

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
(повне найменування факультету)

Кафедра інформаційної безпеки та наноелектроніки
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Управління проектами створення випробувального
обладнання авіаційної техніки.

(назва теми)

Виконав (ла): студент (ка) 2 курсу, групи БК-412м
Спеціальності: 152 Метрологія та інформаційно -
вимірювальні технології.

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація): Якість, стандартизація та сертифікація

КОТОВ С.І.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник:

СНІЖНОЙ Г.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент:

ЗАГАЄВСЬКА В.І.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет: інформаційної безпеки та електронних комунікацій

Кафедра: інформаційної безпеки та наноелектроніки

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація): якість, стандартизація та сертифікація

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІБтаН

Андрій КОРОТУН

« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

КОТОВА Сергія Івановича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Управління проєктами створення випробувального обладнання авіаційної техніки. Project Management for the Development of Testing Equipment for Aviation Technology.

Керівник проєкту (роботи) д.т.н., професор кафедри ІБтаН СШЖНОЙ Геннадій Валентинович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» листопада 2023 року № 476

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) програмне забезпечення CAD-системи SolidWorks, програмне забезпечення управління проєктами SolidWorks PDM.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) інженерно-конструкторська сфера та її важливості в економіці, опис основних технологій та інструментів, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері, розгляд ролі інформаційного забезпечення в інженерно-конструкторській сфері, визначення вимог до систем інформаційного забезпечення, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері; розгляд програмного забезпечення SolidWorks PDM

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Презентація доповіді (в MS PowerPoint), 13 слайдів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане за- вдання
1-2	СНІЖНОЙ Г.В., професор кафедри ІБтаН	04.03.2024	06.06.2024
Нормоконтроль	КОРОЛЬКОВ Р. Ю., доцент кафедри ІБтаН		

7. Дата видачі завдання « 04 » березня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Збір і аналіз інформації про основні технології та інструменти що використовуються в інженерно-конструкторській сфері	04.03 – 01.04	виконано
2	Збір і аналіз інформації про SolidWorks PDM	02.04 – 10.04	виконано
3	Систематизація літературних даних	11.04 – 19.04	виконано
4	Складання і затвердження наукового завдання	20.04 – 21.04	виконано
5	Формування та уточнення наукового завдання	22.04 – 24.04	виконано
6	Розробка випробувального обладнання авіаційної техніки на базі SolidWorks PDM	25.04 – 26.15	виконано
7	Оформлення графічної частини	27.05 – 31.05	виконано
8	Оформлення ПЗ	01.06 – 11.06	виконано

Студент(ка)

_____ (підпис) Сергій КОТОВ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ (підпис) Геннадій СНІЖНОЙ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 53 с., 13 рис., 78 джерел.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІНЖЕНЕР-КОНСТРУКТОР,
ТЕХНОЛОГ, PLM СИСТЕМИ, SOLIDWORKS PDM.

Об'єкт дослідження — проєктом створення випробувального обладнання авіаційної техніки на базі SolidWorks PDM.

Мета роботи — оптимізація управління проєктом створення випробувального обладнання авіаційної техніки на прикладі програмного забезпечення SolidWorks PDM.

Методи дослідження — аналітичний аналіз програмного забезпечення SolidWorks PDM.

Практична частина — дослідження управління процесами розробки випробувального обладнання авіаційної техніки на прикладі SolidWorks PDM.

ANNOTATION

Explanatory note to the master's thesis: 53 pages, 13 figures, 78 sources.

INFORMATION SUPPORT, DESIGN ENGINEER, TECHNOLOGIST,
PLM SYSTEMS, SOLIDWORKS PDM.

The object of the study is the project for the creation of aviation test equipment based on SolidWorks PDM.

The purpose of the work is to optimize the management of the project for the creation of aviation test equipment using SolidWorks PDM software as an example.

Research methods — analytical analysis of SolidWorks PDM software.

Practical part — research on the management of the development processes of aviation test equipment using SolidWorks PDM as an example.

ЗМІСТ

	С.
Перелік умовних скорочень	8
Вступ.....	10
1 Інженерно-конструкторська сфера та основні інструменти роботи.....	11
1.1 Інженерно-конструкторська сфера та її важливостів економіці.....	11
1.2 Опис основних технологій та інструментів, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері.....	12
1.2.1 CAD/CAM системи при розробці проектів випробування авіаційної техніки	13
1.2.2 Системи моделювання та симуляції процесів роботи вузлів авіаційної техніки.....	14
1.2.3 Системи управління проектами розробки випробувального обладнання.....	15
1.2.4 3D-друкарки, як обладнання для експериментальних авіаційних деталей.....	16
1.2.5 Системи аналізу даних при розробці деталей та вузлів авіаційної техніки та обладнання.....	17
1.2.6 Електронні таблиці та програми для аналізу даних та корегування етапів розробки випробувального обладнання	18
1.2.7 Моделі симуляції та аналізу ризиків при розробці виробів авіаційної техніки	19
1.2.8 Інтернет-технології та хмарні сервіси зберігання інформації.....	20
1.2.9 Електронні книги як довідники при проектуванні випробувального обладнання.....	21

1.3 Розгляд ролі інформаційного забезпечення в інженерно-конструкторській сфері.....	22
1.4 Етапи проєктування та розробки випробувального обладнання.....	23
1.4.1 Збір та аналіз вимог	25
1.4.2 Створення проєкту випробувального обладнання.....	26
1.4.3 Виготовлення прототипу та проведення випробувань.....	28
1.4.4 Підготовка до введення випробувального обладнання в експлуатацію	28
2 Управління проєктом створення випробувального обладнання авіаційної на прикладі SolidWorks PDM	30
2.1 Дослідження впливу ІЗ на ефективність роботи інженерів-конструкторів	30
2.2 Аналіз прикладу використання ІЗ в створенні проєктів випробувального обладнання.....	31
2.3 PDM система, та її вплив на комунікацію між конструктором та технологом при створенні випробувального обладнання.....	34
2.3.1 Програмне забезпечення SolidWorks PDM.....	34
2.3.2 SolidWorks PDM, та її вплив на комунікацію між конструктором та технологом	35
2.4 Оформлення та управління проєкту у програмному забезпеченні SolidWorks PDM.....	36
2.5 Додаткові макроси, розроблені для прискорення роботи та підвищення комунікації конструктора та технолога.	42
Висновки	47
Перелік джерел посилання.....	48

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІЗ – інформаційна забезпеченість;

СІЗ – система інформаційного забезпечення;

CAD (англ. Computer Aided Design) — система автоматизованого проектування

PDM (англ. Product Data Management) — керування даними про продукт

PLM (англ. Product Lifecycle Management) — керування життєвим циклом виробу

CAE (англ. Computer Aided Engineering) — автоматизоване проектування

CAM (англ. Computer-aided manufacturing) — підготовка технологічного процесу виробництва виробів

CNC (англ. Computer numerical control) — комп'ютеризована система керування

BOM (англ. Bill of Materials) — перелік матеріалів

API (англ. Application Programming Interface) — прикладний програмний інтерфейс

URL (англ. Uniform Resource Locator) — уніфікований покажчик інформаційного ресурсу

ПЗ — програмне забезпечення

СКБД — система керування базами даних

БД — база даних

ASCII (англ. American Standard Code for Information Interchange) — американський стандартний код для інформаційного обміну

WPF (англ. Windows Presentation Foundation) — презентаційна підсистема Windows

ORM (англ. Object-Relational Mapping) — об'єктно-реляційне відображення

LINQ (англ. Language Integrated Query) — мовний інтегрований запит

XML (англ. eXtensible Markup Language) — розширювана мова розмітки

EF (англ. Entity Framework) — програмний каркас сутностей

WCF (англ. Windows Communication Foundation) — комунікаційна підсистема Windows

FCL (англ. Framework Class Library) — бібліотека класів Framework

CRL (англ. Common Language Runtime) — загальномовне середовище

виконання

ПУ – проектне управління

SQL (англ. Structured query language) — мова структурованих запитів

JSON (англ. JavaScript Object Notation) — запис об'єктів JavaScript

XML (англ. eXtensible Markup Language) — розширювана мова розмітки

REST (англ. Representational State Transfer) — передача репрезентативного стану

ВСТУП

Проблеми комунікації між конструктором і технологом можуть виникати з різних причин:

- розбіжність мови, коли конструктори та технологи можуть використовувати різні терміни та фрази, що може призводити до непорозумінь;
- відсутність взаєморозуміння щодо можливостей виробництва, а саме конструктори і технологи можуть мати різне розуміння щодо технічних можливостей та обмежень виробництва;
- недостатня комунікація та обмін інформацією, коли конструктори та технологи працюють в окремих відділах або навіть компаніях, що може призводити до недостатньої комунікації та обміну інформацією.

Загалом, успішна комунікація між конструктором та технологом вимагає активного залучення обох сторін, розуміння специфіки роботи один одного та постійного покращення комунікаційних процесів.

Узагальнюючи, інтеграція CAD- і PDM-технологій дає підприємствам можливість не лише прискорити процес проєктування, але й забезпечити вищу якість, зменшити помилки та оптимізувати використання ресурсів у швидкозмінному ринковому середовищі та в умовах технологічного прогресу під час комунікації спеціалістів.

Система керування даними про продукт SolidWorks PDM [1] є приміром ефективною інтеграцією з CAD-системою SolidWorks [2], що дозволяє неперервний потік даних від етапу проєктування до виробництва.

1 ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТОРСЬКА СФЕРА ТА ОСНОВНІ ІНСТРУМЕНТИ РОБОТИ

1.1 Інженерно-конструкторська сфера та її важливості в економіці

Інженерно-конструкторська сфера є важливим сектором економіки, який займається розробкою та проектуванням нових технологічних рішень, виробів, систем та інфраструктурних об'єктів. Цей сектор включає в себе різноманітні галузі, такі як машинобудування, електротехніка, будівництво, авіація [3-9], автомобільна промисловість, інформаційні технології та інші.

Основна роль інженерно-конструкторської сфери полягає у створенні нових технологічних рішень та виробів, що сприяє прогресу і розвитку суспільства. Інженери та конструктори вирішують складні технічні завдання, використовуючи свої знання, творчий підхід та наукові методики [10 -18]. Вони розробляють і покращують продукцію, забезпечуючи високу якість, ефективність та конкурентоспроможність виробів.

Важливість інженерно-конструкторської сфери в економіці важко переоцінити. Ось кілька ключових причин:

- інновації та технологічний прогрес. Інженери та конструктори створюють нові технології, які покращують якість життя, підвищують продуктивність та забезпечують технологічний прогрес. Інновації в інженерно-конструкторській сфері спонукають до розвитку інших галузей економіки;

- ефективність та оптимізація. Інженери та конструктори працюють над вдосконаленням процесів виробництва, технологій та систем, спрямованих на зниження витрат, підвищення продуктивності та покращання якості. Це дозволяє підприємствам знижувати витрати на виробництво, підвищувати ефективність роботи і стати більш конкурентоспроможними на ринку;

– створення нових робочих місць. Інженерно-конструкторська сфера створює велику кількість робочих місць для фахівців різного профілю, включаючи інженерів, дизайнерів, архітекторів та інші професії. Це сприяє зменшенню безробіття та підвищенню рівня зайнятості;

– експорт інженерних рішень та виробів. Багато країн успішно екпортують інженерні рішення, технології та вироби, що створює додаткові доходи та сприяє зміцненню економіки. Інженерно-конструкторська сфера є важливим джерелом експортного потенціалу;

– інфраструктурний розвиток. Інженерно-конструкторська сфера грає ключову роль у розробці та будівництві інфраструктури, такої як дороги, мости, енергетичні системи, водопостачання та інші. Це сприяє розвитку регіонів, покращенню якості життя населення та залученню інвестицій.

