

2026 p.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджментуКафедра ІнформатикиРівень вищої освіти перший (бакалаврський)Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)Тип програми освітньо-професійнаОсвітня програма Інформатика
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУздобувачеві Капітуліну Максиму Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту з плануванням робіт, рольовим доступом та веденням історії технічного обслуговування

затверджена наказом університету від 26 травня 2026 року № 435Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 20 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи науково-методична та науково-технічна література за темою роботи, нормативні та довідкові матеріали щодо технічного обслуговування авіаційної техніки, матеріали EASA та FAA, відомості про сучасні MRO/M&E-системи, наукові публікації з планування технічного обслуговування, рольового доступу та ведення технічних записів, засоби ASP.NET Core, ASP.NET Core Identity, Entity Framework Core та SQL Server LocalDB.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1. Аналіз предметної області керування технічним обслуговуванням авіафлоту та постановка задачі.

2. Моделі та методи розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту.

3. Програмна реалізація вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) актуальність теми; мета, об'єкт і завдання роботи; аналіз предметної області та існуючих рішень; формалізація процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту; рольова модель доступу користувачів вебпорталу; інформаційна модель вебпорталу; модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування; діаграма діяльності проходження завдання технічного обслуговування; вибір технологій та структура програмної реалізації; основні функціональні можливості вебпорталу; тестування роботи вебпорталу; результати роботи та перспективи подальшого удосконалення.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	13.04.2026	
2	Аналіз завдання, підбір літератури	14.04.26-16.04.26	
3	Аналіз предметної області	17.04.26-19.04.26	
4	Аналіз існуючих рішень	20.04.26-22.04.26	
5	Формування вимог до вебпорталу	23.04.26-05.05.26	
6	Розроблення моделей та алгоритмів	26.04.26-20.05.26	
7	Програмна реалізація	21.05.26-04.06.26	
8	Оформлення пояснювальної записки	05.06.26-09.06.26	
9	Перевірка на нормоконтроль	10.06.26-19.06.26	
10	Перевірка на плагіат	11.06.26-30.06.26	
11	Рецензування	20.06.26-30.06.26	
12	Підготовка презентації та доповіді	20.06.26-30.06.26	
13	Занесення роботи в електронний архів	30.06.26-09.07.26	
14	Попередній захист кваліфікаційної роботи	30.06.26-09.07.26	

Дата видачі завдання 13 квітня 2026 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ ст. викл. Путятіна О. Є.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ/ABSTRACT

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 82 с., 9 табл., 18 рис., 30 джерел.

АВІАФЛОТ, ВЕБПОРТАЛ, ІСТОРІЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ПЛАНУВАННЯ, РОЛЬОВИЙ ДОСТУП, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ.

Об'єктом роботи є процес керування технічним обслуговуванням авіафлоту.

Метою роботи є розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту з плануванням робіт, рольовим доступом та веденням історії технічного обслуговування.

Під час роботи використано: методи системного аналізу, моделювання даних і веброзроблення (рольовий доступ, структура вебпорталу, алгоритми роботи із завданнями).

Практична цінність вебпорталу полягає в упорядкуванні планування робіт, розмежуванні доступу та збереженні історії виконаних операцій.

Розроблено вебпортал, що забезпечує створення завдань технічного обслуговування, призначення виконавців, виконання, перевірку, закриття та ведення історії обслуговування.

Область застосування: інформаційна підтримка технічного обслуговування авіафлоту, облік завдань, контроль робіт, ведення історії обслуговування.

AIRCRAFT FLEET, MAINTENANCE, MAINTENANCE HISTORY, PLANNING, ROLE-BASED ACCESS, WEB PORTAL.

The object of this work is the process of aircraft fleet maintenance management.

The goal of this work is to develop a web portal for aircraft fleet maintenance management with work planning, role-based access control, and maintenance history tracking.

The following were used during the work: methods of system analysis, data modeling, and web development, including role-based access control, web portal structure, and algorithms for working with tasks.

The practical value of the web portal lies in organizing work planning, separating access rights, and storing the history of completed operations.

A web portal has been developed for creating maintenance tasks, assigning performers, executing, reviewing, closing, and tracking maintenance history.

Applications: information support for aircraft fleet maintenance, task accounting, work control, and maintenance history tracking.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області керування технічним обслуговуванням авіафлоту та постановка задачі.....	9
1.1 Особливості сфери технічного обслуговування авіафлоту	9
1.2 Аналіз підходів до планування технічного обслуговування повітряних суден.....	11
1.3 Аналіз існуючих інформаційних систем для керування технічним обслуговуванням авіафлоту	14
1.4 Аналіз підходів до керування доступом у вебсистемах технічного обслуговування	17
1.5 Аналіз вимог до ведення історії технічного обслуговування та простежуваності змін.....	18
1.6 Порівняльний аналіз існуючих підходів і рішень	19
1.7 Постановка задачі	21
2 Моделі та методи розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту	23
2.1 Формалізація процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту.....	23
2.2 Рольова модель доступу користувачів вебпорталу	26
2.3 Інформаційна модель предметної області.....	29
2.4 Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування ...	33
2.5 Алгоритм планування завдання технічного обслуговування	36
2.6 Алгоритм виконання, перевірки та закриття завдання	39
2.7 Формування історії технічного обслуговування	43
3 Програмна реалізація вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту	46
3.1 Обґрунтування вибору технологій та засобів реалізації	46

	6
3.2 Структура програмної реалізації вебпорталу	49
3.3 Реалізація основних функціональних можливостей вебпорталу...	52
3.4 Інструкція користувача	62
3.5 Тестування роботи вебпорталу.....	67
3.6 Перспективи подальшого удосконалення вебпорталу.....	72
Висновки	77
Перелік джерел посилання	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ТО – технічне обслуговування

ASP.NET – Active Server Pages .NET (платформа для створення вебзастосунків на основі .NET)

CRUD – Create, Read, Update, Delete (базові операції створення, читання, оновлення та видалення даних)

CSS – Cascading Style Sheets (каскадні таблиці стилів)

EASA – European Union Aviation Safety Agency (Агентство Європейського Союзу з авіаційної безпеки)

EF Core – Entity Framework Core (засіб об'єктно-реляційного доступу до даних)

ER – Entity-Relationship (модель «сутність–зв'язок»)

ERP – Enterprise Resource Planning (система планування ресурсів підприємства)

FAA – Federal Aviation Administration (Федеральне авіаційне управління США)

HTML – HyperText Markup Language (мова гіпертекстової розмітки)

M&E – Maintenance and Engineering (технічне обслуговування та інженерний супровід)

MRO – Maintenance, Repair and Overhaul (технічне обслуговування, ремонт і капітальний ремонт)

MVC – Model-View-Controller (архітектурний шаблон «модель–представлення–контролер»)

.NET – програмна платформа Microsoft для розроблення та виконання застосунків

PDF – Portable Document Format (формат переносного документа)

RBAC – Role-Based Access Control (рольове керування доступом)

SQL – Structured Query Language (мова структурованих запитів)

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації авіаційної техніки зростає значення інформаційної підтримки процесів, пов'язаних із плануванням, виконанням і контролем технічних робіт. Авіафлот є складним об'єктом керування, для якого важливими є своєчасність обслуговування, узгодженість дій відповідальних осіб, збереження технічних записів і можливість подальшого перегляду відомостей про виконані операції. Тому процеси технічного обслуговування потребують не лише організаційного супроводу, а й упорядкованого інформаційного середовища.

Однією з проблем у керуванні технічним обслуговуванням є необхідність узгодження кількох взаємопов'язаних дій: створення завдань, визначення строків, призначення виконавців, внесення результатів, перевірка виконаних робіт і збереження підсумкової інформації. Якщо ці дії виконуються фрагментарно або без єдиного інформаційного середовища, ускладнюється контроль проходження завдань, зростає ризик дублювання записів, втрати окремих відомостей або некоректного розподілу відповідальності між користувачами.

Актуальність теми пов'язана з потребою у створенні програмного засобу, який дає змогу структурувати роботу із завданнями технічного обслуговування авіафлоту. Особливого значення набувають планування робіт, рольове розмежування доступу та ведення історії технічного обслуговування, оскільки ці складові забезпечують послідовність проходження завдання та збереження результатів виконаних операцій.

Доцільним напрямом розв'язання зазначеної проблеми є розроблення вебпорталу, який поєднає основні інформаційні процеси технічного обслуговування. Такий підхід дає змогу впорядкувати роботу із завданнями, розмежувати функції користувачів і забезпечити збереження відомостей про завершені роботи.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ АВІАФЛОТУ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Особливості сфери технічного обслуговування авіафлоту

Технічне обслуговування авіафлоту є важливою складовою забезпечення безпечної та безперервної експлуатації повітряних суден. Воно охоплює контроль технічного стану літаків, виконання регламентних і позапланових робіт, фіксацію результатів обслуговування, а також дотримання встановлених вимог щодо льотної придатності [1, 2].

Однією з ключових особливостей цієї діяльності є підвищена роль технічних записів. В авіаційній практиці значення має не лише саме виконання робіт, а й повнота, точність і своєчасність фіксації відомостей про проведені операції, виявлені несправності, заміну або встановлення компонентів, а також поточний статус борту. Документи EASA і FAA підкреслюють, що такі записи потрібні для підтвердження відповідності виконаних робіт установленим вимогам, визначення конфігурації повітряного судна та планування подальшого обслуговування [1–3].

