка з елементами таблиць, де необхідно скористатися функцією «Створити» для формування нової таблиці.

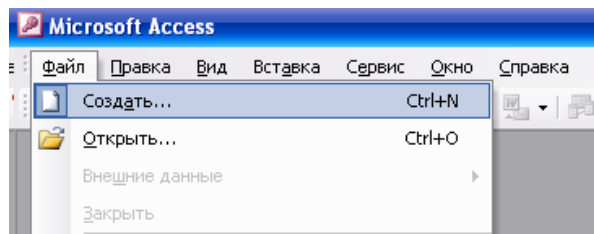


Рисунок 4.3 – Створення бази даних

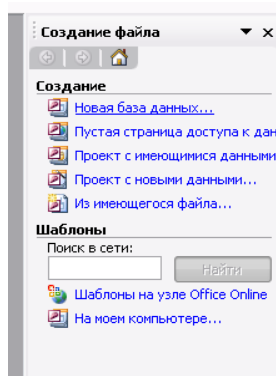


Рисунок 4.4 – Створення бази даних

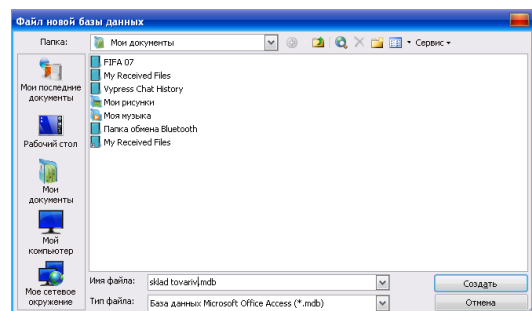


Рисунок 4.5 – Створення бази даних

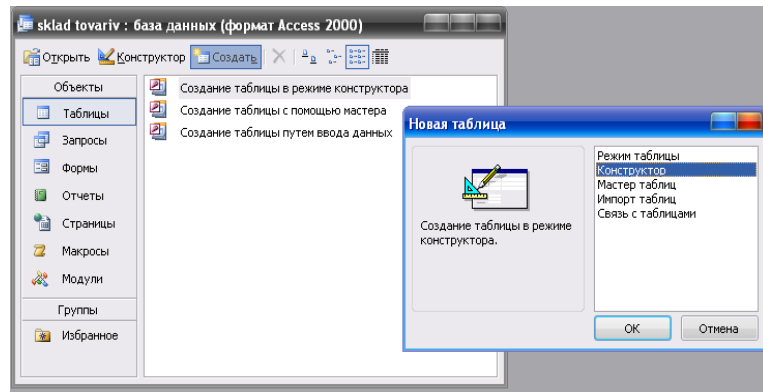


Рисунок 4.6 – Створення таблиці

Щоб створити таблицю в Access, необхідно перейти в режим конструктора, а в ньому — вказати назви полів та відповідні типи даних (рисунок 4.6, рисунок 4.7).

Склад товарів : таблица		
	Имя поля	Тип данных
	№	Счетчик
	Код товару	Числовой
	Вид товару	Текстовый
	Назва товару	Текстовый
	Ціна	Денежный
	Постачальник	Текстовый
	Дата поставки	Дата/время
	Кількість	Числовой
		Текстовый
		Поле MEMO
		Числовой
		Дата/время
		Денежный
		Счетчик
		Логический
		Поле объекта OLE
		Гиперссылка
		Мастер подстано

Рисунок 4.7 – Створення полів

По аналогії створюємо ще потрібну кількість таблиць.

4.6 Установлення зв'язків між таблицями

Зв'язки між таблицями будуються за допомогою ключових полів, що дозволяє забезпечити цілісність і несуперечливість даних. Наприклад, кожне замовлення має зовнішній ключ, який посилається на запис у таблиці «Клієнти» та «Деталі». Додатково створюються форми для зручного введення і редагування інформації, запити для вибірки даних за заданими критеріями

(наприклад, перегляд найбільш популярних деталей або аналіз продажів за місяць), а також звіти, які автоматично формують підсумкову документацію.

Переваги використання Microsoft Access для цієї задачі:

- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- можливість швидкого внесення змін до структури бази;
- підтримка роботи в багатокористувацькому режимі;
- зручність створення форм та звітів без написання коду.

Для встановлення зв'язків між таблицями в Microsoft Access необхідно скористатися пунктом меню «Сервіс» → «Схема даних» (рисунок 4.8). У новому вікні буде відображено всі таблиці, наявні в поточній базі даних (рисунок 4.9). Для створення або зміни зв'язку слід двічі натиснути мишею на вільному полі схеми, після чого відкриється відповідне діалогове вікно (рисунок 4.10). У цьому вікні натискається кнопка «Нове», що викликає форму створення зв'язку. У ній потрібно обрати таблиці, між якими встановлюється зв'язок, а також поля, з якими ці таблиці будуть пов'язані (рисунок 4.11). За потреби можна додати інші зв'язки (рисунок 4.12). На рисунку 4.13 показано схему даних із зв'язками.

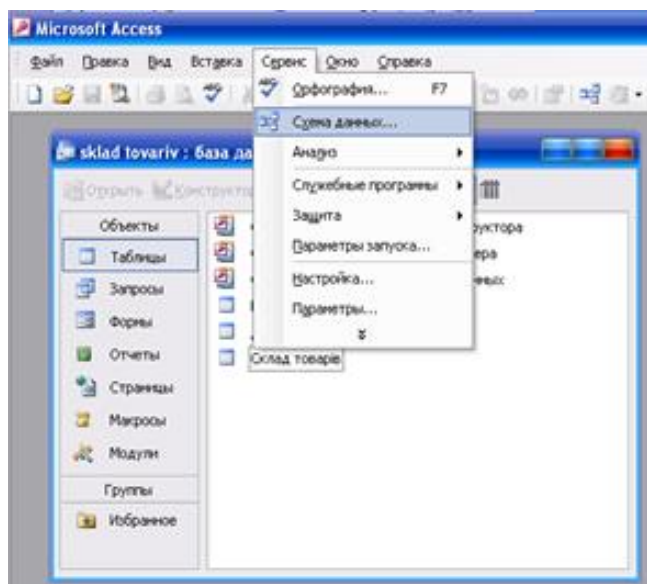


Рисунок 4.8 – Установлення зв'язків

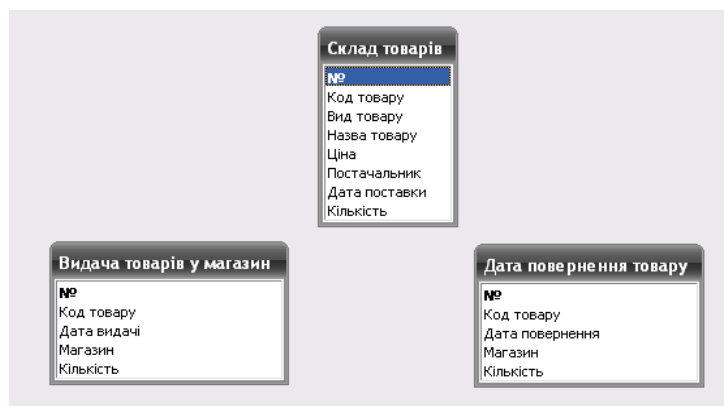


Рисунок 4.9 – Схема даних

Изменение связей

Таблица/запрос: Связанная таблица/запрос:

☐ Обеспечение целостности данных

☐ каскадное обновление связанных полей

☐ каскадное удаление связанных записей

Тип отношения:

Создать
Отмена
Объединение...
Новое...

Рисунок 4.10 – Зміна зв'язку

Изменение связей

Создание

Левая таблица: Правая таблица:

Левый столбец: Правый столбец:

ОК Отмена

Тип отношения:

Рисунок 4.11 – Створення

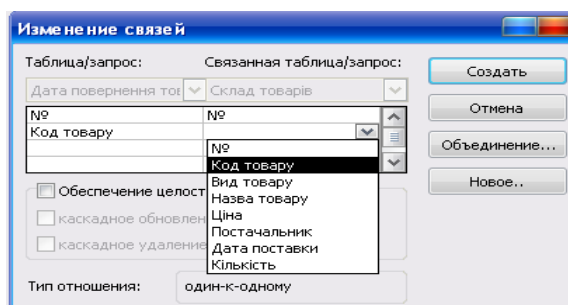


Рисунок 4.12 – Установлення

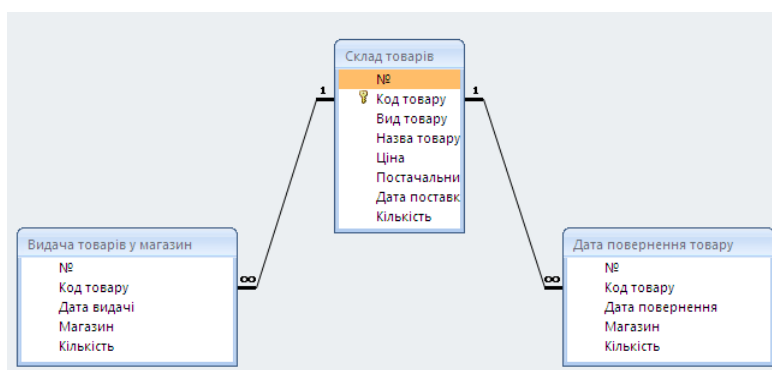


Рисунок 4.13 – Схема даних з зв'язками

4.7 Створення запитів

Щоб створити запит у Microsoft Access, необхідно виконати такі кроки:

- перейти до режиму роботи із запитами, натиснути кнопку *Створити* та обрати режим *Конструктора* для створення нового запиту (рисунок 4.14);
- додати таблиці, дані з яких необхідно використати у запиті (рисунок 4.15);
- вибрати поля, з якими буде проводитися робота в запиті (рисунок 4.16);
- вказати умови відбору даних у відповідних рядках конструктора (рисунок 4.17).

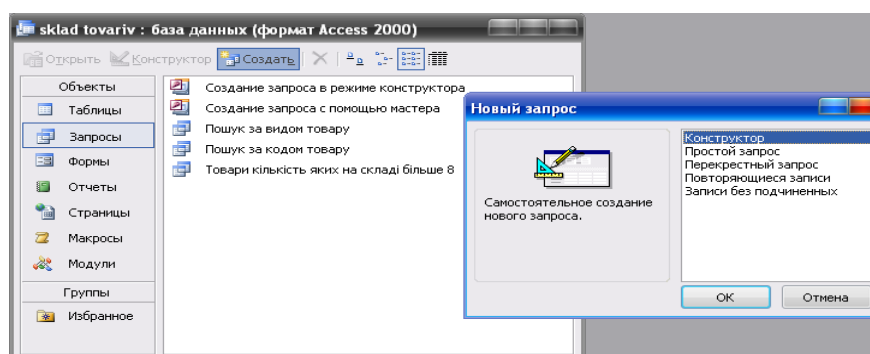


Рисунок 4.14 – Створення запиту

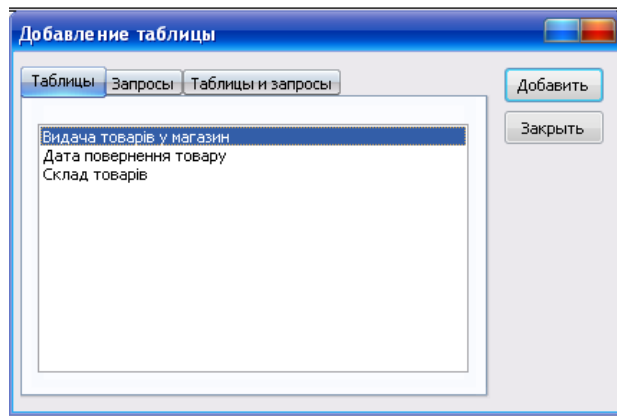


Рисунок 4.15 – Додавання таблиць в запит

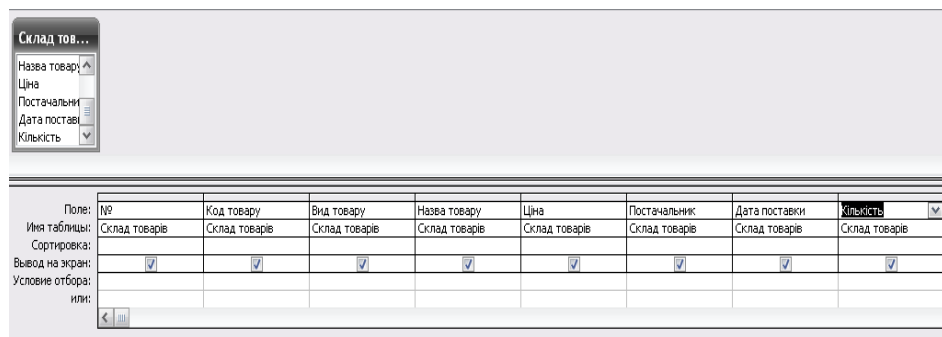


Рисунок 4.16 – Додавання полів таблиці у запити

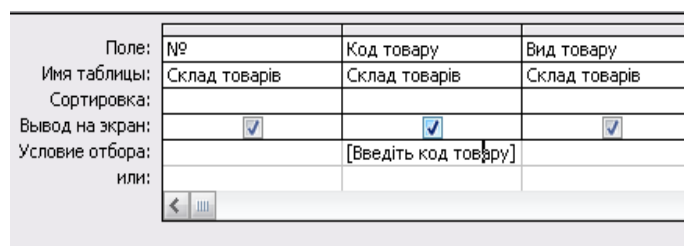


Рисунок 4.17 – Введення умов відбору

4.8 Створення форм

Щоб створити форму в середовищі Microsoft Access, необхідно виконати наступну послідовність дій:

- перейти до розділу роботи з формами та натиснути кнопку «Створити», після чого обрати опцію «Майстер форм» (рисунок 4.18);

- вибрати поля, які мають бути відображені у майбутній формі, після чого перейти до наступного кроку (рисунок 4.19);
- вказати бажане розміщення елементів на формі та продовжити далі (рисунок 4.20);
- обрати стиль оформлення форми, який відповідає вимогам користувача, та натиснути кнопку для переходу до наступного етапу (рисунок. 4.21);
- ввести назву для форми та завершити процес створення, натиснувши кнопку «Готово» (рисунок 4.22).