Усе це демонструє важливість інженерно-конструкторської сфери в економіці. Вона є основою для технічного прогресу, створення нових ринків, розвитку інноваційних галузей та підтримки сталого економічного зростання.

1.2 Опис основних технологій та інструментів, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері

Інженерно-конструкторська сфера використовує різноманітні технології та інструменти для розробки продуктів, обладнання та систем, які представлені на рисунку 1.1.

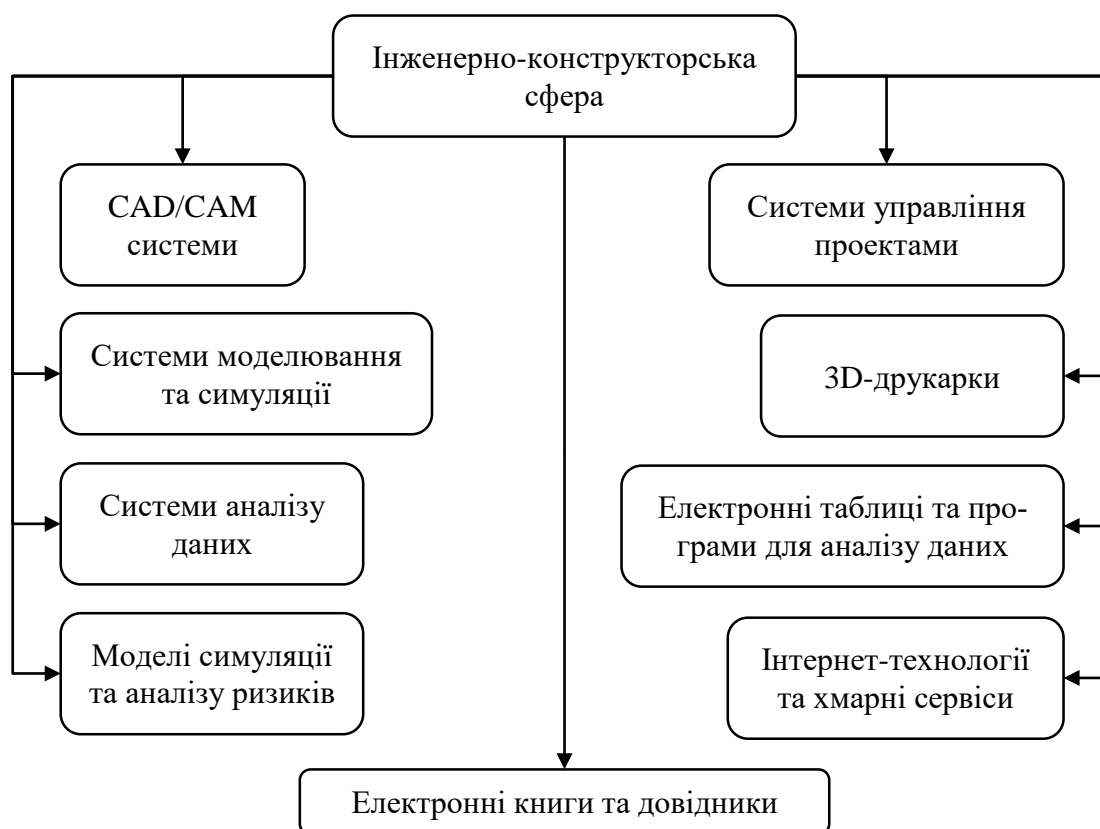


Рисунок 1.1 – Схема використовуваних технологій та інструментів у інженерно-конструкторська сфера

1.2.1 CAD/CAM системи при розробці проектів випробування авіаційної техніки

Це програмні засоби, які використовуються для проектування і виробництва продуктів та обладнання. Системи CAD/CAM дозволяють інженерам створювати 2D та 3D моделі, візуалізувати їх, виконувати аналіз та оптимізацію, а також створювати CNC-програми для обробки деталей на верстатах з ЧПК.

Деякі приклади програмного забезпечення для проектування та моделювання включають:

- AutoCAD (Autodesk) — програмне забезпечення для комп'ютерного проєктування, що використовується для створення 2D та 3D моделей;
- NX (Siemens PLM Software) — флагманська CAD/CAM/CAE-система;
- SolidWorks (Dassault Systèmes) — програмне забезпечення для 3D-моделювання, яке використовується для проєктування складних деталей та складів;
- CATIA (Dassault Systèmes) — програмне забезпечення для 3D-моделювання та проєктування продуктів, яке використовується в автомобільній, аерокосмічній та інших галузях;
- ANSYS (ANSYS) — програмне забезпечення для чисельного моделювання та аналізу віртуальних прототипів;
- MATLAB (Math Works) — програмне забезпечення для чисельних обчислень та аналізу даних, яке використовується для розробки алгоритмів та контролю процесів;
- PTC Creo (PTC) — програмне забезпечення для 3D-моделювання та проєктування, яке використовується в багатьох галузях, включаючи автомобільну, аерокосмічну та машинобудівну.

1.2.2 Системи моделювання та симуляції процесів роботи вузлів авіаційної техніки

Ці системи використовуються для віртуального тестування продуктів та систем перед їх виробництвом. Вони дозволяють інженерам виконувати різноманітні тестування та аналізи, такі як динамічний аналіз, термічний аналіз, електромагнітний аналіз тощо.

Деякі приклади комп'ютерно-числових методів, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері, включають:

- Finite Element Method — це метод для розв'язування різноманітних задач на основі поділу області на скінченну кількість елементів, які можна обчислювати окремо та потім з'єднувати в ціле;
- Finite Difference Method — це метод, в якому рівняння замінюються на скінченні різниці на основі геометричного поділу області на сітку;
- Finite Volume Method — це метод для розв'язування рівнянь на основі розбиття області на скінченну кількість об'ємів;
- Boundary Element Method — це метод, що використовується для розв'язування задач, в яких розрахунок здійснюється на межі області;
- Restricted Element Method — це метод, який використовується для розрахунку поведінки конструкцій за умови виникнення тріщини;
- Finite Difference Time Domain — це метод, який використовується для чисельного моделювання електромагнітних полів та взаємодії матеріалів з електромагнітними полями.

1.2.3 Системи управління проектами розробки випробувального обладнання

Ці системи допомагають організувати роботу команди інженерів на протязі всього проекту. Вони дозволяють відстежувати терміни, витрати та прогрес проекту, розподіляти завдання між учасниками команди та зберігати всю необхідну документацію.

Деякі приклади систем управління проектами, що використовуються в інженерно-конструкторській сфері, включають:

- Microsoft Project (Microsoft) — це програмне забезпечення для управління проектами, яке дозволяє створювати графіки, розподіляти ресурси та відстежувати прогрес проекту;

– Teamcenter (Siemens Digital Industries Software) — це комплексне програмне забезпечення, яке використовується для управління життєвим циклом продукту (PLM). Дозволяє організаціям керувати усіма аспектами процесу розробки, виробництва та експлуатації продуктів, починаючи від концепції і закінчуючи відходами після використання.

– Asana (Asana) — це програмне забезпечення для управління проектами та комунікації між учасниками команди, яке дозволяє відстежувати завдання, керувати термінами та зберігати всю документацію;

– Trello (Atlassian) — це онлайн-інструмент для управління проектами та завданнями, який дозволяє створювати дошки, додавати завдання та розподіляти їх між учасниками команди;

– Jira (Atlassian) — це програмне забезпечення для управління проектами, що використовується для розробки програмного забезпечення, але також може бути корисним для інженерів. Воно дозволяє відстежувати задачі, помилки та збори звітів про прогрес;

– Basecamp — це онлайн-інструмент для управління проектами та комунікації між учасниками команди, який дозволяє відстежувати завдання, обговорювати їх та зберігати всю необхідну документацію.

1.2.4 3D-друкарки, як обладнання для виготовлення експериментальних авіаційних деталей

Це пристрої, які дозволяють створювати фізичні прототиби продуктів за допомогою нанесення шарів матеріалу на основі 3D-моделі.

– Ultimaker S5 (Ultimaker) — це професійна 3D-друкарка, яка дозволяє створювати якісні прототиби з високою роздільною здатністю;

- Formlabs Form 3 (Formlabs) — це промислова 3D-друкарка, яка використовує технологію лазерного захоплення, що дозволяє отримувати високоякісні деталі з різними матеріалами;
- MakerBot Replicator+ (MakerBot Industries) — це доступна вартісно 3D-друкарка, яка може бути використана для створення прототипів та деталей в невеликих обсягах;
- Stratasys J750 — це професійна 3D-друкарка з великим діапазоном матеріалів, яка дозволяє створювати реалістичні прототипи з точністю до кількох мікронів;
- Prusa i3 MK3S (Prusa Research) — це доступна 3D-друкарка, яка має високу точність та широкий діапазон матеріалів.

1.2.5 Системи аналізу даних при розробці деталей та вузлів авіаційної техніки та обладнання

Ці системи дозволяють збирати, зберігати та аналізувати дані, отримані під час виробництва та експлуатації продуктів. Це допомагає інженерам зрозуміти, які частини продукту потребують додаткової оптимізації або які параметри варто змінити для покращення функціональності та ефективності продукту.

- MATLAB (MathWorks) — це програмне забезпечення для наукових розрахунків та аналізу даних. Воно дозволяє інженерам моделювати та аналізувати дані, що допомагає виявляти помилки та здійснювати оптимізацію;

- ANSYS (ANSYS) — це програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання та аналізу даних. Воно дозволяє інженерам аналізувати фізичні процеси, що відбуваються в продуктах, та визначати їх характеристики.

- Tableau (Tableau Software) — це програмне забезпечення для візуалізації даних. Воно дозволяє інженерам легко аналізувати та відображати дані в

різних форматах, що допомагає зрозуміти потреби клієнтів та знайти шляхи їх задоволення;

– IBM Watson Analytics — це програмне забезпечення для аналізу даних, яке використовує штучний інтелект. Воно дозволяє інженерам знаходити тенденції та виявляти залежності між різними даними, що допомагає зрозуміти, які частини продукту потребують оптимізації;

– Hadoop — це програмне забезпечення для зберігання та обробки великих обсягів даних. Воно дозволяє інженерам аналізувати великі обсяги даних та знаходити корисну інформацію.

1.2.6 Електронні таблиці та програми для аналізу даних та корегування етапів розробки випробувального обладнання

Microsoft Excel (Microsoft) — електронна таблиця, що дозволяє інженерам створювати та аналізувати дані за допомогою різноманітних функцій та формул.

– MATLAB (MathWorks) — програма для чисельних обчислень та аналізу даних, яка широко використовується в інженерній та науковій сферах для моделювання та аналізу складних систем;

– Python — мова програмування, яка дозволяє інженерам створювати скрипти та програми для обробки та аналізу даних за допомогою різноманітних бібліотек, таких як NumPy та Pandas;

– R (The R Foundation) — мова програмування та середовище для статистичного аналізу даних, яке широко використовується в інженерній та науковій сферах для статистичного аналізу та візуалізації даних;

– Tableau (Tableau Software) — програма для візуалізації даних, яка дозволяє інженерам створювати різноманітні графіки та діаграми для аналізу та візуалізації даних.

– SAS — програма для статистичного аналізу даних, яка широко використовується в науковій та інженерній сферах для аналізу та візуалізації даних.

1.2.7 Моделі симуляції та аналізу ризиків при розробці виробів авіаційної техніки

Ці інструменти дозволяють інженерам створювати моделі та виконувати симуляції в режимі реального часу для визначення ризиків та визначення можливих проблем з продуктом до його виробництва. Це дозволяє уникнути можливих проблем під час виробництва та зменшити витрати на виробництво.

