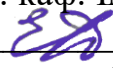


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.О. зав. каф. ІМКП

доц.  Олена ДЕРЕЗА

« 12 » червня 2026 р.

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

на тему: «Автоматизована система розробки технічної документації для
обробки поверхні лопатки робочого колеса турбокомпресора»

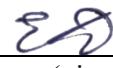
17 ПМД.12160134.06.26/000000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти 3С курсу,
групи 31С(ФМБ) ПМ
спеціальності 131 «Прикладна механіка» за
ОПП «Комп'ютерне проектування і дизайн»
(шифр і назва спеціальності та ОПП)



Сергій КАЛЬЧЕВ

(підпис)

Керівник доц.  Олена ДЕРЕЗА

(підпис)

Консультант доц.  Михайло ЗОРЯ

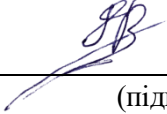
(підпис)

Консультант доц.  Лариса БОЛТЯНСЬКА

(підпис)

Нормоконтроль доц.  Олександр МАЦУЛЕВИЧ

(підпис)

Рецензент  Дмитро СПІРІНЦЕВ

(підпис)

Запоріжжя - 2026 рік

**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

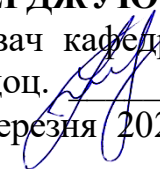
Факультет: МТ

Кафедра: ІМКП

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ІМКП

к.т.н, доц.  Олександр ВЕРШКОВ

«20» березня 2026р.

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

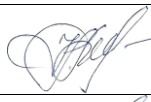
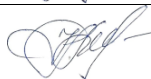
Кальчева Сергія Леонідовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Автоматизована система розробки технічної документації для обробки поверхні лопатки робочого колеса турбокомпресора». Затверджена наказом по університету від 14.10.2025 за № 548-С.

1. Термін здачі студентом закінченої роботи: 12 червня 2026р.
2. Вихідні дані по роботі: завдання на розробку автоматизованої системи проектування технічної документації для обробки поверхні лопатки робочого колеса турбокомпресора в умовах відновлення роботи машинобудівних підприємств Запорізької області у післявоєнний період.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): провести обстеження підприємства, розробити технічне завдання, вибрати програмне забезпечення для підвищення автоматизації проектних процедур, розробити технічний проект, розробити ескізний проект, розробити недостатнє програмне забезпечення, розробити робоче місце інженера-технолога, визначити економічні показники ефективності впровадження удосконаленого технологічного процесу.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 4.1 Функціональна схема проектування САПР (стандарт IDEF0).
 - 4.2 Існуюча конструкція деталі робочого колеса турбокомпресора ТКЛ-50.348.03-06.
 - 4.3 Дослідження якостей міжлопаточного каналу.
 - 4.4 Спроектована САПР .
 - 4.5 Економічні показники проекту. Модель робочого місця проектувальника.

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

Консультант	Підпис, дата		
	Завдання видав		Завдання виконав
Зоря М.В.		22.05.2026	 01.06.2026
Болтянська Л.О.		05.06.2026	 09.06.2026

Керівник  **Олена ДЕРЕЗА**
 (підпис)

Завдання прийняв до виконання  **Сергій КАЛЬЧЕВ**
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва станів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів проектування	Примітка
1	Передпроектне дослідження ПП “Завод Двигун”	08.05-10.05	Виконано
2	Аналіз існуючої системи САПР	11.05-12.05	Виконано
3	Розробка підсистеми САПР технологічної документації	13.05-15.05	Виконано
4	Розробка керуючої програми виготовлення деталі “Тюршень Д-112-94-1438 двигуна СМД-62”	18.05-20.05	Виконано
5	Розробка робочого місця проектувальника з урахуванням ергономічних показників	21.05-22.05	Виконано
6	Розробка питань з охорони праці	25.05-26.05	Виконано
7	Теніко-економічна оцінка рішень проекту	27.05-28.05	Виконано
8	Оформлення проекту в цілому	29.05-01.06	Виконано
9	Підпис проекту у консультантів і нормоконтроля	02.06-05.06	Виконано

Керівник роботи  **Олена ДЕРЕЗА**
 (підпис)

Студент-дипломник  **Сергій КАЛЬЧЕВ**
 (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра містить 140 сторінок друкованого тексту формату А4, 6 розділів, 37 малюнків, 4 таблиць, додатків 2.

Графічна частина роботи складається з 6 аркушів формату А1.

Мета роботи – розробка моделі системи автоматизованого проектування технічної документації.

Об'єкт дослідження – товариство з обмеженою відповідальністю ПП «Таврія Турбо Плюс» (м. Мелітополь).

Предмет дослідження: удосконалення підсистеми автоматизованого проектування технічної документації.

В першому розділі представлена важливість САПР для підприємства.

У другому розділі проведено обстеження підприємства та розробка технічного завдання.

У третьому розділі представлені функції створеної САПР, розроблено ескізний проект та технічне завдання.

У четвертому розділі проведена перевірка створеної САПР та розробка модулю спеціалізованої САПР.

У п'ятому розділі приводяться техніко-економічні показники ефективності впровадження САПР, та розробка робочого місця робітника.

У шостому розділі створені нормативні документи з техніки безпеки користувача ПК.

Ключові слова: приватне підприємство, система автоматизованого проектування, технічне завдання, технологічний процес, відділ розробки технологічної документації, відділ розробки конструкторської документації, програмне забезпечення.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС	автоматизована система;
АСУ	автоматизована система управління;
АСУП	автоматизована система управління підприємством;
ВГК	відділ головного конструктора;
ВГМ	відділ головного металурга;
ЕОМ	електронно-обчислювальна машина;
ЖЦП	життєвий цикл продукції;
ІЗ	інформаційне забезпечення;
КТЕ	конструкторсько-технологічні елементи;
ЛЗ	лінгвістичне забезпечення;
ПЗ	програмне забезпечення;
ПК	персональний комп'ютер;
ПП	приватне підприємство;
САПР	система автоматизованого проектування;
СПВ	служба підготовки виробництва;
ТЗ	технічне забезпечення;
ТП	технологічний процес;
ТПВ	технологічна підготовка виробництва;
ЧПУ	числове програмне управління;

№ рядка	формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Номер листа	Прим.
1	A4	17 ПМД.12160134.06.26/000000 ПЗ			Розрахунково-пояснювальна			
2					записка	107		
3	A1	17 ПМД.12160134.06.26/210 000			Функціональна модель	1	1	
4					процесу створення			
5					САПР			
6	A1	17 ПМД.12160134.06.26/310 000			Спроектована САПР	1	2	
7	A1	17 ПМД.12160134.06.26/410 000			Креслення та 3D модель	1	3	
8					робочого колеса			
9					турбокомпресора			
10	A1	17 ПМД.12160134.06.26/420 000			Модель міжлопаточного	1	4	
11					каналу			
12	A1	17 ПМД.12160134.06.26/510 000			Проект робочого місця	1	5	
13					проектувальника			
14	A1	17 ПМД.12160134.06.26/610 000			Економічні показники	1	6	
15					ефективності проекту			
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
					17 ПМД.12160134.06.26/000000			
Зм	Лист	№ докум.	Підп	Дата				
Розроб.	Кальчев С.Л.			11.06	Автоматизована система розробки технічної документації для обробки поверхні лопатки робочого колеса турбокомпресора	Літ	Лист	Листів
Перевір.	Дереза О.О			11.06			1	1
Консул.	Зоря М.В.			11.06				
Консул.	Болтянська Л.О.			11.06		ТДАТУ, 2026		
Н.контр.	Мацулевич О.Є.			11.06				
Затв.	Дереза О.О.			11.06				

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЯК ФУНДАМЕНТ ЗАГАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО».....	13
1.1 Основні відомості і значення автоматизованого проектування.....	14
1.2 Автоматизована система підтримки життєвого циклу виробу.....	19
1.3 PLM-система – головна складова САПР.....	22
Висновки по першому розділу.....	25
2. ПЕРЕДПРОЕКТНЕ ОБСТЕЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО»	
2.1 Опис існуючої схеми документаційного обороту.....	26
2.2 Аналіз і модернізація існуючої схеми документаційного обороту.....	28
2.2.1 Система електронного архива, як невід’ємна частина модернізації документообігу.....	30
2.3 Розробка технічного завдання на створення автоматизованої системи проектування.....	32
Висновок по другому розділу	36
3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО»	
3.1 Основні принципи створення САП.....	37
3.2 Структура системи автоматизованого проектування.....	40
3.3 Розробка ескізного проекту з визначенням переліку підсистем та окремих модулів.....	44
3.4 Технічний проект з опрацюванням питань визначаючі необхідність програмного забезпечення, технічних засобів з розробкою топології обчислювальної мережі.....	50
3.4.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення.....	50

3.4.2 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення.....	68
3.4.3 Обґрунтування структури обчислювальної мережі.....	73
3.4.4 Вибір мережного обладнання та програмного забезпечення обчислювальної мережі.....	75
3.5 Проектування відсутнього програмного забезпечення (постпроцесор).....	76
Висновки по третьому розділу.....	85
4. ВИПРОБУВАННЯ І СДАЧА В ЕКСПЛАТАЦІЮ СПРОЕКТОВАНОЇ САПР.....	86
4.1 Основні відомості про робоче колесо турбокомпресора.....	86
4.2 Розробка контрольного прикладу колеса турбокомпресора осерадіального типу.....	87
4.3 Аналіз робочих поверхонь існуючої конструкції робочого колеса....	91
4.4 Створення удосконаленої моделі р.к. турбіни.....	92
4.4.1 Формування осьової лінії межлопаточного каналу.....	92
4.4.2 Формування сімейства поперечних перерізів.....	94
4.4.3 Формування геометричної моделі міжлопаточного каналу	95
4.4.4 Аналіз динамічних якостей міжлопаточного каналу у програмі Autodesk Inventor Dynamic Simulation.....	96
4.4.5 Створення програмного забезпечення для формування геометричної моделі робочого колеса.....	97
4.4.5.1 Програмна реалізація формування функціональної поверхні робочого колеса.....	98
4.4.5.2 Програмна реалізація побудови функціональної поверхні ротора компресора.....	101
4.4.5.3 Тестування програми та інструкція користувача.....	101
4.4.5.4 Вимоги до технічних засобів, на яких буде функціонувати розроблене програмне забезпечення.....	102
Висновки по четвертому розділу	104

5. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ.....	105
5.1 Створення робочого місця проектувальника.....	105
5.1.2 Моделювання стола	106
5.1.3 Проектування стільця.....	109
5.2 Розрахунок економічної ефективності проекту.....	112
Висновки по п'ятому розділу.....	121
ВИСНОВКИ ПО ДИПЛОМУ.....	122
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	125

ВСТУП

Мелітопольське приватне підприємство «Таврія-Турбо Плюс» спеціалізується на випуску турбокомпресорів для ринку України та СНД. Підприємство почало свою діяльність в 1996 році і з початку свого заснування спеціалізувалося на реставрації та ремонті турбокомпресорів. В процесі роботи над відновленням турбокомпресорів були потрібні нові комплектуючі, що призвело до значного розширення виробництва та переходу підприємства на випуск нових агрегатів наддування. За тринадцять років існування підприємства було випущено більш ніж 100000 турбокомпресорів різних серій та модифікацій.

На даний момент підприємством освоєно випуск тридцяти п'яти різновидів агрегатів наддування для тракторів, комбайнів, та автомобільних двигунів. ПП «Таврія-Турбо» працює у трьох основних напрямках: випуск продукції, гарантійне обслуговування і ремонт. На базі підприємства проводяться маркетингові дослідження в області виробництва турбокомпресорів. Інженери-розробники постійно працюють над вдосконаленням та проектуванням нових турбокомпресорів, завдяки чому кожні шість місяців освоюється виробництво нового типу турбокомпресорів.

В 2004 році на підприємстві був запущений в роботу добалансувальний стенд СГІ-2, який дозволяє перевіряти дисбаланс виробів. Завдяки цьому стенду відсоток повернення виробів вдалося понизити в середньому до 1,1% при допустимій нормі на цей вузол 3% і продовжити термін роботи турбокомпресорів.

В січні 2006р. була запущена в експлуатацію ділянка ливарного і термічного виробництва підприємства "Таврія-Турбо Литво". Це дозволило усунути проблему невчасного постачання та контролю якості відливок, що постачались на підприємство. В результаті цикл виробництва

на підприємстві був замкнений до 85%. На даний момент освоєно виробництво відливок з алюмінієвих сплавів для всього ряду турбокомпресорів вітчизняного виробництва, а також деяких видів закордонних аналогів.

Види продукції.

За роки поставок продукції власного виробництва в п'ятнадцять країн світу, сформувалася широка пропозиція про продукцію інших виробників запасних частин до сільськогосподарської та автомобільної техніки.

Підприємство «Таврія-Турбо» виготовляє наступні види продукції:

- турбокомпресори Таврія-Турбо
- гідророзподільники
- насоси шестеренні
- гідроциліндри поршневі
- гідроциліндри телескопічні
- гідромотори та гідронасоси
- муфти розривні і роз'ємні
- гільзо-поршнева група
- пальці поршневі
- диски і корзини зчеплення
- насоси водяні
- запчастини на трактор ЮМЗ-6Л, екскаватор ЕО-2621
- запчастини на трактор МТЗ

- запчастини на трактор Т-150
- запчастини на трактори Т-25, Т-40, Т-16
- запчастини на трактори ДТ-75, К-700
- запчастини на комбайн НІВА
- запчастини на комбайн ДОН-1500
- запчастини до двигунів СМД
- комплекти прокладок

Географія продаж

Для підтримки конкурентоспроможності своєї продукції на ринку, підприємством була запроваджена система якості ДСТУ ISO 9001-2001. Вся продукція підприємства сертифікована Держстандартом України, сертифікат № ОДС - 043. ЦЯ. 004 від 10.11.2005р.. В листопаді 2005р. був заключний договір на спільну роботу з Мелітопольським Моторним заводом на розробку та установку турбокомпресора дослідного зразка серії 3 для автомобілів «Таврія» з турбованим двигуном об'ємом 1,4 для серійного випуску.

Висока якість пропонуємої продукції дозволила підприємству придбати постійних партнерів в Болгарії, Польщі, Казахстані, Вірменії, Азербайджані, Узбекистані, Латвії, Литві, Молдові, Монголії. На території Казахстану, України, Узбекистану розширена регіональна мережа представництв.

1. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЯК ФУНДАМЕНТ ЗАГАЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО»

1.1 Основні відомості і значення автоматизованого проектування

Широке впровадження комп'ютеризації в умовах науково-технічного прогресу забезпечує зростання продуктивності праці в різних областях виробництва. Головна увага при цьому звертається на ті області, де зростання продуктивності праці до застосування ЕОМ проходить вкрай повільно. Це, в першу чергу, області, пов'язані з додатком розумової праці людини, тобто управління виробництвом, проектування і дослідження об'єктів і процесів. Якщо продуктивність праці в сфері виробництва з початку століття зросла в сотні разів, то в області проектування тільки в 1.5 - 2 рази. Це обумовлює великі терміни проектування нових об'єктів, що не відповідає потребам розвитку економіки.

Очевидність того факту, що розвиток нової техніки в сучасних умовах сповільнюється не стільки відсутністю наукових досягнень та інженерних ідей, скільки термінами і не завжди задовільною якістю їх реалізації при конструкторсько-технологічній розробці, ні у кого не викликає сумніву. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є створення та розвиток систем автоматизованого проектування (САПР).

Прогрес виробництва в сучасних умовах пов'язують з досягненнями в області автоматизації виробництва. Оскільки проектування і розробка технології є логічним рівнем, то прогрес на цій ступені також повинен визначатися автоматизацією.

При неавтоматизованому проектуванні результати багато в чому визначаються інженерною підготовкою конструкторів, їх виробничим досвідом, професійної інтуїції, й іншими факторами. Автоматизоване проектування дозволяє значно скоротити суб'єктивізм при прийнятті рішень, підвищити точність розрахунків, вибрати найкращі варіанти для реалізації на основі строгого математичного аналізу всіх або більшості варіантів проекту з оцінкою технічних, технологічних та економічних характеристик виробництва і експлуатації проектного об'єкта, значно підвищити якість конструкторської документації, істотно скоротити терміни проектування і передачі конструкторської документації у виробництво, ефективніше використовувати технологічне обладнання з програмним управлінням. Автоматизація проектування сприяє більш повному використанню уніфікованих виробів в якості стандартних компонентів проектного об'єкта.

Застосування електронно обчислювальної машини (ЕОМ) при проектуванні різних об'єктів з плином часу зазнає значних змін. З появою обчислювальної техніки був зроблений перехід від традиційних "ручних" методів проектування до реалізації окремих завдань проектування на ЕОМ. Цей підхід, що характеризували використання ЕОМ на першому етапі, носить назву "позадачного" і полягає в тому, що кожна задача, що виникає, знову вирішується за допомогою автономно створюваної програми, яка функціонує незалежно від інших програм даної предметної області. Корінний недолік такого підходу полягає в тому, що подібні програми будуються за принципом "натурального господарства", коли для вирішення окремого завдання потрібна повна підготовка допоміжних засобів (технічних, інформаційних, програмних і т.д.). Оскільки проектування об'єкта, як правило, передбачає і його оптимізацію, то машинна програма в цьому випадку представляє "симбіоз" моделі проектного об'єкта і деякого алгоритму оптимізації. Природньо, що в

цьому випадку ні модель, ні алгоритм оптимізації не можуть використовуватися для інших цілей.

Однак застосування ЕОМ на цьому етапі, незважаючи на зазначений недолік, дозволило перейти від спрощених методів розрахунку і проектування з суб'єктивним вибором "кращого" варіанту до науково обґрунтованих методів, які забезпечують розгляд усього різноманіття технічно прийнятних варіантів з урахуванням заданих умов і обмежень і об'єктивний вибір серед них оптимального.

У міру вдосконалення ЕОМ, акцент у використанні обчислювальної техніки поступово зміщувався від факту застосування ЕОМ в якості електронного арифмометра в бік більш ефективного і продуктивного використання ЕОМ в системах з режимом "ЕОМ - людина".

З появою в обчислювальній техніці нових поколінь і вдосконаленням методів її використання, намітився новий системний підхід до організації процесу проектування на ЕОМ, що полягає в створенні великих програмних комплексів у вигляді пакетів програм (ПП) і САПР, орієнтованих на певний клас задач. Такі комплекси будуються за модульним принципом з універсальними інформаційними і керуючими зв'язками між модулями, при вирішенні задач даного класу використовуються єдині інформаційні масиви, організовані в банки даних.

Об'єднання декількох ПП в єдину систему, призначену для реалізації цілком певних функцій, дозволяє говорити про новий, більш високому рівні в ієрархії програмних комплексів, тобто САПР. При цьому якісні зміни зазнають і організація інформаційного, технічного та інших видів забезпечення, і, що особливо важливо, умови обміну інформацією між людиною і ЕОМ. Як правило, ці зміни спрямовані на підвищення гнучкості та універсальності системи, поліпшення характеристик взаємодії проектувальника з ЕОМ, підвищення якості одержуваного результату і

зниження часу його отримання. Власне САПР можуть в якості підсистеми входити в системи більш високого рівня, наприклад АСУП (автоматизованих систем управління виробництвом).

Дамо формальне визначення САПР, що визначає її головні особливості: САПР - людино-машинна система, яка використовує сучасні математичні методи, засоби електронно-обчислювальної техніки і зв'язку, а також нові організаційні принципи проектування для знаходження та практичної реалізації найбільш ефективного проектного рішення існуючого об'єкта.

Процес проектування на базі САПР можна розділити на наступні укрупнені етапи:

- пошук принципових проектних рішень;
- розробка ескізного варіанту конструкції та його оптимізація;
- уточнення і доопрацювання вибраного варіанту конструкції, виконання повного детального розрахунку;
- розробка повного комплексу креслень.

Особливості цих етапів визначають ефективність застосування ЕОМ на кожному з них. На першому етапі значна роль евристичних дій. Повна автоматизація цього етапу можлива лише в деяких спеціальних випадках. Застосування ЕОМ тут найбільш доцільно і ефективно при організації діалогу між конструктором та ЕОМ, де конструктору відводяться функції вибору і прийняття рішень, а ЕОМ - виконання дій за заданими алгоритмами, перш за все поданні необхідної інформації та її обробка відповідно до завдання. На другому етапі, де розглядаються різні конструктивні рішення з виконанням великої кількості операцій розрахунку і оптимізації, доцільне використання ЕОМ шляхом створення систем діалогу із запрограмованим процесом конструювання та

розрахункової оптимізації, при цьому сам конструктор направляє пошук оптимального варіанту конструкції і приймає рішення на підставі виконаних розрахунків. Оскільки третій і четвертий етапи вимагають самих значних витрат часу та коштів (до 60%), причому розрахунково-конструкторська діяльність на цих етапах досить просто алгоритмизується, доцільно застосування на цих етапах ЕОМ в комплексі із засобами введення-виведення графічної інформації.

1.2 Автоматизована система підтримки життєвого циклу виробу

Технічні об'єкти, створені людиною, зрештою, зношуються в процесі експлуатації або застарівають морально.

Інтервал часу від початку створення технічного об'єкта до кінця його експлуатації, називають життєвим циклом (ЖЦ) технічного об'єкта, при цьому за початок життєвого циклу традиційно прийнято розуміти зародження ідеї про необхідність створення системи, а за кінець - зняття її з експлуатації.

Структура життєвого циклу технічного об'єкта (малюнок 1.1).



Малюнок 1.1 – структура життєвого циклу технічного об'єкта.

Аналізуючи дану схему, зроблено ряд наступних висновків, що основними складовими будь-якого життєвого циклу технічного об'єкта є наступні:

1. маркетингові дослідження потреб ринку;
2. генерація ідей і їх фільтрація;
3. технічна та економічна експертиза проекту;
4. науково-дослідні роботи за тематикою виробу;
5. дослідно-конструкторська робота;
6. пробний маркетинг;
7. підготовка виробництва виробу на заводі-виробнику серійної продукції);
8. власне виробництво і збут;
9. експлуатація виробів;
10. утилізація виробів.

Стадії з четвертої по сьому являються передвиробничими, і їх можна розглядати як комплекс науково-технічної підготовки виробництва.

Увесь життєвий цикл поділяється на ряд часових відрізків, які називаються фазами. У кожній фазі життєвого циклу вирішуються певні завдання в загальному процесі створення і використання виробів.

Істотно ускладнює завдання проектування і виробництва продукції облік всіх етапів ЖЦ. Однак можливість її вирішення досягається застосуванням автоматизованих систем управління ЖЦ.

Автоматизація проектування здійснюється системами автоматизованого проектування. В САПР машинобудівних галузей

промисловості прийнято виділяти системи функціонального, конструкторського і технологічного проектування.

Перші з них називають системами розрахунків та інженерного аналізу або системами CAE. Системи конструкторського проектування називають системами CAD. Проектування технологічних процесів становить частину технологічної підготовки виробництва і виконується в системах CAM. Для вирішення проблем спільного функціонування компонентів САПР різного призначення, координації роботи систем CAE / CAD / CAM, управління проектними даними та проектуванням розробляються системи, що отримали назву систем управління проектними даними PDM (Product Data Management). Системи PDM або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення і можуть працювати спільно з різними САПР.

На більшості етапів життєвого циклу, починаючи з визначення підприємств-постачальників вихідних матеріалів і компонентів і закінчуючи реалізацією продукції, потрібні послуги системи управління ланцюжками поставок - SCM. Ланцюг поставок зазвичай визначають як сукупність стадій збільшення доданої вартості продукції при її русі від компаній-постачальників до компаній-споживачів. Управління ланцюгом поставок увазі просування матеріального потоку з мінімальними витратами.

Управління даними в інформаційному просторі, єдиному для різних автоматизованих систем, покладається на систему управління життєвим циклом продукції, що реалізує технології PLM . Технології PLM об'єднують методики та засоби інформаційної підтримки виробів протягом усіх етапів життєвого циклу виробів. Характерна особливість PLM - забезпечення взаємодії як засобів автоматизації різних виробників, так і різних автоматизованих систем багатьох підприємств, тобто технології

PLM є основою, що інтегрує інформаційний простір, в якому функціонують САПР, ERP, PDM, SCM, CRM і інші автоматизовані системи багатьох підприємств.

1.3 PLM-система – головна складова САПР

PLM (Product Lifecycle Management) - це сучасна бізнес-стратегія, що застосовується провідними виробничими підприємствами для скорочення часу виведення на ринок нових продуктів за рахунок використання передових засобів розробки виробів (CAD / CAE) та підготовки виробництва (CAM / CAPP / MPM), зменшення вартості розробки за рахунок повторного використання інженерних даних і організації спільної роботи розподілених колективів (PDM).

На сучасному етапі, коли PLM-система є рішенням у масштабі підприємства, важливо розуміти, як дана система узгоджується з іншими рішеннями того ж рівня, що пропонують управління інформацією про виріб та операціями. На даний момент часу найбільш важливі сфери, у які потрібно інвестувати кошти ,є:

ERP – планування і регламентація випуску продукції, управління товарними запасами, витрати, персонал, фінансові показники;

CRM – замовлення клієнтів та їх прогнозування, управління зв'язками із замовниками і, в ряді випадків, служба технічного супроводу та послуги реагування на запити клієнтів-даний напрямок орієнтовано на клієнтів

SCM – логістика поставок, рух запасів (наприклад, рішення "точно в строк") і скорочення витрат при закупівлях компонентів - даний напрямок орієнтовано на партнерів

PLM – визначення і керування виробом, в основному, проектно-конструкторські роботи і аналіз.