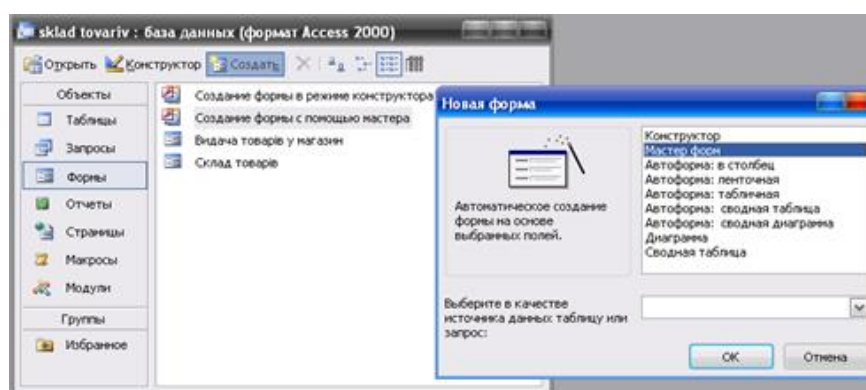


Рисунок 4.18 – Створення форм

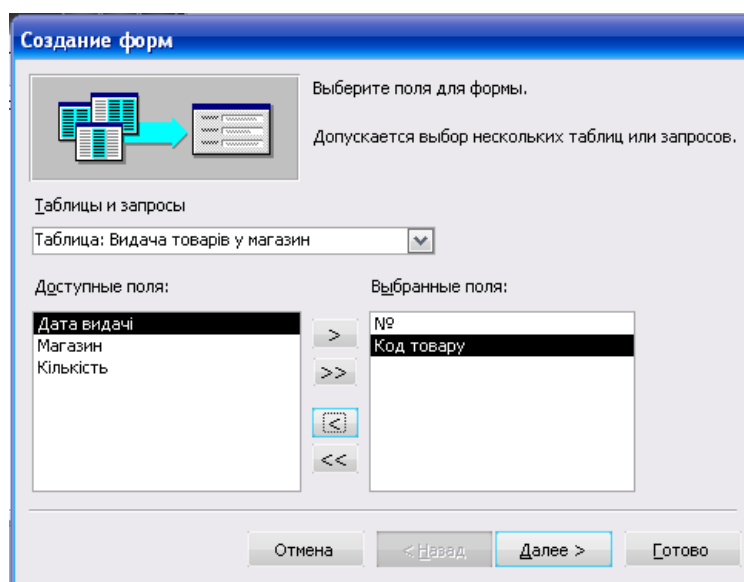


Рисунок 4.19 – Вибір полів

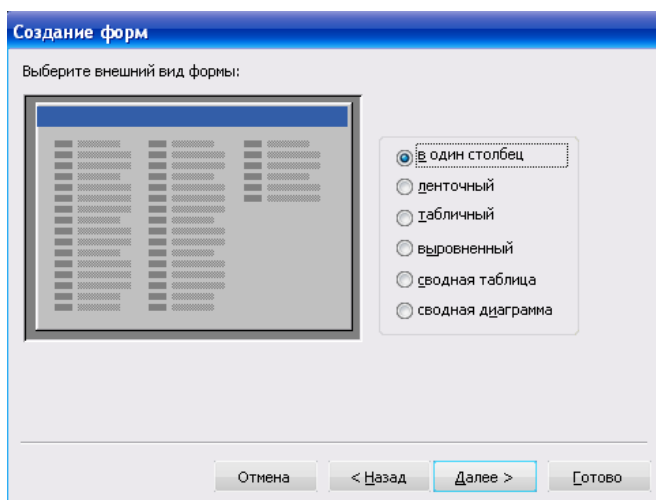


Рисунок 4.20 – Вибір зовнішнього вигляду

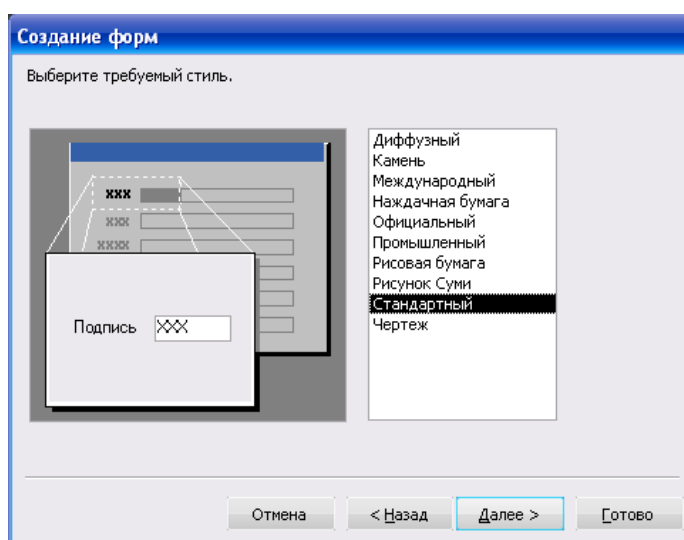


Рисунок 4.21 – Вибір стилю

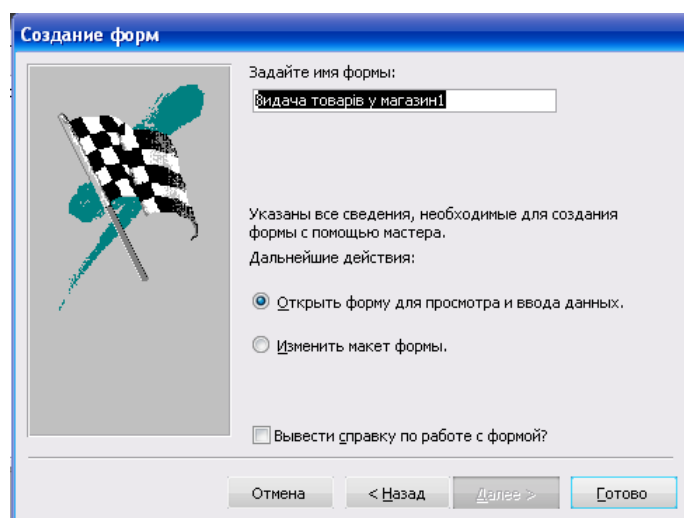


Рисунок 4.22 – Введення ім'я форми

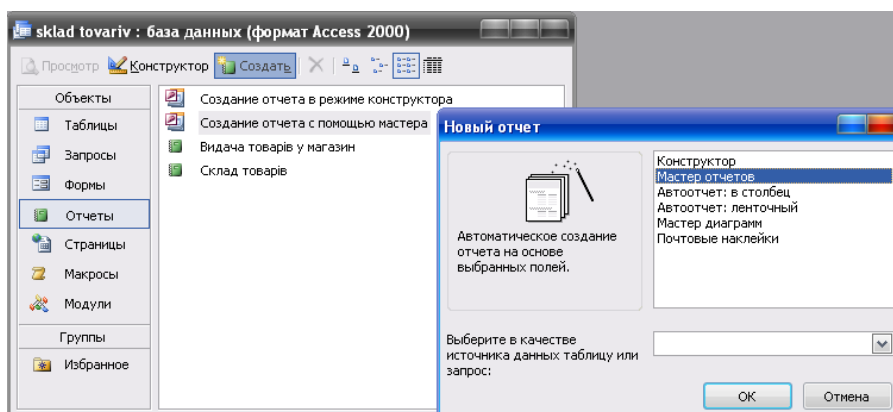


Рисунок 4.26 – Створення звіту

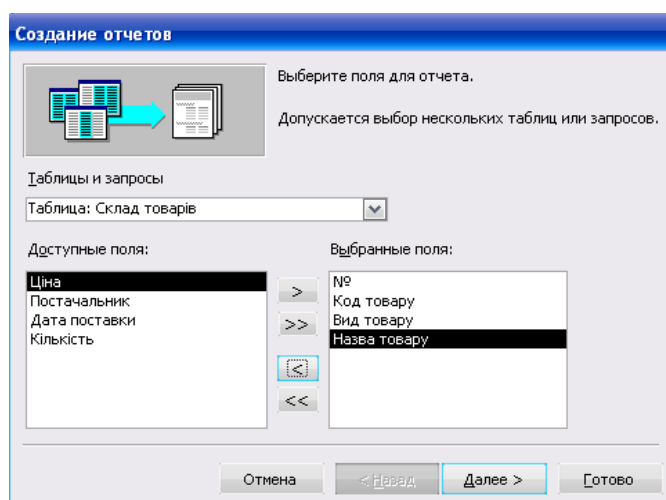


Рисунок 4.27 – Вибір таблиці та полів

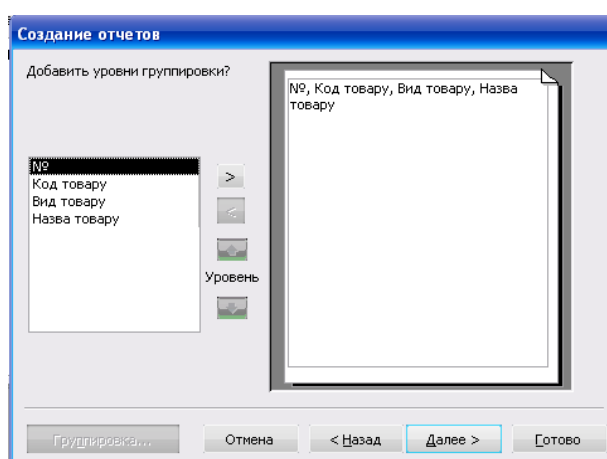


Рисунок 4.28 – Додавання рівнів

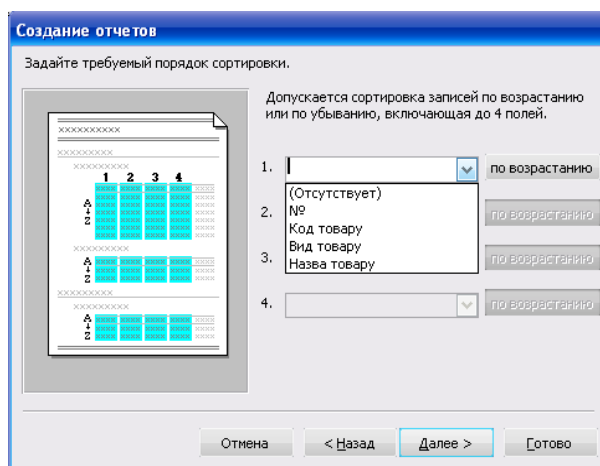


Рисунок 4.29 – Задавання сортування

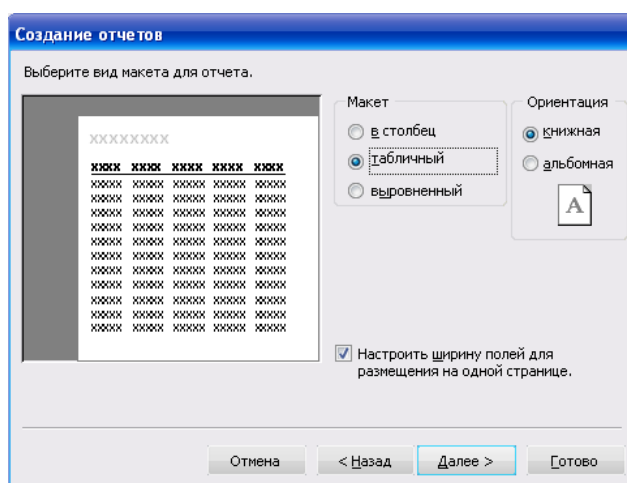


Рисунок 4.30 – Вибір макету для звіту

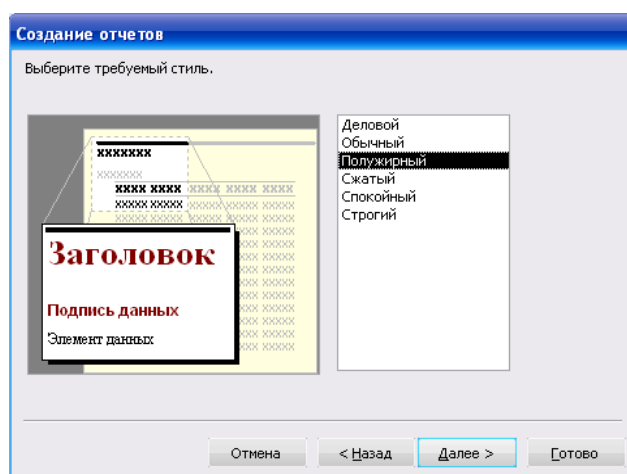


Рисунок 4.31 – Вибір стилю звіту

Висновки до четвертого розділу

Розвиток сучасного підприємства обумовлюється рівнем впровадження прогресивних методів управління та глибокої інтеграції інформаційних технологій у виробничо-господарську діяльність. Застосування комплексних систем автоматизації, зокрема PDM, АСУП, CAD/CAM/CAE та систем електронного документообігу, сприяє формуванню єдиного інформаційного простору, що забезпечує підвищення керованості бізнес-процесами, зниження транзакційних витрат, оптимізацію ресурсного забезпечення та зростання конкурентоспроможності підприємства в умовах динамічного ринкового середовища.

На етапі технічного проекту було погоджено і остаточно прийнято рішення по автоматизації системи САПР для ПП «Таврія Турбо Плюс».

За допомогою глибокого аналізу ринку САПР та на основі порівнянь багатьох факторів у відповідності з розробленими підприємством критеріями, було обрано наступне програмне забезпечення для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва:

- Solid Works;
- Inventor;
- Tebis.

SolidWorks та Inventor дозволяють створювати тривимірні моделі, генерувати конструкторську й технологічну документацію, розробляти обробні маршрути та постпроцесори. Така інтегрована система не лише зменшує витрати часу на розробку виробу, але й забезпечує високу якість проектних рішень, що є вирішальним фактором у конкурентній боротьбі на ринку. Програмне забезпечення Tebis забезпечує ефективну роботу з векторною та растровою графікою, підтримує інтеграцію з 3D-сканерами та дає змогу створювати точні цифрові моделі. Крім того, для створення електронного архіву обґрунтовано вибір потужного сервера та сканера SmartWorks Pro, який

завдяки розширеним функціям підвищує продуктивність сканування великоформатної документації.

На окремому етапі розробки була виведена розробка постпроцесору, це пов'язано з економією коштів для закупівлі нового ПЗ. Була розроблена база даних для продажу деталей «Таврія Турбо Плюс». Відповідно до системних вимог програмного забезпечення було обране необхідне технічне забезпечення підсистеми на базі персональних комп'ютерів, визначено топологію обчислювальної локальної мережі, розроблено рекомендації, щодо її модернізації.

При обранні програмних продуктів та технічного забезпечення, основною метою стало проведення вибору, завдяки якому можливим стане досягнення максимальної ефективності, продуктивності та економічності для новоствореної підсистеми САПР.

5. ВИПРОБУВАННЯ І ЗДАЧА В ЕКСПЛУАТАЦІЮ СПРОЕКТОВАНОЇ САПР

5.1 Розробка 3D і 2D моделі деталі «Корпус компресора ТКР 11 238 МБ.020.01». Перевірка технологічності конструкції деталі

Деталь складається з типових технологічно-конструкторських елементів, кожен з яких має відповідний набір інструкцій та маршрутів обробки. Технологічно-конструкторські елементи інтегрують як конструкторські, так і технологічні відомості, що стосуються окремих складових частин деталі. Завдяки цьому забезпечується автоматизоване перетворення геометричних параметрів деталі у відповідні технологічні процеси її виготовлення. Для демонстрації цього процесу виконали моделювання корпусу компресора (рисунок 5.1).