– AnyLogic — це програмне забезпечення для моделювання багатьох видів систем, включаючи інженерні та виробничі системи. Воно дозволяє виконувати різні види симуляцій, включаючи дискретно-подієві, системи масового обслуговування та агента-орієнтовані;

– Simulink — це програмне забезпечення для моделювання та симуляції систем різного рівня складності. Воно дозволяє інженерам створювати моделі, що складаються з різних елементів, і виконувати симуляції цих моделей, щоб визначити їх поведінку та ризики;

– Arena — це програмне забезпечення для моделювання та аналізу процесів бізнесу та виробництва. Воно дозволяє створювати моделі, що складаються з різних елементів, і виконувати симуляції цих моделей для визначення можливих ризиків та проблем з виробництвом;

– @RISK — це програмне забезпечення для аналізу ризиків, яке дозволяє інженерам створювати моделі ризиків та проводити аналіз, щоб визначити ймовірність відповідних ризиків та потенційних втрат виникають під час розробки та виробництва продукту;

– OpenFOAM (Open Field Operation and Manipulation) — це вільний програмний засіб для розрахунків гідродинамічних процесів на основі методу кінцевих елементів (CFD). Він використовується в різних галузях, включаючи автомобілебудування, нафту та газовидобування, енергетику, аерокосмічну промисловість та інші.

1.2.8 Інтернет-технології та хмарні сервіси зберігання інформації

Ці інструменти дозволяють інженерам працювати з даними та документами в режимі онлайн та зберігати їх на хмарному сервері. Це дозволяє більш ефективно обмінюватися даними та документацією між учасниками команди та зберігати їх у безпечному місці. Інтернет-технології та хмарні сервіси — це широке поняття, яке включає в себе безліч програм та сервісів. Ось декілька прикладів з їх назвами та коротким описом:

- Google Docs (Google) — безкоштовна хмарна програма, що дозволяє створювати та редагувати документи в реальному часі;
- Dropbox (Dropbox Inc.) — хмарний сервіс для збереження та синхронізації файлів між різними пристроями;
- Zoom (Zoom Video Communications) — популярна програма для відеоконференцій та віртуальних зустрічей;
- Slack (Slack Technologies) — комунікаційна платформа для командної роботи, яка дозволяє створювати та обговорювати завдання, обмінюватися файлами та інформацією.

1.2.9 Електронні книги як довідники при проектуванні випробувального обладнання

Ці інструменти надають доступ до різноманітної інформації, яка допомагає інженерам у розробці та виробництві продукту. Вони містять інформацію про стандарти, матеріали, компоненти та інші технічні характеристики, які допомагають інженерам приймати правильні рішення в процесі розробки та виробництва продукту. Ось декілька прикладів компаній-розробників електронних книг та довідників з технічної галузі:

- Knovel — компанія, що надає інженерам та науковцям доступ до технічної літератури, довідників, баз даних та іншої інформації для підтримки їх досліджень та розробок;

- Springer — видавництво, що надає доступ до технічних книг, наукових журналів та баз даних з різних галузей науки та техніки;

- Wiley — видавництво, що спеціалізується на технічній літературі та наукових виданнях;

- Elsevier — видавництво, що надає доступ до технічних книг та наукових журналів з різних галузей науки та техніки;

- ASTM International — організація, що розробляє стандарти та довідники з різних галузей науки та техніки, включаючи матеріали, компоненти та інші технічні характеристики;

- IHS Markit — компанія, що надає доступ до технічних книг, стандартів, довідників та інших інформаційних ресурсів з різних галузей науки та техніки;

- CRC Press — видавництво, що спеціалізується на технічній літературі та наукових виданнях з різних галузей науки та техніки.

1.3 Розгляд ролі інформаційного забезпечення в інженерно-конструкторській сфері

Інформаційне забезпечення (ІЗ) є важливим для інженерно-конструкторської сфери, оскільки вона вимагає високої точності, ефективності та продуктивності [19-21]. ІЗ включає в себе збір, обробку, зберігання, передачу та використання інформації, що стосується проєктів та продуктів, що розробляються.

Один з основних аспектів ІЗ в інженерно-конструкторській сфері — це підтримка проєктування та розробки продуктів. Це означає, що ІЗ повинно забезпечувати доступність всієї потрібної інформації, яка необхідна для успішної реалізації проєкту, включаючи специфікації, креслення, розрахунки та інші технічні документи [22-27]. Для цього можуть використовуватися різноманітні інструменти ІЗ, такі як системи управління даними, електронні таблиці, програми для проєктування тощо.

Іншим важливим аспектом ІЗ є забезпечення зручного та швидкого спілкування між членами команди, що працюють над проєктом. Це може здійснюватися за допомогою електронної пошти, месенджерів, Online-систем збору зворотного зв'язку та інших засобів комунікації.

ІЗ також включає в себе моніторинг та аналіз продуктивності проєктів, що дозволяє виявляти проблемні місця та вдосконалювати робочі процеси [28]. Для цього можуть використовуватися інструменти аналізу даних, статистичні програми та інші.

Крім того, ІЗ в інженерно-конструкторській сфері також дозволяє забезпечити якість та безпеку продуктів, що розробляються. Для цього можуть використовуватися інструменти тестування та валідації, які дозволяють перевірити, чи відповідає продукт заданим вимогам та чи є він безпечним для використання.

Окрім того, ІЗ дозволяє забезпечити ефективне управління проєктами та ресурсами. Для цього використовуються системи управління проєктами, які дозволяють планувати роботу, визначати терміни та ресурси, оцінювати ризики та визначати пріоритети.

Нарешті, ІЗ також дозволяє забезпечити ефективний процес управління знаннями. Знання та досвід, набуті в процесі розробки та виробництва продуктів, можуть бути збережені та передані наступним поколінням співробітників, що дозволяє забезпечити сталість та зростання компанії [29].

Отже, можна зробити висновок, що ІЗ є надзвичайно важливим для інженерно-конструкторської сфери, оскільки допомагає забезпечити ефективну роботу команди, покращити якість та безпеку продуктів, ефективно управляти проєктами та ресурсами та забезпечити сталість та зростання компанії.

1.4 Етапи проєктування та розробки випробувального обладнання

Проєктування та розробку випробувального обладнання можливо розбити на три основні етапи: збір та аналіз вимог; створення проєкту випробувального обладнання [30-35], розробка технічних креслеників та документації щодо експлуатації.



Рисунок 1.2 – Схема етапів проектування та розробки випробувального обладнання

1.4.1 Збір та аналіз вимог

Для більш зручної роботи виділяють три блоки вимог:

- функціональні;
- технічні;
- експлуатаційні.

Функціональні вимоги в першу чергу містять інформацію щодо сумісності з системами випробувального виробу (зв'язок з інтерфейсами, розуміння протоколів і сигналів, сумісність з різними типами обладнання, надійність зв'язку і передачі даних); точності вимірювання (надійність результатів, ефективність та економія ресурсів, дотримання стандартів, довіра до результатів) та можливість автоматизації процесу випробування (автоматичний збір даних, керування тестовими процесами, аналіз результатів).

До технічних вимог відносять вимоги стійкості до впливу навколишнього середовища (можливість роботи обладнання при нормальних та екстремальних умовах: температура, вологість, вібрації) [36-38]; вимоги до безпеки (відповідність стандартам безпеки, мінімізація ризиків, перевірка та сертифікація, навчання та інструктаж персоналу) [39-42]; модульності та розширюваності випробувального обладнання (модульність, розширюваність, гнучкість конфігурації, стандартизація інтерфейсів).

Експлуатаційні вимоги містять інформацію про легкість використання (інтуїтивний інтерфейс, ергономічний дизайн, простота налаштування та налагодження, документація та підтримка, безпека користувача), надійність (стійкість до використання, профілактика та технічне обслуговування, дублювання та резервування, тестування перед використанням, моніторинг та відслідковування стану) [43-48], підтримку та обслуговування (технічна підтримка, швидке виправлення помилок, регулярне технічне обслуговування, оновлення та покращення, навчання та підтримка персоналу).

1.4.2 Створення проєкту випробувального обладнання

Початком розробки проєкту становить створення концепційної схеми, яка включає в себе детальне проєктування схем та розробка функціональності обладнання, які дозволяють візуалізувати конструкцію та принцип роботи, а також визначитися з основними компонентами та їх взаємодіями:

Під час створення високорівневих схем визначаються принципи роботи обладнання, тобто описуються методи вимірювання, обробки даних, керування [49,50], а також взаємодії компонентів при забезпеченні необхідних функцій (програмне забезпечення, механізми тощо).

Заключним етапом при створенні концепційного проєкту випробувального обладнання є комп'ютерне модулювання яке дозволить не тільки повністю візуалізувати дизайн але і перевірити працездатність під час емуляцій випробування. За допомоги спеціалізованого програмного забезпечення (створення тривимірних моделей, проведення різних видів аналізів і моделювання робочих процесів) можливо виявити неточності при складанні та використуванні обладнання.

На етапі створення концепційної схеми проєкту використовуються різні програмні забезпечення CAD та CAE-систем серед яких виділяється найбільш популярний і потужний інструмент – SolidWorks (Dassault Systemes) [51-53], який широко використовується в інженерії та промисловості, забезпечуючи повний набір інструментів для розробки, моделювання, аналізу та документування проєктів.

SolidWorks має потужні інструменти для створення складної геометрії, що дозволяють створювати компоненти з вигнутими поверхнями і складними профілями, а вбудовані бібліотеки стандартних компонентів дозволяють швидко додавати необхідні елементи до моделей. Створення складань з окремих компонентів дозволяє визначати взаємне розташування і з'єднання компонентів, створюючи багаторівневі складання. Важливим аспектом є перевірка

складань на наявність зіткнень між компонентами за допомогою інструмента Collision Detection, а також аналіз допусків і зазорів між компонентами для забезпечення точності і правильності монтажу.

SolidWorks включає інструменти для структурного аналізу, що дозволяють моделювати і аналізувати напруження, деформації, стійкість та інші механічні характеристики компонентів і збірок. Проводиться як статичний, так і динамічний аналіз, що дозволяє оцінити поведінку конструкції під різними навантаженнями. Для теплового аналізу використовується Thermal Analysis, що дозволяє моделювати розподіл температур і теплові потоки в компонентах і збірках. Інструмент Flow Simulation дозволяє моделювати потоки рідин і газів, що важливо для проектування систем, які працюють у середовищах з високою швидкістю потоку або агресивними рідинами.

Створення технічної документації у SolidWorks включає розробку детальних двовимірних креслень з тривимірних моделей. Це включає вигляди, розрізи, деталі, анотації, розміри і таблиці специфікацій. Креслення автоматично оновлюються при внесенні змін у тривимірні моделі [54], що забезпечує їх актуальність і точність. SolidWorks дозволяє автоматично створювати списки матеріалів (BOM) для збірок, включаючи всі необхідні компоненти і їх кількість, і експортувати їх у різні формати, такі як Excel, CSV, PDF.

SolidWorks PDM дозволяє керувати всіма даними проекту, включаючи моделі, креслення, документи і специфікації, забезпечуючи контроль версій, відстеження змін і спільну роботу над проектами. Програмне забезпечення підтримує імпорт і експорт даних у різні формати, такі як STEP, IGES, STL, DWG, DXF, що дозволяє легко інтегруватися з іншими CAD/CAE системами і виробничим обладнанням. Можливість використання API для автоматизації завдань і інтеграції з іншими програмами та системами забезпечує додаткову гнучкість і ефективність.

1.4.3 Виготовлення прототипу та проведення випробувань

Виготовлення прототипу та випробування його функціональності є одним з етапів у розробці нових технологій або виробів. На цьому етапі створюють перші робочі зразки, які потім тестуються для оцінки їх ефективності та надійності.