ERP, CRM і SCM представляють собою діалогові рішення, що відображають матеріальні аспекти роботи з виробом і ведення бізнесу (замовлення, запаси, виробничий цикл, витрати), тоді як в PLM розглядає інтелектуальні активи і управління інформацією у відповідному контексті.

Передумовою для внедріння PLM-системи є причина навести порядок в управлінні інформацією про весь життєвий цикл виробу, від технічного завдання і первинного ескізу до експлуатації та утилізації відпрацьованого виробу. При невеликому об'ємі виробництва і документації значно менше ніж на великих підприємствах. Але враховуючи дані отримані при передпроектному обстеженні ПП «Таврія-Турбо Плюс» можна з впевненістю стверджувати, що внедріння PLM-системи є цілком виправданою. Це ствердження виходить з того, що підприємство «Таврія-Турбо» не має представленої у електронному виді СУБД, та планування життєвого циклу не закінчується на відвантаженні виробу, бо підприємством забезпечується сервіс виробу, та його утилізація.

У великій кількості пропозицій про придбання PLM-систем треба притримуватися основних критерій:

- технічна підтримка;
- функціональність;
- ціна;
- простота впровадження;

- досвід використання;
- можливість тиражування та масштабування;
- самостійна підтримка та розвиток системи;
- інтеграція з іншими системами.

Висновки по першому розділу

Необхідність впровадження САПР на підприємство, у наш час, стала особливо гостро. Цей крок дозволить підприємству піднятися на новий рівень, та виконувати більше технічних проектів, що збагатить кількісну базу клієнтів, та підвищить економічну віддачу від виробництва. Впровадження системи САПР на виробництво ПП «Таврія-Турбо Плюс», дозволить піднятися на новий рівень проектування та виробництва турбокомпресорів для ринку України та світу.

У цьому розділі описано життєвий цикл промислового виробу. Стало зрозуміло, що організація, та управління життєвим циклом виробництва дуже важкий процес, який супроводжується великою кількістю розробляємої документації. А ці фактори значно гальмують процес проектування.

На даний момент ПП «Таврія-Турбо Плюс» не має системи, що дає змогу оперативного доступу до інформації. Для управління документацією, та своєчасної передачі її у відділи, представлена, у першому розділі, інформація дає зрозуміти, що PLM-система необхідна для сучасного підприємства, що розвивається. Ця система дозволить систематизувати розробку документації виробу, та стане основним ядром у системі САПР.

2. ПЕРЕДПРОЕКТНЕ ОБСТЕЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО»

2.1 Опис існуючої схеми документаційного обороту

ПП «Таврія-Турбо Плюс» включає в себе наступні відділи:

- бюро технічного контролю (БТК);
- технологічне бюро (ТБ);
- маркетингову групу.

БТК – самостійний підрозділ виробничої організації, який здійснює незалежний контроль відповідності продукції встановленим вимогам і гарантує цю відповідність споживачеві. Бюро технічного контролю підкоряється вищому керівництву організації в лиці директора, що забезпечує незалежність контролю.

ТБ представлено одним технологом та двома конструкторами.

Технолог розробляє методичні та нормативні документи, технічну документацію. Проводить техніко - економічний аналіз, вишукує можливості скорочення циклу виконання робіт. Стежить за дотриманням встановлених вимог, чинних норм, правил і стандартів.

Конструктор розробляє ескізи, технічні і робочі проекти виробів, забезпечує відповідність розроблюваних конструкцій технічним завданням, стандартам, нормам охорони праці, вимогам найбільш економічної технології виробництва, а також використання в них стандартизованих і уніфікованих деталей і складальних одиниць. Проводить технічні розрахунки за проектами, техніко - економічний і

функціонально - вартісний аналіз ефективності проєктованих конструкцій, а також розрахунок ризиків при розробці нових виробів. Погоджує розроблювані проєкти з іншими підрозділами підприємства, представниками замовників та органів нагляду, економічно обґрунтовує розроблювані конструкції. Бере участь у монтажі, налагодженні, випробуваннях і здачі в експлуатацію дослідних зразків виробів, вузлів, систем і деталей нових і модернізованих конструкцій продукції, що випускається підприємством продукції.

Маркетингова група об'єднує в собі відділ маркетингу та бухгалтерію, представлену головним бухгалтером підприємства. Відділ маркетингу веде активне дослідження ринку турбокомпресорів. Спільно з іншими відділами підприємства та керівництвом допомагає виробити стратегію ринкової діяльності. Основна ціль відділу маркетингу – розробка рекомендацій та координація діяльності по формуванню та проведенню закупівельної, збутової та сервісної політики підприємства «Таврія-Турбо». В функції відділу маркетингу входить:

- аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства;
- аналіз конкурентів;
- сегментування ринку та позиціонування товару;
- ціно-формування, формування асортименту та формулювання вимог до якості продукції та обслуговування клієнтів;
- просування продукції, формування та підтримка іміджу підприємства.

Головний бухгалтер виконує роботу по веденню бухгалтерського обліку майна, зобов'язань і господарських операцій (облік основних засобів, товарно-матеріальних цінностей, витрат на виробництво, реалізації продукції, результатів господарсько-фінансової діяльності, розрахунків з постачальниками і замовниками).

2.2 Аналіз і модернізація існуючої схеми документаційного обороту

На ПП «Таврія-Турбо Плюс» документообіг представлений у паперному виді з використанням автономних ПК – це означає, що ПК використовується для підготовки та реєстрації документів. Власне, на даному етапі і виникає поняття електронного документа, тобто такого документа, який зберігається виключно в комп'ютері. Однак переваги електронного документа при відсутності локальної мережі можуть бути реалізовані лише в незначній мірі. Передача, узгодження та затвердження документів на цій стадії здійснюється у паперовому вигляді.

У даному випадку модернізація документаційного обороту означає автоматизацію. Система автоматизації документообігу, система електронного документообігу (СЕДО) – це автоматизована багатокористувацька система, що супроводжує процес управління роботою ієрархічної організації з метою забезпечення виконання цієї організацією своїх функцій. При цьому передбачається, що процес управління спирається на читальні документи, що містять інструкції для співробітників організації, необхідні до виконання.

Впровадження такої системи означає повний відхід від роботи з паперовою документацією. Такий процес веде за собою ще одне впровадження. Електронний підпис (ЕП) – аналог власноручного підпису, який є засобом захисту інформації, що забезпечує можливість контролю цілісності і підтвердження автентичності електронних документів.

Електронний документообіг дає наступні переваги у роботі з документацією:

- одноразова реєстрація документа, що дозволяє однозначно ідентифікувати документ;
- можливість паралельного виконання операцій, що дозволяє скоротити час руху документів і підвищення оперативності їх виконання;
- безперервність руху документа, що дозволяє ідентифікувати відповідального за виконання документа (завдання) в кожен момент часу життя документа (процесу);
- єдина (чи узгоджена розподілена) база документної інформації, що дозволяє виключити можливість дублювання документів;
- ефективно організована система пошуку документа, що дозволяє знаходити документ, володіючи мінімальною інформацією про нього;
- розвинена система звітності по різних статусах і атрибутах документів, що дозволяє контролювати рух документів по процесах документообігу та приймати управлінські рішення, ґрунтуючись на даних зі звітів.

При виборі систем електронного документообігу треба враховувати особливості підприємства, та фінансові можливості. В деяких системах ярко виражена неможливість повної відповідності потребам конкретної організації, але присутні низькі часові витрати на придбання та установку та відносно низька вартість, або навпаки. У даному випадку обрана, «золота середина», комбінована СЕДО.

Дана система характеризується наступними критеріями:

- базова платформа, на якій розробляються необхідні додаткові модулі;
- повну відповідність потребам підприємства;
- невеликі тимчасові витрати на розробку і впровадження;

- вартість включає: ціну базової платформи і вартість індивідуального доопрацювання, що залежить від складності замовлення;
- передача замовнику прав на продукт;
- простота освоєння і використання;
- повна русифікація;
- зручний інтерфейс;
- взаємодія з існуючими офісними додатками.

2.2.1 Система електронного архива, як невід'ємна частина модернізації документообігу

Система електронного архіву – система структурованого зберігання електронних документів, що забезпечує надійність зберігання, конфіденційність і розмежування прав доступу, відстеження історії використання документа, швидкий і зручний пошук.

Впровадження такої системи, насамперед, починається з потреби структурувати електронну інформацію, незалежно від того, текстові чи це документи, мультимедіа або графіка: підписані контракти, первинна фінансова, а також технічна та проектна документація.

Електронний архів включає наступні базові функції:

- управління документами та ієрархічною структурою архіву (check-in/check-out, безпека, управління сервісами, призначення документам атрибутів);

- іміджінг документів (оцифровка, трансформація, подання до різних форматах паперових документів);
- потоковий ввід – прискорення занесення великого масиву типових і різнорідних документів у систему;
- управління Web-контентом;
- системи повідомлень, що дозволяють користувачам обмінюватися повідомленнями, а також призначати завдання й відстежувати статус їх виконання.

Для ПП «Таврія-Турбо ПЛЮС» пропонується саме така структура електронного архіву (малюнок 2.1).



Малюнок 2.1 – електроний архів

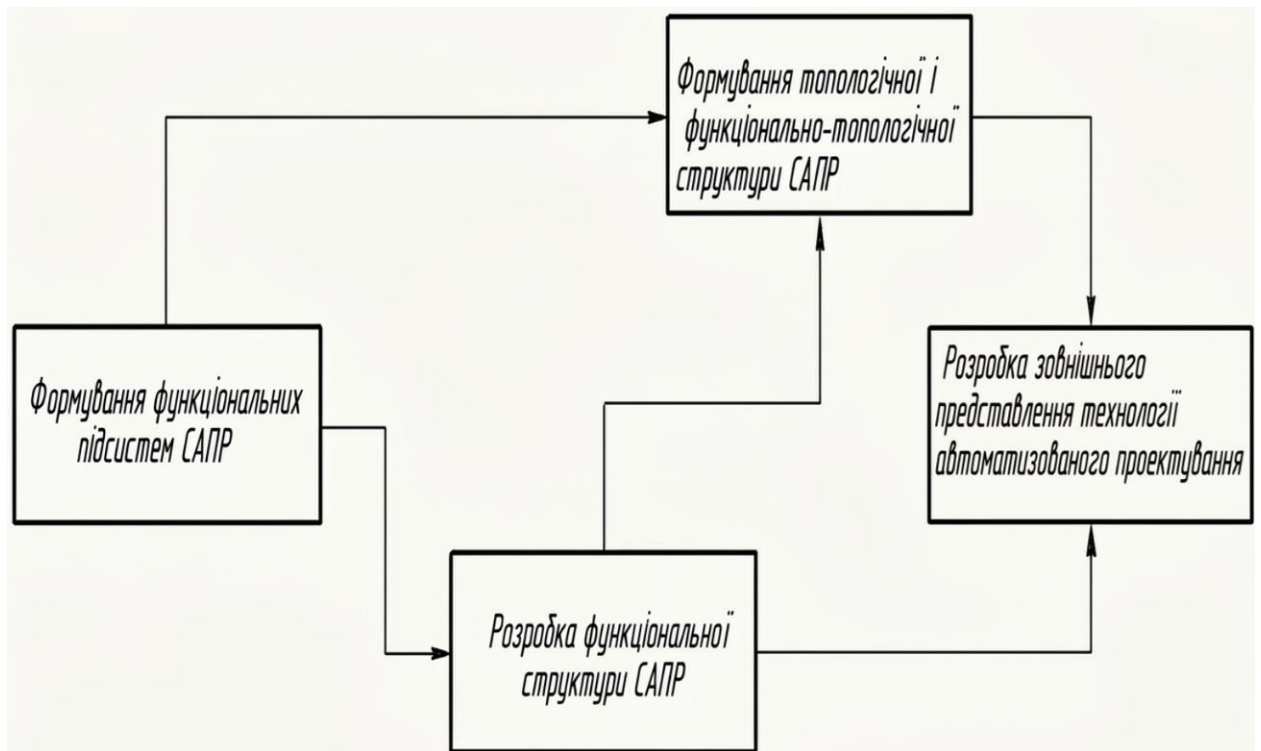
2.3 Розробка технічного завдання на створення автоматизованої системи проектування.

Техні́чне завданн́я (ТЗ) – вихідний документ для розробки автоматизованої системи, відповідно до якого проводиться виготовлення, приймання при введенні в дію та експлуатація відповідного об'єкта.

Роботи на стадії розробки технічного завдання проводяться в три етапи:

- виконання науково-дослідної роботи;
- розробка аванпроекта САПР;
- розробка технічного завдання на створення САПР.

1) На першому етапі виконується науково-дослідна робота, призначена для визначення можливостей, принципів і шляхів автоматизації проектних процедур і операцій, виявлених на стадії дослідження й обґрунтування створення САПР (малюнок 2.1).



Малюнок 2.2 – порядок виконання основних робіт на етапі аванпроекта.

2) На другому етапі розробляється аванпроект САПР. Метою даного етапу є завершення формування зовнішнього проекту САПР, тобто цілісного опису системи проектування в умовах автоматизації.

Формування функціональних підсистем САПР.

Функціональні підсистеми САПР формуються наоснове безлічі функцій (проектних процедур і операцій), обраних для автоматизації на попередній стадії. Результатом цієї процедури є перелік що проектують і обслуговують підсистем САПР, а також структура кожної підсистеми. Елементами (компонентами) такої структури є комплекси задач, кожний з яких реалізує логічно закінчену частину проектної процедури.

Розробка функціональної структури САПР.

Функціональна структура САПР являє собою навантаженого орієнтованого графа, вершини якого відповідають функціональним підсистемам або комплексам задач, а дуги - інформаційним зв'язкам між

ними. Вершини графа навантажуються орієнтованими значеннями параметрів, що характеризують потреби комплексів задач в обчислювальних ресурсах, а дуги - об'ємними тимчасовими характеристиками інформаційних потоків.

Основна системотехнічна задача на стадії ТЗ – функціонально-топологічна структура САПР є графа топології системи, на які накладена функціональна структура. Граф топології має вершини двох типів: перший тип відповідає термінальним комплексам, другий тип - пунктам обробки інформації. Ребра графа відображають канали інформаційного обміну в САПР. На стадії ТЗ допускається залишати деяка підмножина вершин функціональної структури вільними, не прив'язуючи відповідні комплекси задач до конкретних пунктів обробки інформації. Остаточне їхнє закріплення, а також вибір типів обчислювальних засобів і каналів передачі даних здійснюється при розробці архітектури системи, як правило, на наступній стадії створення САПР.

- Розробка зовнішнього представлення технології автоматизованого проектування.

Ця робота полягає в описі послідовності і методики виконання ручних і автоматизованих операцій у процесі виконання проектних процедур.

3) На третьому етапі розробляється технічне завдання на створення САПР. Даний етап завершує комплекс перед проектних робіт. ТЗ є документом, вихідним для створення САПР і обов'язковим при прийманні системи.

Основні розділи документа:

- Найменування й область застосування.
- Підстави для створення САПР.

- Характеристика об'єктів проектування.
- Мета і призначення САПР.
- Характеристика процесу проектування.
- Вимоги до САПР:
- Техніко-економічні показники.
- Стадії й етапи створення САПР.
- Порядок іспитів і запровадження в дію САПР.
- Джерела розробки.

З урахуванням результатів виконаних робіт, технічне завдання на розробку підсистеми проектування конструкторської документації на приватному підприємстві «Таврія-Турбо» приведене у додатку А.

Висновки по другому розділу

Під час проходження преддипломної практики було проведене обстеження підприємства ПП «Таврія Турбо ПЛЮС». В результаті було встановлено, що документообіг не досконалий. Передача паперів сильно залежить від людини, пошук документації здійснюється повільно, богаторазова реєстрація тих самих документів.

Існуючий порядок документообігу не задовільнює рівню зростаючого підприємства. Тому був запропонований новий спосіб передачі документації. Запропоноване нововведення дозволить зменшити кількість паперових документів, з можливістю провести модернізацію до безпаперового документообігу. На цей випадок було запропоновано впровадження електронного підпису. Для управління всією документацією підприємства, і її централізованого розташування, була представлена модель електронного архіву.

На цьому етапі проектування було створене технічне завдання, яке було узгоджене з виробництвом і стало фундаментом для створення системи САПР.

3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ПП «ТАВРІЯ-ТУРБО»

3.1 Основні принципи створення САПР

Проблема синтезу оптимальної структури САПР вирішується в даний час як шляхом використання досвіду створення автоматизованих систем управління, так і за рахунок накопичення і використання досвіду створення і експлуатації великих програмних комплексів. Цей досвід концентрується в ряді принципів, на які доцільно орієнтуватися при розробці САПР:

- працює автоматичного та автоматизованого способів проектування. Використання цього принципу дозволяє замінити один режим проектування іншим, більш продуктивним в кожному конкретному випадку, без зміни структури всієї системи в цілому;
- автономність окремих частин системи, побудованої на модульному принципі. Цей принцип передбачає можливість незалежної розробки і незалежного введення в дію окремих частин системи, що дозволяє розширювати й ускладнювати систему в процесі її експлуатації;
- забезпечення інтерактивного режиму проектування, що дозволяє проектувальникові активно втручатися в цей процес, здійснювати контроль за ходом проектування в режимі діалогу. Організація інтерактивного проектування поліпшується із зменшенням часу реакції ЕОМ;
- мінімальність взаємодії системи із зовнішнім середовищем, що передбачає мінімізацію різних видів взаємодії системи з зовнішнім

середовищем за рахунок скорочення обсягів вихідний і особливо вхідної інформації;

- принцип розвитку, що дозволяє проводити модернізацію системи та розширення її можливостей за рахунок вдосконалення компонентів САПР і впорядкованості зв'язків між цими компонентами без перерви або з мінімальними перервами у функціонуванні системи;

- єдиний принцип побудови САПР для групи споріднених за функціональним характеристикам об'єктів;

- принцип еволюційності в проектуванні, тобто максимальне використання наявного досвіду і навичок проектування, перенесення їх в комплекс алгоритмів і програм, які є інструментом машинного проектування. Удосконалення компонентів САПР в цьому випадку має базуватися на основі використання методів евристичного програмування;

- принцип максимальної незалежності від технічних засобів, які постійно оновлюються;

- принцип системного єдності, який полягає в тому, що САПР будується як сукупність підсистем, функціонування яких підпорядковане спільної мети;

- принцип наскрізного проектування, що забезпечує безперервний характер проектування об'єкта від елемента до виробу в цілому і передбачає автоматизацію на різних етапах проектування від задуму до втілення проекту;

- принцип ієрархічної побудови системи, що обумовлює багатоступеневу пірамідальну структуру системи з підпорядкуванням нижчих ланок вищим;

- принцип включення, що передбачає узгодження параметрів і можливостей конкретної САПР з більш складною системою (АСУП, автоматизованою системою наукових досліджень АСНД), що стоїть вище на ієрархічному рівні;
- принцип інформаційної єдності, що вимагає використання у всіх підсистемах САПР нормативно встановлених в галузі правил застосування термінів, символів, способів подання інформації і т.д;
- принцип моральної живучості, що передбачає наявність в САПР засобів настройки на розвивається клас об'єктів, який змінюється як кількісно, так і якісно;
- принцип першого керівника, згідно з яким за процеси розробки, впровадження та розвитку САПР повинен безпосередньо відповідати керівник відповідного проектно-конструкторського підрозділу. Спроби передоручити це управління другорядним особам, як правило, закінчуються тим, що САПР або виявляються дискредитовані, або виконують рутинні функції;
- принцип нових задач припускає рішення на базі САПР таких завдань, які без цих систем вирішувалися частково, наближено або не вирішувалися взагалі через відсутність відповідних для цього ресурсів.

Створенню системи автоматизованого проектування об'єкта, як правило, передуює системне обстеження об'єкту проектування і використовуваних в інженерній практиці неавтоматизованих методів і прийомів проектування, технічної документації, що розробляється в процесі проектування.

В результаті обстеження визначаються необхідність і економічна ефективність створення автоматизованої системи. При цьому враховуються обсяг проектно-конструкторських робіт, їх періодичність,

загальні витрати інженерної праці, можливість створення адекватного математичного опису та оптимізаційних процедур, необхідність підвищення техніко-економічних показників і т.д.

3.2 Структура системи автоматизованого проектування

Система автоматизованого проектування являє собою організаційно-технічний комплекс, що складається з великого числа підсистем і компонентів. Підсистеми є основними структурними ланками САПР і розрізняються за призначенням і по відношенню до об'єкта проектування.

Існуючий вітчизняний та зарубіжний досвід в області автоматизації проектування свідчить про те, що розробка, впровадження та ефективне використання програмних комплексів, призначених для автоматизації процесу проектування і реалізованих на базі сучасних ЕОМ, вимагають комплексного вирішення широкого спектра проблем: організаційних, технічних, математичних, програмних, лінгвістичних, інформаційних та ін. Рішення тихий проблем базується на відповідних видах забезпечення.

Складність розробок великих комплексів взаємопов'язаних програм полягає в тому, що ефективність вирішення кожної конкретної проблеми, як правило, визначається на завершальному етапі роботи, коли вся або більша частина системи починає функціонувати. Це зумовлює складність створення високоефективних програмних комплексів при первісній розробці. Як правило, система стає ефективною в ході порівняно тривалого процесу створення, випробувань, вдосконалення і доведення.

Під проблемою синтезу структури САПР розуміються:

- визначення складу і взаємозв'язків елементів системи;
- вибір принципів організації взаємодії елементів;
- оптимальний розподіл функцій між людиною і ЕОМ;
- вибір організаційної ієрархії;
- вирішення питань організації інформаційного інтерфейсу між елементами системи.

Завдання синтезу структури САПР взаємопов'язані із завданнями оптимізації функціонування системи.

Обмеженнями в процесі синтезу структури САПР є допустимі навантаження елементів (обсяги інформації), що переробляються в одиницю часу. Одним з таких елементів САПР є людина, яка, як показують дослідження, нерідко змушений приймати рішення в процесі роботи в системі зі швидкістю у багато разів більшою, ніж при традиційній роботі. Природно, він не може тривалий час витримувати таке навантаження.

Серед різноманітних систем управління (до яких, чесно, належать і системи проектування) найбільш поширені системи з ієрархічною структурою. Їх характерними особливостями є:

- автономність окремих підсистем;
- управління підсистемами при неповній інформації;
- агрегування інформації при русі вгору по ієрархічним східцях;
- взаємовплив підсистем через наявність загальних обмежень.

Основи математичної теорії синтезу структури складних систем в даний час тільки закладаються. В якості критерію ефективності їх

функціонування, як правило, приймається максимум інформації, отриманої в одиницю часу.

Основними структурними елементами САПР є підсистеми, які поділяються на проектувальні і обслуговуючі. До проектуючих відносять підсистеми, що виконують проектні процедури і операції, підсистему підготовки носіїв для верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ) та автоматизованих ліній. До обслуговуючих відносять підсистеми, призначені для підтримки працездатності проектуючих підсистем, наприклад підсистему управління даними і ін.

В залежності від ставлення до об'єкта проектування також розрізняють об'єктно-орієнтовані та об'єктно-незалежні (інваріантні) системи.

Кожна підсистема САПР, як правило, створюється у вигляді пакета програм (ПП), під яким розуміється комплекс взаємопов'язаних програм, що володіють спеціальною організацією, яка забезпечує значне підвищення продуктивності праці користувача при вирішенні конкретних завдань.

Спільними особливостями організації ПП є наступні:

- орієнтація пакета на певний клас задач. При цьому ПП діляться на методо-орієнтовані і проблемно-орієнтовані. Перші призначені для вирішення завдань різними методами, наприклад пакет алгоритмів параметричної оптимізації. Другі пакети призначені для рішення деякого набору задач, що розрізняються як по постановці, так і за методами рішення;
- кожен ПП має деяким набором можливостей за методами обробки даних, формам подання результуючої інформації і т.д. Це дає можливість користувачу вибрати необхідний варіант обробки даних;

- значне зниження вимог до рівня професійної підготовки інженера-користувача в області програмування в порівнянні з підготовкою математика-програмування;

При класифікації ПП зазвичай вказується тип операційної системи, під управлінням якої працює пакет, і спосіб організації пакета. За способом організації ПП діляться на пакети з бібліотечної та блокової організацією. Перша є найбільш простий і орієнтована на користувачів-програмістів високої кваліфікації. При такому підході мало проблем при формуванні пакету, однак з'являються серйозні труднощі при експлуатації пакету, оскільки стикування програм з інформації постійно вимагає втручання користувача на рівні алгоритмічної мови.

При блокової організації ПП визначається коло вирішуваних завдань і для кожної з них складається граф управління, згідно з яким з вихідної сукупності програм в певному порядку викликаються ті, які задіяні в даній задачі. При зверненні до пакету досить вказати шифр відповідного графа управління і задати необхідну вихідну інформацію, що забезпечує зручність і простоту при експлуатації. Недолік подібного підходу полягає в тому, що при появі нових завдань потрібно з вихідних програм формувати новий граф управління, а для цього потрібно знання функцій і особливостей кожної програми.