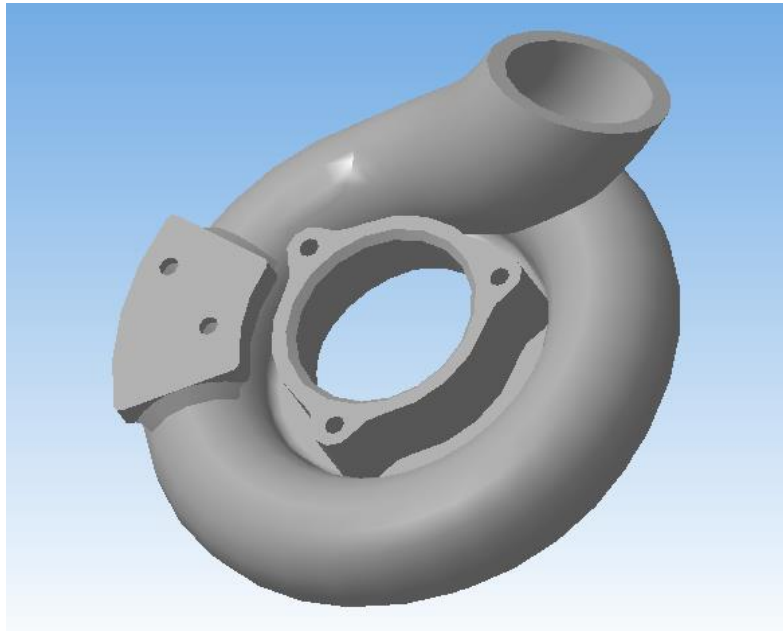


Рисунок 5.1 - Загальний вигляд деталі

Деталь під назвою «Корпус компресора» є частиною вузла компресора та водночас виконує функцію основи для збирання інших елементів цього агрегату. Форма корпусу є ливниковою. Конструкторськими базами є дві підстави. У деталі зроблені:

- 5 отв. Ø8-служать для кріплення болтів;
- 3 отв. Ø6-служать для кріплення корпусу компресора до корпусу підшипників.

Матеріал існуючої деталі – алюмінієвий сплав В95, який не зазнає великих ударних навантажень. Є найбільш вигідним, зважаючи на сукупності механічних, технологічних та економічних показників.

Створення деталі типу «Корпус компресора» супроводжується низкою технологічних складнощів, зумовлених наявністю робочої поверхні складної геометрії, зокрема гвинтового профілю зі змінним кроком. Значні труднощі спричиняє необхідність дотримання високих вимог до точності виготовлення – допустиме відхилення профілю кулака від номінального значення не повинно перевищувати $\pm 0,01$ мм. Вирішити цю проблему допоможе використання сучасного обладнання для п'ятиосьової обробки в поєднанні з відповідним програмним забезпеченням. Для виготовлення якісного кулака доцільно застосувати системний підхід, що дозволяє визначити оптимальне поєднання матеріалів, методів та конструктивних рішень з метою досягнення необхідного рівня точності та якості продукції.

5.2 Розробка керуючої програми для устаткування з ЧПК

SolidWorks — це сучасне програмне забезпечення для тривимірного моделювання, яке широко застосовується в машинобудуванні, приладобудуванні, архітектурі та інших галузях, де потрібне точне створення технічної документації та 3D-моделей. SolidWorks забезпечує користувачам великий набір інструментів для створення як простих, так і складних деталей та вузлів. Програма підтримує розробку 3D-моделей, креслень, збірок, симуляцій фізичних процесів, а також аналіз на міцність і теплопередачу. Інтерфейс

SolidWorks інтуїтивно зрозумілий та зручний, що робить програму доступною як для досвідчених інженерів, так і для студентів технічних спеціальностей. Перевагами SolidWorks є висока точність моделювання; автоматизація створення креслень; можливість створення фотореалістичних зображень моделей (за допомогою SolidWorks Visualize); великий вибір навчальних матеріалів і підтримка користувачів по всьому світу. Головною особливістю SolidWorks є параметричне моделювання — підхід, який дозволяє змінювати геометричні параметри моделі в будь-який момент без необхідності створювати її заново. Це значно підвищує ефективність проектування та дозволяє легко вносити зміни на будь-якому етапі розробки. Також забезпечує інтегровані засоби для візуалізації, що дає змогу користувачеві ефективно порівнювати альтернативні стратегії обробки з використанням різних комбінацій фрез. Крім того, програма дозволяє попередньо перевірити траєкторії інструменту до моменту передачі керуючих програм на верстат. Це значно знижує простой обладнання, мінімізує втрати матеріалів та ресурсів.

Своєю чергою, стратегії обробки в Autodesk Inventor орієнтовані на підвищення продуктивності та зниження витрат шляхом оптимізації процесів фрезерування, зменшення обсягів ручного доопрацювання та запобігання утворенню сходинок на поверхнях. Програма підтримує імпорт широкого спектру форматів файлів з інших САПР, зокрема IGES, VDA, STL, SDRC IDEAS, ProE, SolidWorks, SolidEdge, Cimatron, CATIA, Unigraphics та Parasolids. Inventor також здатен працювати з низькоякісними геометричними моделями: за наявності розривів у поверхні, інструмент або піднімається на безпечну висоту, або проходить ділянку залежно від їх розміру, продовжуючи обробку без ризику пошкодження. Кожна деталь розглядається як сукупність типових конструкційно-технологічних елементів, кожен з яких має визначений набір обробних операцій. Такі елементи об'єднують в собі як конструкторську, так і технологічну інформацію про складові частини виробу, що забезпечує інтеграцію даних та спрощує підготовку виробництва. Як наслідок маємо автоматизовану інтерпретацію просторової геометрії складної деталі в

структуровану технологічну інформацію, необхідну для реалізації процесу її обробки.

3D деталь «Корпус компресора» створюється в Solid Works та переноситься у пакет Inventor.

Для виготовлення деталі беремо литу заготовку з припуском матеріалу 3 мм.

Модуль CAM Autodesk HSM, інтегрований у середовище Autodesk Inventor, дозволяє візуально оцінити результати обробки деталі, що дає змогу виявити можливі помилки на етапі підготовки та запобігти браку при виготовленні виробу на верстаті з ЧПК.

План обробки поверхонь формується, враховуючи розроблений до цього технологічний процес. На етапі першої операції, передбаченої технологічними вимогами, необхідно здійснити фрезерування поверхні деталі. Для виконання чистової обробки була застосована стратегія «3D зміщення» із використанням кінцевої фрези діаметром 20 мм (рисунок 5.2, рисунок 5.3).

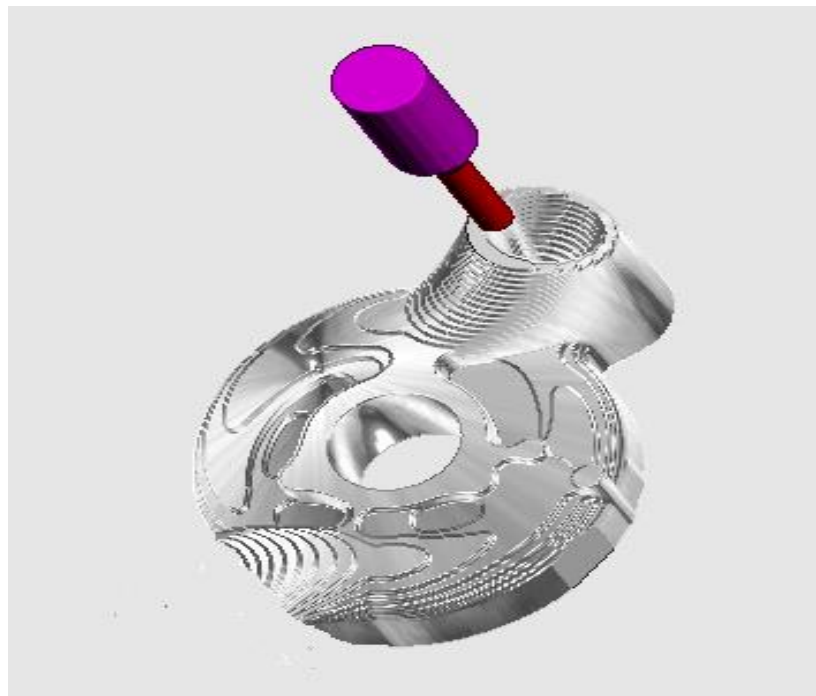


Рисунок 5.2 – Копія вікна обробки поверхні виробу

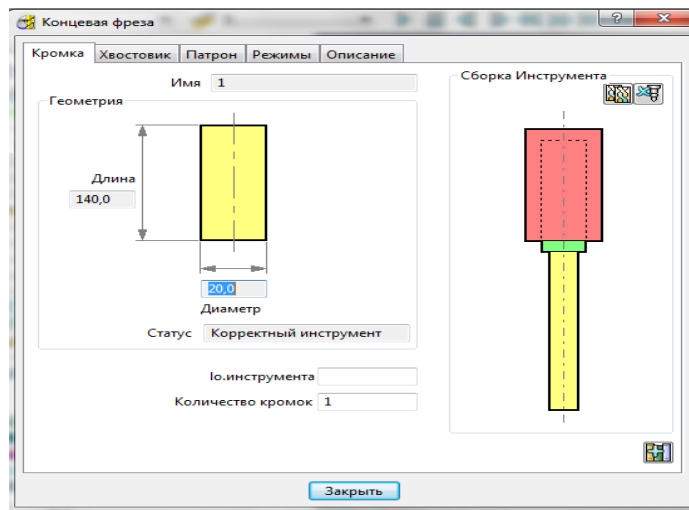


Рисунок 5.3 – Копія вікна параметрів інструменту кінцева фреза

Шпиндель обертається зі швидкістю 1000 обертів за хвилину, а робоча подача становить 1500 мм/хв. Тривалість обробки дорівнює 6 хвилин 23 секунди (рисунок 5.4).

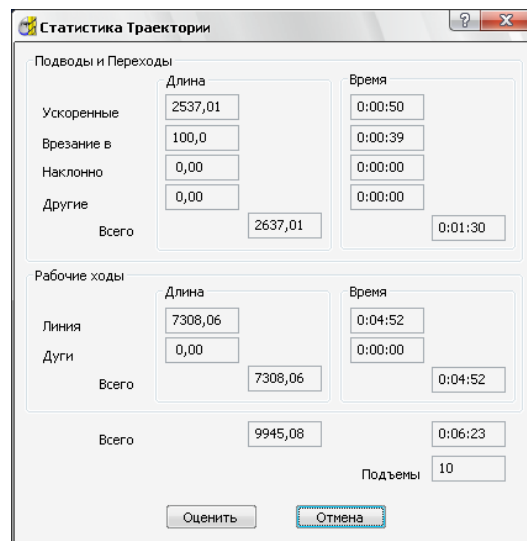


Рисунок 5.4 – Статистика часу обробки стратегії «3D Зміщення»

Обробка центрального отвору також виконувалася за траєкторією «3D зміщення» із використанням кінцевої фрези діаметром 5 мм. Швидкість обертання шпинделя становила 1500 об/хв, а швидкість подачі — 2000 мм/хв. Час обробки — 57 хвилин 8 секунд.

Фрезерування контуру деталі було виконано з використанням тієї ж стратегії — «3D зміщення». Інструмент, яким виконувалася операція, — фреза

діаметром 4 мм. Швидкість обертання шпинделя — 1500 об/хв, подача — 2000 мм/хв. Обробка відбувалася протягом 2 годин 13 хвилин 36 секунд.

Для виконання обробки канавки було застосовано сферичну фрезу діаметром 10 мм та обрано стратегію «З постійною Z». Робоча подача становила 2000 мм/хв, а швидкість обертання шпинделя – 1500 об/хв (рисунок 5.5). Час обробки — 23хвилини 36 секунд.

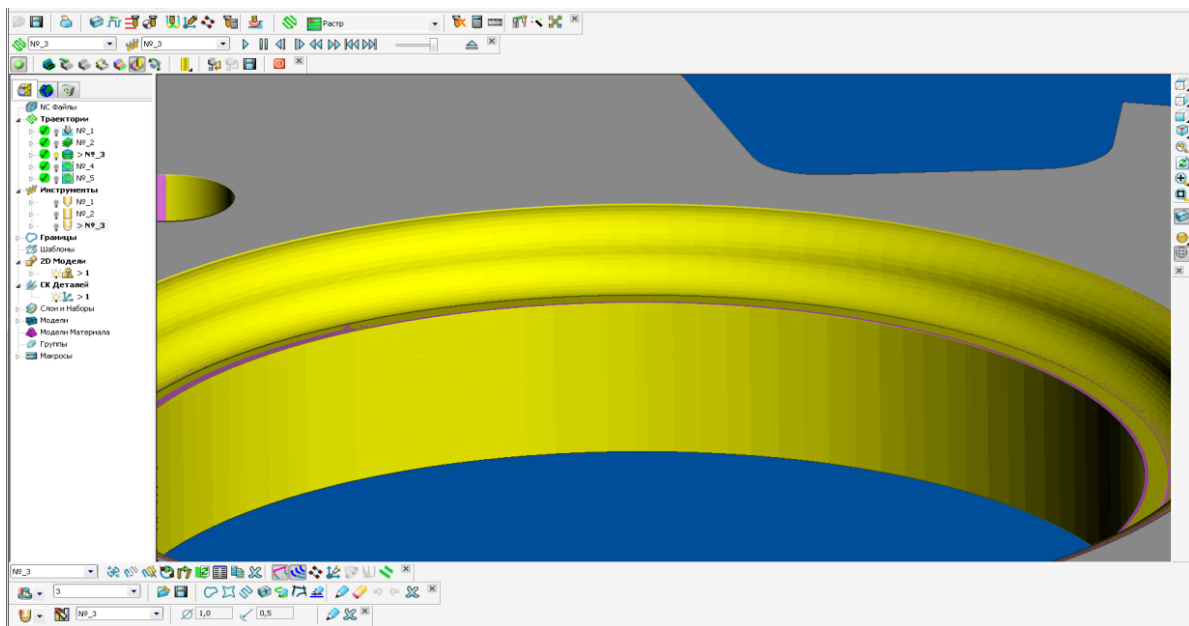


Рисунок 5.5 – Копія екрану обробки канавки

Для трьох отворів на прохід обрана стратегія «Свердління», перед обробкою отвори необхідно розпізнати.

У програмі Inventor було розроблено інструмент «свердло» діаметром 8 мм. Шпиндель обертається зі швидкістю 1500 об/хв, а робоча подача дорівнює 2000 мм/хв. (рисунок 5.6). Час обробки — 46 секунд.