Важливою рисою процесів технічного обслуговування є поєднання технічних, організаційних та інформаційних складових. Керування технічним обслуговуванням передбачає не лише виконання окремих робіт, а й планування їх послідовності, контроль строків, урахування статусу повітряного судна, збереження відомостей про виконані дії та взаємодію між різними учасниками процесу. Унаслідок цього виникає потреба в упорядкованому доступі до інформації та в системному збереженні даних про технічне обслуговування [4].

Основні складові технічного обслуговування авіафлоту подано на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Основні складові технічного обслуговування авіафлоту

Крім того, для технічного обслуговування авіафлоту характерна необхідність узгодженої взаємодії між кількома учасниками процесу. У виконанні та супроводі технічних робіт беруть участь технічні спеціалісти, відповідальні за планування, особи, що здійснюють контроль правильності ведення записів, а також користувачі, яким потрібен доступ до технічної інформації для прийняття подальших рішень. Тому технічне обслуговування слід розглядати не лише як сукупність окремих операцій, а як організований процес, у якому важливе значення має узгодженість дій усіх учасників.

Додаткову складність становить робота з технічною інформацією, яка накопичується впродовж усього життєвого циклу повітряного судна. Такі дані повинні бути актуальними, повними та придатними до подальшого використання під час контролю технічного стану, планування робіт і перевірки раніше виконаних дій. За відсутності впорядкованого підходу до ведення та використання технічної інформації зростає ризик втрати окремих відомостей, дублювання записів або ускладнення доступу до потрібних даних.

Сучасна авіаційна галузь також пов'язана з поступовою цифровізацією технічних операцій. До таких змін належать електронний технічний журнал, цифрові підписи, електронне ведення технічної документації та

стандартизоване цифрове подання даних, що використовуються в технічному супроводі повітряних суден [3].

1.2 Аналіз підходів до планування технічного обслуговування повітряних суден

Планування технічного обслуговування повітряних суден є одним із ключових процесів у сфері технічної експлуатації авіафлоту. Воно охоплює визначення строків виконання робіт, формування послідовності технічних операцій, урахування стану повітряного судна, виробничих обмежень і доступності ресурсів. У сучасних оглядових дослідженнях підкреслюється, що планування технічного обслуговування є складним завданням, у якому одночасно поєднуються часові, ресурсні та організаційні чинники [5–7].

Планування технічного обслуговування може розглядатися на кількох рівнях. На стратегічному рівні визначаються загальні підходи до організації обслуговування авіафлоту, вибір баз технічного обслуговування та довгострокове забезпечення ресурсами. На тактичному рівні формується розподіл робіт між періодами, перевірками або групами повітряних суден. Оперативний рівень пов'язаний із конкретними завданнями, строками їх виконання, призначенням виконавців і контролем поточного стану робіт. З погляду інформаційної підтримки процесу технічного обслуговування найбільш важливим є оперативний рівень планування, оскільки він пов'язаний зі створенням конкретних завдань, призначенням відповідальних осіб і відстеженням стану виконання робіт.

Співвідношення стратегічного, тактичного та оперативного рівнів планування технічного обслуговування повітряних суден подано на рисунку 1.2.

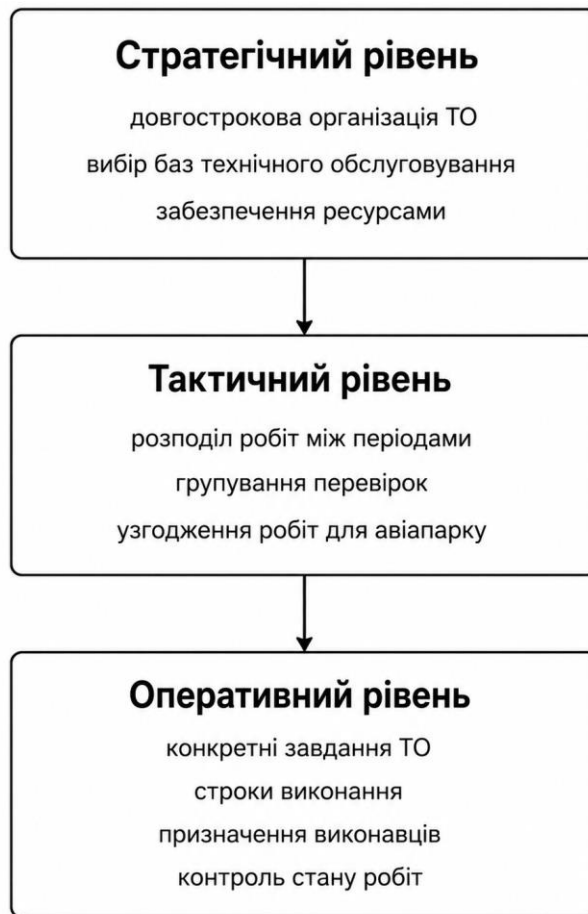


Рисунок 1.2 – Рівні планування технічного обслуговування повітряних суден

У науковій літературі один із поширених підходів пов'язаний з оптимізацією графіків технічного обслуговування. У межах таких підходів увага приділяється вибору моментів виконання робіт, узгодженню різних категорій технічних процедур, розподілу завдань між окремими перевітками та мінімізації негативного впливу обслуговування на операційну діяльність. Поряд із цим розвиваються системи підтримки прийняття рішень, у яких планування поєднується з розподілом робіт і врахуванням змінної організації праці технічного персоналу [5, 6].

Планування технічного обслуговування в реальних умовах ускладнюється тим, що роботи виконуються в межах експлуатаційного циклу авіапарку та залежать від строків, виробничих потужностей, доступності персоналу, доступності баз технічного обслуговування і впливу простоїв на операційну діяльність. Тому навіть у задачах лінійного технічного

обслуговування або щоденного планування потрібно узгоджувати призначення робіт, часові інтервали та ресурсні обмеження, що надає плануванню характеру інтегрованого організаційно-ресурсного завдання [5, 7].

Важливо також розрізняти підходи, у яких планування розглядається як завдання математичної оптимізації, і підходи, у яких основна увага приділяється підтримці прийняття рішень. У першому випадку дослідники прагнуть побудувати найкращий графік робіт за обраними критеріями, наприклад зменшення витрат, простоїв або відхилень від бажаних строків виконання. У другому випадку акцент переноситься на допомогу планувальнику під час вибору між кількома допустимими сценаріями, розподілу робіт між перевірками та оцінювання наслідків різних управлінських рішень. Така відмінність є важливою, оскільки вона показує, що планування технічного обслуговування в авіації пов'язане не лише з побудовою формального розкладу, а й із підтримкою практичної організації робіт у змінних виробничих умовах [5, 6].

Окремий напрям сучасних досліджень враховує невизначеність, яка супроводжує виконання технічного обслуговування. У таких роботах розглядаються можливі затримки під час виконання операцій, зміна фактичної тривалості робіт, обмеженість технічного персоналу та потреба в залученні зовнішніх ресурсів. Це свідчить про те, що навіть добре сформований план потребує гнучкості та здатності адаптуватися до реальних умов технічної експлуатації [6].

Отже, планування технічного обслуговування повітряних суден потребує не спрощеного календарного підходу, а комплексної організації технічних процесів. Розглянуті підходи відрізняються орієнтацією на побудову оптимального графіка, підтримку прийняття рішень або врахування невизначеності під час виконання робіт.

1.3 Аналіз існуючих інформаційних систем для керування технічним обслуговуванням авіафлоту

У сфері технічного обслуговування авіафлоту вже використовуються спеціалізовані інформаційні системи, призначені для підтримки процесів MRO, ведення технічних записів, планування робіт і супроводу експлуатації повітряних суден. Аналіз офіційних матеріалів розробників свідчить, що такі системи, як правило, не обмежуються однією функцією, а поєднують кілька взаємопов'язаних напрямів: керування технічним обслуговуванням, інженерну підтримку, логістику, виконання робіт, відстеження стану, роботу з даними та забезпечення відповідності встановленим вимогам [8–13].

Одним із відомих рішень цього класу є AMOS, який позиціонується як комплексна система для технічного обслуговування та інженерного супроводу авіаційної техніки. У матеріалах Swiss-AS підкреслюється, що система підтримує процеси технічного обслуговування, інженерного супроводу та логістики в межах операційної діяльності, а також орієнтована на дотримання регуляторних вимог. Окремі модулі AMOS акцентують увагу на плануванні, виконанні робіт, роботі з технічною інформацією та цифровізації процесів технічного обслуговування [8].

Іншим прикладом є Ramco Maintenance & Engineering Solution, що належить до класу авіаційних M&E-рішень. У матеріалах Ramco увага приділяється підтримці процесів технічного обслуговування, інженерної діяльності, роботи з флотом, ресурсами та операційними даними. Такі можливості свідчать про те, що промислові системи цього типу зазвичай охоплюють не лише створення окремих завдань, а й ширший контекст супроводу авіаційної техніки [9].

Рішення TRAX орієнтоване на модернізацію процесів авіаційного технічного обслуговування. На офіційних ресурсах TRAX підкреслюється спрямованість на цифровізацію операцій технічного обслуговування, підтримку MRO-процесів і використання веб- та мобільних інструментів для

роботи користувачів. Це показує, що сучасні системи технічного обслуговування дедалі більше орієнтуються не лише на зберігання даних, а й на підтримку цифрової взаємодії між учасниками процесу [10].

Окрему групу становлять рішення Veryon. Veryon Aviation Maintenance & MRO Management Software подається як програмне забезпечення для підтримки технічного обслуговування, MRO-процесів, роботи з технічною документацією, запасами та операційними даними. Veryon Tracking+ додатково акцентує увагу на відстеженні авіаційних даних, аналітичних інструментах і підтримці керування інформацією про авіапарк. Отже, ці рішення демонструють важливість не лише планування робіт, а й подальшого відстеження та використання накопичених технічних даних [11, 12].