При блокової організації ПП за принципом "чорного ящика" автоматично формується граф, що містить послідовність програм, яка забезпечує вирішення заданої користувачем завдання. При цьому враховуються причинно-наслідкові зв'язки між результатами функціонування всіх програм, що може бути представлено у вигляді матриць інцидентності, суміжності та ін. При такій організації робота з пакетом значно спрощується, оскільки при зверненні до пакету досить лише вказати мету звернення.

Як правило, ПП, що входять в САПР, повинні створюватися на основі єдиних принципів, з повним обсягом стандартизованої документації, з чіткою орієнтацією кожного пакета на конкретну функцію, виконувану САПР. Однак повного архітектурного єдності у використовуваних ПП досягти не вдається в тих випадках, коли в складі САПР використовуються ПП (здебільшого інваріантні), розроблені в інших організаціях. Такий підхід до комплексування САПР безумовно не дозволяє говорити про синтез її оптимальної структури. У той же час у зв'язку з інтенсивним розвитком програмного забезпечення в останні роки з'являється можливість підбору ПП різного призначення, не порушують архітектурного єдності всієї системи.

Однак, незважаючи на наявні відмінності в підходах до створення ПП, в основі їх побудови завжди лежить модульний принцип.

3.3 Розробка ескізного проекту з визначенням переліку підсистем та окремих модулів.

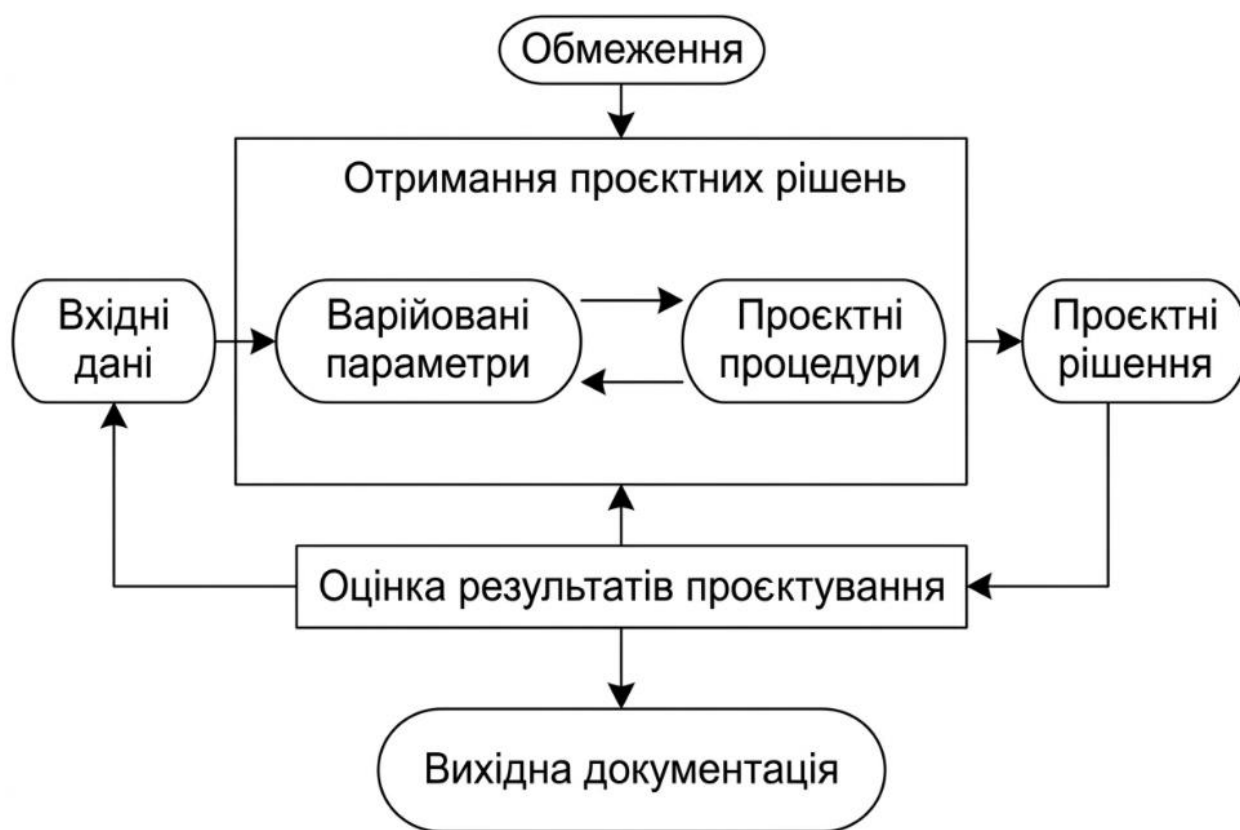
Ескізний проект – сукупність конструкторських документів, які містять принципові конструкторські рішення для створюваної САПР, що дають загальні уявлення про устрій і роботу системи.

Найважливішим питанням при створенні САПР після формалізації процесу проектування є питання відображення проектно-конструкторської діяльності інженера в програмне забезпечення.

В загальному вигляді процес проектування САПР можна спрощено уявити схемою. Ця схема відображає елементарну комірку проектно-конструкторського процесу, з ланцюжка, яких складається реальний автоматизований процес. Всі системи проектування, створювані з по-

міццю сучасних засобів обчислювальної техніки, є автоматизованого. Найважливішу роль у цих системах грає людина-інженер, розвивають проект нових технічних засобів. Людина в САПР вирішує все неформалізовані проектні завдання і завдання планування робіт. Сучасна САПР є інструментом висококваліфікованого інженера-проектувальника, тому тісна взаємодія людини і ЕОМ в процесі проектування - один з найважливіших принципів побудови та експлуатації САПР.

Основним блоком у схемі процесу автоматизованого проектування (малюнок 3.1) є блок проектних рішень.



Малюнок 3.1 – схема процесу автоматизованого проектування

В залежності від повноти формалізації наших знань у конкретній предметній області проектне рішення може бути виконано автоматично, або в інтерактивному режимі. На основі вхідних даних і обмежень

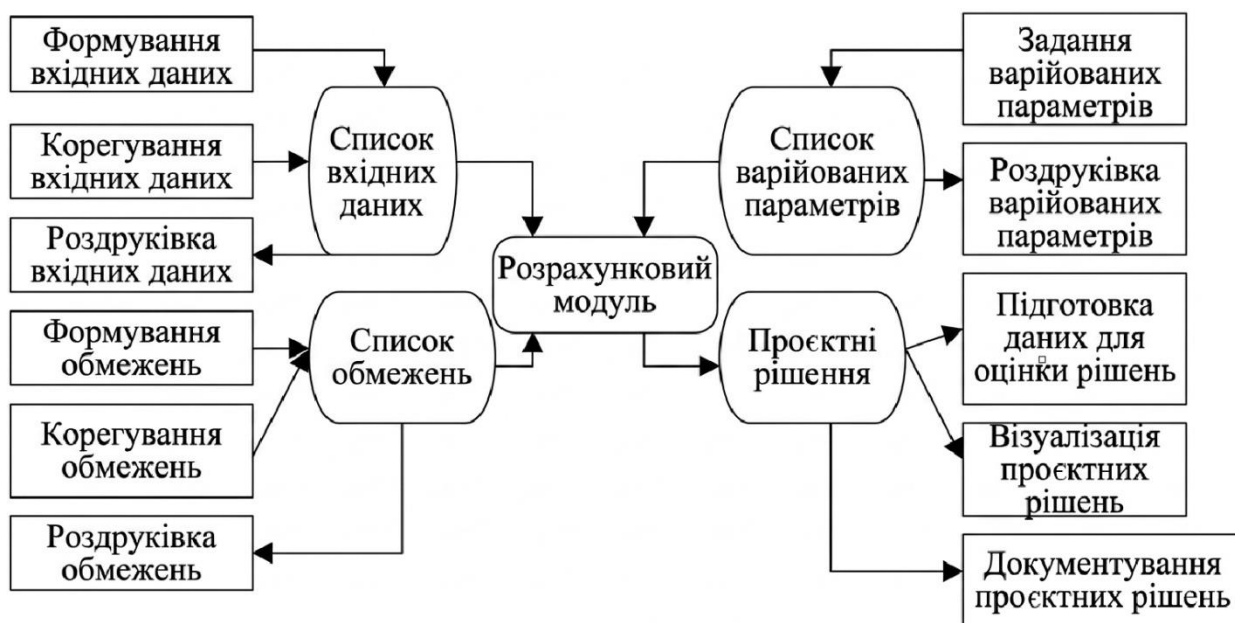
(незалежні параметри проектування) блок змінює варійовані параметри (чинники рішення) до отримання прийнятних проектних рішень (залежних змінних).

Результати проектування повинні бути представлені у вигляді, зручному для сприйняття людиною, і містити інформацію, на основі якої інженер міг б винести судження про результати проектування.

Якщо проектне рішення стверджується, то оформляється необхідна вихідна документація; якщо необхідна коригування проекту, інженер, уточнюючи варійований параметри, в інтерактивному режимі домагається потрібних результатів, коли ж проектно-конструкторський процес не призводить до наміченої мети, необхідно уточнити вхідні дані і обмеження.

Розгляд навіть такої спрощеної схеми процесу проектування дозволяє уточнити поділ функції між інженером і ЕОМ в САПР. Отримання варіантів проектних рішень та їх представлення у вигляді, зручному для сприйняття людиною, може бути покладено на ЕОМ в тій мірі, в якій це дозволить зробити математичне забезпечення проектних процедур. Але навіть при автоматичному отриманні варіантів проектних рішень за інженером залишаються найважливіші функції - введення вихідних даних для проектування, остаточна оцінка та затвердження проектних рішень. В інтерактивному ж режимі проектування інженер безпосередньо бере участь у ході вирішення завдань, впливаючи на вибір факторів рішення і уточнюючи незалежні змінні. Отримання вихідної документації відповідно до існуючих вимог є операцією рутинної і повинно виконуватися автоматично.

На підставі викладеного модель програмного забезпечення автоматизованої проектної процедури можна схемою (малюнок 3.2).



Малюнок 3.2. – модель програмного забезпечення проектної процедури в САПР

Узагальнена модель програмного забезпечення проектної процедури в САПР має низку складових і списки даних. Загалом, як кожна складова повинна реалізуватися своїм програмним модулем.

Призначення модуля формування вхідних даних полягає у створенні списку цих даних для проектування та його контролю при введенні в систему. Структура та формат списку вхідних даних залежать від змісту проектної процедури (розрахункового модуля). Необхідно передбачити існування кількох версій списку вхідних даних, які з заданими іменами зберігаються на ділянках жорсткого диска. Структура списку даних визначається розробником САПР, а формується він або в діалоговому режимі користувача, або генерується автоматично попередніми проектними процедурами.

Програмний модуль коригування вхідних даних передбачає редагування (видалення, вставку і т. п.) списку, потреба в якому виникає через помилки користувача при введенні даних, що виявляються при

контролі, а також при необхідності їх уточнення в результаті аналізу та оцінки проектних рішень.

Для забезпечення ретельного контролю в САПР повинні бути передбачені програмні засоби для візуалізації списків даних. У загальному випадку необхідно мати можливість отримання декількох видів роздруківки списку даних: двійковий, десятковий, символьний, табличний і по записах. Для реалізації різних вимог користувача роздруківка може виводитися на екран дисплея або на АЦПУ. Всі ці операції виконує модуль роздруківки вхідних даних.

Програмні модулі формування, коригування та роздруківки обмеження на процес проектування функціонують аналогічно описаним. Структура і формат обмежень залежать від проектного модуля, але вони істотно менше схильні до змін, ніж структура і формат вихідних даних. Однак необхідно передбачати існування кількох версій цих списків (наприклад, загальних вимог до технічних засобів з боку різних замовників).

Створення та контроль списку варійованих параметрів здійснюються програмними модулями їх завдання та друку.

Розрахунковий модуль програмного забезпечення процесу проектування призначений для автоматичного виконання ЕОМ всіх тих операцій проектної процедури, які вдалося повністю формалізувати.

Отримувані варіанти проектних рішень обробляються програмним модулем підготовки даних для оцінки рішень і передаються модулю візуалізації. Аналізуючи результати проектно-конструкторського процесу, інженер повинен мати можливість огляду вихідних даних на АЦПУ, дисплеї і графобудівнику, наприклад, у вигляді таблиць, схем і креслень.

Припустимо існування декількох версій проектних рішень, які зберігаються на жорсткому диску і можуть бути представлені в необхідному вигляді за допомогою програмного модуля документування проектних рішень.

Зв'язок між різними програмними модулями проектної процедури і взаємодія даної проектної процедури з іншими відбувається через загальну пам'ять.

Це дозволяє здійснювати інтерактивний автоматизований процес проектування зі збереженням безлічі різних версій, як вхідних даних, так і проектних рішень. Для виконання вимоги принципу раціональної зв'язку САПР з навколишнім середовищем при проектуванні програмного забезпечення слід прагнути до того, щоб список вхідних даних був результатом попередніх проектних процедур чи модулів. Це досягається при розробці інформаційного забезпечення САПР.

Складовими структурними частинами САПР є підсистеми, що володіють всіма властивостями систем і створювані як самостійні системи. Кожна підсистема - це виділена за деякими ознаками частина САПР, що забезпечує виконання певних функціонально-закінчених послідовностей проектних завдань з отриманням відповідних проектних рішень і проектних документів. САПР, що проектується, за призначенням системи поділяється на два види: проектуючі і обслуговуючі.

Обслуговуючі підсистеми – об'єктно-незалежні підсистеми, що реалізують функції, загальні для підсистем або САПР в цілому: забезпечують функціонування проектуючих підсистем, оформлення, передачу та виведення даних, супровід програмного забезпечення і т.п., їх сукупність називають системної середовищем (або оболонкою) САПР .

Проектуючі підсистеми – об'єктно-орієнтовані підсистеми, що реалізують певний етап проектування або групу пов'язаних проектних завдань. В залежності від ставлення до об'єкта проектування, діляться на:

- об'єктні – виконують проектні процедури та операції, безпосередньо пов'язані з конкретним типом об'єктів проектування;
- інваріантні – виконують уніфіковані проектні процедури та операції, що мають сенс для багатьох типів об'єктів проектування.

3.4 Технічний проект з опрацюванням питань визначаючі необхідність програмного забезпечення, технічних засобів з розробкою топології обчислювальної мережі

3.4.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення

У комплекс засобів автоматизованого проектування входить інформаційне забезпечення, яке являє собою сукупність документів, що описують стандартні проектні процедури, типові проектні рішення, типові елементи і комплектуючі вироби, матеріали та інші дані, а також файли і блоки даних на машинних носіях із записом зазначених документів. Головною метою створення інформаційного забезпечення САПР є розробка інформаційної системи, що дозволяє правильно і швидко вирішувати проектні завдання. Це може бути досягнуто своєчасної видачею джерелу запиту повною і достовірною інформацією для виконання оп-ределенной частини проектно-конструкторського процесу.

Основні вимоги до інформаційного забезпечення САПР наступні:

1. Наявність необхідної інформації для забезпечення як автоматизованих, так і ручних процесів проектування.
2. Можливість зберігання та пошуку інформації, що становить результат ручних та автоматизованих процесів проектування.
3. Достатній обсяг сховищ інформації. Структура системи повинна допускати можливість нарощування ємності пам'яті разом із зростанням обсягу інформації, що підлягає зберіганню. Одночасно необхідно забезпечити компактність зберігається і мінімальне зношування носіїв інформації.
4. Достатня швидкодія системи інформаційного забезпечення.
5. Можливість швидкого внесення змін і коригування інформації, доведення цих змін до споживача, а також отримання твердої копії документа.

При створенні інформаційного забезпечення САПР основна проблема полягає в перетворенні інформації, необхідної для виконання проектно-конструкторських робіт над певним класом об'єктів, у форму, прийнятну і найбільш раціональну для машинної обробки, і виведення інформації на ЕОМ у вигляді, зручному для сприйняття людиною.

Для підприємства «Таврія-Турбо» аби полегшити, прискорити, та підвищити продуктивність праці конструктора рекомендуються наступні пакети програм: **Autodesk Inventor** виробника - фірми «**Autodesk**» . Компанією **Autodesk** розроблені різні додатки в області тривимірного моделювання, що доповнюють функціонал ефективним інструментарієм для рішення спеціалізованих інженерних задач. Модульність системи дозволяє користувачеві самому визначити набір необхідних йому додатків, що забезпечують тільки затребувану функціональність, за рахунок чого досягається оптимізація вартості рішення. Система **Autodesk Inventor**

призначена для створення тривимірних асоціативних моделей окремих деталей і складальних одиниць, що містять як оригінальні, так і стандартизовані конструктивні елементи. Параметрична технологія дозволяє швидко одержувати моделі типових виробів на основі один раз спроектованого прототипу. Численні сервісні функції полегшують рішення допоміжних задач проектування й обслуговування виробництва.

Слідуюча рекомендуєма CAD-система це система SolidWorks для полегшення роботи конструкторів версія компанії SolidWorks Edge. SolidWorks - система автоматизованого проектування, інженерного аналізу і підготовки виробництва виробів будь-якої складності і призначення.

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двунправлений обмін даними з іншим програмним забезпечення Windows і створення інтерактивної документації.

Наступним рекомендуємим пакетом програм для розробки конструкторської документації є Siemens Solid Edge - це комплексне програмне забезпечення (CAE/CAD/CAM) для інженерного проектування, що дозволяє створювати 3D-моделі, виконувати симуляції, займатися виробництвом та технічною документацією. Це професійне, просте у використанні САПР-рішення для розробки продукції, яке підтримує як параметричне, так і пряме моделювання, є основою для комплексу програмних засобів автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, пропонованого фірмою.

Для прийняття оптимального рішення необхідно проаналізувати рекомендовані CAD-системи по деяким критеріям вибору.

Перший критерій для ПП «Таврія-Турбо» це здатність даних програмних пакетів проектувати складні деталі, так як майже всі деталі турбокомпресора мають досить складну геометрію.

По цьому критерію перевагу має система **Autodesk Inventor**. Просторові моделі, що базуються на технології параметричному твердотільному моделюванні. **Autodesk Inventor** використовує для створення тривимірних моделей геометричне ядро ShapeManager (розробка Autodesk). Для одержання тривимірних моделей твердих тіл використовуються наступні операції:

- витягування плоского багатоконтурного профілю по прямій із завданням кута нахилу утворюючої (ливарний нахил);
- обертання профілю навколо осі на заданий кут;
- створення лінійчатих поверхонь;
- лофтинг - створення сплайнової поверхні по набору просторових перетинів;
- багатоконтурний лофтинг;
- протягання профілю уздовж просторової траєкторії з утворенням поверхні "трубопровідного" типу;
- побудова фасок;
- побудова тонкостінних оболонок, ливарних нахилів;
- побудова скруглень з постійним і перемінним радіусом. Зміна радіуса від початкового до кінцевого може задаватися як лінійним, так і нелінійним законом;
- застосування булевих операцій (перетинання, об'єднання, вирахування) над будь-якими тілами в моделі;

- відсікання площинами і гранями тривимірного тіла;
- створення лінійних і кругових масивів твердих тіл з перемінним числом вхідних тіл;
- створення спіралей, пружин і різьб довільного перетину.

Дуже важливим критерієм вибору є фінансові затрати на придбання ліцензійного пакету програм. Ціна **Autodesk Inventor 101000-107000** гривень.

Ліцензія на впровадження на підприємстві SolidWorks коштує 205000+, Siemens Solid Edge -160000+ гривень. А це значить, що по критерію ціни рекомендуємим пакетом програм є **Autodesk Inventor**.

На підприємстві «Таврія-Турбо» відсутній кваліфікований персонал який би вільно міг користуватися даними програмними пакетами. Всі програмні продукти підрозділяються на три групи:

1. Легкі;
2. Середні;
3. Складні.

САПР-програмне забезпечення (CAD/CAE) вже давно перестало бути "лише креслярським інструментом". Сьогодні це складні платформи, що інтегрують моделювання, симуляцію, AI-асистовані функції, хмарні роботи та колаборацію команд. У **Autodesk Inventor 2026** поглиблена AI-оптимізація робочих процесів, нові хмарні сервіси для партнерських команд, масштабні оновлення у симуляції та цифровому прототипуванні.

Четвертим критерієм вибору програмного забезпечення це необхідні мінімальні вимоги до технологічного обладнання. Мінімальні вимоги для оптимальної роботи **Autodesk Inventor 2026**:

1. Мінімальні вимоги (для базової роботи)

- **Операційна система:** 64-розрядна Microsoft® Windows® 11 або Windows 10.
- **Процесор:** Базова частота 2,5 ГГц або вище.
- **Оперативна пам'ять (RAM):** 16 ГБ.
- **Відеокарта:** 1 ГБ GPU з підтримкою DirectX 11.
- **Місце на диску:** Для встановлення потрібно близько 100-150 ГБ (рекомендується SSD).

2. Рекомендовані вимоги (для складної 3D-збірки)

- **Процесор:** 3,0 ГГц або вище, 4 і більше ядер.
- **Оперативна пам'ять (RAM):** 32 ГБ або більше.
- **Відеокарта:** 4 ГБ GPU з підтримкою DirectX 11, або професійні карти (наприклад, серії NVIDIA Quadro).
- **Накопичувач:** Швидкий SSD (NVMe) для швидкого завантаження великих проектів.

Виходячи з результатів аналізу даних програмних продуктів по цим чотирьом критеріям можна зробити висновок, що для приватного підприємства «Таврія-Турбо» оптимальним варіантом буде впровадження **Autodesk Inventor**.

Система **Autodesk Inventor** має стандартний графічний інтерфейс для спілкування з користувачем, як і в інших Windows-додатків (головне і локальні меню, панелі інструментів і ін. елементи керування).

Одночасно може бути відкрито кілька різних документів, кожний у своєму робочому вікні. При роботі в **Autodesk Inventor** використовуються декартові системи координат.

У кожному файлі моделі існує система координат. Зображення системи координат з'являється посередині вікна моделі.

Початок абсолютної системи координат креслення завжди знаходиться в лівій нижній точці габаритної рамки формату.

Для зручності роботи користувач може створювати в графічних документах довільну кількість локальних систем координат і оперативно переключатися між ними. У **Autodesk Inventor** використовується метрична система мір. Відстані між точками на площині в графічних документах і між точками в просторі обчислюються і відображаються в міліметрах.

Система **Autodesk Inventor** дозволяє реалізувати класичний процес тривимірного параметричного проектування - від ідеї до асоціативної об'ємної моделі, від моделі до конструкторської документації.

Також рекомендується операційна система Windows® 11 або Windows 10, яка дозволяє здійснювати спільну роботу різних зовнішніх пристроїв і комп'ютера. Одним з достоїнств інтерфейсу Windows® 11 або Windows 10 є його універсальність, єдиний підхід при роботі з різними прикладними програмами. Після визначення в середовищі Windows® 11 або Windows 10 використовуваних пристроїв відповідні установки для окремих програм виконувати вже не потрібно. Але навіть працюючи на АРМ один інженер-конструктор не зможе виконати той об'єм роботи підготовки конструкторської документації який вимагається від технологічного бюро технічним завданням, а отже виникає необхідність створення, ще одного автоматизованого робочого місця.

САПР ТП **Autodesk Inventor** підтримує всі бізнес-процеси електронного інженерного документообігу, в тому числі управління технологічними змінами та замовлення на розробку спеціальних засобів технологічного оснащення і керуючих програм. В системі застосований

якісно новий підхід до організації даних про технологічні процеси, заснований на об'єктній моделі подання та обробки інформації. В САПР ТП **Autodesk Inventor** реалізовані новітні об'єктно-орієнтовані методи організації технологічних баз даних, технології, сучасні інтерфейсні рішення, відкрита архітектура, заснована на основних компонентах:

- **Параметричне моделювання:** Основа системи, що дозволяє створювати деталі (файли .ipt) та вузли (файли .iam), де зміна одного параметра (розміру, обмеження) автоматично оновлює модель.
- **Адаптивні технології:** Дозволяють визначати зв'язки між елементами моделі, де деталі автоматично підлаштовуються під зміни у збірці.
- **Inventor Interoperability (раніше Inventor Server):** Компонент, який забезпечує повний доступ до даних Inventor (метадані, геометрія, матеріали) для читання та запису.
- **Інструменти роботи зі збірками:** Забезпечують об'єднання деталей у функціональні вузли, накладання залежностей (обмежень), перевірку перетинів, аналіз кінематики та візуалізацію.
- **DWG-сумісність:** Пряма інтеграція з форматами AutoCAD, що дозволяє працювати з 2D-кресленнями (.dwg або .idw) на основі 3D-моделей.

Можливості Autodesk Inventor 2026

- ☐ **Оптимізація інтерфейсу:** Оновлені діалогові вікна "Open" та "Save" з об'єднаним деревом папок. Темна тема встановлена за замовчуванням, додано швидке перемикання колірних схем.
- ☐ **Розумні налаштування:** Додано пошук на вкладці Prompts, що дозволяє швидко знаходити опції.

- **Робота зі збірками:** Покращено керування зв'язками (залежностями) між компонентами та прискорено аналіз перетинів у великих проектах.
- **Моделювання деталей:** Розширені функції для роботи з поверхнями та параметричного моделювання.
- **Inventor Nesting 2026:** Забезпечує зворотну сумісність (сумісний з 2026-2028), зберігає одиниці вимірювання (дюйми) при імпорті DWG, дозволяє змінювати колір номерів елементів.
- **Оновлення 2026.1:** Включає покращення для деталей, збірок та креслень.