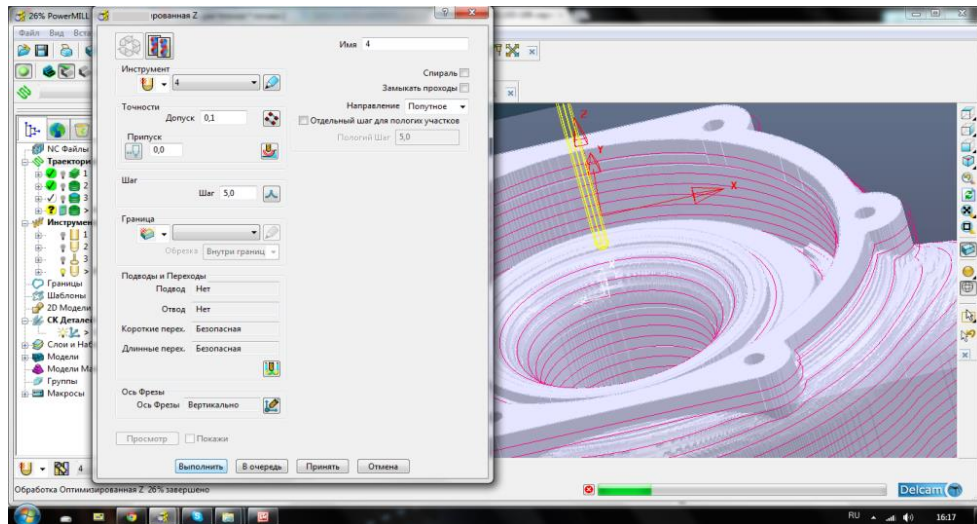


Рисунок 5.6 – Копія екрану свердління отворів

«Корпус компресора» необхідно оброблювати з обох сторін, для цього доцільно створити новий проект і систему координат.

Подальшим кроком була аналогічна обробка з протилежного боку деталі (рисунок 5.7). Для цього координатна система деталі була повернута на 180° відносно осі заготовки, після чого було заново здійснено розрахунок чорнової та чистової обробки. Аналогічні дії були виконані для всіх сторін деталі, які підлягали обробці. Результати фрезерування наведені на рисунку 5.8. Операції чистової обробки виконувалися за допомогою траєкторії типу «3D зміщення».

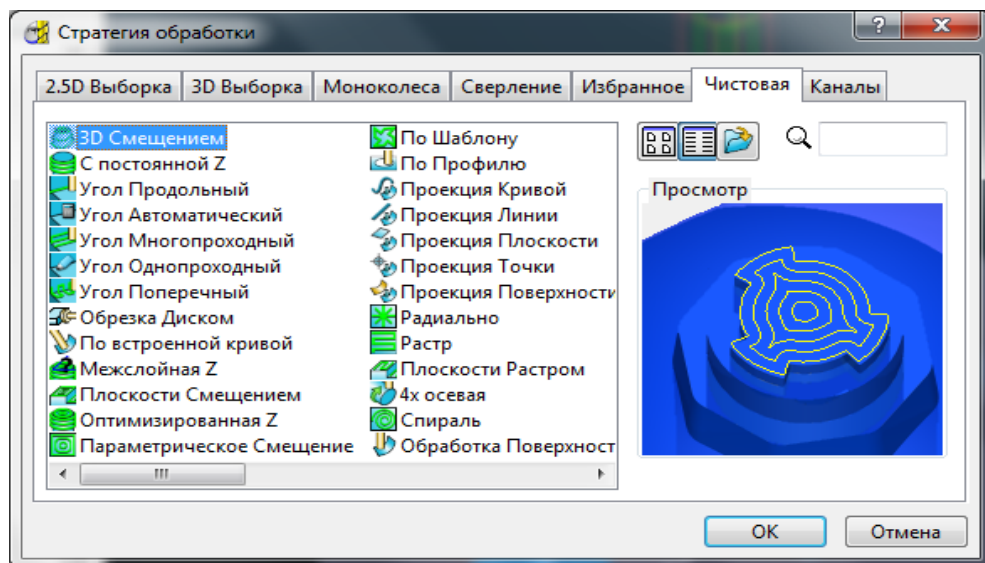


Рисунок 5.7 - Вибір траєкторії фрезерування для чистової обробки

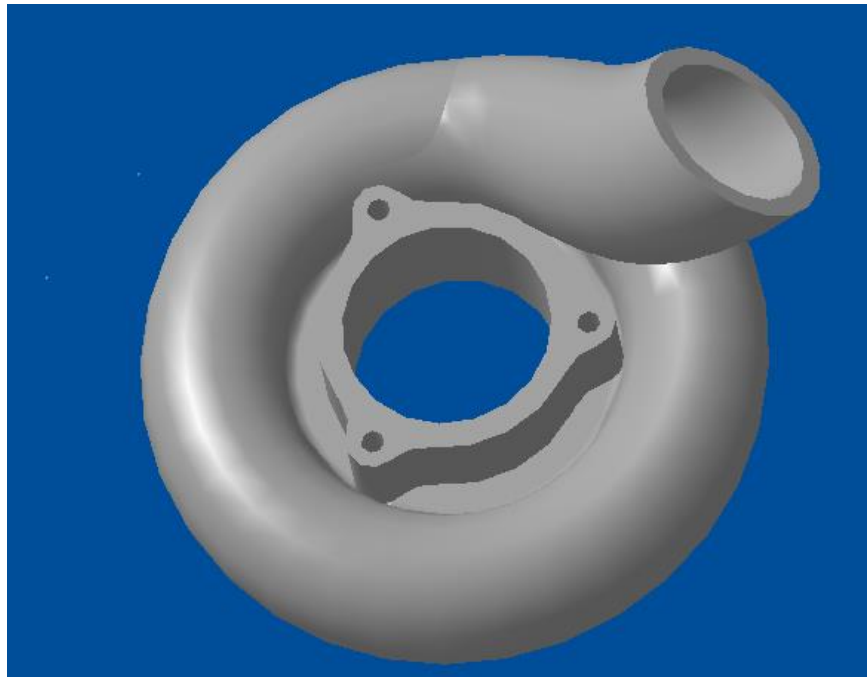


Рисунок 5.8 – Кінцевий результат обробки деталі «Корпус компресора»

Заключний крок — створення керуючої програми — файлу, що містить G-коди, зрозумілі верстату з числовим програмним керуванням (ЧПК). Під час виконання цього етапу використовується модуль САМ-системи, вбудований у Autodesk Inventor, який дозволяє створити NC-файл в автоматизованому режимі. Фрагмент керуючої програми для обробки деталі «Диск» наведено у Додатку В.

Для створення керуючої програми використовується вбудований постпроцесорний модуль Inventor CAM, який забезпечує трансформацію траєкторій інструменту, розрахованих в САМ-середовищі, у синтаксис, що відповідає конкретному верстату. Постпроцесор враховує кінематичні особливості обладнання та специфіку керування. [18]

Autodesk Inventor CAM підтримує різні типи ЧПК-обладнання і має гнучкі можливості конфігурації постпроцесорів. У процесі роботи були згенеровані керуючі програми для кожної стратегії обробки деталі, кожна з яких відповідає окремому NC-файлу, придатному до подальшого завантаження на ЧПК-верстат.

5.3 Параметризація

Процес моделювання складається з послідовності команд 2D креслення і 3D моделювання. На цьому етапі істотних відмінностей між загальною схемою роботи параметричних і непараметричних САПР практично немає.

Перевага параметричних САПР проявляється, коли необхідно відредагувати вже створену модель. Основною особливістю спеціалізованої САПР є взаємозв'язок між різними елементами тривимірної деталі.

При проектуванні схожих нових виробів як основа береться вже існуючий проект і проводиться його коректування: вводяться нові елементи, змінюються розміри, якісь частини виробу замінюються.

У складних тривимірних моделях параметризація скорочує час роботи. При цьому істотно знижується ризик допустити помилку при зміні. Основою для створення спеціалізованої САПР служить параметричне складання. Для створення розрахункового модуля, який буде розраховувати параметри деталі «Корпус компресора», необхідно першим чином побудувати його тривимірну модель (рисунок 5.9).

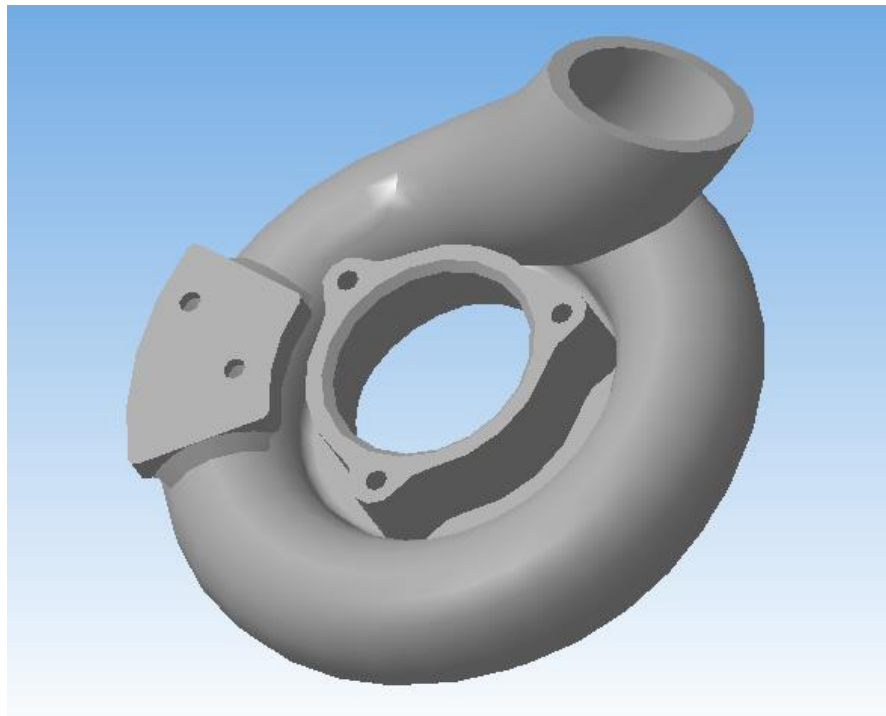


Рисунок 5.9 – Тривимірна модель деталі «Корпус компресора»

При проставленні розмірів на ескізі, програма SolidWorks виводить вікно «Встановити значення розміру», де можна вказати ім'я «Виразу», «Змінні» та «Коментар», зрозумілий користувачеві (рисунок 5.10).

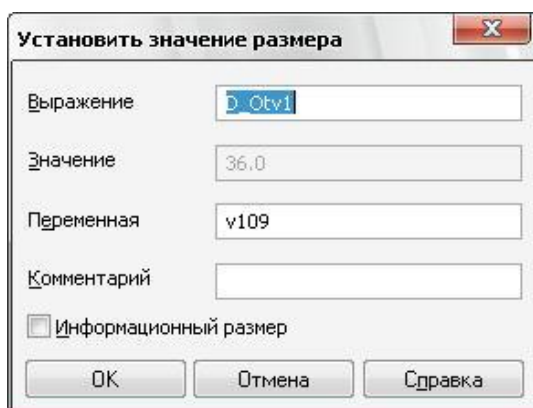


Рисунок 5.10 – Вікно введення значення розміру

У таблиці 5.1 вказані змінні, які визначають модель «Корпус компресора».

Таблица 5.1 – Змінні моделі «Ріжучий ніж RI099006A»

Коментар	Вираз	Значення
1	2	3
Діаметр внутрішній	Diametr_vnyut	50
Діаметр зовнішній	Diametr_vneshn	72
Діаметр кріплення	Diametr_kreplenia	72
Діаметр вушка	Diametr_yshka	18,5095
Діаметр скруглення	Diametr_skrygl	32
Діаметр зовнішнього кріплення	Diametr_vnesh_kreplenia	90
Отвір для кріплення 1	Otv_krepl1	8
Отвір для кріплення 2	Otv_krepl2	8
Отвір для кріплення 3	Otv_krepl3	8
Діаметр середнього кільця	Diametr_srednogo_kolca	186

Діаметр малого кільця	Diametr_malogo_kolca	72
Діаметр середнього кільця2	Diametr_srednogo_kolca2	164
Діаметр малого кільця 2	Diametr_malogo_kolca2	124
Діаметр малого кільця 3	Diametr_malogo_kolca3	140,3095
Діаметр порожнини корпусу	Diametr_polosti_korpysa	38
Діаметр внутрішньої порожнини корпусу	Diametr_vnyt_polosti_korpysa	58
Отвір 1	Otv1	6
Отвір 2	Otv2	6
Отвір 3	Otv3	6
Діаметр на кріплення1	Diametr_kreplenia1	220
Діаметр на кріплення2	Diametr_kreplenia1	116
Отвір 4	Otv4	8
Отвір 5	Otv5	8
Ширина кріплення	Shirina_kreplenia	50,4554

Моделюючи деталь корпусу, були використані наступні команди: «Видавлювання», «Вирізи», «Фаски», «Округлений». Для параметризації моделі деталі «Корпус компресора» необхідно вказати розміри й імена змінних на всіх створених ескізах, рисунок (5.11).

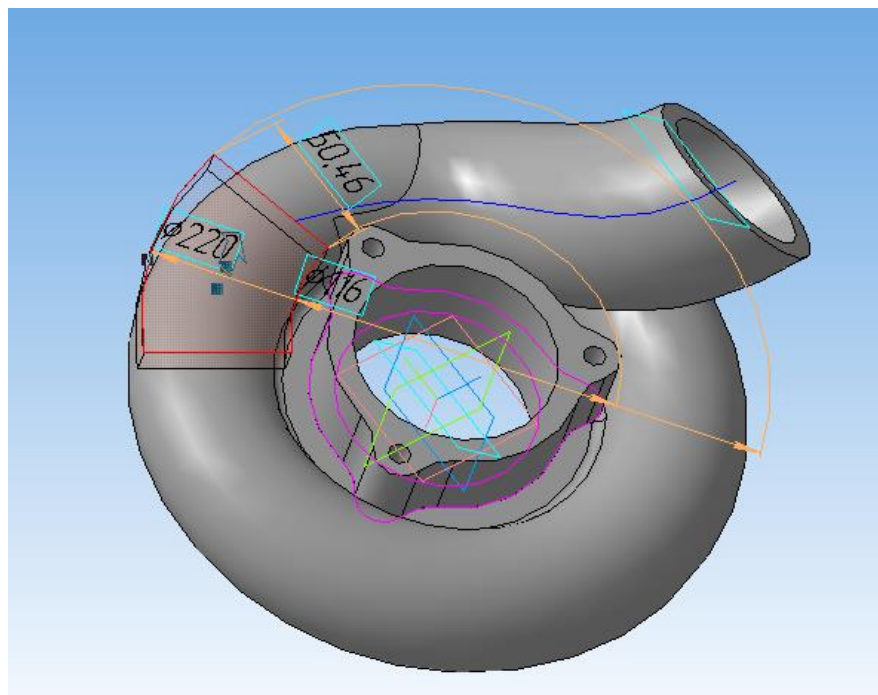


Рисунок 5.11 – Ескіз зі змінними

Для подальшої роботи необхідно створити в SolidWorks збірку завантажити в робоче вікно деталь «Корпус компресора». На даному етапі можна простежити, як змінюється геометрія деталі, для цього достатньо змінити значення змінної, щоб у вікні програми відразу відобразився результат (рисунок 5.12).