Процес виготовлення прототипу включає вибір відповідних матеріалів та компонентів [55], збірку та програмування (за потреби). Після створення прототипу проводяться тести, щоб перевірити його роботу в реальних умовах. Ці тести включають функціональні та навантажувальні випробування, оцінку міцності та стабільності.

Результати тестування допомагають ідентифікувати потенційні проблеми та вносяться відповідні зміни до конструкції виробу або технології його виготовлення. Крім того, зворотній зв'язок від випробувачів грає важливу роль у вдосконаленні прототипу. Після успішного завершення цього етапу прототип готовий для подальшого виробництва або додаткового тестування перед випуском на ринок.

1.4.4 Підготовка до введення випробувального обладнання в експлуатацію

Перед введенням випробувального обладнання в експлуатацію проводяться ряд заходів для забезпечення його ефективності та безперебійної роботи:

- здійснюється остаточна перевірка та налаштування обладнання (технічне обслуговування, перевірка належного підключення та випробування всіх функцій);

- навчання персоналу, який буде використовувати це обладнання (ознайомлення з правильною експлуатацією, безпекою при роботі та процедурами технічної підтримки);
- підготовка необхідної документації (настанови щодо експлуатації протоколи тестування) для забезпечення систематичного підходу до використання обладнання та відстеження його роботи;
- створення плану підтримки та обслуговування, щоб забезпечити продовжену та ефективну роботу обладнання в майбутньому [56-61].

2 УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТОМ СТВОРЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ПРИКЛАДІ SOLIDWORKS PDM

2.1 Дослідження впливу ІЗ на ефективність роботи інженерів-конструкторів

Дослідження впливу ІЗ на ефективність роботи інженерів-конструкторів є актуальною темою, оскільки в сучасному технологічному середовищі роль інформації стає все більш важливою для успішної роботи фахівців у багатьох галузях, зокрема в інженерній сфері.

ІЗ включає в себе використання різних інформаційних технологій, програмного забезпечення, баз даних, комунікаційних засобів та інших ресурсів для збору, обробки, зберігання та передачі інформації. В контексті роботи інженерів-конструкторів, ІЗ може включати CAD/CAM системи, моделювання і симуляцію, бази знань, електронну документацію та інші інструменти.

Дослідження впливу ІЗ на ефективність роботи інженерів-конструкторів може розглядати декілька аспектів:

- збільшення продуктивності. Наприклад, використання CAD/CAM систем дозволяє швидше створювати та редагувати проекти створення випробувального обладнання авіаційної техніки, проводити аналіз, оптимізацію та симуляцію перед виробництвом.

- покращення якості продукту. Застосування інструментів моделювання і симуляції дозволяє інженерам перевірити різні варіанти дизайну та прогноз вплив різних факторів на характеристики продукту, такі як міцність, надійність, ефективність тощо. Це дозволяє виявити потенційні проблеми та вносити вдосконалення ще на етапі проєктування.

- спільна робота і комунікація. ІЗ допомагає інженерам-конструкторам здійснювати спільну роботу та ефективно спілкуватися між собою та техно-

логами. Використання спеціалізованих програмних засобів, електронних систем управління документами та спільних платформ сприяє обміну інформацією, спільному доступу до проєктних даних, співпраці над проєктами в реальному часі тощо.

– збереження знань та досвіду. Це може бути реалізовано через створення баз даних знань, електронних бібліотек, документації проєктів, а також використання систем управління знаннями. Це дозволяє забезпечити доступ до цінної інформації та досвіду навіть після виходу фахівця на пенсію або зміни робочого місця.

– аналіз та покращення процесів. Збір та аналіз даних про продуктивність, часові рамки, витрати ресурсів тощо дозволяє виявити можливі шляхи оптимізації та підвищення ефективності роботи інженерів-конструкторів.

2.2 Аналіз прикладу використання ІЗ в створенні проєктів випробувального обладнання

Основна мета комунікації між конструктором та технологом полягає в тому, щоб переконатися, що проєкт розроблено відповідно до вимог технічних умов, а виробництво може виготовити його з високою якістю та ефективністю. SolidWorks є програмним забезпеченням, яке дозволяє забезпечити ефективну комунікацію між конструктором та технологом [62].

Основні модулі SolidWorks, які використовуються під час розробки та виготовлення виробів, включають в себе:

– модуль механічного конструювання — цей модуль дозволяє конструктору створювати та редагувати 3D-моделі випробувального обладнання. Після створення 3D-моделі, конструктор може експортувати її у форматі STEP або JT, щоб передати її технологю для подальшої обробки;

– модуль планування виробництва — модуль який дозволяє технологу розробляти оптимальні послідовності операцій для виготовлення деталей авіадвигуна. Технолог може створювати робочі операції для кожної деталі та виконувати розрахунки часу, необхідного для їх виготовлення;

– модуль інструментального проєктування — цей модуль дозволяє технологу створювати та редагувати інструментальні шаблони та керувати їх використанням під час виробництва. Технолог може створювати різні інструменти, такі як фрези, свердла та різці, для виготовлення деталей авіадвигуна;

– модуль управління якістю — дозволяє контролювати якість деталей та виробничих операцій під час виготовлення випробувального обладнання авіаційної техніки. Технолог може створювати плани якості, контролювати вимоги до деталей та виробничих операцій та здійснювати відповідні вимірювання та перевірки якості.

З метою забезпечення ефективної комунікації між конструктором та технологом, рекомендується використовувати такі етапи та інструменти:

– обговорення технічних умов — на цьому етапі конструктор та технолог повинні обговорити всі технічні вимоги до проєкту та визначити основні етапи проєктування та виробництва.

– розробка 3D-моделі — на цьому етапі конструктор створює 3D-модель виробу та передає її технологу для подальшого аналізу та обробки.

– розробка послідовності операцій — на цьому етапі технолог використовує модуль планування виробництва для розробки оптимальної послідовності операцій для виготовлення деталей виробу.

– розробка інструментальних шаблонів — на цьому етапі технолог використовує модуль інструментального проєктування для розробки інструментів для виготовлення деталей.

– контроль якості — на цьому етапі технолог використовує модуль управління якістю для контролювання якості деталей та виробничих операцій.

– зворотний зв'язок — після кожного етапу конструктор та технолог повинні обговорювати результати та вносити необхідні зміни для покращення ефективності та якості проектування та виробництва.

Отже, забезпечення ефективної комунікації між конструктором та технологом важливо для успішного проектування та виробництва випробувального обладнання авіаційної техніки. Використання програмного забезпечення SolidWorks та його модулів допоможе поліпшити якість проектування та виробництва, зменшити час та витрати на виготовлення деталей та скоротити час випуску продукції на ринок.

При використанні програмного забезпечення SolidWorks конструктор та технолог зможуть працювати в одному інтерфейсі, що дозволить їм швидко обмінюватися інформацією та зменшити кількість помилок через ручне введення даних.

Крім того, SolidWorks дозволяє забезпечити цілісність даних на різних етапах виробництва, від проектування до виробництва та контролю якості. Це забезпечує однорідність даних та запобігає помилкам, що можуть виникнути при передачі даних між різними програмами.

Крім модулів, які були згадані раніше, SolidWorks містить багато інших модулів, які можуть бути корисні при проектуванні та виробництві виробів, наприклад, модуль аналізу напружень, модуль прогнозування термінів виготовлення деталей, модуль монтажу деталей та інше.

Отже, використання програмного забезпечення SolidWorks та його модулів є важливим для забезпечення ефективної комунікації між конструктором та технологом та покращення якості проектування та виробництва виробів.

2.3 PDM система, та її вплив на комунікацію між конструктором та технологом при створенні випробувального обладнання

PDM (Product Data Management) — система управління даними виробу, яка забезпечує управління всією інформацією про виріб де в якості виробів можуть розглядатися різні складні технічні об'єкти.

2.3.1 Програмне забезпечення SolidWorks PDM

В рамках цього дослідження було розглянуто PDM-систему SolidWorks PDM. Це програмне забезпечення від компанії Dassault Systèmes призначене для управління даними про продукт на всіх етапах його життєвого циклу. SolidWorks PDM інтегрується з CAD-системою SolidWorks, але також може функціонувати самостійно для керування даними.

SolidWorks PDM надає:

- центральне і безпечне місце для зберігання CAD-файлів, креслень та іншої документації;
- інструменти для відстеження і керування версіями файлів, що гарантує доступ до актуальних даних;
- механізми контролю доступу, що дозволяють адміністраторам визначати права користувачів на перегляд, редагування чи видалення файлів;
- можливість автоматизації робочих процесів, включаючи процеси схвалення, перегляду та розповсюдження документів;
- потужні інструменти для пошуку і отримання даних, що прискорює роботу в великих базах даних.

Інтеграція SolidWorks PDM з SolidWorks CAD забезпечує автоматичну синхронізацію метаданих між системами, що сприяє актуальності даних для

всієї команди. Це дозволяє користувачам безпосередньо з інтерфейсу CAD отримувати доступ до PDM-функцій.

2.3.2 SolidWorks PDM, та її вплив на комунікацію між конструктором та технологом

SolidWorks PDM має значний вплив на комунікацію між конструкторами та технологами у наступні аспекти:

- централізоване зберігання даних, де надається єдине місце для зберігання всіх даних про продукт, включаючи 3D-моделі, креслення, специфікації, технологічні процеси тощо та дозволяє конструкторам та технологам працювати з актуальною та однорідною інформацією, що сприяє ефективній комунікації;

- конструктори та технологи можуть одночасно працювати над проектом у SolidWorks PDM, отримуючи доступ до потрібних даних, що знижує час на передачу інформації між сторонами та дозволяє вирішувати питання швидко, уникнувши затримок у комунікації;

- надає можливість додавати коментарі та вести обговорення безпосередньо до конкретних елементів проекту, що спрощує комунікацію між конструкторами та технологами, оскільки вони можуть обмінюватися ідеями, рекомендаціями та вказівками безпосередньо в контексті проекту;

- зберігається повна історія змін даних проекту, зокрема моделей, креслень та інших документів, дозволяючи конструкторам та технологам відстежувати всі зміни, вносити коментарі та продовжувати роботу з останніми версіями даних, а це допомагає уникнути непорозумінь та конфліктів, оскільки всі сторони можуть відстежувати хід розробки та бачити, які зміни були внесені;

– SolidWorks PDM дозволяє створювати завдання, вказувати терміни та відповідальних осіб, таким чином сприяючи на більш організований робочий процес між конструкторами та технологами, а також дозволяє відстежувати прогрес виконання завдань при проектуванні випробувального обладнання авіаційної техніки;

– В SolidWorks PDM підтримується можливість візуалізації 3D-моделей прямо в системі та спільного редагування цих моделей, що дозволяє конструкторам та технологам взаємодіяти з моделями, обговорювати зміни та вносити корективи безпосередньо в процесі співпраці.

2.4 Оформлення та управління проєкту у програмному забезпеченні SolidWorks PDM

Перед початком роботи з SolidWorks PDM резервується місце на сервері у вигляді папки з назвою проєкту, а також долучаються розробники, які будуть мати дозвіл до роботи з цими файлами.