Для підготовки високоефективних керуючих програм для фрезерних верстатів з ЧПУ, був запропонований програмний продукт фірми Delcam PowerMILL. Вибір даного програмного продукту обґрунтовується гнучкістю і різноманітністю стратегій обробки, високою швидкістю розрахунку керуючих програм, та їх редагуванням.

Delcam PowerMILL – вважається кращою системою підготовки керуючих програм для фрезерної обробки виробів складної форми, але **Inventor CAM** вже теж не поступається своїми можливостями. Вибираючи з кращих систем підготовок керуючих програм **Inventor CAM** є доцільним, так як буде функціонувати єдина система у одній програмі без додаткових витрат на інші програми.

Функції **Inventor CAM 2026:**

1. Фрезерування (Milling) 2.5D–5 осей

- **Адаптивне фрезерування (Adaptive Clearing):** Високошвидкісна чорнова обробка, яка підтримує постійне навантаження на інструмент,

значно скорочуючи час обробки та подовжуючи термін служби інструменту.

- **2D-обробка:** Торцювання, контурна обробка, кишені, свердління, різьблення, обробка фасок.
- **3D-обробка:** Чистова та чорнова обробка складних поверхонь (паралельна, растрова, проекційна, обробка «олівцем» тощо).
- **Багатоосьова обробка (3+2 та 5-осьова):** Позиційна та одночасна 5-осьова обробка для складних деталей.

2. Токарна обробка (Turning)

- Функціонал для створення програм для токарних та токарно-фрезерних верстатів (з приводним інструментом).
- Чорнове та чистове точіння, канавки, різьблення, свердління.

3. Імітація, перевірка та постпроцесування

- **Реалістична симуляція:** Візуалізація руху інструменту та зняття матеріалу з перевіркою на зіткнення (collision detection).
- **Перевірка 3D-моделі:** Автоматичне виявлення конфліктів між деталями та інструментом.
- **Постпроцесори:** Велика бібліотека постпроцесорів для перетворення траєкторій у G-код для більшості типів верстатів з ЧПК.

4. Інтеграція та продуктивність

- **Пряма інтеграція:** Робота всередині інтерфейсу Inventor, що дозволяє автоматично оновлювати траєкторії при зміні 3D-моделі.
- **Оптимізація роботи:** Підвищена швидкодія при роботі з великими збірками у версії 2026.

Джерелом даних може бути **Aras Innovator** — це масштабована програмна платформа для управління життєвим циклом виробів (PLM - Product Lifecycle Management) та цифровою ниткою (digital thread), яка

базується на відкритій архітектурі. Вона дозволяє компаніям керувати даними про продукти, інженерними змінами, конфігураціями та робочими процесами на всіх етапах: від проектування до виробництва та обслуговування.

Основні характеристики та можливості:

- **Відкрита PLM-платформа:** Надає гнучку структуру, яку можна адаптувати під потреби бізнесу, з можливістю розгортання як у хмарі, так і на власних серверах.
 - **Управління даними (PDM):** Ведення специфікацій (BOM), технічної документації та конфігурацій.
 - **Управління процесами:** Автоматизація робочих потоків (workflows), погодження змін (ECO/ECR), управління якістю (APQP/PPAP).
 - **Низькокодовий розвиток:** Вбудоване середовище розробки Low-Code дозволяє налаштовувати систему без глибокого програмування.
 - **Масштабованість:** Підходить для великих та середніх підприємств, забезпечуючи співпрацю між географічно розподіленими командами.
- Aras Innovator поєднує можливості ПЗ для великих підприємств із гнучкістю, що робить його потужним інструментом у сфері високих технологій та виробництва.

Введення даних в **Aras Innovator**: PLM здійснюється за допомогою передачі інформації із систем конструкторсько-технологічного проектування, безпосередньо з цих клієнтських додатків. Користувач звертається до бази даних, яка відображається у вигляді дерева виробу, що містить вузли, складальні одиниці і деталі.

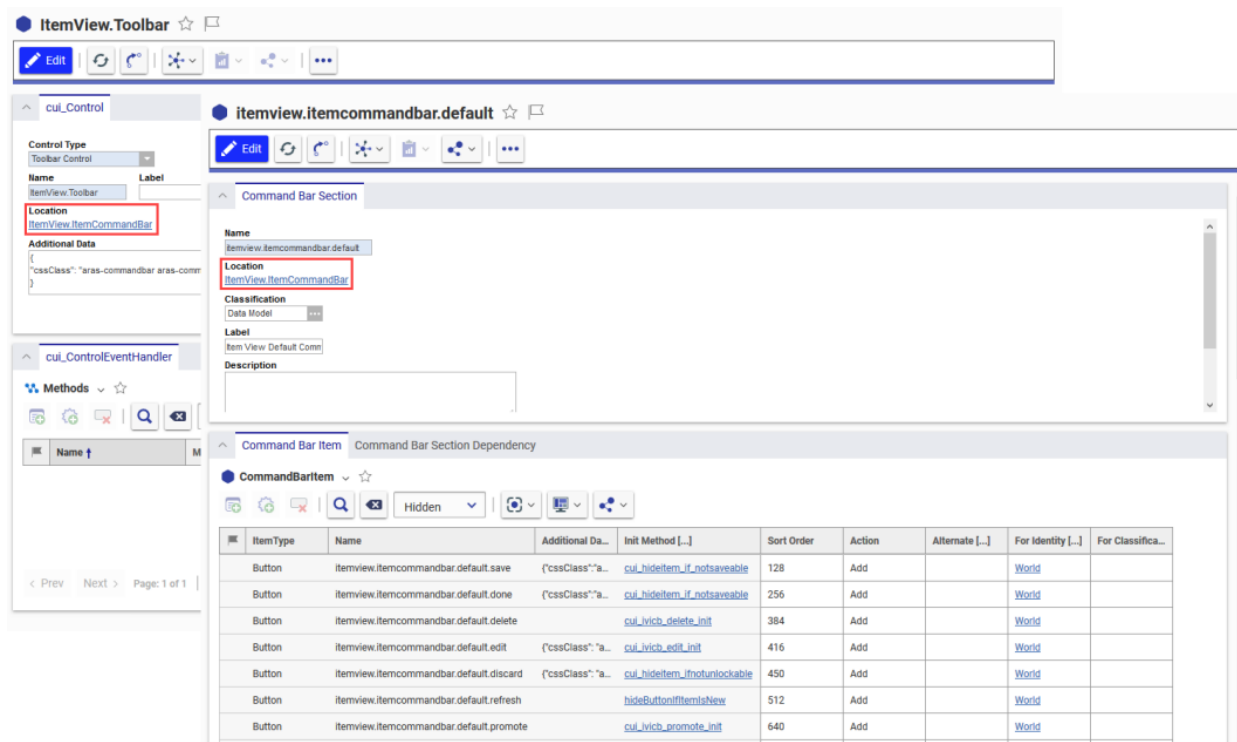
До об'єктів "дерева системи" прив'язані описують їх документи. У свою чергу, документам відповідають файли тривимірних моделей,

креслень, технологічних процесів і т.д. У процесі групової роботи збережені документи можуть бути взяті для подальшої розробки та редагування. Після закінчення редагування об'єкт (документ) можна зберегти як поточну версію або у вигляді нової версії. Таким чином, повністю доступна хронологія розробки.

Основні компоненти та особливості Aras Innovator включають:

- **Базова платформа:** Відкрита архітектура, що забезпечує гнучкість, налаштування та легке оновлення системи.
- **PDM (Product Data Management):** Управління структурою виробу (BOM), CAD-файлами та документацією.
- **PLM-функціонал:** Управління конфігураціями, змінами (ECN/ECO), робочими процесами та вимогами.
- **Цифрова нитка (Digital Thread):** Простежуваність даних по всьому життєвому циклу виробу.
- **Веб-інтерфейс:** Повний доступ через браузер для співпраці в реальному часі.

Aras Innovator : PLM клієнт (малюнок 3.3). Центральний робочий модуль системи, який дозволяє безлічі користувачів одночасно працювати з базами даних різного змісту.



Малюнок 3.3 – інтерфейс робочого вікна клієнт

Aras Innovator: PLM Клієнт забезпечує:

- пошук об'єктів бази даних по заданих умовах (у тому числі за заданими атрибутами, за наявністю або відсутністю атрибутів);
- роботу з вибірками (динамічними наборами об'єктів бази даних, сформованими відповідно до заздалегідь визначених умовою або набором умов);
- перегляд стану і властивостей об'єктів бази даних на вказаний момент часу в минулому;
- формування звітів;
- управління структурою виробів, документами і файлами;
- інтеграцію з додатками (**Autodesk Inventor**, SolidWorks) і єдиними довідковими базами даних.

Aras Innovator: PLM Web-клієнт модуль призначений для роботи з інформацією, що зберігається в **Aras Innovator: PLM**, через Web-браузер. При наявності такої моделі роботи функції клієнтського ланки в локальній мережі виконує Web-сервер. Якщо Web-сервер буде підключений до Internet, робота з клієнтським модулем може здійснюватися по каналам зв'язку, що використовуються для доступу до всесвітньої мережі.

Доступ до сервера додатків здійснюється через канали зв'язку по протоколу **HTTP** або **HTTPS**. Для роботи з клієнтським додатком достатньо мати встановлений на комп'ютері Web-браузер.

По суті, клієнт **Aras Innovator: PLM** для доступу через браузер представляє собою Web-сайт. Він має користувацький інтерфейс, дуже схожий з інтерфейсом клієнтського додатку.

Вбудований модуль формування звітів. Призначений для формування звітів про об'єкти бази даних. Дозволяє отримати з бази будь-яку інформацію про об'єкти. З його допомогою можна вибрати об'єкти, що задовольняють заданим умовам, і показати їх зв'язки, атрибути, стану, документи. Вибір може здійснюватися в рамках бази, окремого об'єкта, набору об'єктів. Звіти формуються за допомогою візуального дизайнера звітів FastReport. Готовий звіт може бути роздрукований або збережений у вигляді файлів різного формату.

Aras Innovator: PLM Дизайнер форм. Призначений для створення і редагування форм власних (користувацьких) карток атрибутів. Картки введення і редагування значень атрибутів типів об'єктів і документів призначені для впорядкування роботи з введення інформації користувачами. За допомогою карток користувач у клієнтському додатку **Aras Innovator: PLM** може додавати, змінювати або переглядати (в залежності від прав доступу до об'єкта і від поточного режиму роботи) інформацію про об'єкти.

Модуль маршрутизації **Aras Innovator: PLM WorkFlow**. Призначений для моделювання робочих процесів, маршрутизації документів, реалізації схем проведення змін і тверджень документів. Забезпечено інтеграція зі службами поштових повідомлень.

Aras Innovator: PLM Дизайнер алгоритму імпорту. Призначений для конструювання алгоритмів прийому даних з будь-яких систем, до яких можливий доступ через інтерфейс з будь-яких зовнішніх систем (ERP, MES, CAD, CRM, PDM), в **Aras Innovator: PLM**. Передача даних здійснюється через SOAP/XML та RESTful API формати.

Aras Innovator: PLM Імпорт. Призначений для виконання алгоритмів імпорту даних в **Aras Innovator: PLM**.

Так як PDM-система є невідемливою частиною PLM-системи, була запропанована PDM Autodesk Vault.

Autodesk Vault є зручним і прийнятним за ціною засобом організації роботи з єдиною базою електронної документації на виробі, вузли і складальні одиниці в робочих групах або конструкторських підрозділах, а також на локальних робочих місцях.

Система Autodesk Vault призначена для ведення конструкторсько-технологічної та виробничої документації. Autodesk Vault надає можливість одночасної роботи над проектом цілого колективу фахівців у періоди розробки, впровадження та виробництва виробів. Система може функціонувати як в одного користувача варіанті, так і в локальній мережі.

Autodesk Vault допомагає користувачам вирішувати наступні завдання:

- зберігати, обробляти, супроводжувати інженерну інформацію про товари;
- захищати документацію від несанкціонованих змін;

- виконувати швидкий пошук елементів складу виробів з позначення, найменуванню;
- уніфікувати застосовуються деталі;
- виключати існування документів-двійників;
- описувати допускаються заміни в складі складальних одиниць;
- створювати і проводити сповіщення про зміни;
- складати і виводити на друк звіти різної форми.

Autodesk Vault повністю орієнтований на стандарти ЕСКД. Це стосується як його внутрішньої організації, так і вихідних документів.

В основі архітектури системи лежить специфікація – конструкторський документ, що несе інформацію про склад виробу.

Основною структурною одиницею Autodesk Vault є елемент. Елемент – це аналог рядка специфікації. Елементом може бути складальна одиниця, деталь, матеріал і т.д. Елементу може належати необмежене число документів (файлів різних типів – документів **Autodesk Inventor**, твердотільних моделей SolidWorks, текстових документів, растрових зображень та ін.) Додаткову інформацію про елемент (наприклад, відомості про його масу, ціну, ім'я розробника і т.д.) несуть атрибути. Комплексні атрибути можуть містити кілька параметрів, що характеризують елемент. Це дозволить створити класифікатори виробів, що використовуються на Вашому підприємстві. Атрибути можуть створюватися і редагуватися користувачами. Механізм роботи з атрибутами дає можливість використовувати Autodesk Vault в якості бази даних для різних документів, наприклад, канцелярських.

Для кожного виду роботи в Autodesk Vault можна вибрати найбільш раціональний режим перегляду: ієрархічний або лінійний список,

"дерево" складальних одиниць або робота з повідомленнями. Використання панелі закладок дозволяє запам'ятовувати поточне положення в ієрархії складу і швидко переходити зі складу одного елемента до складу іншого. Область документів і область елементів підтримують механізм "Drag & Drop" ("Перенеси і залиш"), який дозволяє переміщати файли за допомогою миші між робочим вікном Autodesk Vault і вікнами інших програм.

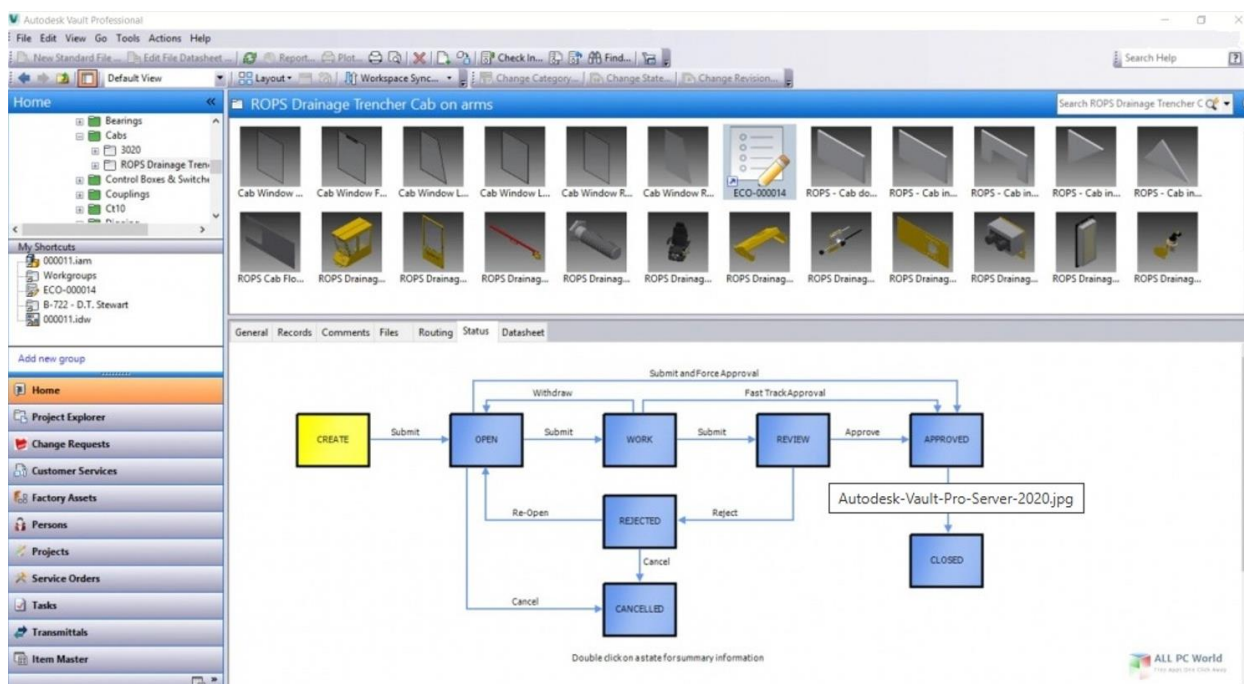
Autodesk Vault має в своєму розпорядженні засоби створення і зберігання запитів, які дозволяють формувати вибірки з існуючої елементної бази по різних умов. Отримані вибірки можна поповнювати, оновлювати, зберігати.

У Autodesk Vault реалізована гнучка система введення-виведення, зберігання та перегляду додаткової інформації про елементи за допомогою карток. Модуль формування карток введення і редагування атрибутів забезпечує введення інформації в зручному для користувача вигляді.

Autodesk Vault пропонує користувачеві можливість формування і виведення на друк ряду вихідних документів:

- специфікацій у форматі MS Word, у тому числі:
- відомостей специфікацій у форматі MS Word;
- відомостей купованих виробів у форматі MS Word.

Вбудований "Дизайнер звітів" дає можливість користувачеві самому створювати форми необхідних йому звітів, працюючи з інформацією, яку несуть атрибути. За допомогою Дизайнера звітів можна створювати і редагувати форми звітів з урахуванням потреб ПП «Таврія-Турбо ПЛЮС». На рівні проектів звіт може бути сформований з аналізом всієї бази по складу виробів.



Малюнок 3.4 Робоче вікно системи Autodesk Vault.

Між Autodesk Vault і **Autodesk Inventor** забезпечена двосторонній зв'язок. При роботі в **Autodesk Inventor** під управлінням Autodesk Vault існує можливість доступу до документів, що зберігаються в структурі Autodesk Vault. Це стосується операцій відкриття і збереження файлів. Режим синхронізації даних (позначення, найменування, маси, матеріалу, формату та ін), дозволяє підтримувати відповідність вмісту осередків основного напису креслень **Autodesk Inventor** і атрибутів Autodesk Vault.

Autodesk Vault має інтерфейс з системою твердотільного параметричного моделювання SolidWorks. Передбачена можливість аналізу складу моделі складальної одиниці SolidWorks та розрахунку маси за моделлю Solid Works.

Autodesk Vault є відкритою системою. Для створення додаткових модулів, що розширюють можливості системи, можна використовувати

API - Application Program Interface (орієнтовані на прикладного програміста інструментальні засоби розробки додатків

З метою забезпечення збереження та конфіденційності інформації в умовах колективної роботи Autodesk Vault дає можливість розмежування доступу до елементів як різним категоріям користувачів, так і індивідуально кожному співробітнику, який працює з системою. Список проектів може бути обмежений лише дозволеними до використання. Склад і застосовність об'єктів, до яких заборонений доступ, також будуть в цьому випадку не видно.

Захист документів на рівні операційної системи забезпечується сервісом файлового захисту Autodesk Vault при установці серверної частини системи на сервері Windows NT (на файлову систему NTFS).

У комплект Autodesk Vault входять дві утиліти, призначені для кваліфікованого супроводу системи - "Архіваріус Autodesk Vault " і "Доктор Autodesk Vault ". Перша з них призначена для створення, у тому числі в автоматичному режимі, резервних копій баз даних і відновлення інформації з архівних файлів. Друга дозволяє усунути конфлікти, які можуть виникнути в процесі експлуатації системи з різних причин – через збої програмного та апаратного забезпечення, перебоїв в електропостачанні, помилкових дій персоналу і т. д.

Autodesk Vault є зручним і прийнятним за ціною засобом організації роботи з єдиною базою електронної документації на продукцію, може використовуватися в конструкторських підрозділах невеликої та середньої чисельності (до 50 робочих місць), а також на локальних робочих місцях.

3.4.2 Обґрунтування та вибір технічного забезпечення

Технічне забезпечення САПР являє собою сукупність взаємозалежних і взаємодіючих технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проектування. Для продуктивної роботи інженера-технолога необхідно обробляти дані з максимальною швидкістю. Для забезпечення швидкого доступу до даних, потрібні швидкі канали зв'язку. Крім цього комплекс технічних засобів повинен забезпечувати введення, контроль, зберігання, модифікацію інформації. Результати передпроектного дослідження на ПП «Таврія-Турбо» показали, що необхідно провести закупівлю комп'ютерної техніки. Вибір конфігурації технічного забезпечення напряду повинен здійснюватися в залежності від потреб програмного забезпечення, яке буде використовувати підсистема проектування технологічної документації. В якості програмного забезпечення автоматизації технологічних робіт були рекомендовані **Autodesk Inventor** та Autodesk Vault. При аналізі системних вимог цих продуктів була складена рекомендована мінімальна конфігурація комп'ютера з наступними технічними характеристиками:

Ця конфігурація забезпечить комфортну роботу, швидке відкриття проектів та плавне обертання 3D-моделей.

- **Процесор (CPU):** Intel Core i7-14700K / 13700K (або AMD Ryzen 7 9700X / 7700X). Важлива висока тактова частота (3.5+ ГГц, краще >4.5 ГГц в Turbo Boost), оскільки Inventor переважно використовує одне ядро для моделювання.
- **Оперативна пам'ять (RAM):** 32 GB DDR5 (5200 МГц або швидше). Це оптимальний обсяг для середніх збірок та багатозадачності.
- **Відеокарта (GPU):** Професійна NVIDIA RTX PRO 2000 Ada (16GB VRAM) або RTX 4000 Ada (20GB VRAM). *Альтернатива (для кращого*

співвідношення ціна/продуктивність): NVIDIA GeForce RTX 4070 / 4060 Ti, хоча професійні карти кращі для стабільності драйверів.

- **Накопичувач (Storage):** 2 TB NVMe SSD (M.2) для ОС, програм та активних проектів. Забезпечує найшвидше завантаження.
- **Операційна система:** 64-bit Windows 11 (або Windows 10)

Було вирішено обрати персональні комп'ютери на базі сімейства процесорів Intel Core i7. По-справжньому критичним ресурсом в будь-якій комп'ютерній системі є обсяг оперативної пам'яті. Якщо її не вистачає, то робота системи на порядок уповільнюється. Решта всіх характеристик комп'ютера (частота процесора, кеш, об'єм жорсткого диска, тип відеокарти і об'єм відеопам'яті) істотного значення не має і повинні бути такими, щоб на комп'ютері стійко і з нормальною швидкістю працювало програмне забезпечення та операційна система. Якщо по фінансовим міркуванням необхідно вибрати між великим об'ємом ОЗП та якимись іншими характеристиками, вибір повинен бути здійснений на користь ОЗП.

Із усього різноманіття техніки, наданого комп'ютерними фірмами, нами була обрана наступна конфігурація:

- процесор – Intel Core i7-14700K;
- ОЗП – RAM 32 GB DDR5;
- жорсткий диск – 2 TB NVMe SSD;
- відеокарта – NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti;
- розподільча здатність монітору 4K (3840 x 2160).

Вся техніка пропонується з міркувань якості роботи і економії коштів. Теоретично можливе використання всіх моделей IBM-сумісних

комп'ютерів, на яких буде функціонувати операційна система Windows , а також наступні програмні продукти: пакети для автоматизованого проектування технологічної документації, пакет програм редагування текстової інформації і доступу до даних Microsoft Office і сервісних програм для роботи у мережі. Проте не слід забувати про оперативність і комфортність роботи. Для роботи з пакетами Вертикаль-Технологія та Mastercam потрібен дисплей з достатньо високою розподільчою здатністю. Монітор повинен мати велику діагональ, підтримувати більшість відеорежимів і забезпечувати необхідну якість зображення. Рекомендованим до придбання є монітор фірми **LG 27US500-W (27 дюймів, 4K, IPS)** — хороший варіант для тих, хто хоче високу чіткість за менші кошти. Основними технічними характеристиками монітору є діагональ в 27 дюйма, розподільча здатність **4K**. Вартість монітору складає 8299 гривень.

Для виведення документації на папері рекомендується використовувати лазерний принтер. Оскільки підприємство «Таврія-Турбо» маленьке, потреба у документації великих форматів занадто низька, щоб купувати дорогий плоттер. Тому вирішено рекомендувати до придбання принтер з можливістю друку документації на форматі А3. Дане периферійне устаткування повинно знаходитись безпосередньо в технічному бюро підприємства і забезпечувати потреби в роздрукуванні документів всіх його працівників. Це стосується також сканерів, в складі яких неодмінно повинен бути широкоформатний сканер, без якого неможливе створення електронного архіву. Для виводу на друк текстової документації був обраний лазерний принтер SAMSUNG ML-1615. Він має невелику ціну у порівнянні з моделями свого класу, є надійним і функціональним. В даній моделі використана лазерна технологія друку, що дозволяє швидко отримувати зображення високої якості. Принтер

під'єднується до USB порту комп'ютера. Технічні характеристики принтера SAMSUNG ML-1615:

- максимальний дозвіл друку – 600x600 точок на дюйм;
- швидкість друку – 16 сторінок за хвилину;
- кількість сторінок за місяць – 5000;
- ресурс тонера – 2000 (в поставці на 1000);
- об'єм буфера пам'яті складає 8 мегабайт.

Вартість принтера – 5852 гривні. Рекомендується після придбання і використання принтера з часом перейти на картридж ML-1610D2 ресурс тонера якого складає 2000 сторінок, а економія тонера – 40 відсотків.

Для роздрукування документів формату A3 рекомендується придбати струйний принтер A3 OfficeJet Pro K850 фірми Hewlett Packard.