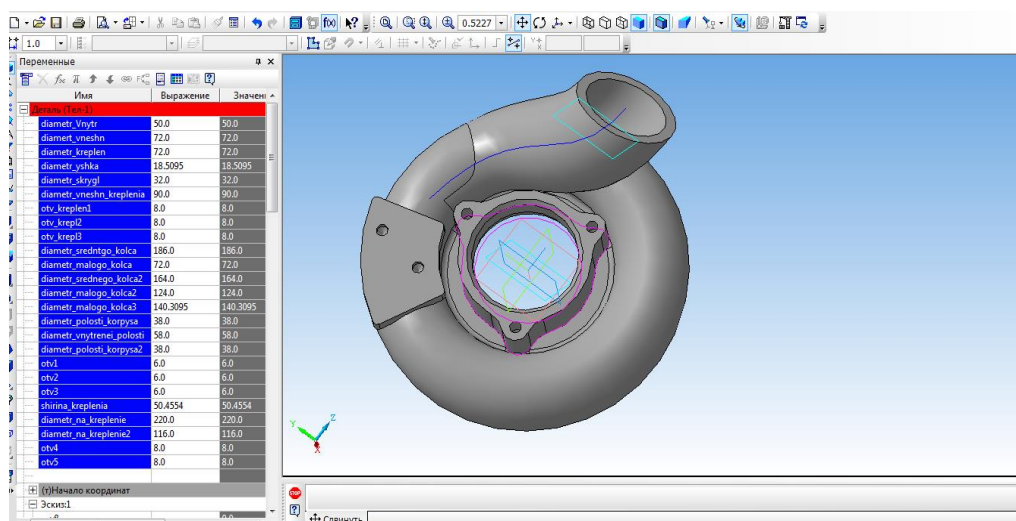


Рисунок 5.12 – Параметрична збірка

5.4 Розробка програмного забезпечення

Основною метою зовнішнього модуля є не лише розрахунок нової геометрії деталі, а й виконання наступних функцій:

- інтеграція з CAD-системою SolidWorks і завантаження в робочу область створеної збірки «Корпус компресора»;
- доступ до параметрів моделі та імені збірки;
- редагування параметричних змінних, перебудова геометрії та збереження оновленої збірки.

Для розробки зовнішнього інтерфейсу і обчислювального ядра було використано сучасну мову програмування C# у середовищі Microsoft Visual Studio з підключенням бібліотеки SolidWorks API (через SolidWorks.Interop.sldworks та SolidWorks.Interop.swconst).

Взаємодія між програмою та SolidWorks здійснюється за допомогою COM-інтерфейсу. Розроблена форма має зручний інтерфейс користувача, що включає: відображення ескізу деталі та її 3D-моделі; табличну частину з параметрами, які можна редагувати; кнопку для ініціації перерахунку нових параметрів і оновлення геометрії.

Інтерфейс реалізований за допомогою таких елементів WinForms:

- Label — відображення назв параметрів;
- DataGridView — введення і редагування значень параметрів;
- PictureBox / Viewport — відображення графічного зображення моделі або ескізу;
- Button — виконує обробку введених даних та перебудову моделі;
- GroupBox — логічне групування елементів форми.

Форма має сучасний дизайн, із використанням стилізованих компонентів, кольорової схеми, адаптованої для комфортної роботи користувача. При натисканні кнопки «Розрахувати» значення параметрів передаються до моделі, запускається перебудова та зберігається оновлена

версія збірки. Ілюстрація інтерфейсу форми користувача наведено в рисунку 5.13.

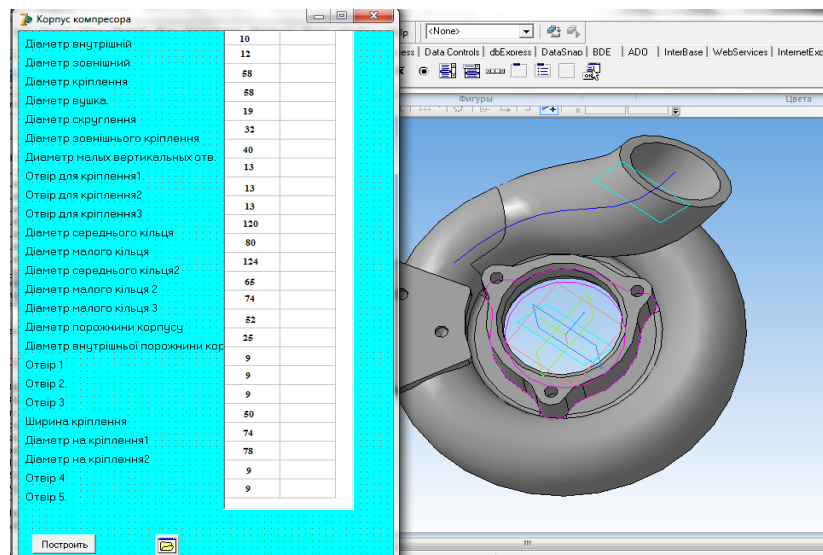


Рисунок 5.13 – Інтерфейс форми користувача

Висновок до п'ятого розділу

У процесі виконання кваліфікаційної роботи були використані сучасні програмні продукти: SolidWorks, Autodesk Inventor та Autodesk HSMWorks (CAM-модуль для Inventor).

Було створено керуючу програму для обробки складної ливарної форми з криволінійними поверхнями. Завдяки широкому вибору стратегій обробки у САМ-системі HSMWorks вдалося оптимізувати траєкторії інструменту, що дозволило скоротити загальний час виготовлення деталі «Корпус компресора». Обробка деталі на верстаті з ЧПК здійснюється з високою точністю та ефективністю завдяки можливостям перевірки траєкторій на зіткнення, контролю зарізів, оцінки часу обробки та 3D-візуалізації процесу.

Також було створено зовнішній модуль параметризації для 3D-моделі деталі за допомогою API SolidWorks, що дало змогу швидко змінювати конструктивні параметри моделі без необхідності повної перебудови. Це значно підвищило гнучкість і продуктивність проектування.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників

Працюючи у приміщенні з обчислювальної технікою можуть бути присутні шкідливі і небезпечні виробничі чинники [15-19].

Шкідливі виробничі чинники призводять до серйозних захворювань і до зниження працездатності. Небезпечні виробничі чинники призводять до травмування і серйозних ушкоджень здоров'я робітників.

Проаналізуємо ці чинники. У нашому випадку відбуватимуться такі шкідливі виробничі чинники:

- фізичні (недостатня освітленість робочого місця, шум, електромагнітні поля);
- психологічні (емоційні перевантаження);
- хімічні (підвищений вміст вуглекислого газу CO₂);
- біологічні (іонізуюче випромінювання, надлишок тепла).

До небезпечних виробничих чинників віднесемо фізичні чинники: електричний струм і можливість пожежі.

Коротко розшифруємо перелічені вище шкідливі й небезпечні виробничі чинники та наведемо заходи зниження небезпеки від їх впливу.

Недостатня освітленість робочого місця.

Освітлення робочого місця – дуже важливий чинник для нормальні умови роботи співробітника. Нормативні показники освітленості робочих місць встановлено у ДБН Б.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Відповідно до цих норм, облаштовуючи виробничий простір, треба враховувати характер виконуваних робіт та рівень зорового навантаження, виробничу площу, скупчуваність людей, чистоту приміщення (пил, задимленість), вологість повітря, природне освітлення, робоча поверхня, яка є головним чинником розрахунку при встановленні норм освітлення. На підприємствах використовують природне і штучне освітлення.

Надмірна або недостатня освітленість, а також нерівномірний розподіл світла в полі зору спричиняють втому очей і зниження працездатності; це,

своєю чергою, підвищує ризик помилок і нещасних випадків. Тому для забезпечення комфортних умов зорової роботи, попередження професійних захворювань і травматизму, а також для підвищення продуктивності праці, виробниче освітлення має бути не нижче 500 люкс, що відповідає встановленим нормативним вимогам ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Такий показник гарантує належну видимість під час роботи з комп'ютером та паперовими матеріалами.

Шум несприятливо впливає на організм людини, викликає фізичні і психологічні порушення здоров'я. У нашому випадку шум, переважно, викликатьмуть система вентиляції й меншою мірою, робота комп'ютера та принтера. Відповідно до Державних санітарних норм, затверджених Наказом № 463 МОЗ для робочих приміщень і кабінетів науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій прийнято нормативні значення: рівень звуку – 50 дБА, критерії шуму NC – 40.

Основні види захисту – це акустична обробка приміщень (облицювання частини внутрішніх поверхонь приміщень звукопоглинаючими матеріалами, розміщення штучних поглиначів). Звукопоглинаюче облицювання розміщують на стелі й у вищих частинах стін (при висоті приміщення трохи більше 6-8 м) так, щоб це становило не менше 60% загальної площі поверхонь. У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін необлицьованими, або ж монтувати підвісну звукопоглинаючу стелю [15].

Електромагнітні поля промислової частоти виникають із струмоведучих частин діючих електроустановок. Від тривалого впливу електромагнітного поля на людину може виникати порушення функціонального стану нервової та серцево-судинної систем. Критерієм оцінки електромагнітного поля є електромагнітна енергія, поглинута тілом людини. Оцінку потенційної небезпеки проводять за величиною електричної напруженості поля. Відповідно до Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів, затверджених Наказом № 476 від 18.12.2002 найбільш

допустима напруженість електромагнітного поля радіочастот буде в діапазоні 0.06-300 МГц з відривом 0.1 м від усіх поверхонь відеомонітора.

Найкращий захист від електромагнітного випромінювання – оптимальний режим роботи устаткування, раціональне розміщення установок, обмежене перебування персоналу на робочому місці, екранування джерела випромінювання, раціональне розміщення робочого місця та обладнання в робочому приміщенні, індивідуальні засоби захисту: захисні окуляри та одяг, щитки, шоломи.

Засіб захисту в кожному окремому випадку слід обирати з урахуванням робочого діапазону частот, специфіки виконуваних робіт і вимог до ефективності захисту.

Емоційні перевантаження виявляються, передусім, в перевтомі. Методи попередження втоми дуже прості – потрібно робити п'ятнадцятихвилинну перерву після кожних двох годин роботи за дисплеєм, а після чотиригодинної роботи – годинну перерву [15].

Підвищений вміст вуглекислого газу в повітрі також негативно впливає на здоров'я. У приміщенні, зазвичай, перебуває дуже багато людей, через що повітря збагачується вуглекислотою. Методи попередження дуже прості: наскрізне провітрювання приміщення (слід проводити цей захід без робочих), установка в приміщенні кондиціонера або системи кондиціонерів.

Іонізуюче випромінювання характеризується еквівалентній дозою, яка, зрозуміло, не має перевищувати норми. Для зниження небезпеки слід провести комплекс заходів, що знижують сумарну дозу від усіх джерел опромінення рівня, який перевищує гранично допустимою дози. Методами захисту є безпечна відстань, обмежений час перебування в зоні дії іонізуючого випромінювання, екранування, відповідне розташування робочого місця.

Надлишок тепла також негативно впливає на організм людини.

Методи запобігання – установка кондиціонерів і провітрювання приміщення.

Електричний струм – небезпечний виробничий чинник. Приміщення з обчислювальної технікою містить багато дротів з небезпечною напругою, тому нового працівника насамперед слід ознайомити з технікою безпеки. Слід пам'ятати, що прилади мають електроживлення не нижче 200 – 230 V. Приміщення має бути оснащено пристроями аварійного відключення електроживлення. Електророзетки мають бути розташованими у важкодоступних місцях, а вільні – закриті заглушками. Можлива установка захисних кожухів на розетках для запобігання легкого вилучення мережевих виделок з розеток. Слід також заземлити все підключені системи обчислювальної техніки. Захисне заземлення – це навмисне з'єднання заземляючим пристроєм металевих частин електроустановок і корпусів устаткування, які внаслідок порушення ізоляції можуть бути під напругою. Обчислювальна техніка повинна підключатися згідно з інструкцією з її експлуатації. Дроти в жодному разі не повинні звисати зі столу, щоб об них не можна було зачепитися. Треба передбачити можливий дотик під столом ногами дротів чи електророзеток та уникнути цього.

У приміщенні, з обчислювальної технікою можливе займання. Якщо звернутися до даних статистики, то причини короткого замикання відбувається близько 45%, через загоряння електронагрівальних приладів – близько 35%, від перевантаження електродвигунів та мереж – 13% і, нарешті, від великих перехідних опорів – майже 5% від загальної кількості пожеж. Заходи попередження – це правильний вибір електроосвітлення (світильників) з урахуванням умов у яких вони використовуються. Потрібно правильно вибрати й виконувати режими експлуатації електроприладів. Існує низка заходів, які знижують небезпеку: застосування негорючих речовин, обмеження поширення пожежі, розміщення та застосування засобів пожежогасіння, створення умов евакуації людей, пожежна сигналізація.

6.2 Розробка заходів щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці

Вимоги до створення належних умов праці закріплені в Конституції України. Принципи організації умов праці визначені Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-XII. Регулювання в цій сфері також здійснюється відповідно до чинних державних стандартів. Вимоги безпеки при роботі з електронно-обчислювальною технікою визначено у відповідних правилах, затверджених наказом Державного комітету з нагляду за охороною праці від 26 березня 2010 року № 65.

При експлуатації обчислювальної техніки варто виокремити такі вимоги.

Вимоги до освітлення. Робоче місце повинно мати достатній рівень освітленості. Найкраще, коли природне світло потрапляє з лівого боку. Окрім денного освітлення, необхідно передбачити якісне штучне освітлення. Монітори слід розміщувати так, щоб уникати появи відблисків на екрані.

Режим відпочинку. Під час роботи за комп'ютером важливо регулярно робити перерви. Рекомендується після кожних двох годин роботи відпочивати не менше 15 хвилин, а після чотирьох годин — робити годинну перерву. Також слід періодично вставати, робити прості фізичні вправи та давати очам можливість відновитися. Це допоможе знизити ризик перевтоми.

Електробезпека. Розетки повинні бути надійно закріплені, а дроти — правильно прокладені. Недопустиме звисання дротів зі столу або їх необережне розташування, що може створити ризик ураження струмом.

Пожежна безпека. Робота з електронними пристроями передбачає потенційну загрозу займання, особливо в разі короткого замикання чи перевантаження електромережі. Необхідно мати план евакуації та забезпечити вільний доступ до аварійних виходів у разі виникнення пожежі.

Вимоги до ергономіки. Ергономіка робочого місця має ключове значення для підтримання здоров'я та підвищення продуктивності. Стіл і крісло повинні відповідати зросту користувача, а екран монітора розташовуватись на

рівні очей або трохи нижче, щоб уникнути перенапруження ший. Сидіння має бути зручною форми, із підтримкою попереку, а ноги повинні стояти на підлозі або на підставці. Клавіатура і миша розташовуються так, щоб руки залишалися в природному положенні, без зайвого згинання. Правильно організоване ергономічне середовище не лише покращує самопочуття програміста, а й сприяє ефективній та довготривалій роботі без шкоди для здоров'я.