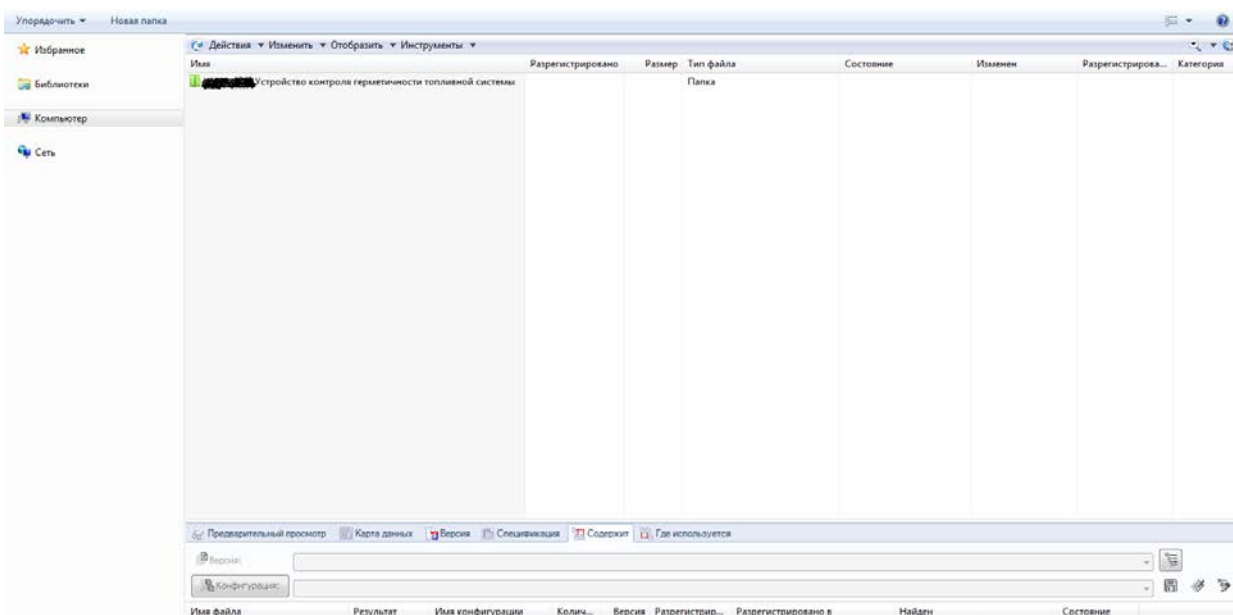


Рисунок 2.1 – Етап резервування місця проєкту на сервері

Під час розробки проекту до цієї папки долучається вся інформація: технічне завдання замовника з додатками до нього; опис випробувального виробу та методика його випробування; прототипи або аналоги інших подібних проектів; інформація по покупним комплектуючим та ЗВТ; безпосередньо робочі файли 3D-моделей та їх кресленики, виконані у SolidWorks CAD.

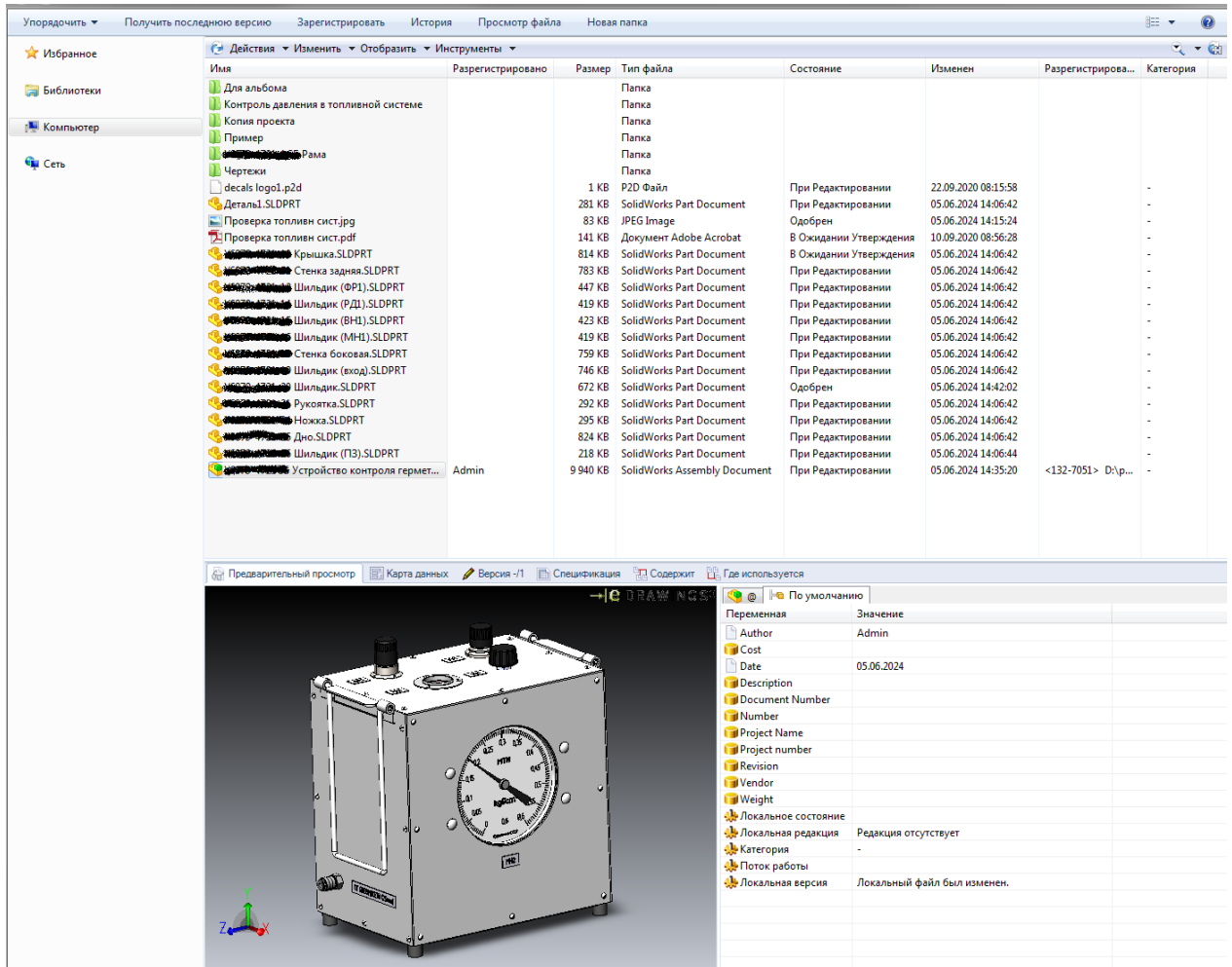


Рисунок 2.2 – Приклад наповнення папки проекту розробки випробувального обладнання авіаційної техніки

Під час роботи над проектом створення випробувального обладнання конструктори постійно змінюють конструкцію деталі та складальних одиниць. На цей період файли знаходяться на сервері, але їх бачить лише розробник. Для контролю та подальшого використання окремих деталей іншими розробниками необхідно провести реєстрацію файлу в системі SolidWorks

PDM (дивись Рисунок 2.3). Після реєстрації кожен з групи розробників та керівник проекту має доступ до файлу, що дозволить його використання для подальших етапів проектування обладнання або для контролю.

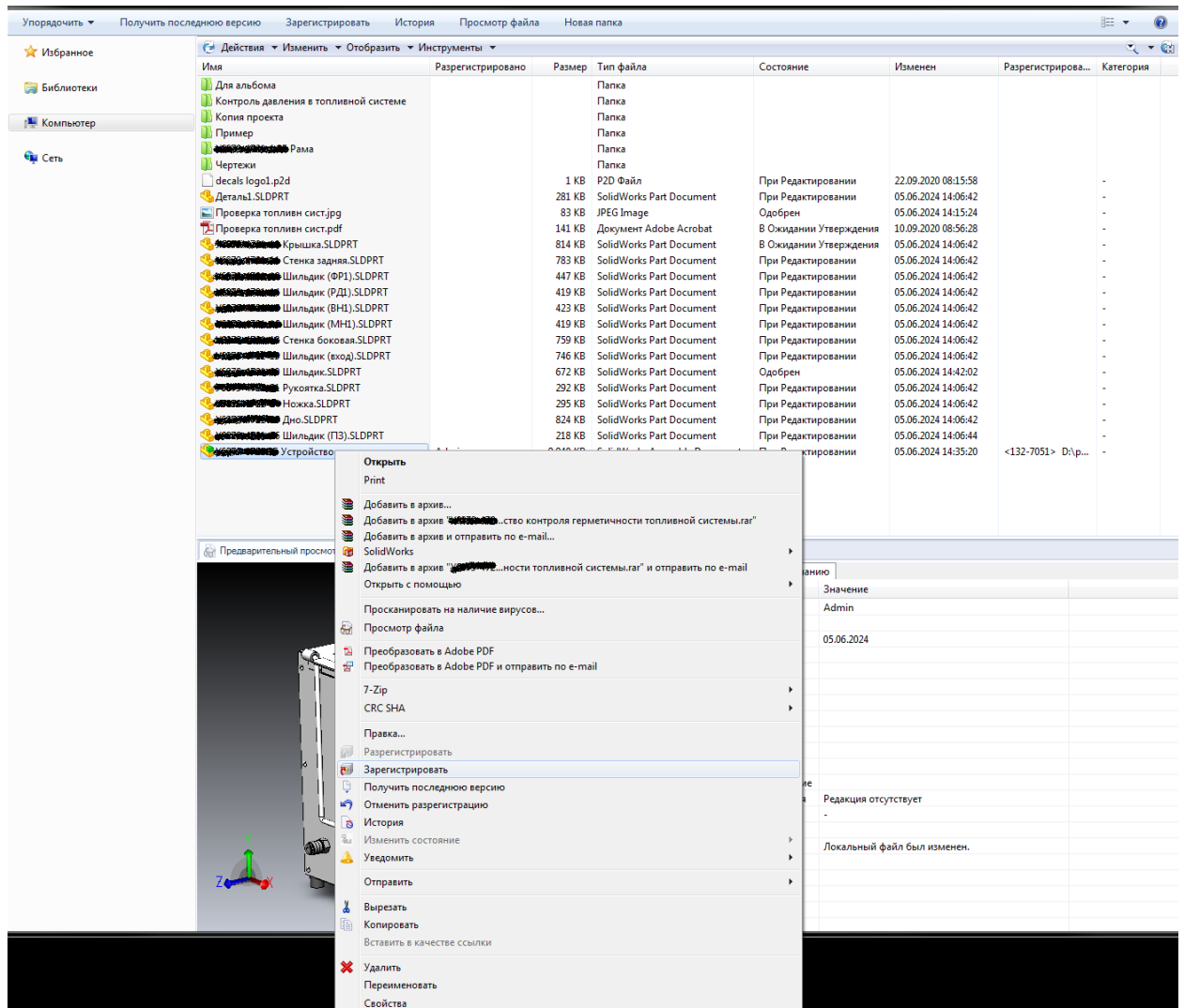


Рисунок 2.3 – Етап реєстрації файлу в системі SolidWorks PDM

У випадку необхідності редагування файлу: внесення конструктивних змін розробником або оформлення зауважень, проводиться розреєстрація файла (може виконувати або розробник або керівник проекту). В системі фіксується час та ким була проведена розреєстрація (дивись п.1 Рисунок 2.4). В системі формується номер версії файлу надаючи йому позначку «1»/«1» – «локальна версія»/«остання версія».