Технічні характеристики принтера A3 HP OfficeJet Pro K850:

- максимальний формат друку – A3;
- швидкість друку – до 4,5 сторінок за хвилину (чорно-білий друк, висока якість, A3);
- максимальний дозвіл чорно-білого друку – 1200 точок на дюйм;
- об'єм друку – 6250 сторінок в місяць.

Вартість принтера – 8435 гривень.

Для організації сканування інформації в електронний архів підприємства рекомендовано придбати широкоформатний сканер HD2530 Base 25" фірми Contex. Його основні характеристики наступні: максимальний - формат сканування – A1;

- повнокольорове сканування (48/24-бітове);

- швидкість сканування: чорно-біле до 4.0 сторінок /сек, кольорове до 0.5 сторінок /сек.

Ціна сканера – 134530 гривень.

Досить важливим є забезпечення робочого місця технолога блоком безперебійного живлення, за допомогою якого здійснюватиметься захист дорогоцінної обчислювальної техніки та периферії від коливань параметрів напруги мережі живлення та забезпечення автономної роботи на час, необхідний для поновлення напруги в мережі, при можливому її відключенні. З метою надійної роботи технічних засобів всі комп'ютери технологічного бюро рекомендується підключити до живильної мережі через блок безперебійного живлення потужністю 1 кіловат.

Розглянуте устаткування є компактним, надійним, займає мало місця.

3.4.3 Обґрунтування структури обчислювальної мережі

Коли виникає задача розгортання або модернізації локальної або; глобальної мережі, можна визначити фактори, що впливають на мережну модель, у тому числі:

- очікуваний мережний трафік;
- вимоги по надмірності;
- переміщення користувачів;
- перспективний розвиток;
- вимоги безпеки;
- підключення до глобальних мереж;
- вартість.

Усі перспективні мережі повинні передбачати можливість росту, для чого в них необхідно закласти відповідні проектні рішення. При дотриманні цієї умови засоби, вкладені в мережу, окупаються протягом багатьох років.

У сучасних мережах логічна організація мережі з застосуванням шинної топології сполучається з фізичною реалізацією у вигляді зірки. При такій архітектурі кожен промінь зірки функціонує як окремий сегмент логічної шини, що має тільки один або два підключених комп'ютери. Такий сегмент шини як і раніше має два кінці, однак перевагою є відсутність термінаторів. У даному випадку один кінець сегмента закінчується на концентраторі, а іншої - на мережному пристрої.

Іншою перевагою комбінованої архітектури є те, що для розширення мережі в різних напрямках можна з'єднати кілька

концентраторів за умови виконання специфікацій IEEE на довжину кабелів, кількість концентраторів і підключених пристроїв. З'єднання між концентраторами являє собою магістраль, що найчастіше забезпечує високошвидкісну передачу даних між ними. Магістраль (backbone) - це швидкодіюче середовище передачі інформації, що з'єднує мережі і центральні мережні пристрої в масштабах поверху, усього будинку або декількох вилучених площадок.

Для спрощення процесу виявлення несправностей концентратори мають спеціальні убудовані засоби. Також мають можливість розширення для реалізації високошвидкісних мереж. Оскільки описувана архітектура широко поширена, то для шинних мереж, реалізованих у виді фізичної зірки, мається великий вибір устаткування.

Для ПП «Таврія-Турбо» оптимальною топологією є саме шинна топологія у вигляді фізичної зірки (малюнок 3.5). Так як підприємство невелике то кожен промінь буде представлений автоматизованими робочими місцями окремого бюро чи робочої групи.

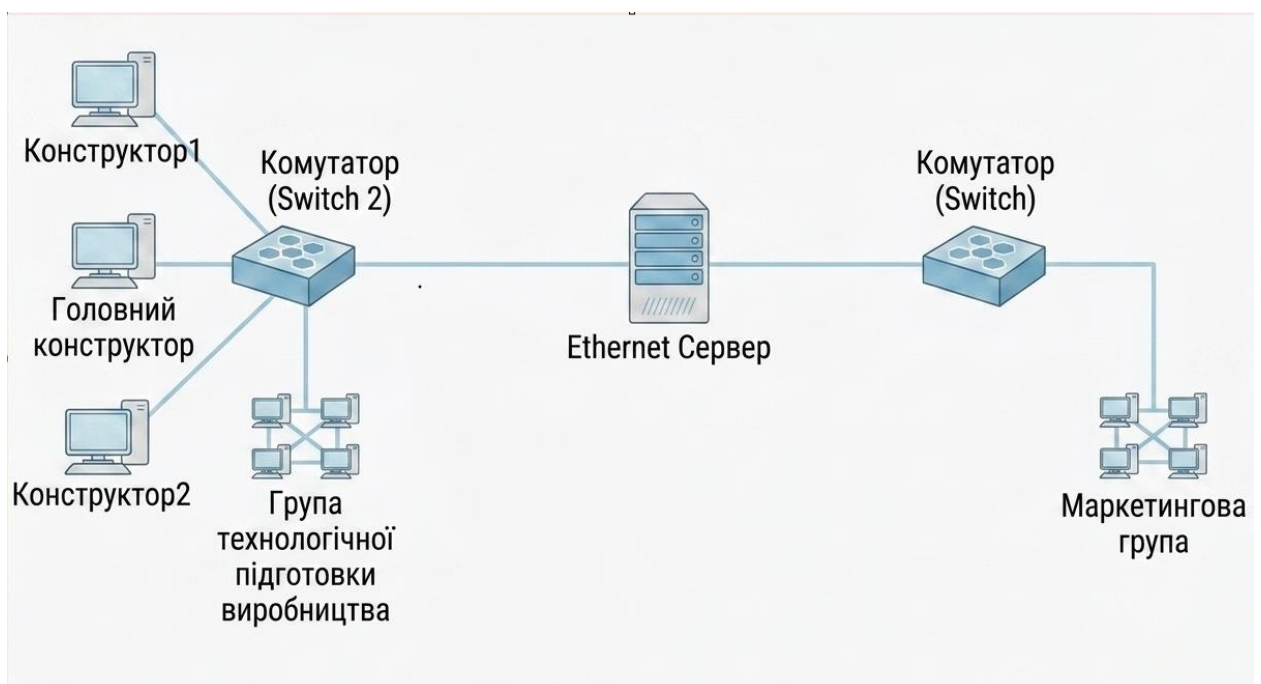


Рисунок 3.5 – Топологія обчислювальної мережі

3.4.4 Вибір мережного обладнання та програмного забезпечення обчислювальної мережі.

Побудова локальних і глобальних мереж можливо завдяки наявності передавального середовища. Інфраструктура сучасних мереж будується на базі різноманітних кабельних систем, що використовують мідні й оптоволоконні кабелі, а також на основі безпроводних з'єднань. В міру росту потреби у швидкій передачі даних значно розвивалися можливості кабельних і безпроводних комунікацій. Також удосконалювалися методи передачі інформації в цих середовищах. Наприклад, усього кілька років назад стало можливим підключення настільних систем по кручений парі й оптоволокну зі швидкістю 100 Мбит/с. У даний час для настільних систем уже доступні швидкості 1 Гбайт/с і вище, що відкриває шлях для нових швидких комунікацій з передачею мультимедіа. Для нашого випадку оптимальним буде використання тонкого коаксиального кабелю. Тонкий коаксиальний кабель нагадує звичайний телевізійний кабель. Однак, на відміну від телевізійного кабелю, електричні характеристики мережного кабелю дуже точно дотримуються і повинні відповідати специфікаціям, встановленим IEEE. Вимоги для мереж Ethernet визначають імпеданс тонкого кабелю, рівний 50 Ом (як і для товстого коаксіального кабелю). Тонкий кабель має маркування RG-58A/U. Мережні адміністратори називають його кабелем 10Base2 (а також "thinnet" або "cheapernet" буквально, "тонка або дешева мережа"), оскільки його максимальна швидкість передачі дорівнює 10 Мбит/с, він може мати сегменти довжиною до 185 (до 1990 року вона дорівнювала 200 м) і використовується для вузькополосний (Base) передачі даних. Однак на перераховані параметри впливають властивості мережного устаткування, наприклад, повторювачі можуть підсилювати і повторно синхронізувати сигнал для передачі на великі відстані.

У центрі тонкого коаксіального кабелю знаходиться мідний або плакований міддю алюмінієвий провідник, оточений ізолюючим матеріалом. Цей ізолятор обернуть у мідну оплетку, поверх якої у високоякісних кабелях йде шар алюмінієвої фольги. Зверху кабель захищає полівинилхлоридною або тефлоновою ізолюючою оболонкою. Уся конструкція нагадує пристрій товстого кабелю, однак тонкий кабель значно менше в діаметрі і буває пофарбований в різні кольори.

Тонкий коаксіальний кабель підключається до байонетного рознімання (Bayonet Connector, BNC. Центральна частина коннектора підключається до мережного адаптера комп'ютера або мережного пристрою.

3.5 Проектування відсутнього програмного забезпечення (постпроцесор).

Так як IMSpост вже містить у собі досить значну бібліотеку постпроцесорів, які використовуються як шаблони, для створення нових. Вибравши підходящий можна приступити до створення постпроцесора.

Основний плюс IMSpост - це роздібнення постпроцесора на три основні частини:

Program code - тут вказуються використовувані G і M коди;

Controllor format - визначають формат контролера тобто структуру записи кодів, префікс початку кінця програми, нумерацію кадрів тощо;

Machine format - даний розділ відповідає за компоненти верстата і його кінематику. Відповідно кожен розділ дробитися на безліч підрозділів, які відображаються в техкартою (CheckList).

Program Codes визначає використовувані G і M функції. Будь-яка програма починає з заголовка ("шапка"), яка завжди буде присутній в незмінному вигляді. У підпункті Start of program прописується заголовок.

Зміна інструменту зазвичай записується функціями M6 і регістром T, їх поєднання загальноприйнято і рідко змінюється. Бувають випадки, що рядок із завантаженням інструменту не потрібна в силу різних причин. Тоді можна проігнорувати пункт Tool Change або просто видалити в ньому всі заповнені пункти.

Наступний не мало важливий пункт це корекція Cutter Compensation. В ньому визначаються G функції, що відповідають за корекцію і використовувані регістри. Якщо потрібно вектор напрямку, що не так уже рідко зустрічається в старих системах ЧПУ, то необхідно лише вказати, які регістр, для цього слід використовувати.

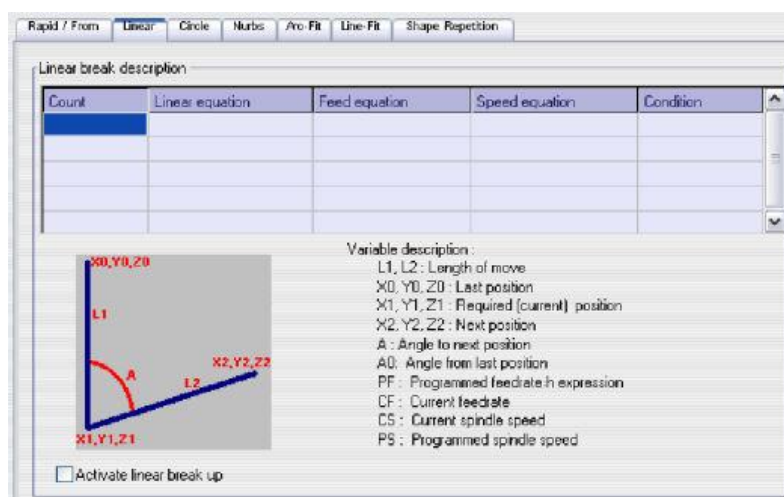
Motion Functions сама велика і важлива функція в цій частині техкартою, яка відповідає за функції переміщення: прискорене переміщення, лінійна інтерполяція, кругова інтерполяція, Nurbs (сплайна інтерполяція) і т.д.

Трьох координатні верстати зі старими ЧПУ не завжди можуть переміщатися одночасно по всіх трьох координатах знаходяться в одному кадрі, це не проблема при обробці простих плоских поверхонь. У випадку зі складними, де потрібна переміщення по всіх трьох координатах справа йде набагато складніше. Виходу тут два – дробити кадр на частини, використовуючи постпроцесор або всіма можливими способами домагатися від САМ системи прийнятного результату. Другий спосіб досить довгий, так як доведеться робити додаткові побудови, замість

однієї стратегії застосовувати кілька інших і т.д. З іншого боку перший спосіб здається сумнівним.

Наприклад, якщо необхідно спочатку заглибитися і тільки потім уже переміщатися по залишилися координатам, то відразу з'являється питання. Як постпроцесор буде ділити кадр? Використовуючи IMSpост можна з легкістю відповісти на це питання. При прискореному переміщенні досить включити опцію розбиття, яка буде вважатися певним чином. Якщо рух йде від деталі, то спочатку буде виконано переміщення по осі Z, а потім - по осях X, Y. Якщо рух йде до деталі, то спочатку буде виконано переміщення по осях X, Y, а потім – по осі Z.

Для лінійної інтерполяції можна ввести свої власні спеціальні умови, тим самим можна встановити правила розподілу ділянки переміщення.



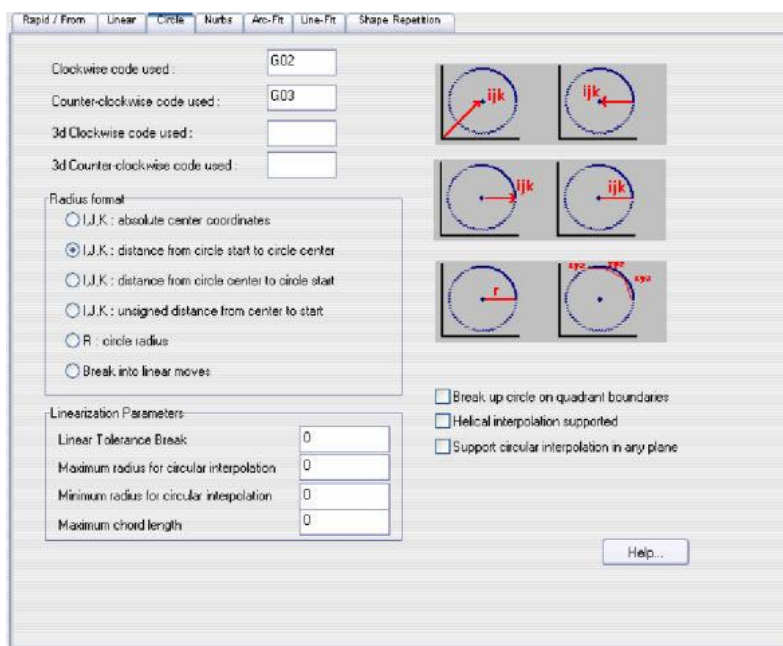
Малюнок 3.6 Вікно встановлення параметрів лінійної інтерполяції.

Крім того, для кожної умови поділу, можна визначити правила зміни подачі і швидкості шпинделя на даній ділянці. Наприклад, якщо кут між даним та наступним ділянками переміщень занадто гострий, то можна

вимагати, щоб певний відсоток довжини ділянки виконувався на більшій подачі, а решта – на меншій подачі. Це забезпечить вам як швидку відпрацювання керуючої програми, так і підвищену точність обробки деталі. Так само можна задати умови поділу довжини ділянки на частини.

Наступним кроком слід кругова інтерполяція. Для кругової інтерполяції є шість способів виведення коду:

- в векторах i, j, k в абсолютних координатах;
- в векторах i, j, k відстань від початку кривої, до її центру;
- в векторах i, j, k відстань від центру, до початку кривої;
- в векторах i, j, k відстань від центру до початку кривої в абсолютних значеннях;
- в значеннях радіусу;
- розбиття на лінійні ділянки.



Малюнок 3.7 Вікно встановлення параметрів кругової інтерполяції.

З перерахованого видно, що проблем з круговою інтерполяцією не повинні виникнути. Навіть якщо буде використовуватися останній пункт (розбиття на лінійні ділянки) запровадивши параметри лінеаризації можна легко контролювати процес розбиття дуги на лінійні відрізки.

В Motion Functions крім перерахованих вище способів є й інші способи відображення рухів: сплайна інтерполяція, копіювання поверхонь, гвинтова інтерполяція і багато іншого.

Наступним пунктом йде Drill Cycle. Як видно з назви цей модуль відповідає за постійні цикли свердління. Цикли є хворим місцем всіх постпроцесорів тому навіть у двох однакових стійок може використовуватися різна запис циклів і різний набір параметрів. Для старих систем ЧПУ існує проблема з деякими параметрами, які можуть бути відсутні в сучасних САМ системах. Ще один нюанс в поширених на сьогоднішній день системах ЧПУ цикли в основному виглядає так: G81 (10,20,52,12), а в старих системах ЧПУ: G81, X22581, Y7000, Z20737, W20737, F1000. Так як шаблон, з яким ми працюємо, створений для сучасної системи ЧПУ, то тут відразу зрозуміло якого виду цикл ми отримаємо. Необхідно редагувати сам алгоритм виведення циклу або макрос. Говорячи простою мовою нам необхідні параметри, записані в дужках адаптувати під обрану систему ЧПУ або написати свій висновок. Вказавши у вікні Drill Cycle всі можливі параметри, відкриваємо Macro Manager (Управління макросами), в списку, необхідно знайти необхідний макрос. Так як в документації для кожної функції техкартою вказується і пов'язаний з нею макрос, тому знайти його особливих труднощів не складе.

Мова, який використовує IMSpост – високого рівня, це означає, що на ньому можна реалізувати все, що потрібно в області створення постпроцесорів, наприклад: дуже складні математичні операції, такі як

векторні числення, матричні перетворення і т.д. Але незважаючи на це мова дуже простий і легко розуміємо, а головне дуже гнучкий, завдяки відкритості і чіткого розмежування всіх типів змінних (одні використовуються тільки в тих макросах, де вони прописані, інші використовуються в будь-якому місці і т.д.). Вбудований відладчик дозволяє швидко перевірити написаний код. Сукупність усіх цих факторів робить мову написання макросів в IMSpост дуже ефективним в цій галузі, не випадково девіз компанії IMS Software Inc: "можливо зробити все, що описується математично і логічно".

І так зайшовши в макрос, знаходимо рядок з висновком циклу, необхідно замінити її. Перш ніж почати необхідно розкласти цикл на частини:

- G81 – включення циклу;
- XY – відповідно координати отворів;
- Z – є глибиною свердління;
- W – величина відводу;
- F – подача.

Залишилося зібрати дані в один ланцюжок виводу. З документації дізнаємося змінні, які містять шукані параметри. Наприклад: System.X, System.Y – містять останні значення X, Y. Global.depth – містить кінцеву глибину отвору і т.д.

Якщо необхідного параметра немає, то тут є кілька способів, які залежать від САМ модуля і від шуканого параметра:

- якщо даний параметр присутній в САМ системі, то завжди можна його витягти з (APT / CL) файла;
- обчислити, використовуючи математичний апарат IMSpост;

- попросити користувача самому ввести дані, для цього в IMSpост існує спеціальні діалогові вікна;
- вставити рядок у сам APT / CL файл.

Вибравши один з пунктів можна закінчити формування циклу, після чого переглянути отриманий результат в відладчик і при задовільному результаті перейти до наступного пункту.

End of Program відповідає за закінчення програми тобто тут прописується кінець програми, тим же способом що і в самому першому пункті. На цьому роботу з Program Codes можна закінчити і перейти до наступного пункту.

Controllor Format – з назви видно що тут описується контролер, тобто вид і формат в якому будуть виводитися кадри програми, позначатися коментарі, формати регістрів. Після заповнення цієї частини техкарти, отримана програма прийме остаточний вигляд, і буде повністю відповідати обраній системі ЧПУ.

Розділ Sequence Number пов'язаний з нумерацією кадрів, включає в себе всі параметри необхідні для створення номера кадру. Припустимо, що нумерація починається з 10 з кроком 10 і номер не відокремлюється пробілом від решти параметрів входять в кадр.

Register format – дуже важливий розділ, який визначає формати записів, тут можна описати, як буде виглядати записи в кадрі і додати свої нові регістри. Наприклад: необхідно додати лідируючі нулі, або необхідно виводити нулі в кінці і т.д.

Визначити одиниці виміру, для карусельних верстатів наприклад одна з координат може вимірюватися як лінійне переміщення, а одна як кутовий і т.д.

Functions Codes (G / M) – розділ схожий на Register format, тільки робота бачиться з функція G і M. Тут можна відключити вивід "зайвих функцій", прибрати або поставити їх модальність, визначити використовувані регістри і т.д.

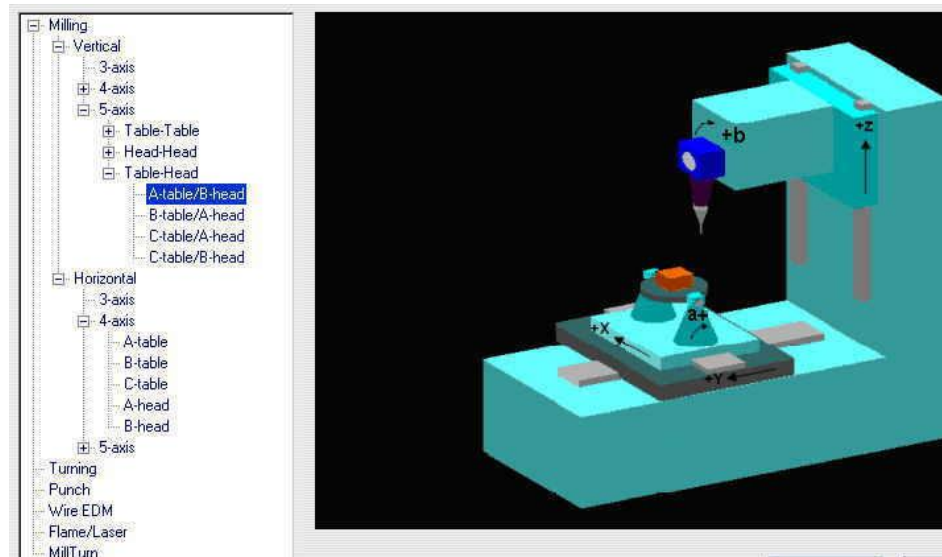
Sort Output – розділ сортування виведення, дозволяє контролювати розстановку всіх функцій, координат і все можливих параметрів у кадрі.

Після закінчення роботи з даною частиною техкартою, постпроцесор буде повністю відповідати вимоги системи ЧПУ. Залишилася останнє, зв'язати виводяться дані з кінематикою верстата.

Зв'язок між кінематикою і виведеними даними встановлюється в Machine Format – параметри верстата.

У даному розділі необхідно визначити кінематику верстата. Найбільш простий спосіб це визначити з моделі верстата. Кінематика верстата створюється в окремому модулі IMModel, який поставляється разом з IMSpst. Є ще способи визначити кінематику верстата:

- завантажити модель з IMSverify – це ще один продукт компанії IMS призначений для симуляції керуючих програм. Тут для створення кінематики використовується спеціальний модуль IMSmachine дозволяє швидко і без зусиль створити моделі верстатів зі складною або не стандартної кінематикою;
- зібрати модель в IMSpst самому визначаючи всі компоненти – в даному випадку необхідно дотримуватися спеціальних правил і строго визначеної послідовності – це як збирати дитячу пірамідку (велике кільце внизу, кільце трохи менше покласти на велике кільце і т.д.) складність в тому що ви не бачите що збираєте;
- підібрати модель з відповідною кінематикою, так як крім шаблонів постпроцесорів IMSpst містить і шаблони кінематики.



Малюнок 3.8 Вікно визначення кінематики верстата.

Крім техкарти існує ще й головне меню, яке крім дублювання функцій техкарти, містить і додаткові функції:

- можливість обмежити виведену керуючу програму за розміром (наприклад, 8 кілобайт), що для старих ЧПУ досить актуально;
- створення довідкових таблиць, діалогових вікон;
- генерація все можливих звітів;
- символ кінця і початку кадру;
- вибрати точку торкання інструмента.

Визначивши вид і кінематику верстата можна "прогнати" програму через отриманий постпроцесор. Якщо в отримано програмі осі спрямовані правильно то постпроцесор готовий, якщо ж напрям осей не співпадає, необхідно їх поміняти. Зміна напрямку осей відбувається в розділі Motion Axis, напрям осей визначається за спеціальними правилами, які описані в документації на IMSpост.

Тепер постпроцесор готовий до роботи.

Висновки по третьому розділу

На стадії створення ескізного проекту були описані призначення та функції проектуємої САПР. Визначені вимоги до її технічного та програмного забезпечення. Намічено етапи створення.

На наступному етапі розроблений технічний проект. На даному етапі проектування САПР були обгрунтовані програмні продукти, що запропановані в якості складових програмних пакетів моделі проектованої САПР. Проведений аналіз технічних засобів для запропанованих програмних продуктів. На основі цього біло підобране оптимальне технічне забезпечення.

Розроблена структура топологія обчислювальної мережі. Проведене її обгрунтування. Отримана структура відповідає основним вимогам проектування локальних мереж.

Для станків із застарілими системами з ЧПК проведено створення постпроцесора. Усі етапи розробки програмного забезпечення були проведені у програмі IMSpост.

