МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра інформаційних технологій проектування

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра

на тему
«Автоматизація проектувального розрахунку інженерного об’єкту на основі баз знань»

ХАІ.105.166.24О.122.1901087 ПЗ

Виконав: здобувач ІІ маг. курсу, групи 166
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність 122 «Комп’ютерні науки»
Освітня програма: «Інформаційні технології проектування»

Микола ПУНЬКО
(ім’я та прізвище студента)

Керівник Володимир ШЕВЕЛЬ
(ім’я та прізвище)

Рецензент Олександр ТРУБАЄВ
(ім’я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування
Кафедра 105 «Інформаційних технологій проектування»
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма «Інформаційні технології проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ **Андрій БИКОВ**
__.__.2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Пунько Микола Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Автоматизація проектувального розрахунку інженерного об'єкту на основі баз знань

керівник кваліфікаційної роботи к. т. н, професор Шевель Володимир Вікторович
затверджені наказом Університету від «____»_____ року № _____
2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи
3. Вихідні дані до роботи Проектувальний розрахунок виконаний за допомогою баз знань та 3D модель лонжерону крила
4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)
Провести передпроектні дослідження, провести аналіз проектувального розрахунку лонжерону крила літака, провести алгоритмізацію проектувального розрахунку лонжерону крила літака, розробити базу знань для проектувального розрахунку лонжерону крила, провести тестування проектувального розрахунку моделі лонжерону з використанням бази знань
5. Перелік графічного матеріалу тема, ПІБ; об'єкт, предмет та мета; актуальність роботи; предметна область; деталізація завдання автоматизації; основні алгоритми розв'язання задачі; тестування та отримані результати.
6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний	канд. техн. наук, професор Шевель М. В.	20.10.2023	12.01.2024

Нормоконтроль _____ Олександр КАРАТАНОВ «____» _____2024_ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

Перевірка на антіплагіат _____% _____ Ольга КРИЦЬКА «____» __.2024_ р.
(відсоток) (підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання 20.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Передпроектні дослідження	20.09.2023	
2	Аналіз завдання і предметної області	15.10.2023	
3	Алгоритми розв'язання задач	35.10.2023	
4	Використання програмного забезпечення	16.12.2023	
5	Тестування і дослідна експлуатація баз знань	07.01.2024	
6	Захист дипломного проєкту	16.01.2024	

Здобувач _____ Микола ПУНЬКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Володимир ШЕВЕЛЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП 6

1 ПЕРЕДПРОЕКТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ 9

1.1 Опис предметної області 9

1.2 Система управління знаннями 20

1.3 Опис інструментальної середи рішення задачі 21

1.4 Технічна платформа підтримки роботи 40

1.5 Постановка задач дипломного проектування 41

2 АНАЛІЗ ПРОЕКТУВАЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ ЛОНЖЕРОНУ КРИЛА ЛІТАКА 42

2.1 Аналіз 1 – го рівня деталізації 43

2.2 Аналіз 2 – го рівня деталізації 44

3 АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ ЛОНЖЕРОНУ КРИЛА ЛІТАКА 47

4 РОЗРОБКА БАЗ ЗНАНЬ ДЛЯ ПРОЕКТУВАЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ ЛОНЖЕРОНУ КРИЛА 57

4.1 Розробка баз знань для визначення характеристик поясу лонжерону 58

4.2 Розробка баз знань для визначення характеристик стінки та підкріплюючих стійок лонжерону 79

4.3 Розробка баз знань для визначення характеристик з’єднання стінки з ребром поясу 93

4.3 Розробка баз знань для визначення характеристик з’єднання стійки зі стінкою 97

5 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ ПРОЕКТУВАЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ МОДЕЛІ ЛОНЖЕРОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ БАЗИ ЗНАНЬ 99

ВИСНОВКИ 106

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 108

Додаток А 110

Додаток Б 111

Додаток В 112

ВСТУП

Останні кілька десятиліть для проектування різного роду об’єктів, від повсякденного життя до більш складних сфер, наприклад, машинобудування, будівництво будинків і т. д, використовують комп’ютер, оскільки проектування в первісному вигляді є доволі довготривалим та рутинним.