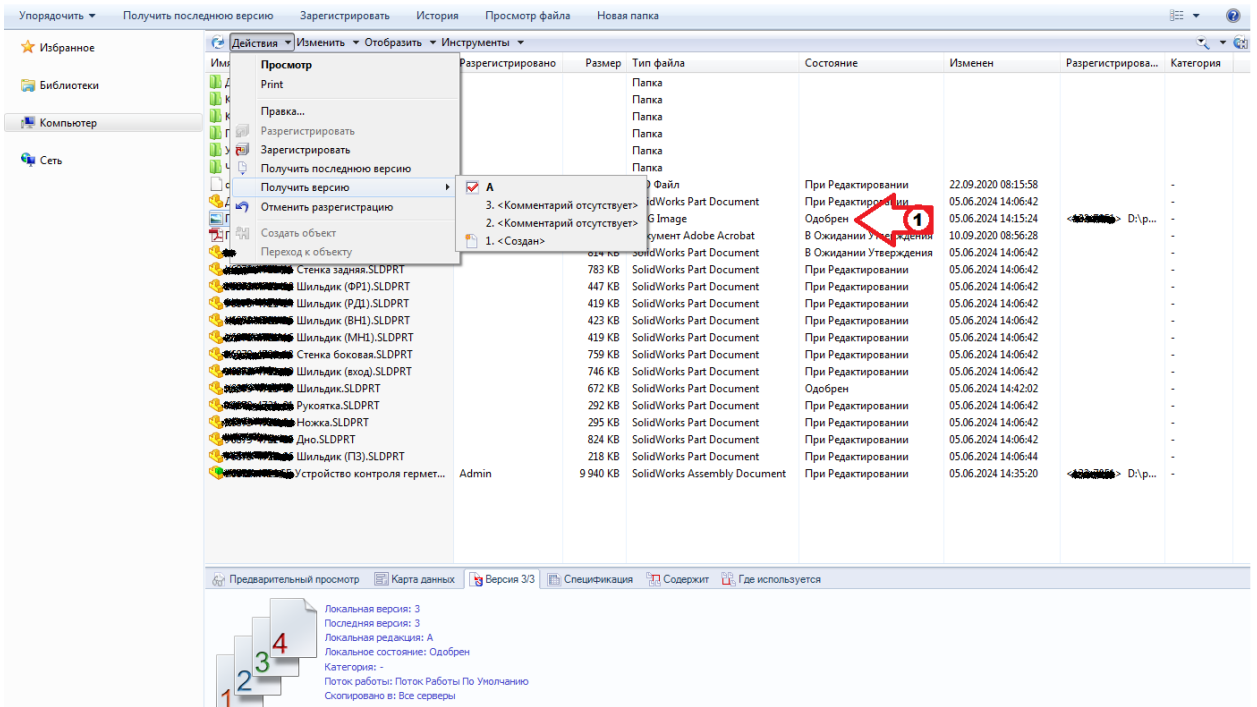


Рисунок 2.5 – Робота з версіями файлу 3D-моделі деталі авіаційної техніки

Останнім етапом проектування є перевірка проекту та узгодження його керівником через відповідне меню (дивись п.2 Рисунок 2.4), яке має два варіанти «Узгоджено» та «Не потребує узгодження». Перша відмітка відноситься до робочих файлів 3D-моделей та їх кресленників, а друга відмітка для позначення допоміжної інформації. Якщо деякі файли не отримають одну чи іншу відмітку, то проект система не завершить і не зможе надати доступ для подальших робіт з нею, а саме для надання доступу робітникам інших структур (технологам, метрологам тощо). Приклад позначки «Узгоджено» вказано на Рисунок 2.5. Доступ до інформації для сторонніх підрозділів дасть можливість прискорити оформлення інших документів для атестації та сертифікації продукції [63, 64].

Однією з ключових моментів оформлення проекту у SolidWorks PDM є заповнення картки даних (дивись Рисунок 2.6) яка містить інформації про сам файл (назва, позначення), розробника, основні характеристики випробувального обладнання авіаційної техніки (деталі або складальної одиниці) тощо.

Частково інформація береться з файлу але певна частина вноситься безпосередньо в SolidWorks PDM, що призводить до появи механічних помилок та збільшення часу на проєкті.

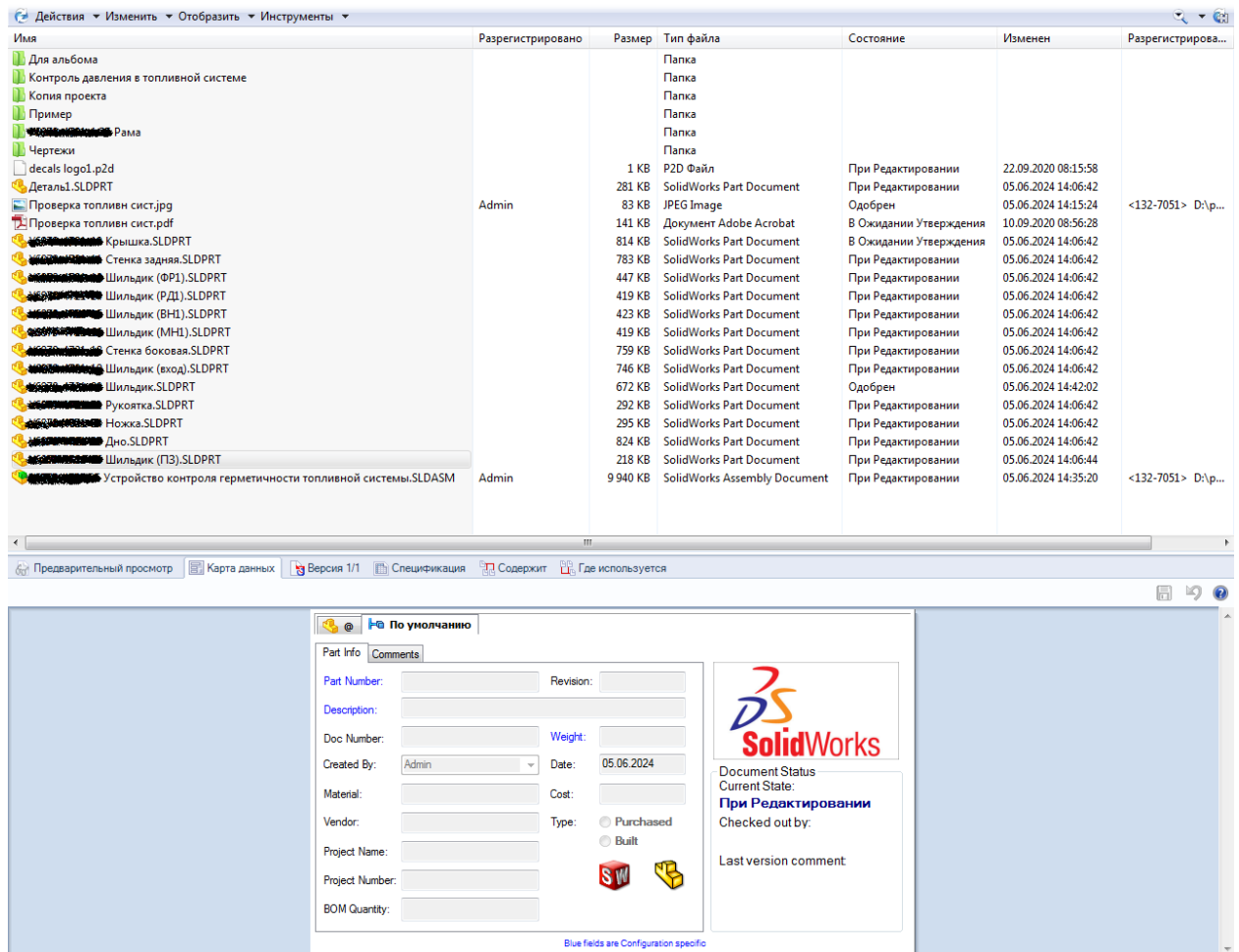


Рисунок 2.6 – Картка даних проєкту у системі SolidWorks PDM при створенні випробувального обладнання

Все вище сказане підштовхнуло до розробки макросів для SolidWorks CAD, які дозволили автоматизувати внесення даних, та розширити можливості комунікації між конструктором та технологом, дозволяючи автоматично передавати данні через систему SolidWorks PDM [65-73].

2.5 Додаткові макроси, розроблені для прискорення роботи та підвищення комунікації конструктора та технолога

Під час роботи з системою SolidWorks PDM та отримання досвіду виявилися недоліки в програмному забезпеченні, а саме необхідності введення даних під час завантаження файлів. Для забезпечення більш орієнтованості до користувача, а саме зменшення часу на механічні роботи (введення даних та їх постійний контроль) були розроблені певні макроси, які полегшили етапи заповнення даних SolidWorks PDM. Під час розробки макросів були враховані потреби певного підприємства у веденні документації відповідно до стандартів підприємства та вимог єдиного стандарту конструкторської документації.

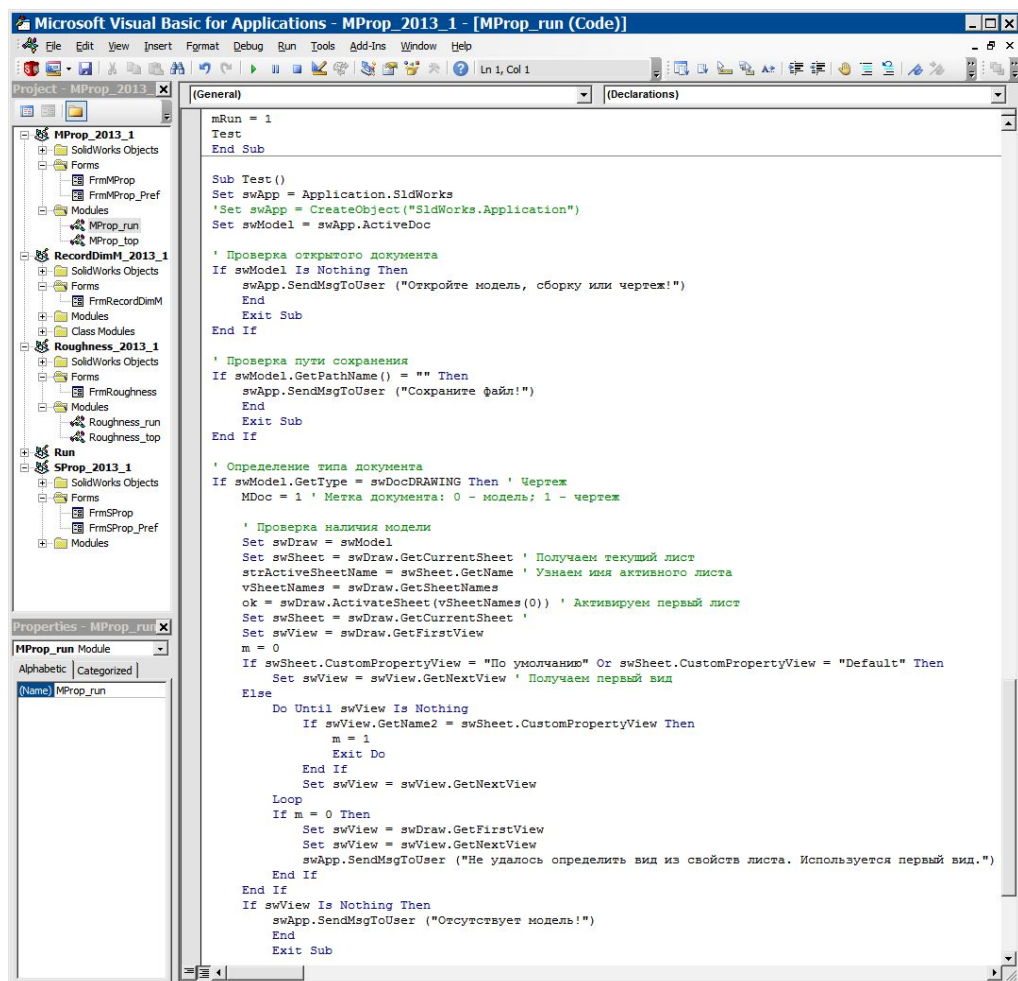


Рисунок 2.7 – Етап адаптації макросу для оформлення креслеників випробувального обладнання

Пакет макросів використовується при роботі в САПР SolidWorks та призначений для полегшення роботи конструктора з оформлення конструкторської документації [76,77].