4. ВИПРОБУВАННЯ І СДАЧА В ЕКСПЛАТАЦІЮ СПРОЕКТОВАНОЇ САПР

4.1 Основні відомості про робоче колесо турбокомпресора

Керівництвом підприємства була поставлена розробка конструкторської та технічної документації на деталь «Робоче колесо турбокомпресора». Ця деталь представляє собою робоче колесо осерадіального типу турбокомпресора ТКЛ-50.348.03-06. Дане робоче колесо (РК), виконуються у вигляді диска з шістнадцятьма лопатками, які з кришкою, та ступицею утворюють міжлопаточні канали, де відбуваються основні енергетичні перетворення.

Плин робочої речовини в РК осерадіального типу, має яскраво виражений просторовий характер, що спричиняється складну геометричну форму поверхонь, які обмежують його потік. Цей потік має ярко представлений просторовий характер від осьового напрямку на вході у міжлопаточний канал, до радіального на виході. Цей поворот забезпечує відповідним профілюванням внутрішнього і зовнішнього обводів міжлопаточного каналу.

Лопатки РК впливають на відхилення потоку робочої речовини, що у відносному плинні змінює свій напрямок від осьового на вході до кута радіального на виході.

Для додання лопатці необхідної форми задають її кістяковий профіль у вигляді плавної кривої – сплайна.

Форму лопатки одержують розподілом симетричного аеродинамічного профілю уздовж середньої лінії, кути нахилу дотичних до якої на вході й виході забезпечують необхідний напрям потоку.

4.2 Розробка контрольного прикладу колеса турбокомпресора осерадіального типу

У відповідності з технічним завданням на розробку комплексу технічної документації лопатки турбокомпресора змодельована геометрична модель поверхні колеса. Вихідні дані (робоче кресленн) були надані технічним відділом заводу – виробника.

Вихідними даними для формування поверхні лопатки колеса є профіль лопатки. Каркас поверхні лопатки, котрий визначається спрямованими лініями і криволінійною утворюючої, заданої дискретно (таблиця 1).

Таблиця 1. Таблиця координат профілю лопатки

координати профілю лопатки									
<i>H1,mm</i>	<i>X1,mm</i>	<i>H1,mm</i>	<i>X1,mm</i>	<i>H1,mm</i>	<i>X1,mm</i>	<i>H1,mm</i>	<i>X1,mm</i>	<i>H1,mm</i>	<i>X1,mm</i>
0.000	-0.405	4,500	0.062	9,000	3,992	13,500	9,820	18,000	18,567
0.500	-0.392	5,000	0,917	9.500	4.511	14,000	10,637	18,500	19,751
1.000	-0.353	5,500	1,200	10,000	5,061	14,500	114,90	19,000	20,983
1.500	-0,288	6,000	1.511	10,500	5,642	15,500	12,381	19,500	22,285
2,000	-0.197	6,500	1,851	11,000	6,255	15,500	13,309	20,000	23,600
2,500	-0.079	7,000	2,220	11,500	6,901	16,000	14,277	20,500	24,990
3,000	0.064	7,500	2,618	12,000	7,580	16,500	15,286	21,000	26,437
3,500	0.236	8,000	3,046	12,500	8,292	17,000	16,336	21,500	27.946
4,000	0.435	8,500	3,504	13,000	9,039	17,500	17,429	0.000	0.000

Профіль лопатки будемо моделювати за допомогою сплайна, який інтерполює точковий ряд.

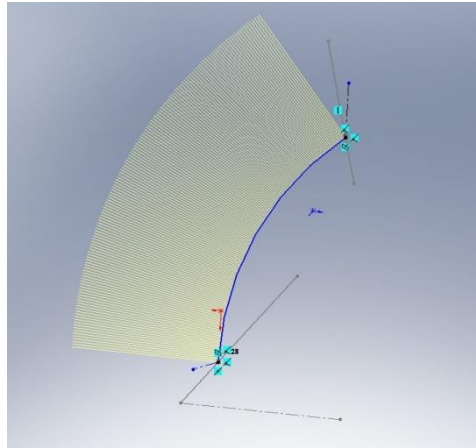
Розробка 3D моделі лопатки.

Нами розроблений алгоритм створення, допомогою пакету **Autodesk Inventor**, 3D моделі геометричного колеса. Для побудови 3D моделі використаємо функцію **Autodesk Inventor** Поверхня по траєкторії.

1) В площині проекції Спреди відкриваємо ескіз. В ескізі створюємо креслення ступиці колеса згідно отриманого креслення. За допомогою функції Повернути формуємо твердотільний об'єкт.

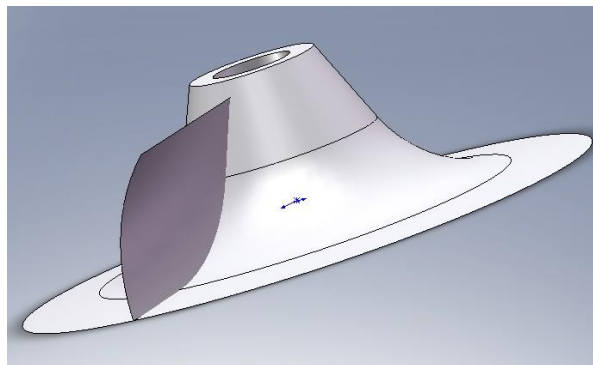
2) Наступним етапом є побудова профілю лопатки. Для цього на основі ступиці створюємо площину 1 за допомогою панелі Справочна геометрія. Далі на відстані 30 см створюємо наступну площину 2. Тепер площини для побудови направляючих готові. У площині 1 будуємо відрізок і фіксуємо його. У поверхні 2 також будуємо відрізок та користуючись інструментом «автоматичне нанесення розмірів» ставимо між побудованими відрізками кут, 14,34.

3) Третім етапом побудови лопатки колеса – є побудова утворюючої лінії лопатки лопатки. Для цього створюємо площину 3 перпендикулярну Площам 1 і 2. У цій площі відкриваєм ескіз, та створюємо дві точки. Ці точки, за допомогою кнопки Додати взаємоз'язок назначаємо їх точками пронзання. Профіль лопатки являє собою складову криву, складену із двох прямолинейних відрізків з'єднаних криволінійним ділянкою, які зістиковано з першим порядком гладкості. Щоб отримати інтерпальовану криву, заносимо точки з таблиці 1 в програму розроблену на базі кафедри ПГ і ІТП. Дана програма дозволяє проаналізувати точковий ряд, та перебудувати їх положення для досягнення плавного переходу кривини. Після цього програма дозволяє провести сплайн через отримані точки (малюнок 4.1).



Малюнок 4.1 Профіль лопатки

4) За допомогою функцію **Autodesk Inventor** «Поверхня по траєкторії» створюємо поверхню лопатки, для цього вказуємо дві направляючі, та профіль лопатки (малюнок 4.2).

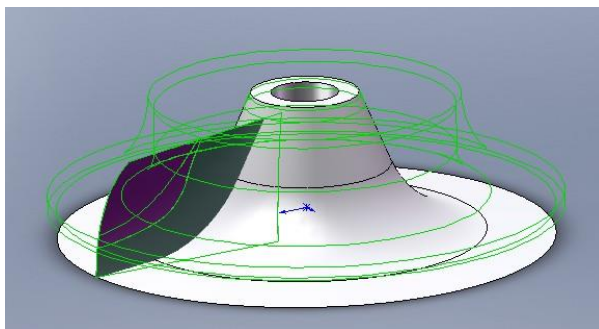


Малюнок 4.2 Поверхня лоптки «По трєкторії»

5) Наступний крок створення кришки колеса турбокомпресора.

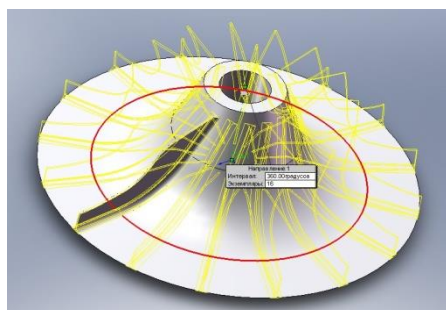
Для цього у площині «Спереду» створюємо ескіз, образуюча кришки утворюється згідно кресленню. Використовуючи функцію «Повернути», формуємо 3D-модель кришки.

6) За допомогою функції «Відсікти», відсікаємо частину лопати під кришку (малюнок 4.3).



Малюнок 4.3 Відсікання лопатки під кришку.

7) Для того, щоб побудувати усі 16 лопаток, скористаємося функцією «Круговий масив». Але перед цим, зробимо з поверхні тверdotілий елемент. Це здійснюється за допомогою команди «Надати товщину». За кресленням товщина лопатки складає 0,7 см. Для створення масиву будемо осявову лінію, та обіраємо круговий масив. В результаті ми отримуємо масив з 16 лопаток (малюнок 4.4).



Малюнок 4.4 Створення кругового масиву.

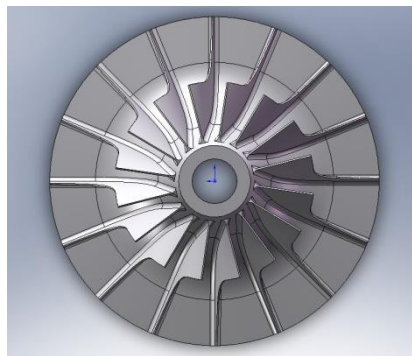
8) На останньому етапі, вказуємо скругління на основі ступиці і лопатки. Радіусом скругління було визначено $R=1,25$.

Тепер 3D-модель колеса турбокомпресора готова (малюнок 4.5).

Створення даної деталі доволіно трудомісткий, за забирає значну кількість часу. Тому було прийнято рішення автоматизувати процес створення за допомогою програмного модулю. Нами була розроблена

методика, на основі якої ми прийшли до висновку, що треба автоматизувати наступні кроки:

- завдання ширини ступиці кришки та лопатки;
- завдання висоти ступиці кришки та лопатки;
- скруглінь;
- придання товщини
- формування направляючих ліній, та кута між ними;
- створення поверхні.



Малюнок 4.5 Готова 3D-модель колеса турбокомпресора.

4.3 Аналіз робочих поверхонь існуючої конструкції робочого колеса

Основною задачею формування міжлопаточного каналу – є отримання інформації о його плавності переходу від одного перетину проточної частини каналу до іншого, та аеродинамічних характеристик.

Створивши робоче колесо, ми проаналізували отримані характеристики.

Канал, що утворився, був розглянут, як об'єкт з складових частин. Основними частинами, що складають канал є:

- утворююча ступиці – крива що утворює ступицю складається з двох кіл, які на стиці утворюють різницю гладкостей.
- утворююча лопатки – так, як профіль лопатки складається з двох прямих, та точочного ряду, у місцях стику образують перший порядок гладкості, що при проході повітря буде утворювати завихрення.
- утворювальна кришки – як і на ступиці складається з двох кіл (другий порядок гладкості).

Верхня частину входу та виходу каналу (місце стику лопатки з кришкою), складається з прямолінійних частин, що утворює місце низького тиску. Із-за чого утворюються завихрення.

4.4 Створення удосконаленої моделі р.к. турбіни

4.4.1 Формування осьової лінії межлопаточного каналу

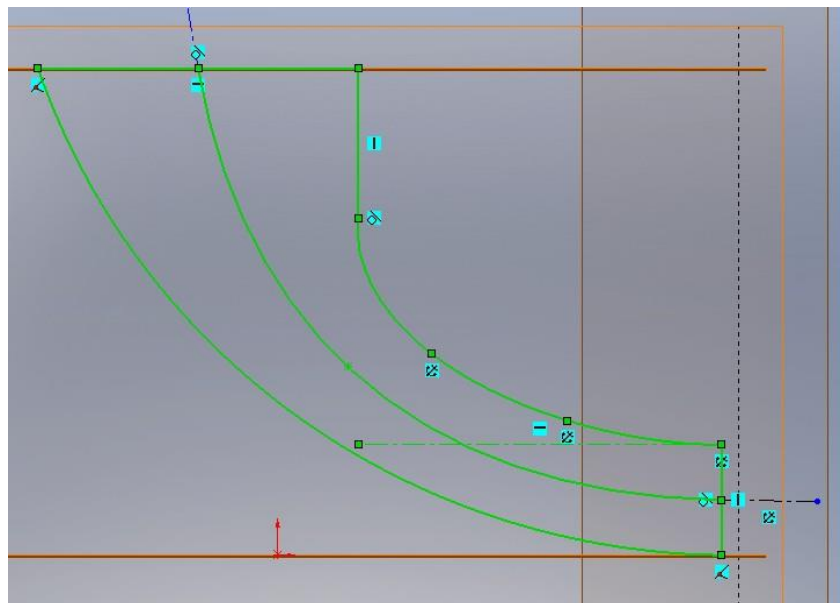
Основним елементом, що зв'язує всі параметри каналової поверхні, є осьова лінія.

На зниження внутрішніх втрат енергії потоку середовища, в каналі сприятливий вплив робить відповідність форми осьової лінії каналу наступним вимогам:

- досягнення другого порядку гладкості при формуванні проекцій, що задають просторову вісь каналу;
- плавна зміна кривини кривій на проекціях;
- перпендикулярність дотичної до осьової лінії каналу в початковій точці відносно привалочної площини головки блоку.

Для того, щоб сформувати осьову лінію каналу нами була розроблена методика, яка передбачає побудову проміжної лопатки. Далі створюється поверхня, що перетинає її, та на місці їх перетинання створюється крива.

Наступна дія складається з перетворення осьової лінії та образуючої ступиці у блок. Отриманий блок копіюємо у ескіз з образуючою кришки. За допомогою команди «Додати точку сплайну», розбиваємо сплайни образуючих ступиці і кришки на 5 рівних дуг. Отримані точки з'єднати лініями, на яких, у свою чергу, теж вказуємо середні точки. Ці дії привели до того, що тепер ми можемо провести сплайн через отримані точки (малюнок 4.6).



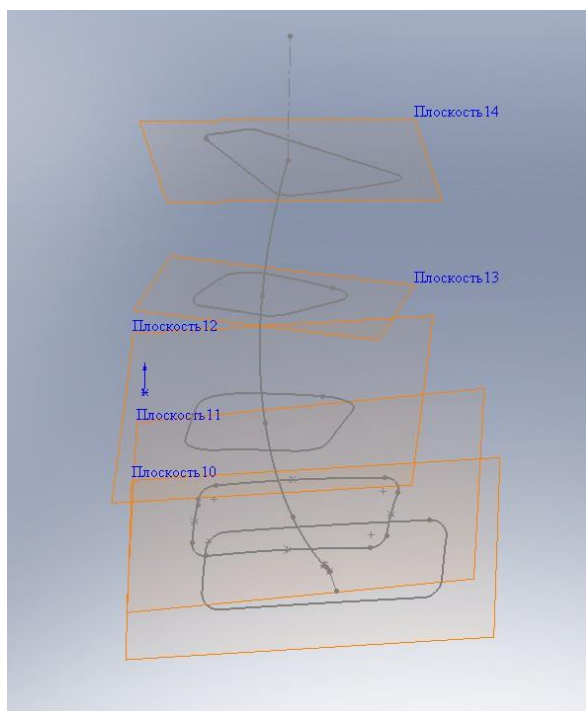
Малюнок 4.6 Створення сплайну поверхні.

Після отримання середньої лінії (сплайну), видаляємо з ескізу образуючу ступиці, та виходимо з ескізу.

Отримана поверхня пересікає проміжну лопатку. За допомогою команди «Площа – Відсікти», відсікаємо отриманим сплайном проміжну лопатку. В результаті ми отримаємо відсічену поверхню верхня грань якої і буде осью лінією міжлопаточного каналу. Для її остаточного отримання створюємо трьохвимірну площину, та накладуємо на відсічену грань промічної лопатки сплайн.

4.4.2 Формування сімейства поперечних перерізів

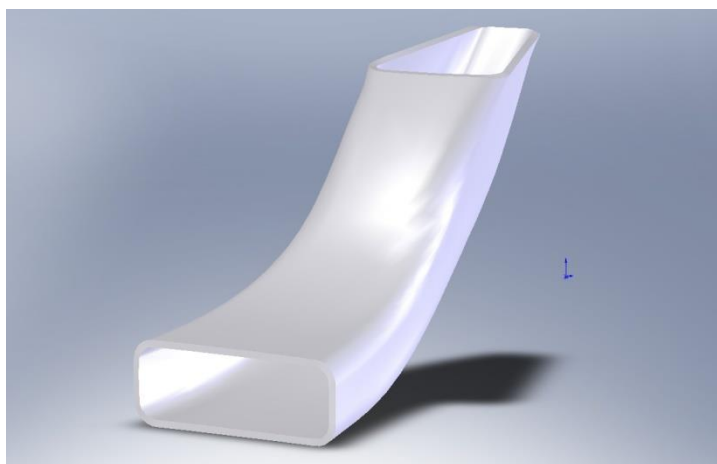
Було створено кінематичну поверхню по двом направляючим. Для формалізації канал був створений дискретний каркас. Даний процес проводиться для змоги оцінити данні площин. Для цього ми змоделювали осьову лінію, розбили її на рівні частини і за допомогою функцій **Autodesk Inventor** створили перпендикулярні площини до кривої, та за допомогою них розікли канал. В результаті чого було отримано сімейство поперечних перерізів (малюнок 4.7).



Малюнок 4.7 – сімейства поперечних перерізів

4.4.3 Формування геометричної моделі міжлопаточного каналу

Формування поверхні, що проходить через сімейство поперечних перерізів, розташованих у паралельних площинах. За допомогою функції Поверхня за перерізами створюємо міжлопаточний канал.



Малюнок 4.8 Геометрична модель міжлопаточного каналу.

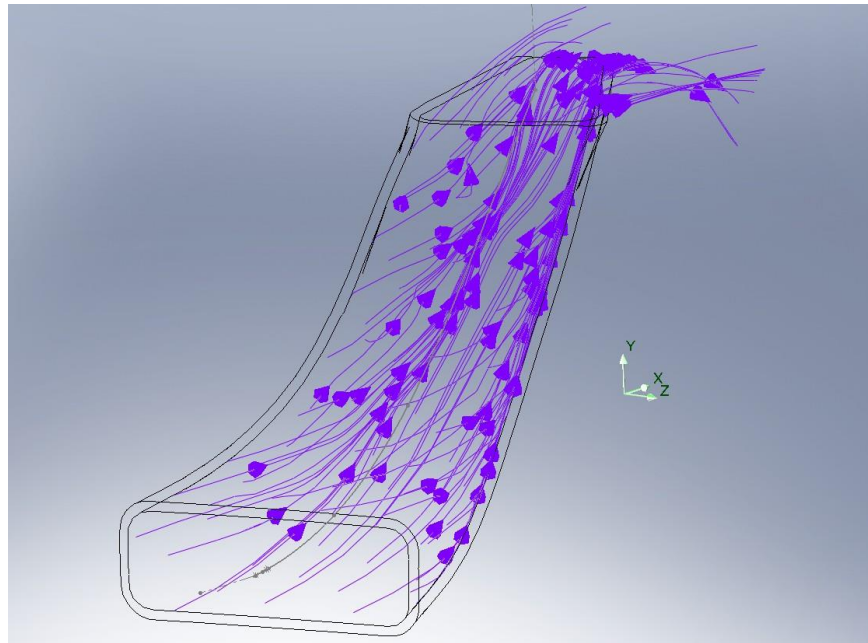
4.4.4 Аналіз динамічних якостей міжлопаточного каналу у програмі **Autodesk Inventor Dynamic Simulation**.

Після розробки моделі міжлопаточного каналу, існує потреба проаналізувати його на динамічні властивості. Для цього підходить інтегрований у програму **Autodesk Inventor** за допомогою модуля **Dynamic Simulation (Динамічна симуляція)** або **Finite Element Analysis (FEA) у середовищі Stress Analysis**. Дана програма дозволяє дослідити характеристики потоку газу, що проходять через канал та відобразити місця, де потік набуває характерних завихрень

Для початку в меню **Dynamic Simulation** створюємо проект за допомогою функції Майстра. Цей підхід дозволить внести усю інформацію потрібну для розрахунків, а саме:

- систему числення;
- тип аналізу;
- речовина, котра буде використовуватись при аналізі;
- швидкість потоку речовини.

Для проведення аналізу програма **Dynamic Simulation** дає можливість задати область проведення розрахунків, цілі, траєкторії, і т.д. Після введення усіх динамічних характеристик потоку, програма видає результат (малюнок 4.9).



Малюнок 4.9 – результат проведення аналізу у програмі **Dynamic Simulation**

4.4.5 Створення програмного забезпечення для формування геометричної моделі робочого колеса

Проаналізувавши розроблену нами методику ми зробили вивід по цілісообразності створення спеціалізованого модуля який автоматизує процес створення моделі.

Даний програмний продукт реалізований як віконний додаток.

Для побудови геометричних моделей функціональних поверхонь робочих органів необхідно підключатися до CAD-пакету. Це легко реалізувати за допомогою технології API.

Будь-який проект, що працює з API, повинен містити у своєму складі файли ksAuto.pas, ksTLB.pas, LDefin2D.pas, LDefin3D.pas, які зберігають заголовки процедур та функцій API. Тому зазначені файли

додано в проект (для надійності скопійовано їх у ту ж папку, де перебуває весь проект).

В оператор USES вказаних модулів проекту додано модулі ComObj, OleCtrls, ksTLB, Kompas6API5_TLB, ComCtrls, KGAXLib_TLB, ExtCtrls, які необхідні при компіляції програми.

4.4.5.1 Програмна реалізація формування функціональної поверхні робочого колеса

На формі побудови корпусу розташовано поля для вводу даних (типу Edit):

- значення параметра φ , яке відповідає початковій точці, при формуванні кривої;
- значення параметра φ , яке відповідає кінцевій точці, при формуванні кривої;
- відстань від центра рухомого кола до твірної точки (d).

При відкритті форми поля Початкове значення кута, Кінцеве значення кута заповнюються автоматично: для властивості Text задані значення 0, 360 та 1 відповідно. При необхідності значення цих полів можна корегувати у ручному режимі.

На формі розташовано кнопки Побудувати, Зберегти та Вийти.

Наведемо код процедури, яка виконується при натисканні кнопки Побудувати.

```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);

begin

imin:=strtofloat(Edit1.Text);
```

при формуванні кривої

```
r:=strtofloat(Edit2.Text);
```

```
imax:=strtofloat(Edit3.Text);
```

```
di:=strtofloat(Edit4.Text);
```

```
ri:=r*2/3;
```

```
h:=strtofloat(Edit6.Text);
```

```
solid:=SolidObject(KGAX1.GetSolidObject);
```

```
idoc:=sdDocument3D(Solid.ActiveDocument3D);
```

```
if imax<>360 then
```

```
begin
```

```
Button4.Enabled:=true;
```

```
//кнопка побудови тривимірної моделі стає активною
```

```
Solid.sdMessage(' ескіз незамкнутий !');
```

```
//з'являється повідомлення, що ескіз незамкнутий
```

```
end else
```

```
begin
```

```
Button4.Enabled:=true;
```

```
//кнопка побудови тривимірної моделі стає активною
```

```
end;
```

```
ipart:=sdPart(idoc.GetPart(pNew_Part));
```

```
// активізація інтерфейсу деталі
```

```

isketh:=sdEntity(ipart.NewEntity(o3d_sketch));

// активізація інтерфейсу ескіза

iplane:=sdEntity(ipart.NewEntity(o3d_planeXOY));

// активізація інтерфейсу площини, на якій буде розміщено ескіз

isketchDef:=sdSketchDefinition(isketh.GetDefinition);

// активізація інтерфейсу параметрів ескізу

isketchDef.SetPlane(iplane);

// вказується площина, на якій буде побудовано ескіз

isketchDef.angle:=0;

isketh.Create;

// команда створення ескізу

idoc2D:=sdDocument2D(isketchDef.BeginEdit);

idoc2d.sdBezier(0,1);

i:=imin;

while i<=imax do

begin

 $x:=(r-r_i)*\cos(3*i*\pi/180)+h*\cos(i*\pi/180);$ 

 $y:=(r-r_i)*\sin(3*i*\pi/180)+h*\sin(i*\pi/180);$ 

idoc2D.ksPoint(x,y,0);

i:=i+di;

end;

```

```

idoc2D.ksEndObj;

isketchDef.EndEdit;

// завершення редагування ескізу (вихід з ескізу)

end;

```

4.4.5.2 Програмна реалізація побудови функціональної поверхні ротора компресора

Для побудови профілю лопатки вихідний точковий ряд, який отримано за допомогою програми розробленої на кафедрі ПГ і ІТП необхідно імпортувати до програми, яка формує поверхню. Наступним кроком є побудова точкового ряду в пакеті **Inventor** та інтерполяція його сплайном. Ці дії виконуються автоматично. Порядок побудови ескізу аналогічний побудові ескізу ступиці.

4.4.5.3 Тестування програми та інструкція користувача

Файл запуску програми – *Project1.exe* можна знайти серед файлів проекту.

Даний програмний продукт тестувався на операційних системах 64-bit Windows 11 (або Windows 10).

Програмний продукт має інформативний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, так як створювався спеціально для вирішення задач певного типу, а саме побудови параметричних кривих та формування геометричних моделей робочих органів колеса.

Для побудови геометричної моделі натискаємо кнопку Побудувати. Для цього ввести вихідні дані. В поле Висота ступиці, Висота кришки, Висота лопаті (треба вказувати розмір, який не буде перевищувати Висоту лопаті, інакше з'явиться попередження «Помилка! Перевірте дані»), Довжини ступиці, лопаті, кришки. Дві направляючі та кути між ними. Радіуси скругління

Для збереження геометричної моделі скористаємося кнопкою Зберегти та у діалоговому вікні, що з'явилося, введемо ім'я файлу з розширенням .ipt.