IFS Aviation Maintenance Software Solutions також належить до класу промислових рішень, орієнтованих на підтримку технічного обслуговування в авіаційній сфері. Такі системи зазвичай поєднують керування технічними роботами, ресурсами, даними про авіаційну техніку та допоміжними процесами. Це підтверджує, що у великих промислових рішеннях технічне обслуговування розглядається як частина ширшої системи керування експлуатацією та супроводом авіаційної техніки [13].

Порівняльну характеристику розглянутих інформаційних систем наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика існуючих інформаційних систем для керування технічним обслуговуванням авіафлоту

Система	Планування робіт	Технічні записи	Ролі / цифрові процеси	Загальна спрямованість
1	2	3	4	5
AMOS	Наявне	Наявні	Наявні	Комплексна підтримка ТО, інженерного супроводу та логістики

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Ramco	Наявне	Наявні	Наявні	Підтримка M&E-процесів, обліку флоту та операційної діяльності
TRAX	Наявне	Наявні	Наявні	Цифровізація MRO-процесів і взаємодії користувачів
Veryon	Наявне	Наявні	Наявні	Підтримка MRO, технічної документації та операційних даних
Veryon Tracking+	Наявне	Наявні	Наявні	Відстеження авіаційних даних і аналітика авіапарку
IFS	Наявне	Наявні	Наявні	Промислова підтримка ТО та пов'язаних процесів

Порівняння розглянутих систем показує, що всі вони орієнтовані на підтримку технічного обслуговування повітряних суден, однак реалізують цю задачу з різними функціональними акцентами. Спільною рисою є підтримка планування робіт і централізованої роботи з технічною інформацією. Відмінність полягає в тому, що одні системи більшою мірою орієнтовані на комплексне охоплення виробничих, інженерних і логістичних процесів, тоді як інші більше зосереджені на цифровізації щоденної взаємодії користувачів, роботі з даними та підтримці MRO-процесів. Це свідчить про відсутність універсального підходу до побудови систем цього класу та підтверджує, що їх функціональне наповнення залежить від масштабу завдань і потреб конкретної організації.

Важливо враховувати, що промислові MRO-системи охоплюють широкий набір процесів: керування запасами, логістикою, технічною документацією, електронними технічними журналами, інтеграцією з іншими

інформаційними системами та аналітикою експлуатаційних даних. Водночас у контексті інформаційної підтримки технічного обслуговування базовими залишаються процеси обліку об'єктів, планування робіт, розподілу відповідальності, фіксації результатів і збереження історії виконаних операцій.

Такий результат порівняння свідчить, що сучасні системи цього класу не обмежуються функцією зберігання даних. Фактично вони виступають засобами організації технічного супроводу, у межах яких поєднуються облік, планування, контроль виконання робіт, робота з технічною інформацією та взаємодія користувачів. Саме тому аналіз існуючих рішень доцільно проводити не лише за окремими функціями, а й за тим, наскільки цілісно вони підтримують процес технічного обслуговування.

1.4 Аналіз підходів до керування доступом у вебсистемах технічного обслуговування

Керування доступом є важливою складовою будь-якої вебсистеми, у якій із даними працюють користувачі з різними функціями та рівнями відповідальності. У сфері технічного обслуговування авіафлоту це питання набуває особливого значення, оскільки учасники процесу працюють із різними видами інформації та виконують відмінні за змістом операції: перегляд технічних записів, планування робіт, редагування даних, підтвердження виконаних дій і адміністрування системи.

Одним із найпоширеніших підходів до розв'язання цієї задачі є рольова модель доступу – RBAC. У матеріалах NIST RBAC визначається як модель, у якій дозволені дії над ресурсами пов'язуються не з окремими користувачами, а з ролями, що відповідають організаційним функціям. Такий підхід спрощує адміністрування прав доступу, дає змогу централізовано керувати

повноваженнями та краще узгоджується зі структурою організації, ніж індивідуальне налаштування дозволів для кожного користувача [14].

Для систем технічного обслуговування рольовий підхід є доцільним, оскільки в них природно виділяються групи користувачів із різними повноваженнями. Одні користувачі повинні мати доступ лише до перегляду технічної інформації, інші – до створення й оновлення записів, а окремі категорії – до планування робіт, підтвердження виконаних дій або адміністрування системи. Отже, керування доступом у такій системі слід розглядати не лише як технічне обмеження, а як засіб упорядкування взаємодії користувачів із даними та зниження ризику помилкових або несанкціонованих змін.

1.5 Аналіз вимог до ведення історії технічного обслуговування та простежуваності змін

Ведення історії технічного обслуговування є важливою складовою технічного супроводу повітряних суден. У цій сфері значення має не лише поточний стан борту, а й можливість відновити послідовність виконаних робіт, відомості про проведені технічні операції, зафіксовані результати обслуговування та прийняті рішення щодо подальшого технічного супроводу. Саме тому технічні дані повинні накопичуватися не як ізольовані записи, а як цілісна історія обслуговування.

У документах EASA зазначається, що детальні записи технічного обслуговування мають давати змогу визначати конфігурацію повітряного судна, статус його льотної придатності та стан установлених компонентів, а також слугувати основою для планування подальшого технічного обслуговування [1, 4]. У рекомендаціях FAA наголошується, що належні технічні записи є матеріальним підтвердженням відповідності повітряного судна встановленим вимогам, а самі записи повинні підтримувати

безперервність інформації, містити необхідні відомості та бути придатними до подальшого доповнення [3].

Окремої уваги заслуговує питання подальшого використання накопичених технічних записів. У сучасних дослідженнях з планування технічного обслуговування показано, що технічна інформація може використовуватися для аналізу стану, планування робіт і підтримки подальших рішень щодо обслуговування авіафлоту [5–7]. Водночас, коли інформація зберігається фрагментарно або в неструктурованому вигляді, це ускладнює пошук потрібних відомостей, повторне використання накопичених даних і встановлення зв'язку між окремими технічними подіями.

Практичне значення простежуваності полягає в тому, що вона дає змогу пов'язати виконану роботу з конкретним повітряним судном, виконавцем, датою завершення, результатом і особою, яка підтвердила закриття завдання. Завдяки цьому історія технічного обслуговування стає не набором ізольованих записів, а послідовною системою даних, придатною для подальшого перегляду та контролю.

Отже, ведення історії технічного обслуговування має забезпечувати збереження основного контексту виконаної роботи та підтримувати подальше використання накопичених записів під час аналізу стану авіафлоту, контролю виконаних робіт і планування наступних завдань.

1.6 Порівняльний аналіз існуючих підходів і рішень

Проведений аналіз показує, що керування технічним обслуговуванням авіафлоту не може бути зведене до окремої технічної чи організаційної дії. Воно реалізується через поєднання кількох взаємопов'язаних напрямів, серед яких планування технічних робіт, ведення технічних записів, організація доступу користувачів до інформації та використання інформаційних систем

для підтримки технічного супроводу повітряних суден. Саме узгоджене поєднання цих складових забезпечує цілісність процесу технічного обслуговування.

Розглянуті підходи мають спільну мету – підвищення керованості технічного обслуговування, зменшення кількості помилок і впорядкування роботи з технічними даними. Водночас між ними простежуються суттєві відмінності. Наукові підходи переважно орієнтовані на розв’язання окремих задач, зокрема планування робіт, урахування ресурсних обмежень і невизначеності. Нормативні вимоги та практичні підходи більше зосереджені на безперервності технічних записів, простежуваності виконаних робіт, відповідності встановленим вимогам і впорядкуванні доступу до інформації. Промислові інформаційні системи, своєю чергою, намагаються поєднати ці функції в межах єдиного цифрового середовища.

Для подальшої інформаційної підтримки процесу технічного обслуговування важливо виділити елементи, які повторюються в різних підходах і є суттєвими для організації роботи з технічними завданнями. До таких елементів належать наявність об’єкта обслуговування, створення завдання, визначення строків, призначення відповідального виконавця, фіксація результату, перевірка виконання та збереження підсумкової інформації. Саме ці складові відображають основний інформаційний цикл роботи із завданням технічного обслуговування.

Таким чином, для задач керування технічним обслуговуванням найбільш важливими є не ізольовані функції, а їх узгоджене поєднання. Ефективна організація технічного супроводу потребує підтримки планування робіт, збереження історії виконаних технічних дій, впорядкованого доступу користувачів і централізованого ведення технічної інформації. Саме такий підхід дає змогу розглядати технічне обслуговування авіафлоту як комплексний процес, що потребує цілісної інформаційної підтримки.

1.7 Постановка задачі

У сфері технічного обслуговування авіафлоту важливе значення мають своєчасне планування технічних робіт, належне ведення технічних записів, збереження історії виконаних дій та впорядкований доступ користувачів до інформації. За відсутності централізованої інформаційної підтримки ускладнюється контроль технічного стану повітряних суден, знижується зручність роботи з технічними даними та зростає ймовірність помилок під час організації технічного супроводу. У зв'язку з цим актуальним є розроблення програмного засобу для інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування авіафлоту.

Об'єктом роботи є процес керування технічним обслуговуванням авіафлоту.