Вимоги до мікроклімату та іонізації виробничих приміщень передбачені Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджених Постановою №42 від 01.12.1999. До 08.04.2025 також орієнтувалися на ДСанПІН 3.3.2.007-98, але цю Постанову було скасовано на підставі Розпорядження КМ № 317-р.

У Постанові №42 від 01.12.1999 зазначається, що мікроклімат у приміщеннях, призначених для виробництва, являє собою сукупність фізичних умов внутрішнього середовища, які визначають теплову взаємодію організму працівника з навколишнім простором. Така взаємодія відбувається шляхом конвекції, теплопровідності, випромінювання тепла та випаровування вологи. Ключовими параметрами мікроклімату є температура повітря, його відносна вологість, швидкість повітряного потоку, температура навколишніх об'єктів, а також інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання. [43]

Вимоги до рівня неіонізуючого електромагнітного випромінювання, електростатичних і магнітних полів визначаються згідно з вимогами щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів, затвердженими наказом Міненергетики від 05.02.2014 №99 та ДСанПІН 3.3.6.096-2002.

Згідно з санітарними нормами та правилами, на робочому місці персоналу, який тривалий час працює з обчислювальною технікою, напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати 20 кВ/м (кіловольт на метр). Перевищення цього рівня може викликати електростатичні розряди, що впливають на мікроклімат робочого середовища і навіть можуть призвести до порушення в роботі електронного обладнання.

Щоб уникнути надмірної електростатичної напруги, слід вживати заходів: використовувати антистатичні матеріали для меблів і підлогового покриття, заземлення обладнання, контроль вологості повітря та застосування антистатичних засобів індивідуального захисту (наприклад, антистатичні браслети або килимки під ноги).

Оптимальні мікрокліматичні умови — це поєднання параметрів, які підтримують нормальний тепловий стан організму без активації терморегуляції, забезпечують комфорт і високу працездатність. Допустимі мікрокліматичні умови — це умови, що можуть викликати короточасне напруження терморегуляції без шкоди для здоров'я, але можуть спричинити дискомфорт і зниження працездатності. Тому при організації виробництва треба враховувати всі фактори, що впливають на мікроклімат.

Приміщення, призначені для роботи з персональними комп'ютерами, повинні бути оснащені системами опалення, кондиціонування або припливно-витяжною вентиляцією. На робочих місцях необхідно підтримувати оптимальні параметри мікроклімату (температура, вологість, рух повітря) відповідно до чинних норм і вимог, зокрема ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Відсутність належного повітрообміну може призвести до підвищення температури, накопичення вуглекислого газу та зниження концентрації кисню, що негативно впливає на працездатність, викликає втому, головний біль та зниження концентрації уваги. Оптимальним рішенням є використання системи приточно-витяжної вентиляції, яка одночасно видаляє відпрацьоване повітря з приміщення і подає свіже. У разі відсутності централізованої вентиляції важливо регулярно провітрювати кімнату, відкриваючи вікна кожні 1,5–2 години на 5–10 хвилин. Крім того, бажано контролювати вологість повітря, яка має бути в межах 40–60 %. Для цього можуть використовуватись зволожувачі повітря або інші кліматичні пристрої. Надмірно сухе повітря може викликати подразнення слизових оболонок і дискомфорт під час тривалої роботи за комп'ютером.

Встановлена норма температури для приміщень із обчислювальною технікою становить 19 – 21°C, але допускається від 18°C до 22°C. Швидкість руху повітря – 0.1-0.2 м/с. Комфортний стан при даних температурах повітря визначається вологоємністю (близько 20 г/м).

Вміст кисню повітря приміщення має бути, у рамках 21–22%. Двоокис вуглецю повинен бути більше 0,1%, озону – 0,1мг/м, фенолу – 0,01мг/м, хлористого вінілу – 0,005мг/м [16].

Щоб уникнути негативного впливу сонячного випромінювання на мікроклімат у приміщенні та забезпечити рівномірне природне освітлення, рекомендується розташовувати вікна з орієнтацією на північ або північний схід. У разі, якщо таке розташування неможливе, слід використовувати спеціальні засоби захисту від сонця — наприклад, зовнішні або вбудовані міжскляні жалюзі. Варто уникати застосування темних, особливо чорних, штор, оскільки вони сприяють перегріванню приміщення та погіршують освітленість.

У приміщеннях з персональними комп'ютерами заборонено використовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, які можуть виділяти шкідливі хімічні речовини в повітря, а також є легкозаймистими.

У робочому приміщенні обов'язково повинна бути передбачена система аварійного вимкнення електроживлення на випадок надзвичайних ситуацій. Електричні розетки рекомендується розміщувати в місцях, які недоступні для випадкового дотику. Для підвищення безпеки можливе встановлення спеціальних захисних накладок, що ускладнюють витягування штекерів із розеток. Розетки, які не використовуються, треба закривати спеціальними заглушками для запобігання випадкового контакту.

Обчислювальна техніка і периферія має бути встановлена й підключена фахівцем відповідно до інструкцій з їхньої експлуатації [17].

Протипожежна безпека є важливою складовою організації робочого місця програміста, особливо в умовах інтенсивного використання комп'ютерної техніки, яка підключена до електромережі постійно. Навіть незначні порушення правил експлуатації обладнання можуть спричинити коротке замикання або

перегрів елементів електропостачання, що потенційно становить загрозу загоряння.

Протипожежна профілактика полягає у виключенні умов займання.

Розетки, подовжувачі та інші елементи електромережі необхідно використовувати відповідно до норм навантаження. Заборонено одночасно підключати багато пристроїв до одного джерела живлення, щоб уникнути перевантаження. Електричні кабелі мають бути справними, без пошкодженої ізоляції, а їх розміщення не має створювати перешкод для вільного доступу до виходів.

Варто вимикати обладнання після завершення роботи, особливо у разі тривалої відсутності. Також робітникам необхідно ознайомитись із планом евакуації у разі пожежі та вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння.

У приміщенні повинні бути встановлені вогнегасники, призначені для гасіння електроприладів. Типи вогнегасників, рекомендовані для офісів програмістів:

Вуглекислотні вогнегасники (маркування ВВК або ОУ). Цей тип є найдоцільнішим у приміщеннях із електронною технікою. Він не залишає слідів після використання (на відміну від порошкових або пінних), не пошкоджує електроніку, не викликає коротких замикань і не потребує додаткового прибирання. Вуглекислота витісняє кисень із зони горіння, чим ефективно зупиняє займання. Такий вогнегасник безпечний для чутливої комп'ютерної техніки, якщо використовується правильно та на безпечній відстані.

Порошкові вогнегасники (маркування ВП або ОП). Вони універсальні та ефективні проти загорянь речовин класів А (тверді матеріали), В (рідини), С (гази) і Е (електроустановки під напругою). Однак, при їх застосуванні утворюється густий пил, що може потрапити всередину комп'ютерної техніки та викликати її пошкодження. Тому порошкові вогнегасники варто

використовувати лише в крайніх випадках або в місцях, де поруч із технікою знаходяться легкозаймисті матеріали (папір, меблі).

Аерозольні генератори (малогабаритні системи). Для невеликих офісів можливе використання компактних аерозольних засобів локалізації вогню. Вони зручні, легкі у використанні, та не вимагають спеціальної підготовки, проте мають обмежену потужність.

Вимоги до розміщення та експлуатації вогнегасників:

- вогнегасники мають бути встановлені у видимих та доступних місцях, з позначенням їхнього типу, терміну придатності та інструкцією з використання.
- висота кріплення балона — не вище 1,5 м від підлоги до верхньої частини пристрою.
- не дозволяється встановлювати вогнегасники в шафах, за меблями або в інших важкодоступних місцях.
- кількість вогнегасників визначається залежно від площі приміщення, кількості техніки та рівня потенційної пожежної небезпеки.
- вогнегасники мають регулярно перевірятись на справність, що підтверджується спеціальним записом у журналі обліку та пломбою на балоні.

Окрім наявності вогнегасників, у приміщеннях має бути:

- пожежна сигналізація та, за можливості, система автоматичного оповіщення.
- план евакуації, що знаходиться на видному місці.
- вільний доступ до евакуаційних виходів.

Працівники мають проходити інструктаж із пожежної безпеки й уміти користуватись первинними засобами гасіння вогню.

Правильний підбір вогнегасників і дотримання профілактичних заходів значно підвищують рівень безпеки в приміщеннях із комп'ютерною технікою та дозволяють оперативно реагувати у випадку надзвичайної ситуації без ризику для людей і обладнання. [18]

6.3 Розробка ергономічного проекту робочого місця проектувальника

Робоче місце користувача персонального комп'ютера повинно бути спроектоване таким чином, щоб забезпечити комфортне та анатомічно правильне положення тіла під час виконання роботи. Конструкція столу, стільця, розташування монітора і клавіатури мають сприяти природному положенню спини, шиї та рук.

Стіл, за яким працює робітник, відіграє важливу роль у забезпеченні зручності, ефективності праці та збереженні здоров'я під час тривалої роботи за комп'ютером. Він має відповідати ряду ергономічних та функціональних вимог.

Оптимальна висота робочої поверхні — приблизно 720–750 мм для сидячої роботи. Ширина стільниці повинна бути не менш ніж 800 мм, а глибина — не менше 600–800 мм, щоб забезпечити достатню відстань до монітора (оптимально — 500–700 мм) та розмістити інше необхідне обладнання. Стільниця має бути виконана з міцних, нетоксичних і матових матеріалів, які не блищать і не створюють відблисків. Краще обирати дерево, ламіновану ДСП або спеціальне протиударне покриття. Бажано, щоб стіл мав вбудовані канали або отвори для організації кабелів. Це дозволяє уникати скупчення проводів і забезпечує акуратність робочого простору. Також корисними є додаткові тумби або полиці для документів чи техніки. Стіл повинен бути стійким і не хитатись під час роботи. Надійна конструкція гарантує безпеку встановленої техніки та комфорт користувача.

Для забезпечення комфортних і безпечних умов праці під час роботи з комп'ютерами важливо правильно організувати просторове розташування робочих місць.

Відстань між задньою частиною одного монітора та екраном наступного, розташованого за ним, повинна становити щонайменше 2 метри. У свою чергу, бічна відстань між екранами різних робочих місць має бути не меншою за 1,2 метра. Така організація дозволяє знизити візуальне навантаження, мінімізувати відблиски та створити приватність під час роботи.

Крім просторового розміщення, важливо правильно зорієнтувати елементи робочої зони відносно поля зору працівника. Основні об'єкти, з якими часто взаємодіє користувач (монітор, клавіатура, документи), доцільно розташовувати в межах 15° від прямого напрямку погляду. Це дозволяє

уникати надмірного руху голови і очей, а також сприяє збереженню зорової концентрації та зниженню стомлюваності. [17].

Ми розробили робочий стіл для підприємства, враховуючи різні вимоги. У роботі виконані норми відстані від ока до монітора.

В проекті підібраний оптимальний варіант робочого столу, який представляє собою кутову структуру з переднім краєм у формі лекала. Загально займана ним площа оптимальна, бо стіл встановлений в кутку. Його згладжений напівкруглий передній край утворює дугу довкола користувача, забезпечуючи оптимальну зону доступу. Оберемо умовні розміри столу:

- висота — 750 мм
- ширина стільниці — 1600 мм
- глибина стільниці — 800 мм
- товщина стільниці та бокових панелей — 25 мм.

Результат проектування столу в програмному пакеті 3d Max рисунок 6.1. Робочий стіл спроектований так, щоб можна було зручно розмістити все необхідне обладнання, враховуючи його кількість та особливості конструкції. На рисунку 6.2 показано спроектоване місце інженера – проектувальника.

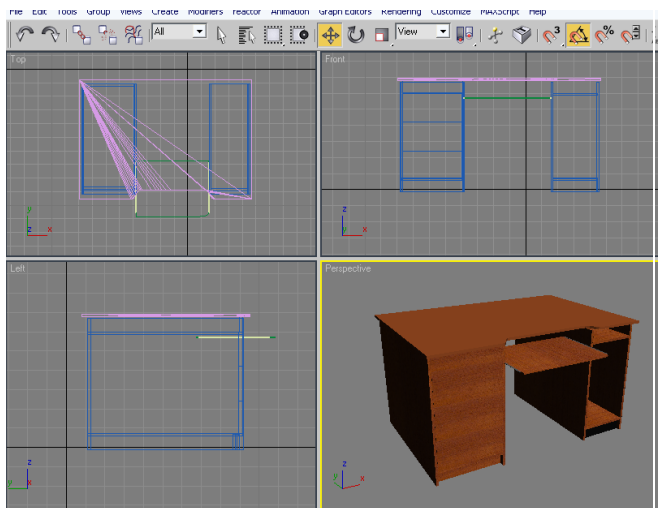


Рисунок 6.1 – Підсумковий результат проектування столу

Рисунок 6.2 – Робоче місце інженера-проектувальника

Оскільки проектувальники зазвичай проводять багато годин у сидячому положенні, правильна конструкція стільця відіграє ключову роль у профілактиці захворювань опорно-рухового апарату та зменшенні втоми.

Стілець повинен мати можливість плавного регулювання висоти, щоб користувач міг розмістити ноги на підлозі з колінами, зігнутими під прямим кутом. Це сприяє правильному кровообігу та зменшує навантаження на суглоби.

Спинка стільця має мати вигин у ділянці попереку, щоб підтримувати природну форму хребта. Регульована спинка допомагає уникнути перенапруження спини та зменшує ризик виникнення болю у нижній частині хребта.

Наявність підлокітників з можливістю регулювання по висоті й ширині дозволяє знизити напругу в плечах і зап'ястях. Руки повинні вільно спиратися, при цьому передпліччя залишаються паралельними до підлоги.

Кожен параметр регулювання має змінюватися окремо, з надійною та простою фіксацією.

База стільця повинна бути стабільною, п'ятипроменевою, оснащеною колесами для легкого переміщення. Це забезпечує мобільність користувача без потреби вставати та дає змогу зручно дістатися до різних частин робочого місця.

Оббивка сидіння має бути зносостійкою, приємною на дотик і «дихаючою», щоб уникати перегрівання тіла під час тривалої роботи. Доречно використовують сітчасті спинки, які покращують вентиляцію та комфорт.

Сидіння повинно бути достатньо широким і мати закруглений передній край, щоб не тиснути на стегна й не порушувати кровообіг. Бажано також наявність регулювання глибини сидіння для підстроювання під індивідуальні параметри користувача.

Робоче місце має бути облаштоване підставкою для ніг. Вона забезпечує правильне положення нижніх кінцівок, сприяє зниженню навантаження на ноги, спину та покращує кровообіг.

Основні функції підставки для ніг: підтримує ноги у зручному положенні, коли висота стільця не дозволяє повністю спирати ступні на підлогу; сприяє правильній поставі та зменшує навантаження на поперековий

відділ хребта; запобігає онімінню ніг та розвитку варикозного розширення вен, особливо при тривалій сидячій роботі.