4.4.5.4 Вимоги до технічних засобів, на яких буде функціонувати розроблене програмне забезпечення

Основною вимогою до технічних засобів є потужний процесор, адже програмний продукт виконує дуже багато складних розрахунків для створення та інтерполяції точкового ряду.

Для нормальної роботи програмного продукту потрібно досить багато оперативної пам'яті, так як всі елементи: точки, сегменти кривих ліній зберігаються в оперативній пам'яті комп'ютера.

Оскільки програмний продукт отримує вхідні і вихідні дані з текстових файлів, то для зручності необхідно мати швидкий жорсткий диск, з великим розміром пам'яті, оскільки об'єм вихідних даних на багато перевищує об'єм вхідних даних.

Мінімальні вимоги до комп'ютера, на якому буде функціонувати розроблене програмне забезпечення:

- Intel Core i7;

- оперативна пам'ять - 16 GB ;
- місце на жорсткому диску 2 TB.

Разрабатываемый модуль

Блохин В. 52 ИТ

КОЛЕСО ТУРБОКОМПРЕССОРА

СТУПИЦА

Высота 1
Ширина 1

ЛОПАТКА

Высота 2
Ширина 2
Длина образующей 1
Длина образующей 2
Угол между образующими

КРЫШКА

Высота 3
Ширина 3
Скругление основания лопатки
Толщина лопатки
Количество лопаток

Ошибка! Проверьте параметры

Построить Сохранить Выйти

Малюнок 4.10 – вікно розрахункового модуля.

Висновки до четвертого розділу

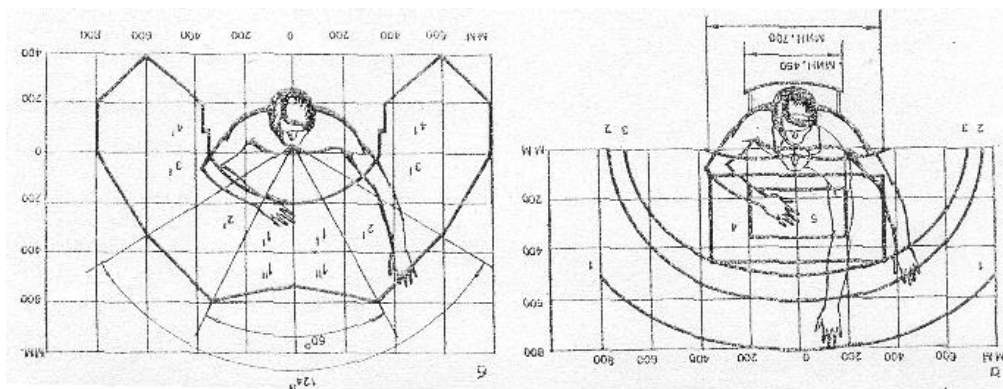
В розділі проведена робота по створенню моделі колеса турбокомпресора. Виходними даними для створення твердотільної моделі було креслення отримане на підприємстві Були проаналізовані вимоги до поверхні лопатки турбокомпресора. Поставлене завдання формування межлопаточного каналу робочого колеса турбокомпресора. Проведений аналіз робочої поверхні робочого колеса. В наслідок чого були знайдені недоліки в геометрії існуючого робочого колеса. Встановлені необхідні для вдосконалення зміни, встановлені необхідні зміни в моделі і елементів моделі, та створено створено покращена модель. Нами розроблена методика побудови моделі. Встановлені операції, які найбільш цілісообразно автоматизувати, на основі яких створений модуль. Отриманий програмний продукт дозволяє в автаматизованому режимі будувти 3D-модель робочого колеса. Дана програма використовує інструмент API програми **Autodesk Inventor**. Обраний язык програмування – Delphi 7 фірми Borland. В рамках цього удосконалення була створена осьовалінія міжлопаточного каналу, та сімейство поперечних перерізів. На основі яких був отриманий модернізований міжлопаточний канал. Отриману модель протестували в програмі **Dynamic Simulation**. Аналіз показав, що удосконалена модель має покращені характеристики потоку.

5. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ.

5.1 Створення робочого місця проектувальника.

Під робочим місцем розуміється зона, оснащена необхідними технічними засобами, в якій здійснюється трудова діяльність одного виконавця або тупи. Організацією робочого місця називається система заходів щодо його оснащення засобами і предметами праці і їх розміщення і певному порядку.

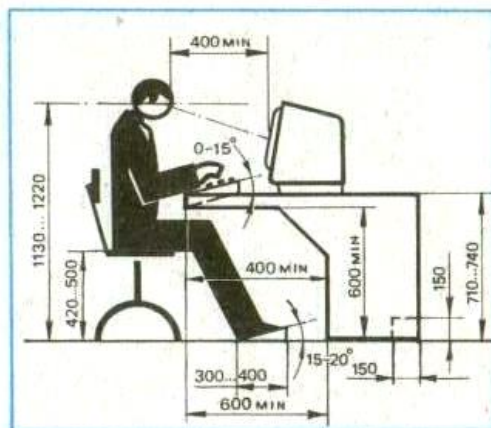
При конструюванні виробничого обладнання і робочих місць треба враховувати розмірні характеристики робочого місця оператора при роботі з дисплеєм а також зони досяжності моторного поля робочого місця.



Малюнок 5.1 Зони досяжності моторного поля робочого місця

На малюноку 5.1 вказані зони досяжності моторного поля робочого місця: а – зони досяжності рук у горизонтальній площині; б – зони розміщення індикаторів і органів управління в горизонтальній площині;

1 – зона максимальної досяжності; 2 – зона досяжності пальців при простягнутій руці; 3 – зона зручної досяжності долоні; 4 – оптимальний простір для грубої ручної роботи; 5 – оптимальний простір для тонкої ручної роботи; 1' – для найбільш вагомих і часто використовуваних органів управління і засобів відображення інформації; 1'' – для найбільш важливих індикаторів; 2' – для нечастого використання органів управління і засобів відображення інформації; 3' – для рідкого використання органів управління; 4' – для допоміжних органів управління поза межею досяжності і огляду з вихідного робочого положення.



Малюнок 5.2 Розмірні характеристики робочого місця оператора при роботі з дисплеєм

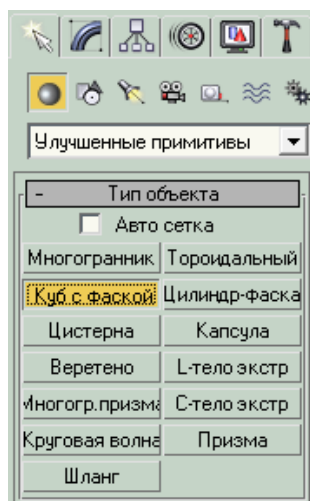
Кут зору (відносно горизонту) – 1,5 – 3° центровий погляд; 18° – моментальний; 30° – ефективний; 60° – оптимальний; 124° – без повороту голови; 220° – з поворотом голови (малюнок 5.2).

5.1.2 Моделювання стола

Розміри стола, що проектується: Ширина 1050мм, глибина мін. 600мм – макс. 750мм (з висунутою клавіатурою), висота 800мм, робочий стіл буде розроблятися в програмному пакеті AutoDesk 3DStudio MAX9.

Моделювання стола.

Створення столешниці. На вкладенці Geometry (Геометрія) обираємо з категорії об'єктів Improved Primitives (Покращенні примітиви). Натискаємо кнопку Cube with a facet (Куб з фаскою) (малюнок 5.3.). Потім у поля Length (Довжина), Width (Ширина), Height (Висота) і Facet (Фаска) з клавіатури вводимо значення 600, 1050, 40 та 20 відповідно і натискаємо на кнопку Create (Створити).



Малюнок 5.3 – вкладка «Геометрія»

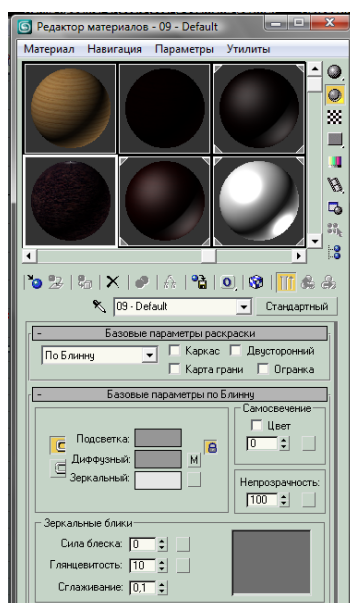
Створення ніжок. Ніжки створюємо за допомогою інструмента Box (Куб) на вкладниці Standard Primitives (Стандартні примітиви) а також за допомогою інструмента Line (лінія) яка знаходиться в Splines (Сплайн) і який будемо модифікувати за допомогою команди Extrude (Видавити), у поле глибини видавлювання вводимо необхідні значення. А для колісика використовуємо інструмент Cylinder (Циліндр). Готову ніжку групуємо. Копіюємо другу ніжку. За таким саме принципом створюємо підставку для системного блоку.

Створення місця для висувної клавіатури та нижньої полиці. Створюємо за допомогою інструмента *Cuba with a facet* (Куб з фаскою) та *Box* (Куб).

Створення полиці для принтера. Для створення кріпильної конструкції використовуємо інструмент *Cylindr* (Циліндр), а для верхньої частини – (Куб з фаскою).

Створення підставки для дисків. Для округлої частини скористаємось командою *Line* (лінія) яка знаходиться в *Splines* (Сплайн). Після завершення видавлюємо цей ескіз. Потім копіюємо його і скріплюємо їх за допомогою кріпильної конструкції яку робимо з допомогою *Cylindr* (Циліндр).

Коли об'єкт буде готовий, йому надаємо відповідний матеріал. для цього треба використати *Material Editor* (Редактором матеріалів) – *Blinn/Basic Parameters* – *Diffuse* – *Bitmap* – і вибираємо потрібну текстуру (малюнок 5.4). Після цього виділяємо об'єкт і застосовуємо вибрану текстуру.



Малюнок 5.4 – редактор матеріалів

Результат візуалізації стола показаний на малюнку 5.5.

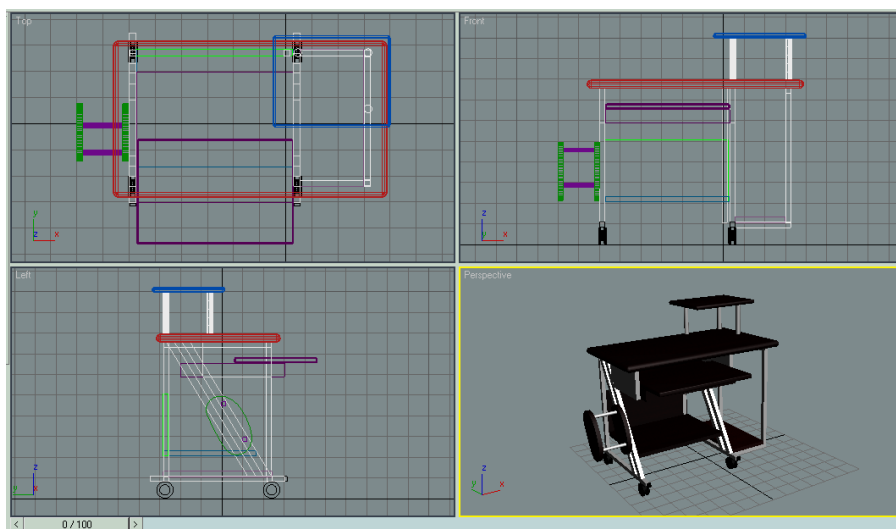
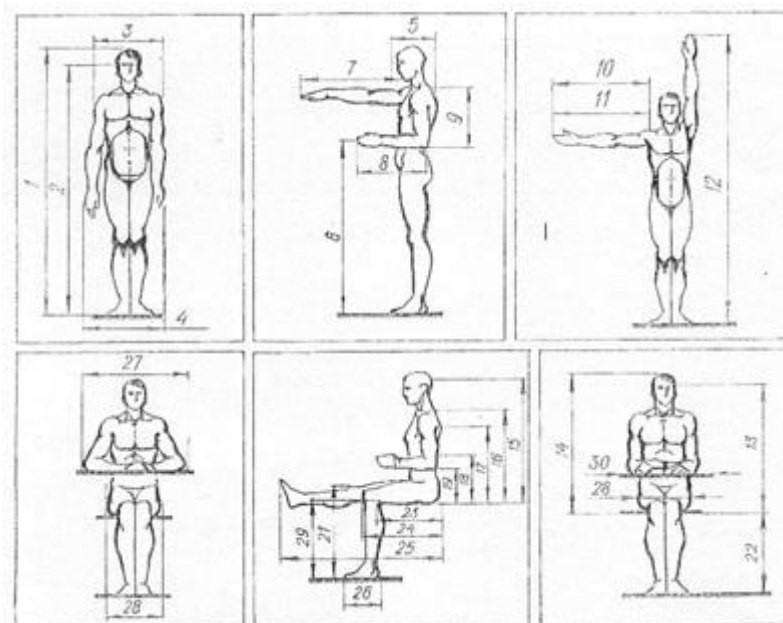


Рисунок 5.5 – результат візуалізації

5.1.3 Проектування стільця

На робочому місці використовуються різні типи робочих сидінь: крісла оператора, стільці, табурети, сидіння-опори і д.р. Тип вживаного сидіння визначається характером трудової діяльності. При цьому повинні забезпечуватися оптимальні умови для використання на робочому місці технічних засобів. До сидінь тривалого користування незалежно від їх призначення пред'являються наступні загальні вимоги: повинні бути забезпечені правильна і зручна робоча поза, а також можливість міняти її; нормальне функціонування організму людини без хворобливих відчуттів; конструкції сидінь повинні дозволяти регулювати параметри (кут нахилу спинки, висоту сидіння і спинки, при необхідності можливість обертання сидіння), враховуючи вимоги безпеки; оббивка сидінь і спинок повинна

бути нековзною, нетоксичною, повітропроникною, вологовідштовхувальним, тобто відповідати гігієнічним вимогам.



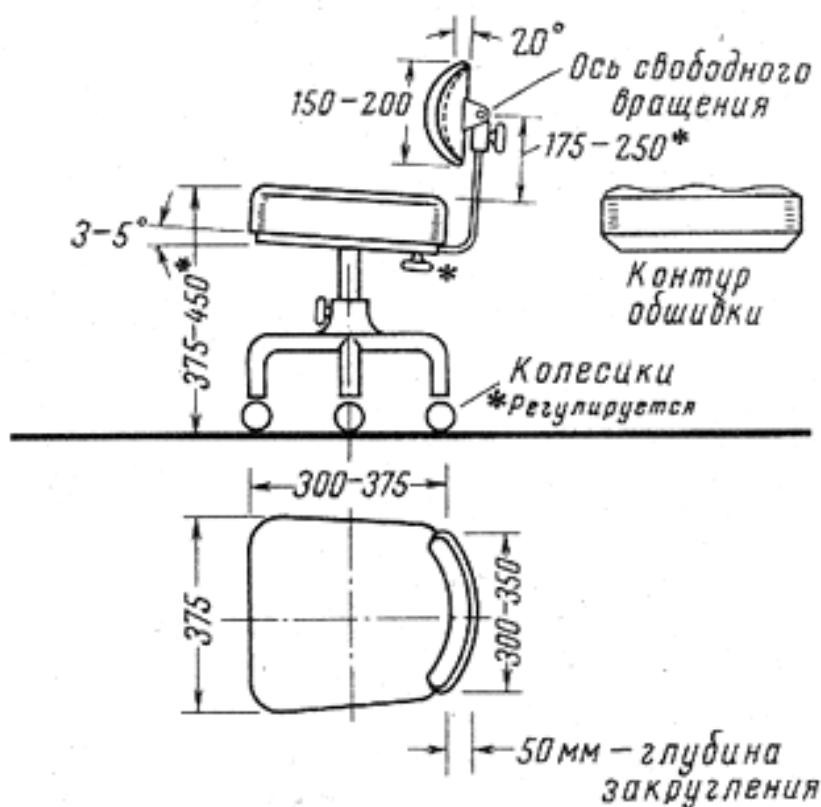
Малюнок 5.6 – антропометричні признаки.

На малюнку 5.6. показані основні антропометричні признаки дорослої людини, які дозволяють спроектувати стілець.

Принципи конструювання:

- метою конструювання робочого сидіння повинне бути створення опорної структури, що підтримує людське тіло в процесі виконання людиною певного виду роботи;
- сидіння повинне бути зручним для виконання планованих робочих операцій. Воно повинне мати необхідні розміри і допускати регулюровку не тільки по висоті, але і по положенню, коли його застосування вимагає рухливості;

- слід передбачати підлокітники, якщо вони не заважають виконанню робочого завдання. Для збереження оптимальної відстані між сидінням і ступнями ніг можна використовувати спеціальні підніжки.



Малюнок 5.7 – ергономічні вимоги до стільця проектувальника

Для подальшого підвищення комфорту і безпеки оператора можна скористатись прийомами, які зображені на малюнку 5.7.

Головна вимога до конструкції стільця такого типу – забезпечення зручної робочої пози. Хороша опора для невеликої частини спини дуже важлива для запобігання від втоми у зв'язку з тривалим перебуванням людини у сидячому положенні з плином робочого дня. Стілець повинен регулюватися по висоті і бути рухомим. Треба передбачати поворотні рухи

сидіння і достатню набивку в сидінні та спинці. Покриття повинно забезпечувати вентиляцію щоб запобігти спітнінню в пекучу вологу погоду. Ручки для регулювання сидіння повинні конструюватись так, щоб ними було зручно користуватися.

5.2 Розрахунок економічної ефективності проекту.

У САПР потенційно закладений позитивний ефект, який реалізується при її впровадженні. Таке твердження базується на тому, що метою САПР є підвищення якості досліджень, розрахунків і документування; зниження матеріальних витрат на проектування; скорочення тривалості створення нової техніки; запобігання подальшому зростанню чисельності працівників, зайнятих проектуванням, при об'ємах, що об'єктивно збільшуються, і складності проектування. САПР ефективна, якщо вона виконує функції, визначувані цілями створення системи.

Проте дане положення вимагає підтвердження у кожному конкретному випадку створення САПР, оскільки різні системи можуть давати різні результати при одних і тих же витратах на їх отримання, і навпаки, тобто порівняльна економічна ефективність варіантів САПР може розрізнятися залежно від складу і способу виконання систем. Крім того, вона істотно залежить від вибору класу об'єктів проектування, для якого створюється САПР.

Оцінка економічної ефективності САПР включає в себе:

- визначення витрат сукупної суспільної праці, обумовлених створенням системи, включенням її в організаційну систему підприємства;

- розрахунок економічного ефекту функціонування САПР, створеного на всіх стадіях життєвого циклу виробу;
- облік впливу САПР на якість проєктованих виробів і процесів.

В результаті визначається інтегральний показник, що дозволяє оцінити сукупний економічний ефект від створення і функціонування САПР.

Економічний ефект функціонування САПР формується на всіх стадіях життєвого циклу виробу (дослідження і проєктування, виготовлення і експлуатації).

Основними чинниками, що визначають економічний ефект САПР є можливість комплексного вирішення всіх завдань технічної підготовки виробництва в автоматизованому режимі а також можливість створення і дослідження математичної моделі проєктованого об'єкту. Проте важливу роль грає і людський чинник – фахівці, які реалізують в САПР свої ідеї і творчі здібності. В цьому відношенні успіх залежить від правильності підбору і розстановки кадрів, їх кваліфікації, а також від ретельності опрацювання організаційно-системних питань функціонування САПР.

Підвищення якості проєктних рішень і технічної документації формує умови для створення в САПР нового виробу підвищеної якості, що забезпечує отримання економічного ефекту на стадіях його виготовлення і експлуатації. У таблиці 4 представлені критерії оцінки економічної ефективності САПР і чинники, що її визначають.

Таблиця 2 – Критерії оцінки економічної ефективності САПР і чинники, що її визначають.

Критерії оцінки ефективності САПР	Складові економічної ефективності САПР	Чинники, що визначають економічну ефективність САПР
Якість проектування, зокрема якість технологічних рішень і якість технологічної документації	Економічний ефект від застосування нового виробу підвищеної якості. Економія за рахунок зниження, ліквідації браку технологічної документації, зменшення витрат на її доопрацювання і дублювання.	Застосування САПР. Обґрунтована раціональна організація процесу техніко-економічного проектування в умовах САПР. Забезпечення необхідності і достатності документації, оперативності і точності підготовки.
Терміни створення нової техніки, зокрема терміни проектування і терміни застосування нового виробу	Економічний ефект від скорочення циклу «дослідження – виробництво» збільшення терміну морального зносу нового виробу Економія за рахунок скорочення потреби в оборотних коштах в результаті прискорення їх оборотності Ефект пріоритетної новизни створення нового виробу, його конкурентоспроможності.	Організація використання можливостей скорочення термінів розробки при визначенні і виконанні процесу «дослідження – виробництво», зменшення об'ємів «незавершеного виробництва» на всіх стадіях даного процесу Організація оптимального застосування нового виробу (підготовка споживачів, реклама і ін.) по прогнозній кривій попиту.

Витрати на проектування	Економія капітальних витрат на виконання досліджень і проектування за рахунок зниження капітальних витрат на одиницю.	Організація уніфікованих АРМ фахівців, що дозволяють методами математичного і імітаційного моделювання замінити дорогі натурні випробування.
-------------------------	---	--

Річний економічний ефект $E^{САПР}$, що отримується при функціонуванні САПР визначається по формулі:

$$E^{САПР} = E_p - E_n \cdot K_a, \quad (1)$$

де E_p – річна економія у користувача після впровадження проекту;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (для автоматизованих систем управління і проектування $E_n = 0.333$).

$T_{нок}$ – нормативний термін окупності капітальних вкладень (для засобів автоматики і обчислювальної техніки рівний 3 року);

E_n визначається по формулі:

$$E_n = 1/T_{нок}, \quad (2)$$

де $T_{нок}$ – нормативний термін окупності капітальних вкладень (для засобів автоматики і обчислювальної техніки рівний 3 року);

K_a – повні одноразові витрати на створення спроектованої системи.

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

де K_n – витрати на розробку системи;

K_k – капіталовкладення в комплект програмних і технічних засобів.

K_n визначається по формулі:

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

де Z_n – місячна плата праці розробника проекту (розраховується як сума оплати праці розробника);

T_n – тривалість проектування ($T_n = 1,5$ – тривалість виконання дипломного проекту).

K_k визначається по формулі:

$$K_k = C_T + C_P, \quad (5)$$

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

C_P – витрати на придбання (або модернізацію) комплексу програмних засобів (розраховується, як сума ринкових цін на програмне забезпечення).

$$E_p = P_1 - P_2, \quad (6)$$

де P_1 , – витрати на проектні роботи до впровадження системи, що розробляється;

P_2 – витрати на проектні роботи після впровадження системи, що розробляється.

$$P_1 = B_1 - ПСП_1, \quad (7)$$

$$P_2 = B_2 - ПСП_2, \quad (8)$$

де $ПСП_1$ – виробнича собівартість проекту до впровадження системи;

$ПСП_2$ – виробнича собівартість проекту після впровадження системи;

B_1 – вартість проектів до впровадження системи, що розробляється;

B_2 – вартість проектів після впровадження системи, що розробляється.

$$B_1 = m_1 \cdot ДЦ, \quad (9)$$

$$B_2 = m_2 \cdot ДЦ, \quad (10)$$

де ДЦ – договірна вартість одного проекту;

m_1 – кількість проектів до впровадження системи, що розробляється;

m_2 – кількість проектів після впровадження системи, що розробляється;

Виробнича собівартість проекту до впровадження системи і після обчислюються за формулами;

$$ПСП_1 = ФОТ_1 + O_{ТЧ} \cdot ФОТ_1 + M_1 + A_{ном1} + C_1 + H_1, \quad (11)$$

$$ПСП_2 = ФОТ_2 + O_{ТЧ} \cdot ФОТ_2 + M_2 + A_{ном2} + C_2 + H_2, \quad (12)$$

де $ФОТ_1$ – річний фонд оплати праці до впровадження системи, що розробляється;

$ФОТ_2$ – річний фонд оплати праці після впровадження системи, що розробляється;

$O_{ТЧ}$ – нормативні відрахування від фонду оплати праці;

M_1 – річна вартість матеріалів, що витрачаються, і оплата електроенергії до впровадження системи, що розробляється;

M_2 – річна вартість матеріалів, що витрачаються, і оплата електроенергії після впровадження системи, що розробляється;

$A_{ном1}$ – річна вартість експлуатації приміщень для проектувальників до впровадження системи (площа, необхідна для розміщення групи проектувальників, що виконують роботи уручну, більше, ніж для розміщення проектувальників тих, що експлуатують САПР), що розробляється;

$A_{ном2}$ – річна вартість експлуатації приміщень для проектувальників після впровадження системи, що розробляється;

C_1 – річні витрати на обслуговування комплексу технічних засобів до впровадження системи, що розробляється;

C_2 – річні витрати на обслуговування комплексу технічних засобів після впровадження системи, що розробляється;

H_1 – накладні витрати ($H=0,4 \cdot \Phi OT_1$) до впровадження системи, що розробляється;

H_2 – накладні витрати ($H=0,4 \cdot \Phi OT_2$) після впровадження системи, що розробляється.