Пакет макросів розрахований на використання в невеликому конструкторському колективі, що працює з PDM або PDM без вбудованого генератора текстових документів наприклад PDMWorks.

Окремі макроси з цього комплекту мають меню з налаштуваннями, що зберігаються в файлах *.ini. Дані параметри дозволяють включати\відключати різні додаткові опції, що впливають на роботу макросів [78]. Тобто. креслення чи специфікація, оформлені з допомогою даного комплекту макросів, може бути відкриті і навіть відредаговані на комп'ютері без встановлених макросів. Розглянемо деякі вікна макросів.

Макрос вводу основних даних та параметрів (дивись Рисунок 2.8), який відбувається пуд час модулювання деталі. Ведена інформація стає невідокремленою частиною основного файлі і подалі використовується у програмному забезпеченні SolidWorks PDM, формуючи базу.

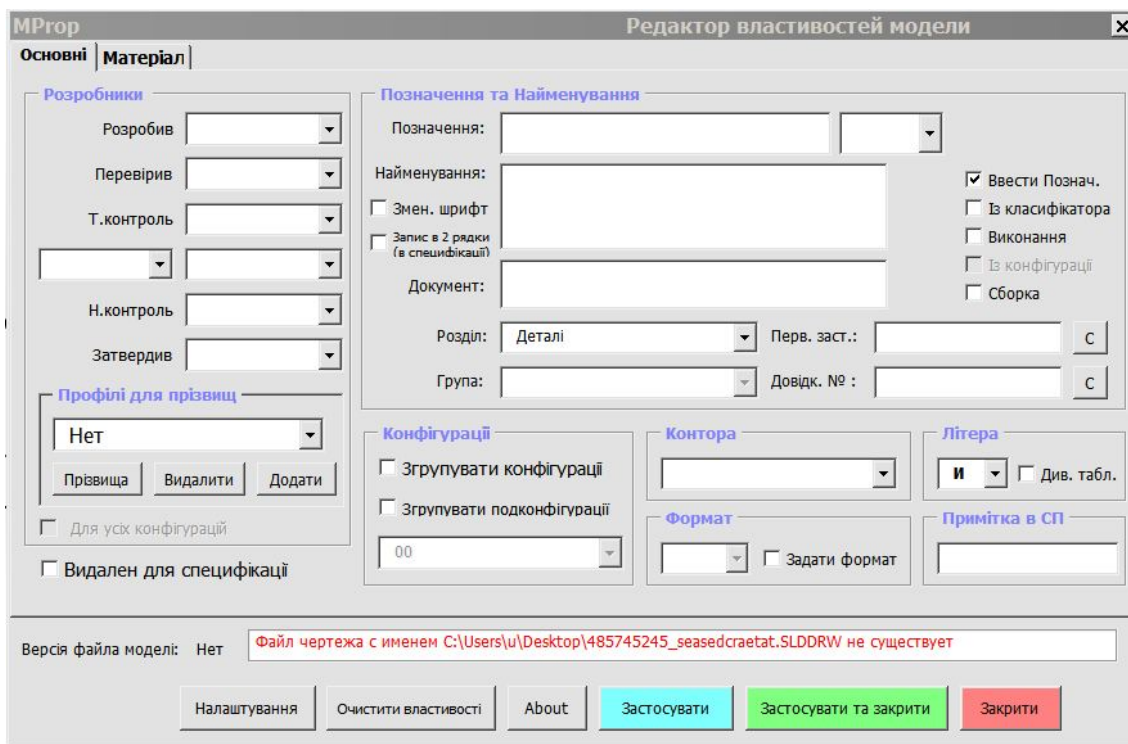


Рисунок 2.8 – Макрос вводу основних даних при проектуванні випробувального обладнання авіаційної техніки

Такий макрос зменшив об'єм помилок під час оформлення документації. Під час написання макросу були задоволені вимоги не тільки конструкторів, але і технологів, інформація, що вводиться використовується не тільки у креслениках конструкторі але і в технологічних картах, а саме данні на закладці «Матеріали» (дивись Рисунок 2.9).

Рисунок 2.9 – Макрос вводу матеріалів та характеристик

Макрос оформлення технічних вимог до креслеників (дивись Рисунок 2.10) надає можливість не тільки зберігати основні вимоги, але і швидко їх змінювати, що дозволило скоротити час їх оформлення за рахунок їх вибору з бази даних, а також уніфікації фраз, що полегшує їх розуміння у виробництві.

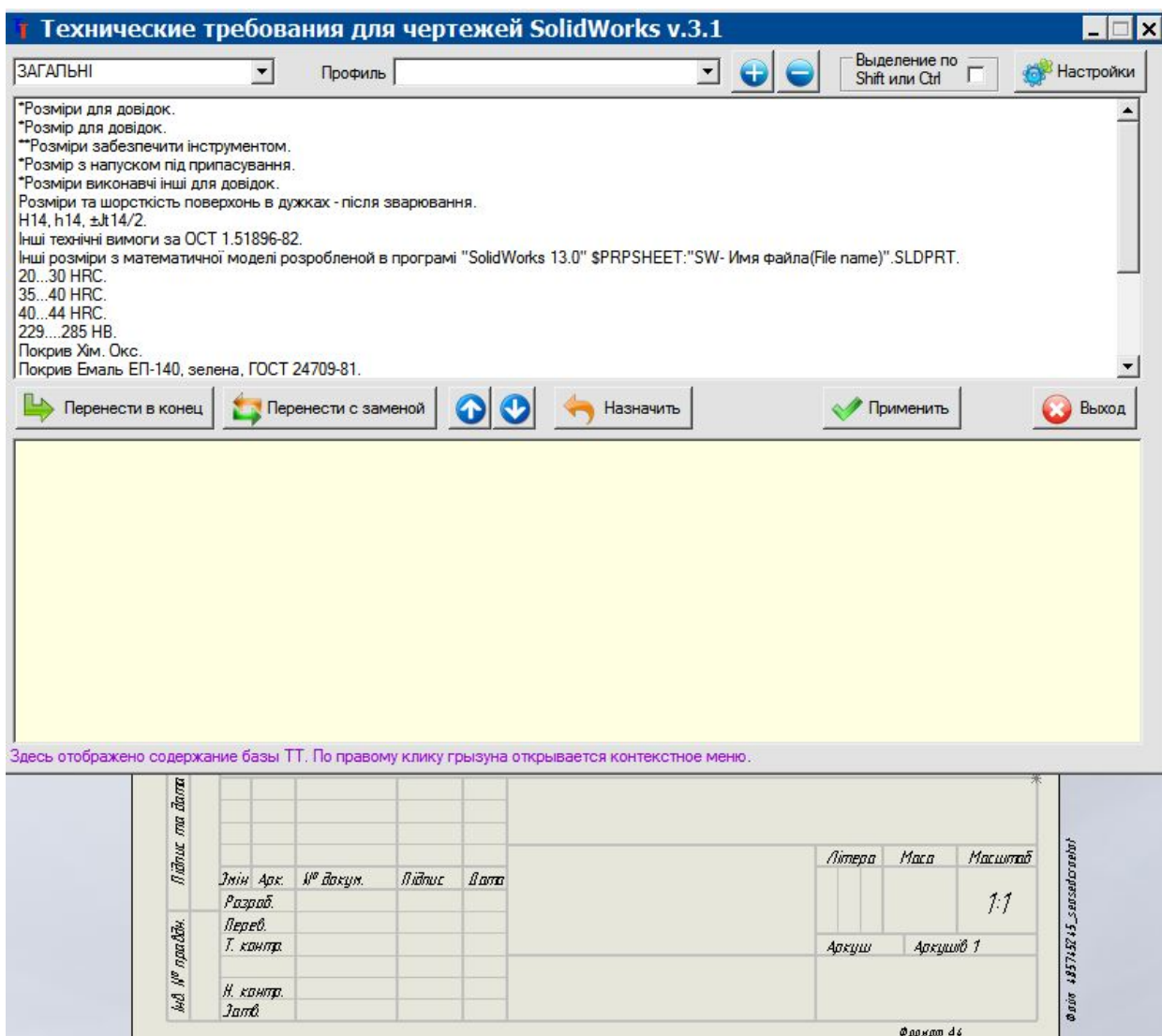


Рисунок 2.10 – Макрос роботи з технічними вимогами до випробувального обладнання

Макрос оформлення розміру (дивись Рисунок 2.11) – це унікальний макрос, що дозволив полегшити роботу у SolidWorks безпосередньо, забезпечивши виконання вимог до стандартів підприємства, що також скоротив час оформлення конструкторської документації.

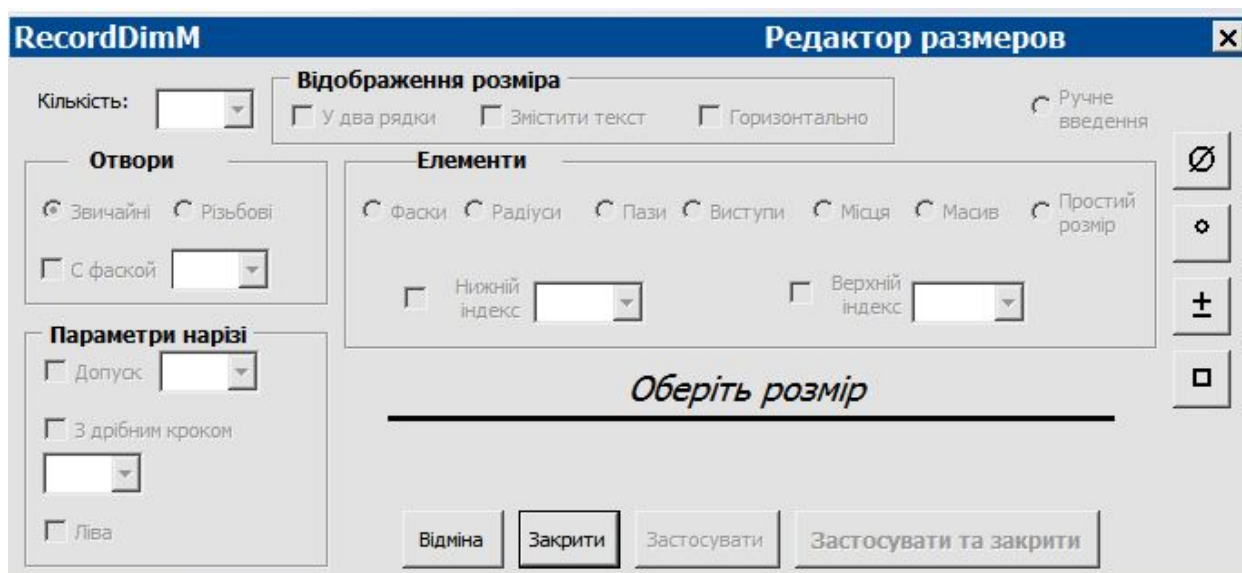


Рисунок 2.11 – Макрос доопрацювання розмірів при оформленні креслеників випробувального обладнання

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи було встановлено, що успішна інтеграція між системами автоматизованого проєктування та управління даними про продукт є ключовим аспектом розробки продукції. Від цього залежить час, необхідний для швидкого і якісного переходу від етапу проєктування до етапу виробництва.

Було досліджено питання інтеграції на основі PDM-системи SolidWorks PDM. Виявлено, що для підприємств з невеликим конструкторським колективом, які використовують PDM або PDM без вбудованого генератора текстових документів, наприклад PDMWorks, існує проблема складності комунікації між конструктором і технологом, а також контролю актуальних версій файлів у проєктах.

Для вирішення цієї проблеми було розроблено макроси для SolidWorks CAD, що забезпечують взаємодію між конструкторською документацією, системою SolidWorks PDM та технологічною документацією. Це дозволяє виконувати колективне проєктування нових виробів і зберігати їх у системі PDM.