Метою роботи є розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту з плануванням робіт, рольовим доступом та веденням історії технічного обслуговування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати особливості сфери технічного обслуговування авіафлоту та сучасні підходи до планування робіт, керування доступом і ведення історії технічного обслуговування;
- визначити функціональні вимоги до вебпорталу керування технічним обслуговуванням;
- розробити підхід до планування технічних робіт у межах інформаційної системи;
- визначити ролі користувачів і принципи розмежування доступу до даних та функцій системи;
- визначити підхід до ведення історії технічного обслуговування та простежуваності змін;
- спроектувати структуру вебпорталу та основні сутності, необхідні для зберігання й оброблення технічної інформації;

- реалізувати вебпортал керування технічним обслуговуванням авіафлоту;
- провести тестування розробленого вебпорталу та оцінити його працездатність.

2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБПОРТАЛУ КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ АВІАФЛОТУ

2.1 Формалізація процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту

Керування технічним обслуговуванням авіафлоту розглядається як організований інформаційний процес, що охоплює планування, виконання, перевірку та документування робіт, пов'язаних із підтриманням технічного стану повітряних суден. Вебпортал не є повноцінною промисловою MRO- або ERP-системою, однак моделює базовий цикл технічного обслуговування: від створення завдання до збереження результату в історії технічного обслуговування.

Необхідність формалізації такого процесу зумовлена тим, що технічне обслуговування передбачає не лише фактичне виконання робіт, а й фіксацію відомостей про заплановані та виконані операції, відповідальних осіб, строки виконання, результати перевірки та історію обслуговування. Нормативні документи EASA і FAA підкреслюють важливість технічних записів, простежуваності виконаних робіт і документального підтвердження технічного стану повітряного судна [1–4]. Тому вебпортал має забезпечувати контроль проходження завдання через визначені етапи.

Процес керування технічним обслуговуванням у вебпорталі охоплює підготовку довідкових даних, створення завдання, призначення виконавця, виконання роботи, внесення результату, перевірку, закриття завдання та формування історії технічного обслуговування.

Узагальнену модель проходження завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Узагальнена модель процесу проходження завдання технічного обслуговування

Рисунок 2.1 відображає послідовний характер проходження завдання: спочатку використовуються дані про літак і тип роботи технічного обслуговування, після чого створюється завдання, призначається виконавець, фіксується результат виконання, виконується перевірка та формується історичний запис.

Центральним об'єктом процесу є завдання технічного обслуговування. Воно поєднує конкретний літак, тип роботи, планові строки, виконавця, поточний статус і результат виконання. Літак і тип роботи задають предметний контекст завдання, користувачі виконують дії відповідно до своїх ролей, а запис історії фіксує результат після завершення процесу.

Для впорядкування процесу сутності вебпорталу доцільно поділити на три групи: довідникові, процесні та історичні. До довідникових сутностей належать літаки, типи робіт технічного обслуговування, користувачі та ролі. Процесною сутністю є завдання технічного обслуговування, оскільки воно

змінює свій стан під час роботи системи. Історичною сутністю є запис історії технічного обслуговування, який формується після закриття завдання.

Процес керування технічним обслуговуванням пов'язаний із чотирма ролями користувачів: адміністратором, планувальником, техніком і контролером. Адміністратор підтримує облікові записи користувачів і ролі, планувальник створює та організовує завдання, технік виконує призначені роботи, а контролер перевіряє результат і закриває завдання. Такий розподіл дає змогу відокремити адміністративні, планувальні, виконавчі та контрольні дії.

Основний сценарій роботи починається зі створення завдання планувальником. Під час створення визначаються літак, тип роботи, планова дата, граничний строк виконання, пріоритет і відповідальний технік. Після створення завдання отримує початковий статус *Planned* і стає доступним призначеному техніку.

Під час виконання технік відкриває призначене завдання, починає роботу та після її завершення вносить результат виконання. Після цього завдання переходить до етапу перевірки. Контролер переглядає завершене завдання, бере його на перевірку, аналізує внесений результат і закриває завдання. Після закриття система формує запис в історії технічного обслуговування.

Формалізований процес ґрунтується на таких основних правилах:

- завдання створюється тільки для наявного літака;
- завдання створюється тільки на основі активного типу роботи технічного обслуговування;
- кожне завдання має відповідального виконавця;
- виконання завдання здійснює призначений технік;
- завершене завдання має містити результат виконання;
- остаточне закриття завдання виконує контролер;
- запис історії технічного обслуговування формується після закриття завдання.

Отже, формалізація процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту зводиться до побудови керованого циклу проходження завдання технічного обслуговування. Цей цикл охоплює планування, призначення, виконання, перевірку, закриття та збереження результату в історії. Такий підхід дозволяє розглядати вебпортал не як набір окремих CRUD-операцій, а як інформаційну систему підтримки процесу технічного обслуговування авіафлоту.

2.2 Рольова модель доступу користувачів вебпорталу

Для забезпечення керованого доступу до функцій вебпорталу використовується рольова модель, за якої можливості користувача визначаються його належністю до певної ролі. Такий підхід дає змогу розділити адміністративні, планувальні, виконавчі та контрольні функції між різними групами користувачів і зменшити ризик виконання дій, що не відповідають обов'язкам конкретного користувача. Загальна ідея рольового доступу полягає в тому, що права на виконання операцій пов'язуються не з кожним користувачем окремо, а з ролями, які відображають функції користувачів у системі [14].

Для вебпорталу передбачено чотири основні ролі користувачів: адміністратор, планувальник, технік і контролер. Такий розподіл відповідає логіці процесу технічного обслуговування авіафлоту. Планування, виконання та перевірка робіт розглядаються як різні етапи одного процесу, тому вони не повинні виконуватися однією універсальною роллю. Це дає змогу чіткіше фіксувати відповідальність користувачів і забезпечує більш прозоре проходження завдання від створення до закриття.

Узагальнену характеристику ролей користувачів вебпорталу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ролі користувачів вебпорталу та їх функції

Роль	Призначення ролі	Основні функції
Адміністратор	Керування обліковими записами та ролями користувачів	створення користувачів, редагування даних користувачів, призначення ролей, деактивація користувачів
Планувальник	Організація робіт технічного обслуговування	облік літаків, ведення типів робіт ТО, створення завдань, визначення строків, встановлення пріоритету, призначення техніка
Технік	Виконання призначених робіт технічного обслуговування	перегляд власних завдань, початок виконання, внесення результату виконання, позначення завдання як виконаного
Контролер	Перевірка результату та остаточне закриття завдання	перегляд завершених завдань, взяття завдання на перевірку, перевірка результату, закриття завдання, перегляд історії ТО

Поданий розподіл ролей дає змогу відокремити адміністрування облікових записів, планування робіт, виконання завдань і контроль результатів технічного обслуговування. Завдяки цьому дії користувачів узгоджуються з їхньою відповідальністю в процесі проходження завдання.

Адміністратор не бере участі безпосередньо у проходженні конкретного завдання технічного обслуговування. Його функції пов'язані з підтриманням організаційної структури доступу: створенням користувачів, редагуванням їхніх даних, призначенням ролей і деактивацією облікових записів. Основний процес роботи із завданням виконують планувальник, технік і контролер, оскільки саме ці ролі відповідають за створення, виконання, перевірку та закриття завдання.

Окремим елементом рольової моделі є деактивація користувачів. Фізичне видалення користувача з бази даних є небажаним, оскільки він може бути пов'язаний із раніше створеними, виконаними або перевіреними завданнями. Тому в системі використовується підхід, за якого користувач залишається в базі даних, але втрачає можливість авторизації та участі в нових операціях. Це дозволяє зберегти історичну цілісність записів і не порушувати зв'язки між завданнями, виконавцями та контролерами.

Для деактивованого користувача діють такі обмеження:

- користувач не може авторизуватися у вебпорталі;
- користувач не може створювати нові записи;
- користувач не може виконувати або перевіряти завдання;
- дані про його попередні дії залишаються в історії системи.

Рольова модель також відображається в навігації вебпорталу. Користувач повинен бачити лише ті розділи, які відповідають його ролі. Для адміністратора основним розділом є керування користувачами. Для планувальника доступними є розділи літаків, типів робіт, завдань і історії технічного обслуговування. Технік працює переважно з розділом власних завдань, а контролер – із розділами перевірки та історії технічного обслуговування.

Рольова модель доступу забезпечує технічне обмеження доступу до функцій вебпорталу і водночас підтримує логіку проходження завдання технічного обслуговування. Завдяки цьому дії користувачів узгоджуються з їхньою відповідальністю, а зміни в системі виконуються лише тими ролями, для яких вони передбачені.

2.3 Інформаційна модель предметної області

Інформаційна модель предметної області визначає склад основних сутностей вебпорталу, їх призначення та зв'язки між ними. Для системи керування технічним обслуговуванням авіафлоту така модель є основою подальшої програмної реалізації, оскільки вона задає, які дані необхідно зберігати, як вони пов'язані між собою та які обмеження потрібно враховувати під час оброблення завдань технічного обслуговування.

Предметна область вебпорталу охоплює облік літаків, типів робіт технічного обслуговування, завдань, користувачів, ролей та історії виконаних робіт. Запропонована інформаційна модель не відтворює всі можливі об'єкти промислової MRO-системи, зокрема склад запчастин, облік інструментів, сертифікацію персоналу або інтеграцію з ERP-системами. Модель зосереджується на сутностях, необхідних для реалізації основного циклу: планування завдання, призначення виконавця, виконання, перевірка, закриття або скасування завдання та збереження результату підтвердженої роботи в історії технічного обслуговування.

Основними сутностями інформаційної моделі є літак, тип роботи технічного обслуговування, завдання технічного обслуговування, запис історії технічного обслуговування, користувач і роль користувача. Ці сутності відображають об'єкти, учасників і результати процесу технічного обслуговування, а їхні зв'язки визначають порядок проходження завдання від планування до формування історичного запису або скасування.