Головним інструментом в цій справі є системи автоматизованого проектування (Computer – aided design (CAD)) (далі буде використовуватися абревіатура «САПР»). САПР – це автоматизована система CAD, що реалізує інформаційну технологію виконання функцій проектування, являє собою організаційно – технічну систему, призначену для автоматизації процесу проектування, що складається з персоналу і комплексу технічних, програмних та інших засобів автоматизації його діяльності. Такі системи можна використовувати для різних цілей, таких як, створення креслень, проектування фігур в двовимірному та тривимірному просторі і для багато іншого [1].

САПР важливий в промисловому конструюванні, що широко використовується в багатьох сферах, зокрема в автомобільній, аерокосмічній промисловості та суднобудівній, промисловому та архітектурному проектуванні. Також останнім часом САПР став широко використовуватися у створенні анімації для спецефектів у фільмах та рекламі.

Також у сучасних САПР є свої проблеми. Зокрема під час проектування необхідно вирішувати слабо формалізовані задачі. Для їх рішення необхідно залучити досвід та інтелект людини, розглядаючи їх, як необхідний елемент. Також при створенні інженерного об’єкту необхідно багаторазово використовувати в його конструкції типових конструктивних рішень.

Для рішення таких задач використовують спеціальні об’єкти, що мають назву знання [2], які представляють собою зв’язки між властивостями інженерного об’єкту, що проектується, які представлені у вигляді набора параметрів. За допомогою цих зв’язків можливо відобразити та використовувати досвід, що накопичений людиною, а також описати типові конструктивні рішення.

Зараз існують сучасні засоби автоматизації, що дозволяють створювати знання та використовувати їх при рішенні задач в САПР. Якраз до таких платформ відноситься CATIA V5 [3]. Вона дозволяє використовувати знання при автоматизації інженерного аналізу об’єкту проектування

Використовуючи цей домен можливо автоматизувати проектування інженерного об’єкту та отримати його в першому наближенні [4]. Перше наближення – це спроба оцінити та описати об’єкт використовуючи при цьому доступну інформацію. Оскільки це дає можливість знайти необхідні та підходящі параметри для створення об’єкту фізично, це дуже ефективний інструмент, який допомагає скоротити час створення та витрати. Найпростішим представником якого є проектувальний розрахунок [5].

Такий спеціальний об’єкт опису, як знання дозволяє використовувати елементи декларативного програмування [6], яке дозволяє автоматизувати рішення задач, безпосередньо не створюючи програмний код, що доволі актуально для конструктора. Декларативне програмування – це така парадигма програмування при якій задається специфікація рішення задачі, тобто описується результат, який очікується, а не спосіб його отримання. На відміну від процедурного програмування [7] при якому на якомусь з рівнів деталізації потрібний опис послідовності кроків для рішення задач. Прикладом декларативної мови можна назвати SQL [8], в якому ми вказуємо, які дані ми

хочемо отримати, але не знаємо, яким чином це відбувається. Також до прикладу можна віднести і мову Prolog [9].

При автоматизації проектування з використанням бази знань ми не використовуємо програмний код, що не потребує знань в програмуванні, що набагато полегшує виконання необхідної робити та зменшує часові витрати, що підвищує ефективність. Це доводить, що використання баз знань в САПР є хорошою практикою та підвищує ступінь їх інтелектуальності, що є доволі актуальним.

Об’єктом дипломного проєкту є автоматизація проектувального розрахунку інженерного об’єкту.

Предметом дипломного проєкту є регулярна частина балочного, складеного лонжерон крила літака.

Ціллю дипломного проєкту є довести, що використання баз знань при виконанні проектувального розрахунку є дієвим та ефективним засобом.