Вимоги до підставки. Розміри: оптимальна ширина — не менше 400 см, а глибина — близько 300 см. Такі параметри забезпечують комфортне розташування обох ніг. Регульований нахил: підставка повинна мати можливість змінювати кут нахилу (зазвичай у межах 10–20 градусів), щоб користувач міг підібрати найбільш зручне положення. Поверхня: верхня частина повинна бути рифленою або мати антиковзке покриття, щоб запобігти зісковзуванню ніг. Стійкість: конструкція повинна бути міцною та стабільною, щоб не рухалась під час використання. Матеріал: найчастіше використовують метал з гумовими вставками. Підставка має бути легкою, але достатньо надійною для тривалої експлуатації.

Крісло має підйомно-поворотну конструкцію, його висота, кути нахилу сидіння та спинки, а також відстань між спинкою і переднім краєм сидіння регулюються окремо, легко налаштовуються та надійно фіксуються. Поверхня сидіння, спинки й інших елементів крісла є напівм'якими з нековзкими, неелектростатичними з повітропроникним покриттям. Додається підставка для ніг, металева, з гумовими вставками, шириною 400 мм, глибиною 300 мм.

Для раціонального використання простору облаштовуємо стіл поличками, розташованими на різних рівнях. Такий підхід дозволяє зменшити безлад на основній робочій поверхні, розмістивши допоміжні пристрої, документи або канцелярське приладдя на верхніх рівнях. Це сприяє зручному доступу до потрібних предметів і водночас звільняє простір для основної діяльності. Використання багаторівневої конструкції також знижує візуальне навантаження, оскільки всі об'єкти розміщені в межах зони комфорту — на відстані витягнутої руки, у межах поля зору користувача. Додаткове джерело штучного світла (лампу) розташовуємо ліворуч (для правш).

Висновки до шостого розділу

У процесі роботи в приміщеннях з обчислювальною технікою працівники піддаються впливу як шкідливих, так і небезпечних виробничих чинників, які можуть негативно позначатися на їхньому здоров'ї, працездатності та загальній безпеці. Для зниження їхнього негативного впливу необхідно вживати комплексні заходи профілактики, серед яких: забезпечення нормативного рівня освітленості, організація акустичного комфорту, вентиляція і кондиціонування повітря, дотримання режиму праці та відпочинку, заземлення електроприладів і встановлення засобів автоматичного відключення електроенергії, а також впровадження протипожежних заходів і забезпечення засобами гасіння. Правильна організація робочого простору з урахуванням вимог безпеки та санітарно-гігієнічних норм дозволяє створити безпечні умови праці, зменшити ризики захворювань, підвищити продуктивність і зберегти здоров'я персоналу.

Працівники проводять багато часу на робочому місці, тож дуже важливо, щоб воно було комфортним. Для цього було спроектовано стіл і крісло, які відповідають санітарно-технічним вимогам.

Окрім меблів, суттєвим аспектом є правильне просторове розташування робочих місць у приміщенні. Тож забезпечено достатню відстань між моніторами та зоровими зонами, що дозволяє уникнути перевтоми очей, зайвого напруження та відволікань. Досягнуто оптимального рівня освітленості приміщення й робочої зони зокрема. Враховано орієнтацію обладнання відповідно до кута природного погляду користувача, що також значно впливає на тривалість безперервної продуктивної праці. Врахували показники вологості повітря та температури. Зменшили рівень впливу низькочастотних магнітних полів від моніторів.

Таким чином, створення якісно організованого, ергономічно обґрунтованого робочого місця є основою для збереження здоров'я, зниження стомлюваності та підвищення ефективності праці працівників. Реалізація цих принципів має бути пріоритетом для роботодавців.

7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Впровадження підсистеми автоматизованого проектування (САПР) на підприємстві Таврія Турбо Плюс» спрямоване на підвищення ефективності процесів розробки технічної документації, оптимізацію витрат та зменшення термінів підготовки виробництва. Основним завданням такої підсистеми є автоматизація рутинних операцій, підвищення точності проектних рішень та прискорення їх реалізації.

Економічний ефект від впровадження САПР полягає, перш за все, у скороченні витрат на проектування. Завдяки автоматизації значної частини робіт, зменшується необхідність у залученні великої кількості інженерно-технічного персоналу, що дозволяє знизити фонд заробітної плати. Крім того, система дозволяє швидко вносити зміни до проектів, перевіряти їх на помилки. Окремо варто відзначити зниження кількості помилок у проектній документації, що безпосередньо впливає на якість виробів та кількість браку. САПР автоматично перевіряє відповідність елементів конструкції, виявляє несумісності та попереджає про недоліки ще на етапі проектування, що знижує витрати на переробку та виправлення помилок у процесі виготовлення.

Також значну економію забезпечує уніфікація та стандартизація проектних рішень. У системі можуть зберігатися шаблони та типові рішення, які зменшують обсяг нових розробок, сприяють прискоренню процесу створення документації та покращують якість кінцевого продукту.

Нарешті, економічний ефект включає збільшення загальної продуктивності підприємства, оскільки прискорення проектного циклу дозволяє паралельно працювати над більшою кількістю замовлень, збільшуючи виробничі потужності без необхідності розширення штату або матеріально-технічної бази.

Усі ці чинники забезпечують економічні переваги впровадження САПР.

7.1 Економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої САПР

Економічний ефект E за рік від впровадження САПР розраховуємо за формулою:

$$E = E_p - E_n \cdot K_a, \quad (1)$$

де E_p – економія за рік після впровадження розробленої системи;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (для автоматизованих систем управління і проектування $E_n=0.333$, визначається за формулою;

$$E_n = 1 / T_{\text{НОК}}, \quad (2)$$

де $T_{\text{НОК}}$ – нормативний час окупності (для автоматики і обчислювальної техніки впродовж трьох років);

K_a – одноразові витрати для створення нової системи;

$$K_a = K_n + K_k, \quad (3)$$

де K_n – витрати на розробку системи;

K_k – капітал для комплекту програмних і технічних засобів;

$$K_n = Z_n \cdot T_n \quad (4)$$

де Z_n – заробітна плата розробнику проекту за місяць;

T_n – тривалість проектування ($T_n = 6$ місяців – тривалість виконання кваліфікаційної роботи).

Заробітна плата за місяць розробнику проекту підсистеми автоматизованого проектування складає 6500 гривень. Тому по $K_n = 39000$ гривень.

$$K_k = B_T + B_{II}, \quad (5)$$

де B_T – витрати на придбання комплексу технічних засобів (розраховується, як сума ринкових цін на технічне забезпечення);

B_{II} – витрати на придбання комплексу програмних засобів (розраховується, як сума ринкових цін на програмне забезпечення).

Сукупні витрати на придбання технічного оснащення для підсистеми автоматизованого проектування охоплюють:

- витрати на оснащення кожного автоматизованого робочого місця (АРМ) ($B_{ТАРМ}$);
- витрати, пов'язані з облаштуванням обчислювальної мережі ($B_{ТМ}$);
- витрати на встановлення технічного обладнання та монтаж мережевої інфраструктури ($B_{Тмонт}$).

Ціна устаткування для одного автоматизованого робочого місця у відділі головного конструктора підприємства ПП «Таврія Турбо Плюс» складає 6500 грн. Оскільки таких робочих місць передбачено вісім, тому $B_{ТАРМ} = 52000$ гривень. Додатково, технічне забезпечення обчислювальної мережі ($B_{ТМ}$) складає 18560 грн. Витрати, пов'язані з монтажем обладнання та мережі ($B_{Тмонт}$) дорівнюють 2600 гривень. Отже, сумарні витрати на закупівлю та встановлення технічного забезпечення дорівнюють

$$B_T = B_{ТАРМ} + B_{ТАРМ} + B_{Тмонт} = 73160 \text{ гривень.}$$

Розрахунок вартості на закупівлю програмного забезпечення для підсистеми автоматизованого проектування складається з кількох компонентів:

- вартість програмного забезпечення для кожного автоматизованого робочого місця, ($B_{ПАРМ}$);
- витрати на програмне забезпечення для обчислювальної мережі ($B_{ПМ}$);
- кошти, необхідні для встановлення та налаштування цього програмного забезпечення ($B_{Пінст}$).

Витрати на кожен комплект програмного забезпечення наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Комплектація пакету	Вартість, грн	Кількість, шт
АРМ технолога: “Механообробка” SolidWorks CAM Standard (вбудований CAM-модуль для SolidWorks);інтерактивна база матеріалів та режимів різання (локальна база або інтеграція з MachiningCloud).	27 000	1
АРМ технолога: “Зварювання” SolidWorks Welding Tools;довідник матеріалів та режимів зварювання;модуль управління зварювальними вузлами та елементами (вбудований у SolidWorks або сторонні PDM-розширення).	29 500	1
АРМ конструктора: “Проектування – професіонал” SolidWorks Professional;модуль специфікацій (SolidWorks BOM Tools);бібліотека стандартних компонентів (Toolbox).	61 800	5
АРМ конструктора: “Оснащення – професіонал” SolidWorks Premium;модуль розробки оснащення;бібліотека ливарних форм та прес-форм.	54 200	1

Отже, сумарно витрати на програмне забезпечення усіх автоматизованих робочих місць у межах підсистеми дорівнюють: 421 500 грн

Все разом становить:

$$B_{\Pi} = B_{\Pi \text{АРМ}} + B_{\Pi \text{М}} + B_{\Pi \text{інст}} = 184106 \text{ гривень.}$$

Капітал комплексу програмних і технічних засобів (K_k) визначаються за формулою (5) і становить 257266 гривень.

Первинні (одноразові) витрати на впровадження підсистеми автоматизованого проектування (K_a) розраховуються за формулою (3), становлять 296266 гривень.

Розрахунок щорічної економії, що очікується після впровадження підсистеми автоматизованого проектування конструкторської документації на підприємстві ПП «Таврія Турбо Плюс», здійснюється за такою формулою:

$$E_p = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (6)$$

де Π_1 , – прибуток від проектних робіт до впровадження підсистеми;

Π_2 – прибуток від проектних робіт після впровадження підсистеми.

$$\Pi_1 = B_1 - ВСП_1, \quad (7)$$

$$\Pi_2 = B_2 - ВСП_2, \quad (8)$$

де $ВСП_1$ – виробнича собівартість проекту до впровадження підсистеми;

$ВСП_2$ – виробнича собівартість проекту після впровадження підсистеми;

B_1 – доходи за рік від виконання проектних робіт до впровадження підсистеми;

B_2 – доходи за рік від виконання проектних робіт після впровадження підсистеми;

$$B_1 = m_1 \cdot ДВ, \quad (9)$$

$$B_2 = m_2 \cdot ДВ, \quad (10)$$

де $ДВ$ – договірна вартість одного проекту;

m_1 – кількість проектів, які виконувалися до впровадження підсистеми;

m_2 – кількість проектів, що розроблятимуться після впровадження підсистеми.

За результатами попереднього аналізу відділу головного конструктора (ВГК) встановлено, що в межах чинної підсистеми проектування конструкторської документації щорічно розробляється $m_1=395$ проектів.

На підприємстві «Таврія Турбо Плюс» прогнозується збільшення розроблених проектів на 27%, тобто m_2 дорівнюватиме 501 проекту на рік після впровадження САПР.

Вартість одного проекту за договором визначена у розмірі 2000 гривень. Відповідно до формули (9) загальна вартість проектів до впровадження системи (B_1) складає 790000 гривень, після впровадження (B_2) – 1002000 гривень.

Далі визначимо виробничу собівартість проекту до та після запровадження підсистеми автоматизованого проектування технологічної документації..

$$ВСП_1 = \Phi ОП_1 + O_{TЧ} \cdot \Phi ОП_1 + M_1 + A_{прим1} + C_1 + H_1, \quad (11)$$

$$ВСП_2 = \Phi ОП_2 + O_{TЧ} \cdot \Phi ОП_2 + M_2 + A_{ном2} + C_2 + H_2, \quad (12)$$

де $\Phi ОП_1$ – фонд оплати праці за рік до впровадження підсистеми;

$\Phi ОП_2$ – фонд оплати праці за рік після впровадження підсистеми;

$O_{TЧ}$ – нормативні відрахування від фонду оплати праці (34%);

M_1 – щорічні витрати на матеріали та оплату електроенергії до впровадження підсистеми ($M_1 = 3600$ гривень);

M_2 – щорічні витрати на матеріали та оплату електроенергії після впровадження підсистеми ($M_2 = 2500$ гривень);

$A_{прим_1}$ – щорічні витрати на утримання приміщень для працівників ВГТ до впровадження підсистеми (важливо враховувати, що для розміщення проектувальників, які працюють у ручному режимі, потрібно більше площі, ніж для спеціалістів, що використовують автоматизовану систему проектування).

$A_{прим_2}$ – щорічні витрати на утримання приміщень для працівників ВГТ після впровадження підсистеми;

C_1 – щорічні витрати на обслуговування обладнання до моменту впровадження підсистеми ($C_1 = 6000$ гривень);

C_2 – щорічні витрати на обслуговування обладнання після впровадження підсистеми ($C_1 = 2600$ гривень);

H_1 – накладні витрати ($H_1 = 0,4 \cdot \Phi ОП_1$) до впровадження підсистеми;

H_2 – накладні витрати ($H_2 = 0,4 \cdot \Phi ОП_2$) після впровадження підсистеми.

Зарплата головного конструктора складає 2800 гривень, зарплата решти працівників – 2100 гривень кожному, а зарплата заступників головного технолога – 2700 гривень. Усього вісім осіб. Таким чином, річний фонд заробітної плати діючої підсистеми дорівнює.

Розраховуємо і отримуємо такий результат:

$$\Phi ОП_1 = (2800 + 5 \cdot 2100 + 2 \cdot 2700) \cdot 12 = 224400 \text{ гривень.}$$

Із запровадженням підсистеми автоматизованого проектування конструкторської документації відбувається оптимізація штату відділу головного конструктора, а саме: посади заступників головного конструктора скорочуються, а натомість збільшується кількість штатних конструкторів. У результаті заробітна плата головного конструктора підвищується до 3000 гривень, а оплата праці фахівців зростає до 2200 гривень.

Після впровадження підсистеми річні витрати на оплату праці складатимуть:

$$\Phi ОП_2 = \Phi ОП_1 = (3000 + 7 \cdot 2200) \cdot 12 = 220800 \text{ гривень.}$$

Проведемо розрахунок річної вартості утримання приміщень для працівників ВГК до і після впровадження підсистеми:

$$A_{\text{прим}_1} = S \cdot B_1 \cdot Ц_a, \quad (13)$$

$$A_{\text{прим}_2} = S \cdot B_2 \cdot Ц_a, \quad (14)$$

де S – площа, яка призначена для розміщення одного співробітника;

$Ц_a$ – вартість експлуатації 1 м²;

B_1 – кількість робітників відділу до запровадження системи ;

B_2 – кількість робітників відділу після запровадження системи;

Для розрахунку беремо показники площі приміщення доокупаційного періоду. Загальна площа приміщення відділу становить 86 м², а річна вартість експлуатації одного квадратного метра — $Ц_a = 295$ гривень. Витрати на приміщення визначаються за формулою (13) та становлять $A_{\text{прим}_1} = 25370$ гривень.