ER-діаграму інформаційної моделі вебпорталу наведено на рисунку 2.2.

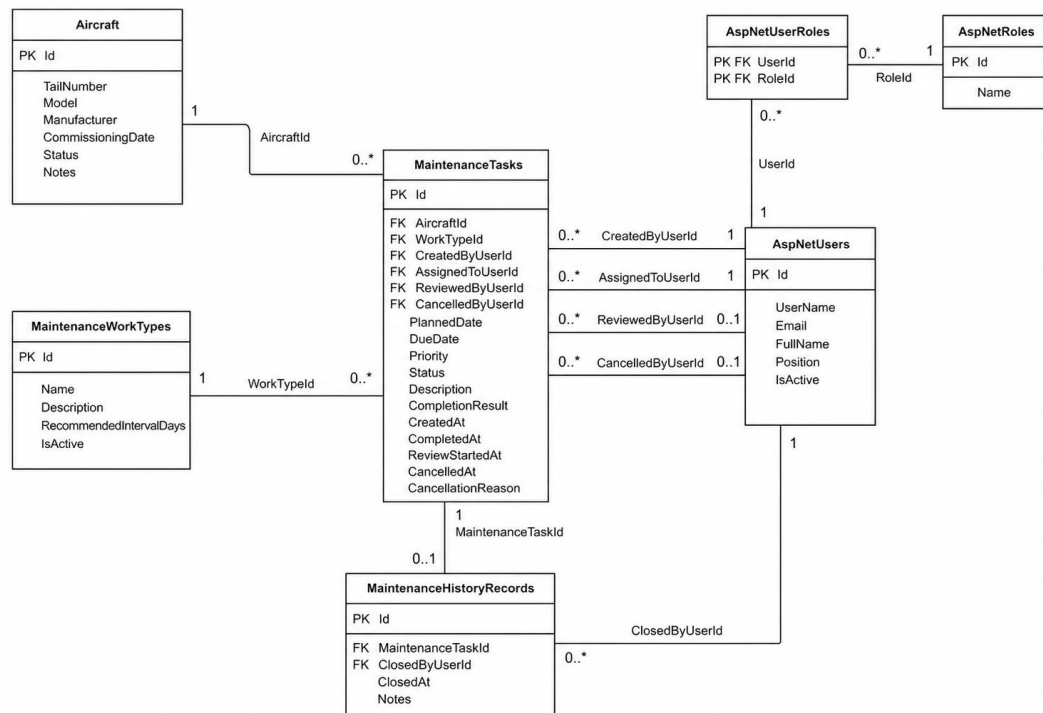


Рисунок 2.2 – ER-діаграма інформаційної моделі вебпорталу

ER-діаграма показує структуру основних даних вебпорталу та зв'язки між ними. Центральне місце в моделі займає сутність MaintenanceTasks, через яку поєднуються довідкові дані, користувачі, статуси, результат виконання та службові дані, пов'язані з проходженням або скасуванням завдання.

Сутність Aircraft використовується для зберігання відомостей про літаки авіафлоту, для яких можуть створюватися завдання технічного обслуговування. Основним ідентифікаційним атрибутом літака є бортовий номер, що дає змогу однозначно відрізнити один борт від іншого.

Сутність MaintenanceWorkTypes описує довідник типів робіт технічного обслуговування. Її використання забезпечує уніфікований вибір виду роботи під час створення завдання та зменшує ризик появи дубльованих або некоректно записаних назв. Ознака активності дозволяє забороняти використання застарілих типів робіт у нових завданнях без видалення даних, пов'язаних із попередніми роботами.

Сутність MaintenanceTasks є процесною сутністю системи. Вона описує конкретну роботу, яку потрібно виконати для певного літака, і пов'язує літак, тип роботи, строки, пріоритет, статус, результат виконання та користувачів, залучених до проходження завдання. Саме ця сутність змінює свій стан під час планування, виконання, перевірки, закриття або скасування роботи.

Для підтримки скасування завдання у сутності MaintenanceTasks передбачаються дані про користувача, який виконав скасування, дату скасування та причину скасування. Ці дані дають змогу зафіксувати припинення роботи із завданням без формування запису історії технічного обслуговування, оскільки скасування не є фактом виконаної та підтвердженої роботи.

Сутність MaintenanceHistoryRecords використовується для фіксації факту закриття завдання. Вона не замінює саме завдання, а є підсумковим історичним записом, який формується після завершення та підтвердження роботи контролером. Одному закритому завданню має відповідати не більше одного запису історії, що запобігає дублюванню результатів технічного обслуговування. Скасовані завдання не формують записів історії, оскільки не підтверджують факт виконаної роботи.

СутністьAspNetUsers описує користувачів вебпорталу. Користувач може бути пов'язаний із завданням як автор, призначений технік, контролер або користувач, який виконав скасування завдання. Ролі користувачів реалізуються через стандартні таблиціAspNetRoles іAspNetUserRoles, що дає змогу використовувати готову рольову модель доступу без створення окремої системи зберігання ролей і паролів.

Між сутностями інформаційної моделі встановлюються такі основні зв'язки:

- один літак може мати багато завдань технічного обслуговування;
- один тип роботи технічного обслуговування може використовуватися в багатьох завданнях;
- один користувач може створювати багато завдань;

- один користувач може бути призначеним техніком у багатьох завданнях;
- один користувач може бути контролером у багатьох завданнях;
- один користувач може скасовувати багато завдань технічного обслуговування;
- один користувач може бути пов'язаний із багатьма записами історії як особа, що закрила завдання;
- одне закрите завдання може мати не більше одного запису історії технічного обслуговування.

Наявність кількох зв'язків між `AspNetUsers` і `MaintenanceTasks` пояснюється тим, що один і той самий тип сутності “користувач” бере участь у різних ролях у межах життєвого циклу завдання. Користувач може створити завдання, бути призначеним техніком, виконувати перевірку як контролер або скасувати завдання. Тому відповідні зовнішні ключі подаються в інформаційній моделі окремо.

Окремо стандартні таблиці `AspNetRoles` і `AspNetUserRoles` забезпечують зв'язок між користувачами та ролями в рольовій моделі доступу. Таблиця `AspNetRoles` зберігає перелік ролей, а `AspNetUserRoles` пов'язує користувача з однією або кількома ролями. Це відповідає обраному підходу, за якого права користувача визначаються не окремими індивідуальними дозволами, а належністю до певної ролі.

Такий набір зв'язків відображає основну логіку інформаційної моделі. Літак виступає об'єктом обслуговування, тип роботи визначає зміст запланованої операції, завдання фіксує конкретну роботу, користувачі виконують дії відповідно до своїх ролей, а історія зберігає результат закритого завдання.

Інформаційна модель також передбачає обмеження, спрямовані на збереження цілісності даних. Бортовий номер літака має бути унікальним, оскільки він використовується для ідентифікації борту. Завдання не повинно втрачати зв'язок із літаком, типом роботи або користувачами, які брали

участь у його створенні, виконанні, перевірці чи скасуванні. Історичний запис не повинен існувати без відповідного закритого завдання технічного обслуговування.

Частина значень у вебпорталі реалізується як фіксовані переліки. До таких значень належать статус літака, статус завдання та пріоритет завдання. Використання фіксованих переліків є доцільним, оскільки кількість таких значень є обмеженою, а їх зміна не потребує окремого адміністрування. Водночас типи робіт технічного обслуговування винесені в окрему сутність, оскільки їх перелік може змінюватися під час експлуатації вебпорталу.

Інформаційна модель визначає склад даних, зв'язки між сутностями та базові обмеження цілісності вебпорталу. Це забезпечує підтримку повного циклу роботи із завданням технічного обслуговування: від планування й призначення виконавця до виконання, перевірки, закриття та збереження результату в історії або скасування завдання без формування історичного запису.

2.4 Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування

Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування визначає послідовність станів, через які проходить завдання від моменту створення до завершення або скасування. Така модель потрібна для контролю доступних дій користувачів, узгодження роботи ролей і забезпечення логічної цілісності даних у вебпорталі.

Завдання технічного обслуговування є процесною сутністю системи, оскільки змінює свій стан під час роботи користувачів із вебпорталом. На відміну від довідникових сутностей, таких як літак або тип роботи технічного обслуговування, завдання проходить кілька етапів: планування, виконання, перевірку, закриття або скасування.

Для завдання технічного обслуговування передбачено такі основні статуси: Planned, InProgress, Completed, UnderReview, Closed і Cancelled. Характеристики цих статусів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Статуси завдання технічного обслуговування

Статус	Зміст статусу	Хто ініціює перехід
Planned	завдання створене, заплановане та призначене техніку	планувальник
InProgress	технік почав виконання призначеного завдання	технік
Completed	технік завершив роботу та вніс результат виконання	технік
UnderReview	контролер узяв завершене завдання на перевірку	контролер
Closed	завдання перевірене, закрито і може бути перенесене до історії ТО	контролер
Cancelled	завдання скасоване і не переходить до виконання або історії як завершена робота	планувальник

Таблиця 2.2 систематизує статуси, які використовуються для контролю проходження завдання технічного обслуговування. Кожен статус відповідає окремому етапу роботи із завданням: плануванню, виконанню, завершенню роботи техніком, перевірці контролером, остаточному закриттю або скасуванню. Зміна статусу технічно виконується системою після дії відповідного користувача.

Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 2.3.