Річний фонд оплати праці до впровадження системи і після розраховується по формулі:

$$\Phi OT_1 = \sum (B_i \cdot Z_{ni}), \quad (13)$$

$$\Phi OT_2 = \sum (B_j \cdot Z_{nj}), \quad (14)$$

де B_i – число виконавців робіт i -ї кваліфікації і спеціальності до впровадження системи (число проектувальників при ручному проектуванні вище), що розробляється;

Z_{ni} – річна оплата праці виконавців i -ї кваліфікації і спеціальності

$$A_{ном1} = S \cdot B_1 \cdot U_a, \quad (15)$$

$$A_{ном2} = S \cdot B_2 \cdot U_a, \quad (16)$$

Таблиця 3. Витрати на створення САПР.

Вхідні дані	Змінна	Значення
1	2	3
Місячна оплата праці розробника проекту	Z_n	0

Витрати на придбання (або модернізацію) комплекту технічних засобів.	C_T	130632
Витрати на придбання (або модернізацію) комплекту програмних засобів.	C_{II}	188925
Кількість проектів до впровадження системи, що розробляється	m_1	3
Кількість проектів після впровадження системи, що розробляється	m_2	6
Нормативні відрахування від фонду оплати праці	O_{TC}	0,365
Річна вартість матеріалів до впровадження	M_1	7500
Річна вартість матеріалів після впровадження	M_2	2000
Річні витрати на обслуговування комплекту технічних засобів до впровадження	C_1	8000
Річні витрати на обслуговування комплекту технічних засобів після впровадження системи	C_2	2500
Число виконавців робіт I-ої кваліфікації і спеціальності до впровадження	B_i	1
Число виконавців робіт I-ої кваліфікації і спеціальності після впровадження	B_i	1
Необхідна площа для розміщення проектувальників	S	20
Число проектувальників до впровадження системи	B_1	1
Число проектувальників після впровадження системи	B_2	1
Річна оплата праці виконавців до впровадження	3_{ni}	190000
Річна оплата праці виконавців після	3_{nj}	220000

впровадження		
Повні одноразові витрати на створення системи	K_a	768207

де S – необхідна площа для розміщення проектувальників (3 – 6 м² на одне робоче місце);

C_a – вартість використання 1 м²;

B_1 – число проектувальників до впровадження системи (число проектувальників при ручному проектуванні вище), що розробляється;

B_2 – число проектувальників після впровадження системи, що розробляється;

$$T_{\text{фок}} = K_a / E_p, \quad (17)$$

де $T_{\text{фок}}$ – фактичний термін окупності капітальних вкладень.

Система ефективна, якщо $T_{\text{фок}}$ менше або дорівнює 3 рокам.

З вище приведених формул виберемо змінні вхідних даних, які нам потрібні для розрахунку і зведемо їх до таблиці 5.

Для полегшення розрахунку вище приведені формули були зведені до таблиці Microsoft Office Excel. В цій програмі і був проведений розрахунок річної економії від функціонування пропонованої модернізації. Розрахунки показали, що річний економічний ефект $E^{\text{САІР}}$ від модернізації дорівнює 25954 гривень та фактичний термін окупності капітальних вкладень $T_{\text{фок}}$ дорівнює 2 роки 1 місяць.

Висновки по п'ятому розділу

В рамках розділу проведені роботи по створенню покращеної моделі робочого місця. Проведене економічне обґрунтування дипломної роботи.

В рамках дипломного проекту зроблен аналіз приміщення та робочого місця проектувальника, на підприємстві ПП «Таврія-Турбо ПЛЮС».

Було встановлено наступні недоліки:

- розмежування робочих зон не виконано;
- робоче місце не в повній мірі задовольняє гігієнічним нормам;
- стул користувача ПК не відповідає ергономічним потребам.

На основі цих недоліків було прийнято рішення покращити робочий стіл та стілець проектувальника. Створені об'єкти відповідають ергономічним вимогам. Також був запропонований план кімнати відділу, у якій знаходиться робоче місце проектувальника

Оцінка економічної ефективності САПР є основним критерієм нашої роботи. Необхідними даними для визначення даного критерію є витрати на модернізацію та обслуговування програмних і технічних засобів, річна оплата праці робітників, різниця кількості проектів до впровадження та після. Були представлені суми на покупки технічних та програмних комплектуючих.

В даному розділі було проведено розрахунок річної економії від функціонування САПР. Вона дорівнює 25954 грн. З урахуванням витрат на придбання комплексу технічних і програмних засобів окупність капітальних вкладень прогнозується через 2 роки 1 місяць.

ВИСНОВКИ ПО ДИПЛОМУ

Під час виконання дипломної роботи були поставлені задачі розробки підсистеми автоматизованого проектування технічної документації на підприємстві ПП «Таврія-Турбо ПЛЮС» для удосконалення процесу проектування.

Для вирішення поставлених задач було проведено дослідження існуючої підсистеми проектування технічної документації. Дане обстеження проводилося під час проходження переддипломної практики на підприємстві. Були обстежені особливості процесу проектування, структура обчислювальної мережі, та рівень автоматизації проектування. За отриманими даними було встановлено, що централізованої САПР на підприємстві немає.

Аналіз результатів дослідження дав змогу прийти до висновку, що потрібно з нуля створювати підсистему проектування технічної документації.

Для створення САПР було складене технічне завдання, погоджене з керівництвом підприємства ПП «Таврія-Турбо ПЛЮС», розроблено модель САПР технічної документації «Як повинно бути» та сам проект підсистеми САПР.

Проект розробки САПР включає в себе: купівлю технічного та програмного забезпечення, модернізацію локальної обчислювальної мережі .

Для вибору програмного забезпечення був обстежений ринок програмних продуктів для автоматизації технологічної підготовки виробництва. В результаті обстеження були визначені необхідні програмні продукти. Остаточний вибір програмного забезпечення був здійснений за

допомогою метода аналізу ієрархії. Вирішення поставленої задачі даним методом показало, що оптимальним пакетом для проектування технічних процесів є програми:

- Autodesk Inventor 2026;
- Aras Innovator;
- Autodesk Vault;

Технічне забезпечення було обране, виходячи із системних вимог програмних продуктів, аналізу задач, перспективи розвитку підсистеми.

Було визначено топологію обчислювальної локальної мережі, розроблені рекомендації щодо вибору технічних засобів для її модернізації.

Проведені дії по створенню постпроцесора на застарілі системи з ЧПК, якими розпорогає підприємство. Для розробки програми була використана програма IMSpot.

Нами розроблена методика побудови моделі робочого колеса турбокомпресора. Встановлені операції, які найбільш ціліснообразно автоматизувати, на їх основі створено модуль підсистеми САПР. Отриманий програмний продукт дозволяє в автоматизованому режимі будувати 3D-модель робочого колеса. Дана програма використовує інструмент API програми Autodesk Inventor .

Далі, відповідно до існуючих стандартів, були розроблені вимоги до забезпечення безпеки життєдіяльності, розроблено схему розташування робочих місць, спроектовано робоче місце інженера-технолога.

Завершальним етапом став розрахунок річної економії при впровадженні підсистеми автоматизованого проектування технічної

документації на підприємстві. Визначено термін її окупності, що складає 2 роки 1 місяць.

В результаті дипломної роботи була проведена дослідницька робота, за допомогою якої були систематизовані, закріплені, поглиблені і відпрацьовані теоретичні та практичні навички.

Розроблений проект підсистеми автоматизованого проектування технічної документації були рекомендовані до впровадження на підприємстві, що засвідчує схвалення технічної ради ПП «Таврія-Турбо».

На підставі розв'язаних задач можна зробити висновок, що впровадження на підприємство «Таврія-Турбо» дипломного проекту по автоматизації технічної документації економічно доцільно і в майбутньому дозволить з більшою ефективністю виконувати проектні процедури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цвіркун Л.І., Бешта Л.В. *Основи автоматизованого проектування: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт* (НТУ «Дніпровська політехніка», 2019).
2. А.Н. Ковшов, Ю.Ф.Назаров, І.М. Абрагімов, А.Д Нікіфоров Інформаційна підтримка життєвого циклу виробів машинобудування: принципи, системи і технології CALS/ІПІ: нав. посібник для студентів вищих навчальних заходів. – М.: Видавничий центр «Академія», 2007. 304 с.
3. Мешков Д.Ю. Електронний документ: обіг, зберігання, використання, законодавчі аспекти. Досвід ФРН (1990–2000) // Архіви України. – 2001. – № 1. – С. 73–87; Рудюк В.В. Класифікація електронних документів ФРН // Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія. – 2005. – № 3. – С.
4. Збірник тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції "Нові інформаційні технології управління бізнесом". – Київ: Спілка автоматизаторів бізнесу, 2023. – 166 с.
5. С.Ю. Саєнко, І.В. Нечипоренко ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ, Основи САПР, Навчальний посібник, м. Харків ХДУХТ 2017.
6. М.О. Сидоров, П.І. Андон, А.В.Анісімов, Є.О.Башков. Інженерія програмного забезпечення. – М.: м. Київ, Національний авіаційний університет. 2010 р. 89 с.
7. Міністерство освіти і науки України ЗНТУ Кафедра програмних засобів "МЕРЕЖЕВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ" Конспект лекцій для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології усіх форм навчання Запоріжжя 2016
8. **«Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи»** — І.В. Горбатий, А.П. Бондарєв (2016)
9. О.В. Матвій, В.С. Мельник, І.М. Черевко Основи комп'ютерних мереж Навчальний посібник Чернівці Чернівецький національний університет 2024 – с. 10, 17
10. Валецька Т.М. Комп'ютерні мережі, апаратні засоби. Навчальний посібник. Центр навчальної літератури, 2004.

11. Онофрейчук Н. "Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням" (2017)

12. Борисенко В.Д. Геометричне модулювання лопатних апаратів нагнитальних і розширювальних турбомашинрізного конструктивного оформлення. Дис....доктю тех. наук. – Миколаїв, 2001. – 359 с.

13. Романовський Г. Ф., Іпатенко О. Я., Патлайчук В. М. «Теорія та розрахунок парових і газових турбін» — навчальний посібник (Миколаїв: УДМТУ, 2003)

14. Драгунов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструювання впускних та впускних каналівдвигунів внутрішнього згорання. – К.: Вища школа, 1987. – 176 с.

15. Іванків К.С., Мацьонг Я. Є., Мандзак Т. І. Delphi для початківців Львів, ЛНУ, 2006 р.

16. Волова В.Н. Методи формалізованого представлення систем / В.Н. Волова, А.А. Денисов, Ф.Е. Темнігов. - СПб.: СПбГТУ, 1993. – 108 с.

17. Тарасов О. Ф., Алтухов О. В., Сагайда П. І., Васильєва Л. В., Аносов В. Л., АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ І ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САД/САМ/САЕ-СИСТЕМ м. Краматорськ ЦТРІ «Друкарський дім» 2017

18. Кондаков А.І. САПР технологічних процесів - М.: Видавничий центр Академія ", 2007. - 272 с.

19. Руденко П.О. – «Проектування технологічних процесів у машинобудуванні» (навч. посібник, 1993)

20. Тороп А.В. Автоматичне управління процесами обробки металів різанням, методичний посібник. м. Мелітополь. ТДАТУ, 2021.

21. Харченко А.О. Верстати з ЧПУ та обладнання гнучких виробничих систем: Навчальний посібник для студентів вузів. - К.: ВД «Професіонал», 2004. - 304 с.

22. М. Ф. Пічугін, І. О. Канкін, В. В. Воротніков – *Комп'ютерна графіка*. «Центр учбової літератури», 2013. – 346 с.

23. Муніпов В.М, Зінченко В.П. - Ергономіка. Видавництво: Логос, 2001 р.

24. Постанова Головного державного санітарного лікаря України «Державні санітарні правила і норми ДСанПіН 5.5.6.009-9»

25. Кащеев Л. Б., Коваленко С. В. *Основи комп'ютерної графіки*. Видавництво «Ранок», 2011.

26. Фольта О. В., Смоленськ Р. Т. «Основи художнього конструювання». Вища школа, К., 1973.

27. І.М. Бойчик, П.С. Харів, М.І. Хопчан. Економіка підприємства. Львів, 1998.

28. Кулішов В.В. Економіка підприємства: теорія і практика. Навчальний посібник. К. «Вікар», 2001.

29. Конвенція про основи, що сприяють безпеці та гігієні праці (№ 187) : від 15.06.2006 р. // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – 2007. – № 1.

30. Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1992 р., № 2694-ХІІ // ВВР України. – 1992. – № 49. – Ст. 668.

31. Миленький М. Закон України «Про охорону праці» як основа створення сучасної правової бази та започаткування новітніх підходів до організації безпечних і нешкідливих умов праці / М. А. Миленький // Охорона праці. – 1997. – № 3. – С. 7-10.

32. Науково-практичний коментар до Закону України «Про охорону праці» / [С.П. Ткачук (керівник робочої групи), В.В. Андрійчук, З. М. Васильова та ін.]. – К. : Видавничо-виробниче об'єднання «Основа», 1997. – 528 с.

33. Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2.007-98.

34. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.– К.: МОЗ України, 2002.– 45с.

35. ДНАОП 0.00-1.31-99. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.– К.: МОЗ України, 1999.– 28с.

36. Постанова від 1 серпня 1992 р. N 442. Київ. Про Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.

37. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», затвердженого наказом №9 від 29.01.98 Держнаглядохоронпраці України.

38.

ДОДАТКИ

Додаток А

Фрагмент програмного коду

```
#include <vcl.h>

#pragma hdrstop

#include "Login.h"

#include "Main.h"

#pragma package(smart_init)

#pragma link "sBitBtn"

#pragma link "sSkinProvider"

#pragma link "sEdit"

#pragma link "sLabel"

#pragma resource "*.dfm"

TLoginForm *LoginForm;

int x1,y1;

__fastcall TLoginForm::TLoginForm(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}

void __fastcall TLoginForm::sBitBtn2Click(TObject *Sender)
{
    Application->Terminate();
}

void __fastcall TLoginForm::sBitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    AnsiString logstr = "select * from AUT where LOGIN="";
    logstr = logstr + sEdit1->Text + " AND PASS=";
```

```

logstr = logstr + sEdit2->Text + """;

ADOQuery1->Close();

ADOQuery1->SQL->Clear();

ADOQuery1->SQL->Add(logstr);

ADOQuery1->Open();

if (ADOQuery1->RecordCount != 0)
{
    LoginForm->Close();

    MainForm->N2->Enabled = true;

    MainForm->N3->Enabled = true;

    MainForm->N6->Enabled = false;

    MainForm->N11->Enabled = false;

    MainForm->user.TABN = ADOQuery1->FieldByName("TABN")->AsString;

    MainForm->user.FIO = ADOQuery1->FieldByName("FIO")->AsString;

    MainForm->user.DOLJN = ADOQuery1->FieldByName("DOLJ")->AsString;

    MainForm->user.PRA = ADOQuery1->FieldByName("PRA")->AsInteger;

    MainForm->sLabelFX1->Left = (MainForm->Width/2) - (MainForm->sLabelFX1->Width/2);

    MainForm->sLabelFX1->Top = (MainForm->Height/2) - (MainForm->sLabelFX1->Height/2);

    MainForm->sLabelFX1->Visible = true;

    if (MainForm->user.PRA == 2 )
    {
        MainForm->N1->Enabled = true;

        MainForm->N6->Enabled = true;

        MainForm->N11->Enabled = true;

    }
}

else ShowMessage("Не верный логин или пароль");

```

```

}

void __fastcall TLoginForm::FormCreate(TObject *Sender)
{
    MainForm->N1->Enabled = false;

    MainForm->N2->Enabled = false;

    MainForm->N3->Enabled = false;

    AnsiString MPath, Fbase, Rcon;

    Position = poScreenCenter;

    MPath = ExtractFilePath(Application->ExeName);

    Fbase = MPath + "\\TABELDATA\\TabelDB.mdb";

    Rcon = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" + Fbase + ";Persist Security Info=False";

    LoginForm->ADOConnection1->Close();

    LoginForm->ADOConnection1->ConnectionString = Rcon;

    LoginForm->ADOConnection1->Open();
}

void __fastcall TLoginForm::FormClose(TObject *Sender,
    TCloseAction &Action)
{
    Action = caFree;
}

...

#include <vcl.h>

#pragma hdrstop

#include "Main.h"

#include "Login.h"

#include "UO.h"

#include "Plan.h"

#include "People.h"

```

```

#include "Otdel.h"

#include "Otv.h"

#include "Polno.h"

#include "Zap.h"

#include "ZapNew.h"

#include "PlanNR.h"

#pragma package(smart_init)

#pragma link "sSkinManager"

#pragma link "sSkinProvider"

#pragma link "sLabel"

#pragma resource "*.dfm"

TMainForm *MainForm;

__fastcall TMainForm::TMainForm(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
    flagUO = flagPlan = flagPeople = flagOtdel = flagOtv = flagPol = flagZap = flagNewZap = flagPlanNR =
    true;

    PathToBase = ExtractFilePath(Application->ExeName) + "\\TABELDATA\\";
}

void TMainForm::Chelovek::Fil(AnsiString tabn, AnsiString fio, AnsiString doljn, AnsiString pra)
{
    MainForm->chelovek.TABN = tabn;

    MainForm->chelovek.FIO = fio;

    MainForm->chelovek.DOLJN = doljn;

    MainForm->chelovek.PRA = pra;
}

void __fastcall TMainForm::N3Click(TObject *Sender)
{

```

```
if(Application->MessageBox("Вы действительно хотите выйти из программы?", "Подтверждение  
выхода из программы", MB_YESNO | MB_ICONQUESTION) == IDYES)
```

```
{
```

```
    Application->Terminate();
```

```
}
```

```
}
```

```
void __fastcall TMainForm::N5Click(TObject *Sender)
```

```
{
```

```
    if (flagUO)
```

```
    {
```

```
        Application->CreateForm(__classid(TUOForm), &UOForm);
```

```
        UOForm->Show();
```

```
        flagUO = false;
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        {UOForm->Show();}
```

```
}
```

```
void __fastcall TMainForm::N6Click(TObject *Sender)
```

```
{
```

```
    if (flagPlan)
```

```
    {
```

```
        Application->CreateForm(__classid(TPlanForm), &PlanForm);
```

```
        PlanForm->Show();
```

```
        flagPlan = false;
```

```
    }
```

```
    else
```

```
        {PlanForm->Show();}
```

```
}
```

```
void __fastcall TMainForm::N7Click(TObject *Sender)
```

```

{
    if (flagPeople)
    {
        Application->CreateForm(__classid(TPeopleForm), &PeopleForm);
        PeopleForm->Show();
        flagPeople = false;
    }
    else
    {
        PeopleForm->Show();
    }
}

void __fastcall TMainForm::N8Click(TObject *Sender)
{
    if (flagOtdel)
    {
        Application->CreateForm(__classid(TOtdelForm), &OtdelForm);
        OtdelForm->Show();
        flagOtdel = false;
    }
    else
    {
        OtdelForm->Show();
    }
}

void __fastcall TMainForm::N4Click(TObject *Sender)
{
    if (flagOtv)
    {
        Application->CreateForm(__classid(TOtvForm), &OtvForm);
        OtvForm->sEdit1->Text = chelovek.FIO;
        OtvForm->sEdit2->Text = chelovek.TABN;
    }
}

```

```

OtvForm->sEdit3->Text = chelovek.DOLIN;

OtvForm->Show();

chelovek.FIO = "";

chelovek.TABN = "";

chelovek.DOLIN = "";

//chelovek.PRA = "";

flagOtv = false;

}

else

{OtvForm->Show();}

}

void __fastcall TMainForm::N9Click(TObject *Sender)

{

if (flagPol)

{

Application->CreateForm(__classid(TPolForm), &PolForm);

PolForm->Show();

flagPol = false;

}

else

{PolForm->Show();}

}

void __fastcall TMainForm::N10Click(TObject *Sender)

{

if (flagZap)

{

Application->CreateForm(__classid(TZapForm), &ZapForm);

ZapForm->Show();

```

```

flagZap = false;

}

else

{ZapForm->Show();}

}

void __fastcall TMainForm::FormCloseQuery(TObject *Sender, bool &CanClose)

{

if(Application->MessageBox("Вы действительно хотите выйти из программы?", "Подтверждение
выхода из программы", MB_YESNO | MB_ICONQUESTION)==IDYES)

{

    CanClose = true;

}

else

{

    CanClose = false;

}

}

void __fastcall TMainForm::N12Click(TObject *Sender)

{

    if (flagNewZap)

    {

        Application->CreateForm(__classid(TNewZapForm), &NewZapForm);

        NewZapForm->Show();

        flagNewZap = false;

    }

    else

    {NewZapForm->Show();}

}

void __fastcall TMainForm::N11Click(TObject *Sender)

```

```

{
    if (flagPlanNR)
    {
        Application->CreateForm(__classid(TPlaNRForm), &PlaNRForm);

        PlaNRForm->Show();

        flagPlanNR = false;
    }
    else
    {
        {PlaNRForm->Show();}
    }

    #include <vcl.h>

    #pragma hdrstop

    #include "Polno.h"

    #include "Main.h"

    #include "People.h"

    #include "Otdel.h"

    #pragma package(smart_init)

    #pragma link "sSkinProvider"

    #pragma link "RxLookup"

    #pragma link "sPanel"

    #pragma link "sComboBox"

    #pragma link "RXDBCtrl"

    #pragma link "sBevel"

    #pragma link "sLabel"

    #pragma link "RXDBCtrl"

    #pragma link "sBitBtn"

    #pragma resource "*.dfm"

    TPolForm *PolForm;

```

```

__fastcall TPolForm::TPolForm(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}

void __fastcall TPolForm::FormClose(TObject *Sender, TCloseAction &Action)
{
    Action = caFree;

    MainForm->flagPol = true;
}

void __fastcall TPolForm::FormCreate(TObject *Sender)
{
    AnsiString MPath, Fbase, Rcon;

    Position = poScreenCenter;

    MPath = ExtractFilePath(Application->ExeName);

    Fbase = MPath + "\\TABELDATA\\TabelDB.mdb";

    Rcon = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" + Fbase + ";Persist Security Info=False";

    ADOConnection1->Close();

    ADOConnection1->ConnectionString = Rcon;

    ADOConnection1->Open();

    ADOQuery1->Close();

    ADOQuery1->SQL->Clear();

    ADOQuery1->SQL->Add("Select * from AUT");

    ADOQuery1->Open();

    ADOQuery1->First();

    for (int i = 0; i < ADOQuery1->RecordCount; i++)
    {
        sComboBox1->Items->Add(ADOQuery1->FieldByName("TABN")->AsString);

        sComboBox2->Items->Add(ADOQuery1->FieldByName("FIO")->AsString);
    }
}

```

```

ADOQuery1->Next();

}

ADOQuery2->Close();

ADOQuery2->SQL->Clear();

ADOQuery2->SQL->Add("Select * from OTDELS");

ADOQuery2->Open();

ADOQuery2->First();

for (int i = 0; i < ADOQuery2->RecordCount; i++)
{
    sComboBox3->Items->Add(ADOQuery2->FieldByName("ID")->AsString);
    sComboBox4->Items->Add(ADOQuery2->FieldByName("NAIM")->AsString);
    ADOQuery2->Next();
}

ADOQuery3->Close();

ADOQuery3->SQL->Clear();

ADOQuery3->SQL->Add("Select * from POLN");

ADOQuery3->Open();

}

void __fastcall TPolForm::sComboBox1Change(TObject *Sender)
{
    sComboBox2->ItemIndex = sComboBox1->ItemIndex;
}

void __fastcall TPolForm::sComboBox2Change(TObject *Sender)
{
    sComboBox1->ItemIndex = sComboBox2->ItemIndex;
}

void __fastcall TPolForm::sComboBox3Change(TObject *Sender)
{

```

```

sComboBox4->ItemIndex = sComboBox3->ItemIndex;

}

void __fastcall TPolForm::sComboBox4Change(TObject *Sender)
{
    sComboBox3->ItemIndex = sComboBox4->ItemIndex;
}

void __fastcall TPolForm::sBitBtn3Click(TObject *Sender)
{
    Close();
}

void __fastcall TPolForm::sBitBtn2Click(TObject *Sender)
{
    if (Application->MessageBox("Удалить выбранное полномочие", "Внимание", MB_YESNO) == 6)
    {
        RxDBGrid1->DataSource->DataSet->Delete();
    }
}

void __fastcall TPolForm::sBitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    if (sComboBox1->Text == "")
        ShowMessage("Не выбран ответственный исполнитель");
    else
        if (sComboBox2->Text == "")
            ShowMessage("Не выбран ответственный исполнитель");
        else
            if (sComboBox3->Text == "")
                ShowMessage("Не выбран отдел/сектор");
            else
                if (sComboBox4->Text == "")
                    ShowMessage("Не выбран отдел/сектор");
}

```

```

else
{
    AnsiString temp = "INSERT INTO POLN (TN, FIO, OTDEL) VALUES ("";
    temp = temp + sComboBox1->Text + "", "";
    temp = temp + sComboBox2->Text + "", ";
    temp = temp + sComboBox3->Text + ")";
    try
    {
        ADOQuery3->Close();
        ADOQuery3->SQL->Clear();
        ADOQuery3->SQL->Add(temp);
        ADOQuery3->Open();
    }
    catch ( ... )
    {
    }
    ADOQuery3->Close();
    ADOQuery3->SQL->Clear();
    ADOQuery3->SQL->Add("Select * from POLN");
    ADOQuery3->Open();
}
}

```