Впровадження автоматизованої системи проектування технологічної документації передбачає зменшення площі, необхідної для розміщення одного працівника до 8 м², тобто до 64 м² для розміщення всіх працівників. Таким чином, за формулою (14) витрати на приміщення після впровадження підсистеми становлять $A_{\text{прим}_2} = 18870$ гривень.

Згідно з формулою (11) виробнича собівартість проекту перед впровадженням підсистеми автоматизованого проектування конструкторської документації складає:

$$ВСП_1 = 450996;$$

Після впровадження підсистеми розраховується за формулою формулою (12):

$$ВСП_2 = 423252.$$

Маємо такий результат: річна економія, яка виникає після впровадження проекту підсистеми автоматизованого проектування конструкторської документації, відповідно до формули (6), становить:

$$E_p = 239744 \text{ гривень.}$$

Строк окупності одноразових витрат на підсистему проектування технологічної документації обчислюється за формулою:

$$T_{\text{фок}} = K_a / E_p, \tag{15}$$

де $T_{\text{фок}}$ – реальний строк повернення капіталовкладень; враховуємо, що підсистема є економічно доцільною., якщо $T_{\text{фок}} \leq 3$ років.

Згідно з розрахунками за формулою (15), термін окупності підсистеми складатиме 1,07 року.

Висновки до сьомого розділу

Підсистема автоматизованого проектування, впроваджена на ТОВ «Таврія Турбо Плюс», дозволить не лише прискорити процес розробки технічної документації, а й значно оптимізувати виробничі витрати. Підприємство збереже той самий штат працівників, але при цьому збільшить продуктивність, мінімізує помилки. Річний економічний ефект свідчить про доцільність подальшого розвитку та інтеграції цифрових технологій в роботу підприємства.

Таким чином, використання САПР дозволяє скоротити витрати коштів, пришвидшити окупаємість, підвищити якість продукції, скоротити час виробництва і, як наслідок, зміцнити позицію конкурентноспроможності компанії на ринку України та зарубіжжя. САПР виступає не лише технічним інструментом, а й джерелом стабільної економічної вигоди.

ВИСНОВКИ

Підприємство «Таврія Турбо Плюс» спеціалізується на виготовленні автотракторних турбокомпресорів, має замкнутий цикл виробництва. Чітко структуроване, але не має сучасної організаційно-обчислювальної інфраструктури, обмежене слаборозвиненим рівнем автоматизації, що знижує продуктивність роботи. Тож була поставлена головна мета — зробити технічну підготовку виробництва деталі «Корпус компресора ТКР 11238 МБ.020.01» в системі автоматизованого проектування.

Під час роботи над кваліфікаційною роботою були поставлені задачі розробки підсистеми автоматизованого проектування конструкторсько-технологічної документації у ТОВ «Таврія-Турбо Плюс» для удосконалення процесу проектування конструкторської документації в конструкторському відділі, створення керуючої програми виготовлення деталі «Корпус компресора ТКР 11238 МБ.020.01».

Прийшли до висновку, що потрібно з «нуля» створювати підсистему проектування конструкторської документації.

Були запропоновані пакети програм для створення керуючої програми корпусу компресора. Для цього використовували пакет програм Power Mill.

Розроблений модуль API для параметризації деталі.

Було вирішено застосувати комп'ютерні технології CAD, CAE, CAM, CAPP, MPM і PLM. Впровадження таких інформаційних систем дозволяє не лише ефективно управляти ресурсами, а й забезпечувати цілісність і взаємозв'язок усіх підрозділів підприємства у межах єдиного цифрового середовища.

Вивчивши роботу підприємства, проаналізувавши переваги й недоліки, визначили зміст технічного завдання. Зробили висновок, що найефективнішою формою управління підприємством є лінійно-функціональна модель.

У середовищі Allfusion Process Modeller v7.2 була створена функціональна модель підсистеми ведення конструкторсько-технологічних баз даних з обліком вимог автоматизації з перспективою на інформаційні потреби управлінських процесів та документообігу.

В процесі дослідження було вирішено обрати для підприємства «Таврія Турбо Плюс» для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва в якості програмного забезпечення Solid Works, Inventor, Tebis. Підібрано відповідне технічне оснащення підсистеми, побудоване на базі персональних комп'ютерів, а також визначено топологію локальної обчислювальної мережі та розроблено рекомендації для її подальшого вдосконалення.

Було прийнято рішення створити власний постпроцесор, щоб зменшити витрати на придбання нового програмного забезпечення. Також визначено необхідне технічне забезпечення підсистеми на базі персональних комп'ютерів, розроблено топологію локальної мережі та рекомендації щодо її вдосконалення. Головною метою під час вибору програмних продуктів і технічного оснащення було забезпечення максимальної ефективності, продуктивності та економічності нової підсистеми САПР. Для створення електронного архіву обґрунтовано вибір потужного сервера та сканера SmartWorks Pro.

Розроблено керуючу програму для обробки ливарної форми з криволінійними поверхнями «Корпус компресора ТКР 11238 МБ.020.01», завдяки якій вдалося скоротити час виробництва, забезпечити точність і якість обробки на верстаті з ЧПК.

Окреслено організацію робочого простору з урахуванням вимог безпеки та санітарно-гігієнічних норм, для створення безпечних умов праці. Розроблено робоче місце проектувальника.

Розрахунок річної економічної ефективності свідчить про користь впровадження САПР в систему життєдіяльності підприємства «Таврія Турбо Плюс».

Дана кваліфікаційна робота пройшла апробацію та рекомендована до впровадження в умовах підприємства. Розроблена САПР конструкторської документації задовольняє всі показники якості: ефективність, безпечність, ергономічність. Керуюча програма для обробки ливарної форми відповідає всім технологічним вимогам виробництва, забезпечуючи точність обробки та скорочуючи терміни виготовлення деталей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабіченко А.К., Тошинський В.І., Михайлов В.С. та ін. — Промислові засоби автоматизації. Частина 1. Харків: НТУ «ХП», 2003. — 470 с.
2. Баранов В.В. — Економічна ефективність впровадження САПР: Навчальний посібник. Київ: Техніка, 2015. — 320 с.
3. Войтенко В.І. — Системи автоматизованого проектування технологічних процесів машинобудування (САПР ТПМ). Київ: НТУУ «КПІ», 2011.
4. Гандзюк М.П., Джигирей В.С., Сіренко І.В. — Охорона праці: Навчальний посібник. Київ: Каравела, 2008. — 368 с.
5. Гончаренко С.М. — Оцінка ефективності інвестицій у САПР: Підручник. Львів: Світ, 2017. — 280 с.
6. Дзюба О.М., Кондратюк С.С., Мельник П.М. — Охорона праці в галузі: Підручник. Львів: Афіша, 2009. — 412 с.
7. Дмитренко О.В. — Економічні аспекти автоматизованого проектування: Навчальний посібник. Харків: Основа, 2018. — 350 с.
8. Ельперін І.В., Пупена О.М., Сідлецький В.М., Швед С.М. — Автоматизація виробничих процесів, Київ: Ліра-К, 2021. — 378 с.
9. Єременко П.О. — Управління витратами при впровадженні САПР: Підручник. Одеса: ВМВ, 2016. — 290 с.
10. Жукова Л.М. — Методологія розрахунку економічної ефективності САПР: Навчальний посібник. Дніпро: Пороги, 2019. — 310 с.
11. Калиніченко І.О., Сидоренко О.М. — Основи охорони праці: Підручник. Харків: ХНАДУ, 2010. — 256 с.
12. Леонов С. Ю., Гейко Г. В. — Технологія автоматизованого проектування комп'ютерних систем та їх складових. Харків: НТУ «ХП», 2024. — 256 с.
13. Леонов С. Ю., Гладких Т. В. — Автоматизоване проектування пристроїв в комп'ютерних системах. Харків: НТУ «ХП», 2024. — 256 с.
14. Лотиш В. В. — Системи автоматизованого проектування. Луцьк: Луцький НТУ, 2022.

15. Лукінюк М.В. — Технологічні вимірювання та прилади: Навчальний посібник. Київ: НТТУ «КПІ», 2007. — 436 с.
16. Мельник Л.Г., Пашкевич М.С. — Охорона праці в машинобудуванні: Підручник. Київ: Лібра, 2007. — 384 с.
17. Пальчевський Б.О. — Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів): Навчальний посібник. Львів: Світ, 2007. — 392 с.
18. Переверзева А. М., Дзевочко О. М., Красніков І. Л., Дзевочко А. І. — Автоматизація технологічних процесів і виробництва. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. — 119 с.
19. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. — Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах. Київ: Ліра-К, 2011. — 552 с.
20. Сазонець О. Інформаційні системи і технології в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю. Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2014. — 368 с.
21. Тимошенко І.І., Шевченко В.М. — Охорона праці в електроенергетиці: Підручник. Одеса: ОНПУ, 2012. — 290 с.
22. Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Базіло К. В. — Автоматизація виробничих процесів. Теорія подібності. Черкаси: ЧДТУ, 2022. — 181 с.
23. Ткачов Ю. В., Сазанішвілі З. В., Давидова А. В., Беліков В. В., Хащина О. І. — Сучасні автоматизовані системи для створення виробів нової техніки. Дніпро: РВВ ДНУ, 2020. — 92 с.
24. Трегуб В.Г. — Проектування систем автоматизації: Навчальний посібник. Київ: Ліра-К, 2014. — 344 с.

ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

25. ДСТУ 2226-93. «Автоматизовані системи. Основні положення».
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937

26. ДСТУ 2960-94 «Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни та визначення». https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=57136
27. ДСТУ 2.601:2006. «Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи. Загальні вимоги». https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28315
29. <https://dspace.snu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4ae283c6-3869-404d-9702-62120082c2b7/content>
28. <https://www.autodesk.com/>
29. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/640>
30. http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/16955/1/conferens%20III%20%202022_87-93.pdf
31. <https://oppb.com.ua/news/pro-osvitlennya-vyrobnychyh-prymishchen>
32. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text>
33. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>
34. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>

ДОДАТКИ

Додаток А.
Текст NC-файлу (керуючої програми) для станка з ЧПУ

%
O12
N1G90G53G00G49G98Z0.
(Черновая Послойная)
N3T1M06
N4G54X0.Y0.
N7G43Z30.H1
N8S637M03
N9G00X-24.76Y22.329
N10G00Z10.
N11G01Z9.F100M08
N12X-24.346Y22.05
N13G02X-21.22Y26.313R26.668F200
N14G01X-13.644Y19.787
N15G02X13.682Y20.616R18.372F100
N16X16.884Y16.125R19.958
N17X22.47Y4.281R68.939
N18X0.008Y-26.39R23.56
N19X-22.842Y2.909R23.56
N20X-18.169Y13.322R37.63
N21X-13.644Y19.787R58.807
N22G01X-16.086Y31.658
N23G00Z1.
N24G01Z0.
N25X-10.176Y23.592
N26G02X17.292Y16.362R19.069
N27X22.92Y4.425R69.458
N28X0.009Y-26.863R24.033
N29X-23.303Y3.014R24.033
N30X-18.571Y13.569R38.021
N31X-13.167Y21.062R50.594
N32G01X-10.176Y23.592
N33G00Z30.
N34M05M09
(Чистовая Послойная)
N36T2M06
N37X0.Y0.
N40G43Z30.H2
N41S1061M03
N42X-23.727Y-4.745
N43G00Z18.
N44G01Z17.M08
N45X-23.427Y-4.725
N46G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N47X-20.934Y8.361R26.005
N48X-18.713Y12.335R58.276
N49X-13.936Y19.41R81.651
N50X0.149Y26.354R17.529
N51X16.221Y17.241R18.866

N52X21.04Y8.068R96.453
N53X23.252Y0.597R25.642
N54X0.002Y-26.358R23.504
N55X-23.427Y-4.725R23.504
N56G01X-23.727Y-4.745F100
N57Z13.
N58X-23.427Y-4.725
N59G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N60X-20.934Y8.361R26.005
N61X-18.713Y12.335R58.276
N62X-13.936Y19.41R81.651
N63X0.149Y26.354R17.529
N64X16.221Y17.241R18.866
N65X21.04Y8.068R96.453
N66X23.252Y0.597R25.642
N67X0.002Y-26.358R23.504
N68X-23.427Y-4.725R23.504
N69G01X-23.727Y-4.745F100
N70Z9.
N71X-23.427Y-4.725
N72G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N73X-20.934Y8.361R26.005
N74X-18.713Y12.335R58.276
N75X-13.936Y19.41R81.651
N76X0.149Y26.354R17.529
N77X16.221Y17.241R18.866
N78X21.04Y8.068R96.453
N79X23.252Y0.597R25.642
N80X0.002Y-26.358R23.504
N81X-23.427Y-4.725R23.504
N82G01X-23.727Y-4.745F100
N83Z5.
N84X-23.427Y-4.725
N85G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N86X-20.934Y8.361R26.005
N87X-18.713Y12.335R58.276
N88X-13.936Y19.41R81.651
N89X0.149Y26.354R17.529
N90X16.221Y17.241R18.866
N91X21.04Y8.068R96.453
N92X23.252Y0.597R25.642
N93X0.002Y-26.358R23.504
N94X-23.427Y-4.725R23.504
N95G01X-23.727Y-4.745F100
N96Z1.
N97X-23.427Y-4.725
N98G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N99X-20.934Y8.361R26.005
N100X-18.713Y12.335R58.276
N101X-13.936Y19.41R81.651
N102X0.149Y26.354R17.529
N103X16.221Y17.241R18.866

N104X21.04Y8.068R96.453
N105X23.252Y0.597R25.642
N106X0.002Y-26.358R23.504
N107X-23.427Y-4.725R23.504
N108G01X-23.727Y-4.745F100
N109Z0.
N110X-23.427Y-4.725
N111G02X-23.493Y-3.525R21.865F200
N112X-20.934Y8.361R26.005
N113X-18.713Y12.335R58.276
N114X-13.936Y19.41R81.651
N115X0.149Y26.354R17.529
N116X16.221Y17.241R18.866
N117X21.04Y8.068R96.453
N118X23.252Y0.597R25.642
N119X0.002Y-26.358R23.504
N120X-23.427Y-4.725R23.504
N121G00Z30.
N122M05M09
N123M30
%

Додаток Б.

Код программы модуля в Delphi

```

unit uMain;

interface

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

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;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    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.ksGetHWindow;
// 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
                // проверка, 4to v stroke 4islo
                if (str[i] = MasReal[j]) then
                    begin
                        z := 0;
                        break;
                    end;
                // проверка, 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;

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({HAPBAHIE FIJLA}{ 'C:\Temp\Баї
п्यानсон\П्यानсон.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;

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

end;

end.

```