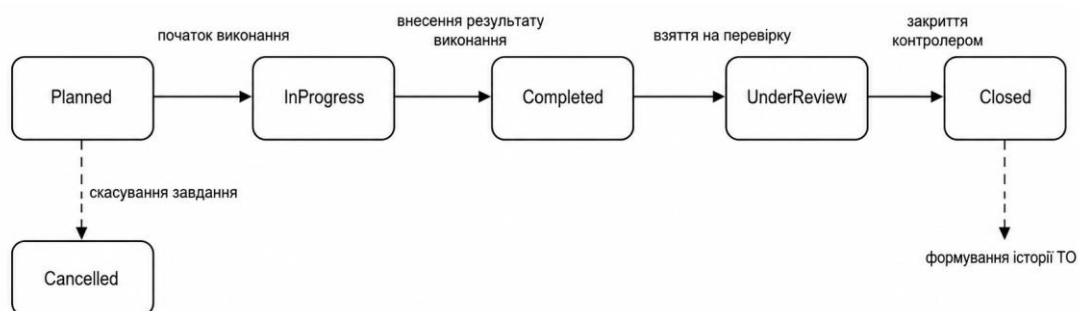


Рисунок 2.3 – Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування

Наведена модель життєвого циклу демонструє основний маршрут завдання від Planned до Closed, а також альтернативний стан Cancelled. Формування історії технічного обслуговування відбувається після закриття завдання і не розглядається як окремий статус самого завдання.

Початковим станом завдання є Planned. У цей стан завдання потрапляє після створення планувальником. На цьому етапі вже визначено літак, тип роботи технічного обслуговування, планову дату, граничний строк виконання, пріоритет і відповідального техніка. Завдання ще не виконується фактично, але вже доступне призначеному техніку для перегляду.

Перехід зі стану Planned до InProgress відбувається після початку виконання роботи техніком. Перехід до Completed означає, що технік завершив роботу та вніс результат виконання. При цьому статус Completed ще не означає остаточного закриття завдання, оскільки результат має бути перевірений контролером.

Перехід зі стану Completed до UnderReview відбувається тоді, коли контролер бере завдання на перевірку. Цей стан потрібний для фіксації того, що завершене завдання вже обробляється конкретним контролером. Після перевірки результату контролер закриває завдання, і воно переходить до стану Closed.

Стан Closed означає остаточне закриття перевіреного завдання, після якого система формує запис в історії технічного обслуговування. Стан

Cancelled використовується для завдань, що втратили актуальність або були створені помилково, і не є підтвердженням виконаної роботи.

Для формалізації життєвого циклу завдання доцільно визначити допустимі переходи між станами:

- нове завдання створюється у стані Planned;
- завдання у стані Planned може перейти до стану InProgress або Cancelled;
- завдання у стані InProgress може перейти до стану Completed;
- завдання у стані Completed може перейти до стану UnderReview;
- завдання у стані UnderReview може перейти до стану Closed;
- завдання у стані Closed або Cancelled не повинно повертатися до активного виконання.

Статус завдання впливає не тільки на відображення інформації, а й на доступність операцій у вебпорталі. Наприклад, технік не повинен завершувати завдання, яке ще не перебуває у виконанні або вже закрито. Контролер не повинен закривати завдання, яке не було завершено техніком. Такі обмеження забезпечують послідовне проходження завдання через визначений життєвий цикл.

Модель життєвого циклу завдання технічного обслуговування визначає допустиму послідовність станів і обмежує виконання дій, які не відповідають поточному етапу роботи. Завдяки цьому завдання не може бути закрито без виконання та перевірки, а скасовані або закриті завдання не повертаються до активного виконання.

2.5 Алгоритм планування завдання технічного обслуговування

Алгоритм планування завдання технічного обслуговування визначає порядок створення нового завдання для конкретного літака, вибору типу роботи, призначення відповідального виконавця та перевірки коректності

введених даних. Саме з планування починається життєвий цикл завдання, яке надалі переходить до виконання, перевірки, закриття та формування історії технічного обслуговування.

Планування виконує користувач із роллю планувальника. Завдання після створення ще не виконується фактично, а лише формується як початковий запис у плані робіт.

Вхідними даними для алгоритму планування є:

- літак, для якого створюється завдання;
- тип роботи технічного обслуговування;
- планова дата виконання;
- граничний строк завершення;
- пріоритет завдання;
- опис завдання;
- відповідальний технік;
- користувач, який створює завдання.

Алгоритм починається з відкриття форми створення завдання. Система надає планувальнику перелік доступних літаків, активних типів робіт технічного обслуговування та активних користувачів із роллю техника. Це потрібно для того, щоб нове завдання створювалося тільки на основі актуальних даних. Неактивні типи робіт не повинні використовуватися для нових завдань, а деактивовані користувачі не повинні призначатися виконавцями.

Після заповнення форми система виконує перевірку введених даних. Обов'язковими є вибір літака, типу роботи, відповідального техника, а також зазначення строків і опису завдання. Планова дата показує, коли робота має бути виконана або розпочата згідно з планом, а граничний строк визначає останню допустиму дату завершення завдання. Для збереження логічної коректності граничний строк не повинен бути раніше планової дати.

Під час призначення виконавця система перевіряє, що обраний користувач має роль техника та є активним. Це обмеження запобігає

призначенню завдання адміністратору, планувальнику, контролеру або деактивованому користувачу.

Окремою умовою є перевірка дублювання активних завдань. Якщо для того самого літака, того самого типу роботи технічного обслуговування та тієї самої планової дати вже існує активне завдання, створення нового завдання блокується. Активними в цьому випадку вважаються завдання, які ще не закриті та не скасовані.

Алгоритм планування можна подати як таку послідовність дій:

- відкриття форми створення завдання;
- завантаження списків літаків, активних типів робіт і активних техніків;
- вибір літака та типу роботи технічного обслуговування;
- введення планової дати, граничного строку, пріоритету й опису;
- призначення відповідального техніка;
- перевірка коректності введених даних;
- перевірка відсутності дубліката активного завдання;
- створення завдання зі статусом Planned;
- збереження завдання в базі даних.

Якщо всі перевірки виконані успішно, система створює нове завдання технічного обслуговування. Для нього зберігаються літак, тип роботи, планова дата, граничний строк, пріоритет, опис, відповідальний технік і користувач, який створив завдання. Початковим статусом встановлюється Planned, оскільки після створення завдання ще не перебуває у виконанні, а лише внесене до плану робіт.

Якщо під час перевірки виявлено помилки, завдання не створюється. До таких помилок належать відсутність обов'язкових даних, вибір неактивного типу роботи, призначення неактивного або некоректного користувача, некоректне співвідношення планової дати та граничного строку, а також наявність дубліката активного завдання. У такому випадку система

повертає планувальника до форми створення та показує повідомлення про причину помилки.

Алгоритм планування не виконує автоматичного розрахунку оптимального графіка технічного обслуговування. Планувальник самостійно визначає дату, строк виконання, пріоритет і виконавця. Такий підхід відповідає призначенню вебпорталу, оскільки основна увага приділяється не складній оптимізації графіків, а побудові керованого процесу проходження завдання через етапи планування, виконання, перевірки та формування історії.

Результатом алгоритму є створення структурованого завдання зі статусом Planned або відмова у створенні із повідомленням про помилку. Такий підхід забезпечує коректність початкових даних перед передаванням завдання до виконання.

2.6 Алгоритм виконання, перевірки та закриття завдання

Алгоритм виконання, перевірки та закриття завдання технічного обслуговування описує дії, що виконуються після створення завдання планувальником. Якщо алгоритм планування формує початковий запис про майбутню роботу, то алгоритм виконання та закриття забезпечує проходження цього запису через робочі етапи: початок виконання, внесення результату, перевірку контролером, закриття та передавання даних до історії технічного обслуговування.

У цьому алгоритмі беруть участь дві основні ролі: технік і контролер. Технік відповідає за виконання призначеної роботи та внесення результату, а контролер – за перевірку виконаної роботи й остаточне закриття завдання. Такий розподіл дозволяє відокремити факт виконання роботи від її підтвердження.

Вхідними даними для алгоритму є:

- створене завдання технічного обслуговування;
- поточний статус завдання;
- дані про призначеного техніка;
- результат виконання роботи;
- дані про контролера;
- коментар під час закриття завдання.

Після створення завдання воно має статус `Planned` і вже пов'язане з конкретним літаком, типом роботи, строками виконання, пріоритетом і призначеним техніком. Технік бачить у своєму робочому списку лише ті завдання, які призначені саме йому. Це обмеження потрібне для того, щоб користувач не міг працювати із завданнями інших виконавців.

Першим етапом є початок виконання завдання. Технік відкриває призначене завдання і запускає його виконання. Система перевіряє, що завдання належить цьому техніку та перебуває у статусі `Planned`. Якщо ці умови виконані, статус завдання змінюється на `InProgress`. Якщо завдання перебуває в іншому статусі, початок виконання блокується.

Після завершення роботи технік вносить результат виконання, який описує фактично виконані дії, виявлені особливості або підсумок роботи. Завершити можна тільки те завдання, яке перебуває у статусі `InProgress`. Після успішного внесення результату система фіксує дату виконання та змінює статус завдання на `Completed`.

Після переходу завдання до статусу `Completed` воно стає доступним для контролера. Контролер переглядає завершені завдання, обирає потрібне завдання та бере його на перевірку. Після цього система змінює статус завдання на `UnderReview`, фіксує контролера і дату початку перевірки. Це дозволяє показати, що завдання вже перебуває в роботі конкретного контролера.