Інтеграція була здійснена між CAD-системою SolidWorks та PDM-системою SolidWorks PDM. Для зручності користувачів було забезпечено можливість комплексного встановлення макросів через системне завантаження у SolidWorks. Для використання розробленої системи необхідно, щоб на комп'ютері було встановлено програмне забезпечення SolidWorks CAD і SolidWorks PDM.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. SolidWorks PDM: URL: <https://www.solidworks.com/product/solid-works-pdm> (дата звернення: 03.05.2024)
2. Система автоматизованого проєктування SolidWorks: URL: <https://www.solidworks.com/product/solidworks-3d-cad> (дата звернення: 03.05.2024)
3. **Anderson, J.D.** Aircraft Performance and Design [Text]/ J.D. Anderson // McGraw-Hill. – 1999.
4. **Cook, M.V.** Flight Dynamics Principles: A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control [Text]/ M.V. Cook // Butterworth-Heinemann. – 2007.
5. **Etkin, B., Reid, L.D.** Dynamics of Flight: Stability and Control [Text]/ B. Etkin, L.D. Reid // John Wiley & Sons. – 1995.
6. **Nelson, R.C.** Flight Stability and Automatic Control [Text]/ R.C. Nelson // McGraw-Hill. – 1998.
7. **Roskam, J.** Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls [Text]/ J. Roskam // DARcorporation. – 2007.
8. **Niu, M.C.Y.** Airframe Structural Design: Practical Design Information and Data on Aircraft Structures [Text]/ M.C.Y. Niu // Conmilit Press Ltd. – 1997.
9. **Sadraey, M.H.** Aircraft Design: A Systems Engineering Approach [Text]/ M.H. Sadraey // Wiley. – 2012.
10. **Петренко В. В.** Сучасні методи інженерного аналізу / В. В. Петренко. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018.
11. **Коваленко О. С.** Теорія та практика конструювання машин / О. С. Коваленко. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2017.
12. **Сидоренко М. М.** Інженерно-технічні системи: проєктування та впровадження / М. М. Сидоренко. — Одеса: ОНПУ, 2019.

13. **Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.-H.** Engineering Design: A Systematic Approach / G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.-H. Grote. — 3rd ed. — Springer, 2007.
14. **Dieter G. E., Schmidt L. C.** Engineering Design / G. E. Dieter, L. C. Schmidt. — 5th ed. — McGraw-Hill Education, 2013.
15. **Brandt, S.A., Stiles, R.J., Bertin, J.J., Whitford, R.** Introduction to Aeronautics: A Design Perspective [Text]/ S.A. Brandt, R.J. Stiles, J.J. Bertin, R. Whitford // AIAA. – 2004.
16. **Pugh S.** Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering / S. Pugh. — Addison-Wesley, 1991.
17. **Тимченко О. І.** Інженерна графіка та комп'ютерне моделювання / О. І. Тимченко. — Київ: Наукова думка, 2020.
18. **Ullman D. G.** The Mechanical Design Process / D. G. Ullman. — 4th ed. — McGraw-Hill Education, 2010.
19. **Іваненко П. М.** Інформаційні технології в інженерному проектуванні / П. М. Іваненко. — Київ: Либідь, 2016.
20. **Коваленко О. С.** Комп'ютерна підтримка інженерного проектування / О. С. Коваленко. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2018.
21. **Groover M. P.** Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing / M. P. Groover. — 4th ed. — Pearson, 2015.
22. **Stark J.** Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation / J. Stark. — 3rd ed. — Springer, 2015.
23. **Chapman W. W., Pinfold M.** Simulation-Based Design / W. W. Chapman, M. Pinfold // Mechanical Engineering. — 2001. — Vol. 123. — P. 58-65.
24. **Hibbeler R. C.** Engineering Mechanics: Dynamics / R. C. Hibbeler. — 14th ed. — Pearson, 2015.
25. **Петренко В. В.** Інформаційні системи та технології в інженерній діяльності / В. В. Петренко. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019.

26. **Сидоренко М. М.** Інформаційні технології в конструкторській діяльності / М. М. Сидоренко. — Одеса: ОНПУ, 2020.
27. **Тимченко О. І.** Комп'ютерне моделювання та інформаційні системи в інженерії / О. І. Тимченко. — Київ: Наукова думка, 2021.
28. **Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K.** BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. — 3rd ed. — Wiley, 2018.
29. **Moir, I., Seabridge, A.** Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration [Text]/ I. Moir, A. Seabridge // Wiley. – 2008.
30. **Мельник В. П.** Технології випробувань машин та обладнання / В. П. Мельник. — Харків: ХНАДУ, 2013.
31. **Dieter G. E., Schmidt L. C.** Engineering Design / G. E. Dieter, L. C. Schmidt. — 5th ed. — McGraw-Hill Education, 2013.
32. **Nisbett R., Budynas R. G.** Shigley's Mechanical Engineering Design / R. Nisbett, R. G. Budynas. — 10th ed. — McGraw-Hill Education, 2014.
33. **Ullman D. G.** The Mechanical Design Process / D. G. Ullman. — 4th ed. — McGraw-Hill Education, 2010.
34. **Darling, D.** The Complete Book of Spaceflight [Text]/ D. Darling // Wiley. – 2003.
35. **Ковальчук О. М.** Основи інженерної творчості та проектування / О. М. Ковальчук. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.
36. **Khurmi, R.S., Gupta, J.K.** Machine Design [Text]/ R.S. Khurmi, J.K. Gupta // S Chand. – 2005.
37. **Paterson, M.C.** Human Factors in Aviation [Text]/ M.C. Paterson // Academic Press. – 1999.
38. **Vinh, N.X.** Flight Mechanics of High-Performance Aircraft [Text]/ N.X. Vinh // Cambridge University Press. – 1993.
39. **Stinton, D.** The Design of the Aeroplane [Text]/ D. Stinton // Blackwell Science. – 1998.

40. **Mavris, D.** Advanced Aircraft Design [Text]/ D. Mavris // AIAA. – 2001.
41. **Marsden, W.E.,** Hodgson, R.E. High-Speed Flight Propulsion Systems [Text]/ W.E. Marsden, R.E. Hodgson // AIAA. – 2002.
42. **Eshelby, M.** Aircraft Structures for Engineering Students [Text]/ M. Eshelby // Butterworth-Heinemann. – 2004.
43. **Brumbaugh, D.** The Testing and Evaluation of Airplanes [Text]/ D. Brumbaugh // NASA SP-467. – 2008.
44. **Roskam, J.** Airplane Aerodynamics and Performance [Text]/ J. Roskam // DARcorporation. – 2001.
45. **Barnard, R.H.,** Philpott, D.R. Aircraft Flight: A Description of the Physical Principles of Aircraft Flight [Text]/ R.H. Barnard, D.R. Philpott // Pearson. – 2004.
46. **Roskam, J.** Airplane Design Parts I-VIII [Text]/ J. Roskam // DARcorporation. – 2000.
47. **Kayton, M.,** Fried, W.R. Avionics Navigation Systems [Text]/ M. Kayton, W.R. Fried // Wiley. – 1997.
48. FAA. Helicopter Flying Handbook [Text]/ FAA // FAA-H-8083-21A. – 2016.
49. **Filippone, A.** Advanced Aircraft Flight Performance [Text]/ A. Filippone // Cambridge University Press. – 2012.
50. **Eshelby, M.** Aircraft Control and Simulation [Text]/ M. Eshelby // John Wiley & Sons. – 2010.
51. **Taylor, J.** Jane's All the World's Aircraft [Text]/ J. Taylor // Jane's Information Group. – 2000.
52. **Niu, M.C.Y.** Airframe Stress Analysis and Sizing [Text]/ M.C.Y. Niu // Conmilit Press Ltd. – 2010.
53. **Raymer, D.P.** Revised Edition of Aircraft Design: A Conceptual Approach [Text]/ D.P. Raymer // AIAA. – 2006.

54. **Eshelby, M.** Aircraft Structural Maintenance [Text]/ M. Eshelby // Wiley. – 2007.
55. **Томашевський О.В.** Сертифікація та система якості авіаційного підприємства / О.В. Томашевський, Г.В. Сніжної, В.С. Терьошина // Авіаційно-космічна техніка і технологія. - 2013. - №7(104). - С.247-250.
56. **Томашевський О.В.** Вплив сертифікації на конкурентоспроможність продукції авіаційного підприємства / О.В. Томашевський, Г.В. Сніжної, В.В. Туліс // Вісник двигунобудування .-2014.-№2.-С.248-251.
57. **Collinson, R.P.G.** Introduction to Avionics Systems [Text]/ R.P.G. Collinson // Springer. – 2003.
58. **Shukla, S.K.** Mechanics and Thermodynamics of Propulsion [Text]/ S.K. Shukla // Pearson. – 2012.
59. **Eberhardt, S., Roy, J.** Unmanned Aerial Vehicle Flight Test Safety Program [Text]/ S. Eberhardt, J. Roy // AIAA. – 2003.
60. **Stengel, R.F.** Flight Dynamics [Text]/ R.F. Stengel // Princeton University Press. – 2004.
61. **Collinson, R.P.G.** Aircraft Electrical and Electronic Systems: Principles and Maintenance [Text]/ R.P.G. Collinson // McGraw-Hill. – 2002.
62. **Anderson, J.D.** Fundamentals of Aerodynamics [Text]/ J.D. Anderson // McGraw-Hill. – 2007.
63. **Smith, H.C.** Principles of Helicopter Aerodynamics [Text]/ H.C. Smith // Cambridge University Press. – 1989.
64. **Williams, D.** Fundamentals of Air Traffic Control [Text]/ D. Williams // Cengage Learning. – 2005.
65. **Filippone, A.** Advanced Flight Mechanics [Text]/ A. Filippone // Springer. – 2003.
66. **Roskam, J.** Airplane Aerodynamics and Performance [Text]/ J. Roskam // DARcorporation. – 2004.
67. **Filippone, A.** Flight Physics: Essentials of Aeronautical Disciplines and Technology, with Historical Notes [Text]/ A. Filippone // Springer. – 2012.

68. **Roskam, J.** Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls (Part I) [Text]/ J. Roskam // DARcorporation. – 2001.
69. **Moir, I.,** Seabridge, A., Jukes, M. Civil Avionics Systems [Text]/ I. Moir, A. Seabridge, M. Jukes // Wiley. – 2005.
70. **Curtin, T.** Unmanned Aircraft Systems in the Cyber Domain: Protecting USA's Advanced Air Assets [Text]/ T. Curtin // Springer. – 2015.
71. **Craig, G.L.** Aviation Weather Handbook [Text]/ G.L. Craig // McGraw-Hill. – 2003.
72. **Lovelace, A.M.** Introduction to Aerodynamics of a Compressible Fluid [Text]/ A.M. Lovelace // Wiley. – 1996.
73. **Bertin, J.J.** Hypersonic Aerothermodynamics [Text]/ J.J. Bertin // AIAA. – 1994.
74. **Aung, K.M.** Introduction to Aircraft Design and Airworthiness [Text]/ K.M. Aung // Elsevier. – 2019.
75. **Schulz, T.** Avionics: Development and Implementation [Text]/ T. Schulz // McGraw-Hill. – 2000.
76. **Kroes, M.,** Wild, T. Aircraft Powerplants [Text]/ M. Kroes, T. Wild // McGraw-Hill. – 2014.
77. **Torenbeek, E.** Advanced Aircraft Design: Conceptual Design, Technology and Optimization of Subsonic Civil Airplanes [Text]/ E. Torenbeek // Wiley. – 2013.
78. **Campbell, J.D.** Introduction to Unmanned Aircraft Systems [Text]/ J.D. Campbell // CRC Press. – 2011.