Під час перевірки контролер переглядає основні дані завдання: літак, тип роботи, опис завдання, виконавця, строки, дату виконання та результат,

внесений техніком. На основі цієї інформації контролер приймає рішення про закриття завдання. Основним завершальним сценарієм після перевірки є закриття, без окремого повернення завдання техніку на доопрацювання.

Закриття виконується тільки тим контролером, який узяв завдання на перевірку. Перед закриттям система перевіряє, що завдання перебуває у статусі UnderReview і закріплене за поточним контролером. Під час закриття контролер може додати коментар для уточнення результатів перевірки або фіксації додаткових зауважень.

Після успішного закриття статус завдання змінюється на Closed. На цьому етапі активна робота із завданням завершується, а дані закритого завдання використовуються для формування запису в історії технічного обслуговування.

Перевірки поточного статусу та відповідальної особи використовуються для блокування дій, які не відповідають логіці алгоритму. Це не дозволяє завершити завдання без фактичного виконання або закрити його без етапу перевірки контролером.

Алгоритм виконання та закриття не охоплює всі можливі сценарії промислової експлуатації, зокрема багаторівневе погодження, електронний підпис, повернення завдання на доопрацювання, облік використаних запчастин або прикріплення технічних документів. Ці функції можуть бути розглянуті як напрями подальшого розвитку системи.

Результатом алгоритму є закрите завдання та створений історичний запис. Це завершує активну роботу із завданням і переводить інформацію про виконане технічне обслуговування до історії.

Узагальнену діаграму діяльності проходження завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 2.4. Діаграма діяльності конкретизує послідовність оброблення одного завдання технічного обслуговування після його створення. На відміну від моделі життєвого циклу, вона показує не лише зміну станів, а й розподіл дій між користувачами та системою.

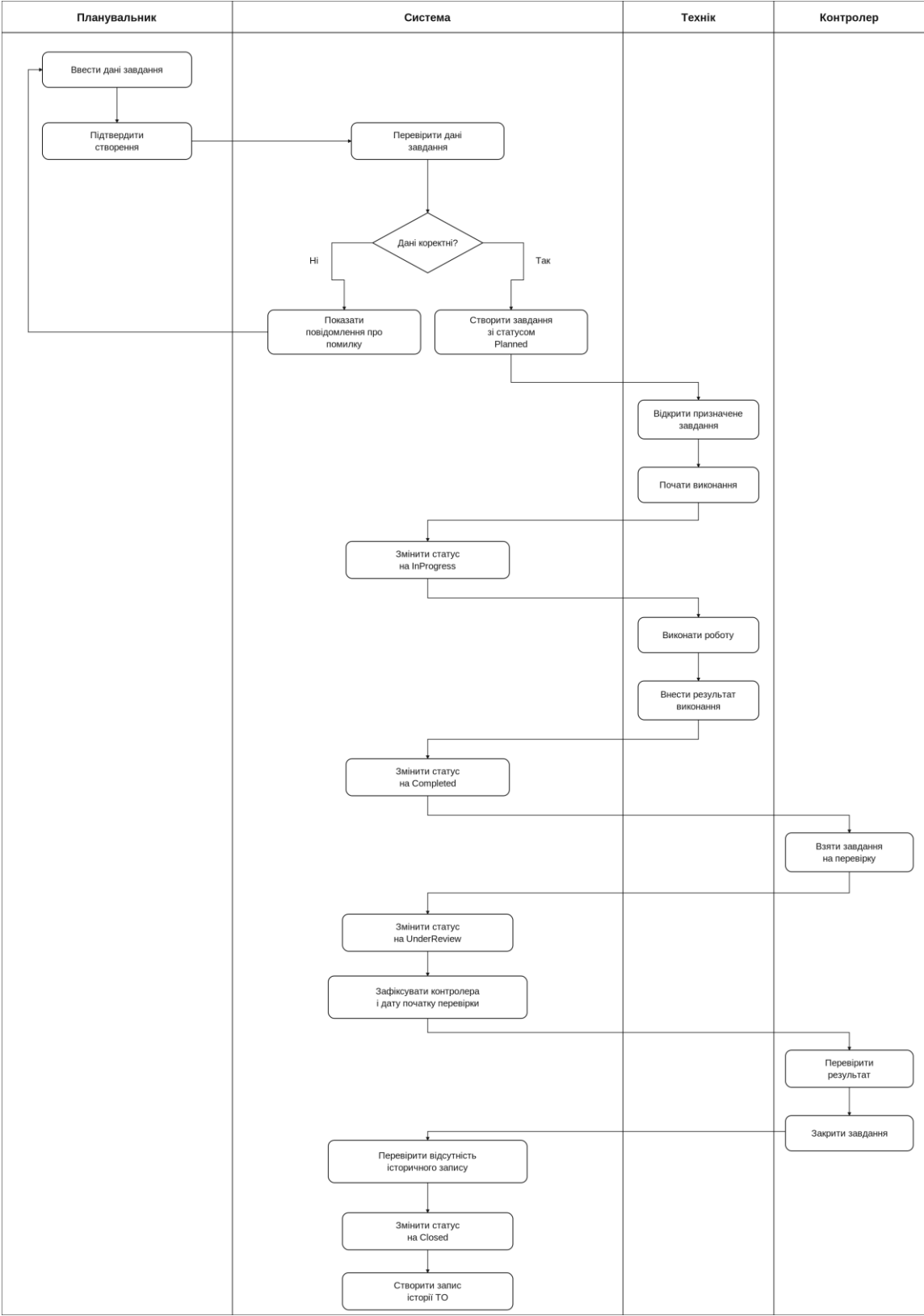


Рисунок 2.4 – Діаграма діяльності проходження завдання технічного обслуговування

2.7 Формування історії технічного обслуговування

Історія технічного обслуговування призначена для збереження відомостей про завершені роботи авіафлоту. На відміну від активного завдання, історичний запис фіксує вже підтверджений результат виконання роботи.

Історичний запис не створюється довільно вручну. Він формується після того, як завдання було створене планувальником, виконане техніком, перевірене контролером і закрито. Завдяки цьому історія технічного обслуговування пов'язується не з окремим ручним введенням даних, а з конкретним завершеним завданням.

Основою для створення історичного запису є закрите завдання технічного обслуговування. До історії передаються дані про літак, тип роботи, виконавця, результат виконання, дату завершення та користувача, який закрив завдання.

Основні дані, що використовуються під час формування історії технічного обслуговування, наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані, що формують історію технічного обслуговування

Дані	Джерело даних	Призначення
1	2	3
Ідентифікатор завдання ТО	MaintenanceTaskId	зв'язує історичний запис із закритим завданням
Літак	дані завдання ТО	показує, для якого борту виконувалась робота
Тип роботи ТО	дані завдання ТО	визначає вид виконаного технічного обслуговування
Технік	AssignedToUserId	показує виконавця роботи
Контролер	ClosedByUserId	показує користувача, який закрив завдання

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
Результат виконання	CompletionResult	фіксує фактичний результат роботи
Дата виконання	CompletedAt	показує момент завершення роботи техніком
Дата закриття	ClosedAt	фіксує момент формування історичного запису
Коментар під час закриття	Notes	містить додатковий коментар контролера

Подані дані дають змогу пов'язати історичний запис із конкретним завданням, літаком, виконавцем і результатом виконаної роботи. Це важливо для подальшого перегляду завершених операцій технічного обслуговування та збереження зв'язку між запланованою роботою і фактичним результатом.

Для одного закритого завдання створюється один історичний запис. Це запобігає дублюванню історії та зберігає однозначний зв'язок між завданням і результатом його виконання. Якщо історичний запис для завдання вже існує, повторне створення такого запису має бути заблоковане.

Перед створенням історичного запису система перевіряє, що завдання перебуває на етапі перевірки, закріплене за поточним контролером і ще не має запису історії. Після успішної перевірки завдання переводиться у статус Closed, а його дані зберігаються в історії технічного обслуговування.

Історія технічного обслуговування використовується для подальшого перегляду завершених робіт. Історичні записи можуть відбиратися за літаком, типом роботи, техніком, датою закриття або текстовими даними, пов'язаними з описом, результатом чи коментарем. Це дає змогу швидко знаходити інформацію про раніше виконані операції технічного обслуговування.

Важливою умовою є збереження історичної цілісності даних. Якщо користувач, тип роботи або літак надалі деактивується чи перестає використовуватися в нових операціях, раніше створені історичні записи не повинні втрачати зміст. Тому фізичне видалення записів про користувачів, літаки або типи робіт, які вже були використані в завданнях чи історії, є небажаним. Деактивація є більш доцільним підходом, оскільки вона забороняє використання об'єкта в нових операціях, але не руйнує зв'язки зі старими записами.

Запис історії технічного обслуговування не є повним журналом аудиту. Він фіксує факт закриття завдання та основну інформацію про виконану роботу, але не зберігає всі проміжні зміни полів або всі дії користувачів у системі. Повний журнал аудиту може бути доданий як окремий механізм у подальшому розвитку вебпорталу.

Історія технічного обслуговування завершує інформаційний цикл роботи із завданням. Вона дає змогу відокремити поточні завдання від завершених робіт і зберегти підтверджені результати технічного обслуговування для подальшого перегляду.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБПОРТАЛУ КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ АВІАФЛОТУ

3.1 Обґрунтування вибору технологій та засобів реалізації

Для реалізації вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту обрано засоби, що забезпечують створення серверного вебзастосунку, збереження даних у реляційній базі, керування обліковими записами користувачів, розмежування доступу за ролями та формування вебінтерфейсу. Вибір технологій здійснювався з урахуванням функціонального призначення вебпорталу, який має підтримувати планування завдань технічного обслуговування, призначення відповідальних осіб, виконання робіт, перевірку результатів, закриття або скасування завдань і ведення історії технічного обслуговування.

Основою програмної реалізації обрано ASP.NET Core MVC на платформі .NET 8. Такий вибір зумовлений потребою у створенні вебзастосунку, в якому дані предметної області, оброблення запитів користувачів і формування сторінок інтерфейсу подано як окремі складові. Архітектурний підхід MVC використано для поділу програмної реалізації на моделі, контролери та представлення, що є доцільним для вебпорталу з кількома взаємопов'язаними функціональними частинами.

У вебпорталі моделі використовуються для опису основних сутностей предметної області, контролери обробляють дії користувачів, а представлення формують сторінки інтерфейсу. Такий підхід застосовано для реалізації обліку літаків, ведення типів робіт технічного обслуговування, створення завдань, виконання робіт, перевірки результатів, закриття завдань, скасування завдань і перегляду історії технічного обслуговування.

Для реалізації автентифікації та рольового доступу використано ASP.NET Core Identity. У вебпорталі цей засіб застосовується для роботи з обліковими записами користувачів, паролями та ролями, що дає змогу

організувати розмежування доступу між різними категоріями користувачів. Застосування ASP.NET Core Identity є доцільним, оскільки вебпортал передбачає виконання адміністративних, планувальних, виконавчих і контрольних дій різними користувачами. Рольовий доступ дає змогу обмежити доступ до окремих частин вебзастосунку відповідно до повноважень користувача.

Для роботи з даними використано Entity Framework Core. У вебпорталі Entity Framework Core застосовано як засіб доступу до даних, що дає змогу працювати з базою даних через класи моделей і контекст даних. Це використовується для збереження та оброблення даних про літаки, типи робіт технічного обслуговування, завдання, користувачів і записи історії.

Застосування Entity Framework Core є доцільним, оскільки основні об'єкти вебпорталу мають чітку структуру та зв'язки між собою. Літак пов'язується із завданнями технічного обслуговування, завдання пов'язується з типом роботи, відповідальними користувачами та записом історії. Такий підхід дає змогу відображати структуру предметної області у вигляді класів моделей і керувати збереженням даних через контекст бази даних.

Як систему керування базою даних використано SQL Server LocalDB. Вибір реляційної бази даних зумовлений тим, що вебпортал працює зі структурованими даними, між якими існують сталі зв'язки: користувачі, ролі, літаки, типи робіт, завдання технічного обслуговування та історичні записи. SQL Server LocalDB забезпечує збереження цих даних у табличній формі та підтримує роботу з ними засобами Entity Framework Core.

Для формування користувацького інтерфейсу використано Razor Views, Razor Pages, Bootstrap, HTML, CSS і JavaScript. Razor Views застосовуються для сторінок, що реалізують основні функції вебпорталу, а Razor Pages використовуються у частині, пов'язаній з обліковими записами користувачів. Bootstrap, HTML, CSS і JavaScript використано для оформлення

сторінок, побудови форм, таблиць, навігаційних елементів і базових елементів взаємодії користувача з вебпорталом.

Узагальнене обґрунтування вибору засобів реалізації вебпорталу наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Обґрунтування вибору засобів реалізації вебпорталу

Засіб реалізації	Обґрунтування вибору	Застосування у вебпорталі
1	2	3
ASP.NET Core MVC	Дає змогу розділити дані, оброблення запитів і формування сторінок інтерфейсу	Серверна частина вебпорталу, контролери та представлення
.NET 8	Забезпечує виконання сучасного ASP.NET Core вебзастосунку	Платформа виконання вебпорталу
ASP.NET Core Identity	Надає засоби роботи з користувачами, паролями та ролями	Авторизація, облікові записи, рольовий доступ
Entity Framework Core	Дає змогу працювати з базою даних через класи моделей і контекст даних	Збереження даних про літаки, типи робіт, завдання та історію
SQL Server LocalDB	Забезпечує реляційне збереження структурованих даних	База даних вебпорталу
Razor Views	Дає змогу формувати сторінки на основі представлень MVC	Сторінки літаків, типів робіт, завдань та історії

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Razor Pages	Зручні для сторінок, пов'язаних з обліковими записами	Сторінки входу та облікового запису користувача
Bootstrap	Надає готові засоби оформлення інтерфейсу	Форми, таблиці, кнопки, навігація
HTML, CSS, JavaScript	Забезпечують розмітку, стилізацію та клієнтську взаємодію	Сторінки вебпорталу та елементи інтерфейсу

Наведені засоби використовуються разом для реалізації серверної частини вебпорталу, реляційного збереження даних, рольового доступу та користувацького інтерфейсу.

3.2 Структура програмної реалізації вебпорталу

Програмна реалізація вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту виконана як єдиний вебзастосунок, у якому основні програмні елементи згруповано відповідно до функцій системи. Такий підхід дає змогу пов'язати програмну структуру не лише з технічними каталогами застосунку, а й з основними діями користувачів: керуванням обліковими записами, обліком літаків, веденням типів робіт технічного обслуговування, плануванням завдань, виконанням робіт, перевіркою результатів і формуванням історії технічного обслуговування.

Основними програмними елементами вебпорталу є моделі, контролери, моделі представлення, представлення інтерфейсу, контекст бази даних і засоби ASP.NET Core Identity. Моделі описують дані, що зберігаються у базі даних. Контролери обробляють дії користувачів і виконують операції над

цими даними. Моделі представлення використовуються для передавання даних між формами інтерфейсу та контролерами. Представлення формують сторінки, через які користувачі працюють із вебпорталом.

Керування користувачами реалізовано з використанням моделі `ApplicationUser`, засобів `ASP.NET Core Identity` та контролера `UsersController`. Модель `ApplicationUser` розширює стандартну модель користувача і містить додаткові поля, потрібні для роботи вебпорталу: повне ім'я, посаду та ознаку активності облікового запису. Контролер `UsersController` забезпечує створення користувачів, редагування їхніх даних, призначення ролей, активацію та деактивацію облікових записів.

Облік літаків авіафлоту реалізовано через модель `Aircraft` і контролер `AircraftController`. Модель літака містить бортовий номер, модель, виробника, дату введення в експлуатацію, статус і примітки. Ці дані використовуються під час створення завдань технічного обслуговування, оскільки кожне завдання має бути пов'язане з конкретним літаком.

Ведення типів робіт технічного обслуговування реалізовано через модель `MaintenanceWorkType` і контролер `MaintenanceWorkTypesController`. Тип роботи містить назву, опис, рекомендований інтервал виконання та ознаку активності. Використання окремої сутності для типів робіт дає змогу застосовувати уніфікований перелік робіт під час планування завдань технічного обслуговування.

Центральною частиною програмної реалізації є робота із завданнями технічного обслуговування. Для цього використовується модель `MaintenanceTask`, яка поєднує дані про літак, тип роботи, користувача, який створив завдання, призначеного техніка, контролера, планову дату, граничний строк, пріоритет, статус, опис і результат виконання. Створення та перегляд завдань реалізовано через `MaintenanceTasksController`.

Для роботи техніка з призначеними завданнями використовується `MyTasksController`. Через нього технік переглядає власні завдання, починає виконання роботи та вносить результат виконання. Для передавання даних

форми завершення завдання використовується модель представлення CompleteMaintenanceTaskViewModel.

Перевірка результату виконання та закриття завдання реалізовані через ReviewController. Контролер забезпечує перегляд виконаних завдань, взяття завдання на перевірку, переведення його у стан перевірки та закриття після підтвердження результату. Для закриття завдання використовується модель представлення CloseMaintenanceTaskViewModel.

Після закриття завдання формується історичний запис технічного обслуговування. Для цього використовується модель MaintenanceHistoryRecord, яка пов'язується із закритим завданням і містить відомості про користувача, що закрив завдання, дату закриття та коментар. Перегляд історії технічного обслуговування реалізовано через MaintenanceHistoryController.

Збереження даних вебпорталу забезпечується через ApplicationDbContext. У ньому визначено набори даних для літаків, типів робіт, завдань технічного обслуговування та історичних записів. Також у контексті налаштовано зв'язки між основними сутностями: завданням і літаком, завданням і типом роботи, завданням і користувачами, а також завданням і записом історії технічного обслуговування.

Відповідність функціональних частин вебпорталу основним програмним елементам наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Відповідність функціональних частин вебпорталу програмним елементам

Функціональна частина вебпорталу	Основні програмні елементи	Основна роль користувача
1	2	3
Керування користувачами	ApplicationUser, UsersController, ASP.NET Core Identity	Адміністратор

Продовження таблиці 3.2

1	2	3
Облік літаків	Aircraft, AircraftController	Планувальник
Ведення типів робіт технічного обслуговування	MaintenanceWorkType, MaintenanceWorkTypesController	Планувальник
Планування завдань технічного обслуговування	MaintenanceTask, CreateMaintenanceTaskViewModel, MaintenanceTasksController	Планувальник
Виконання завдань техніком	MaintenanceTask, CompleteMaintenanceTaskViewModel, MyTasksController	Технік
Перевірка та закриття завдань	ReviewController, CloseMaintenanceTaskViewModel, MaintenanceHistoryRecord	Контролер
Перегляд історії технічного обслуговування	MaintenanceHistoryRecord, MaintenanceHistoryController	Планувальник, контролер
Рольове розмежування доступу	ASP.NET Core Identity, полі користувачів, атрибути авторизації	Усі полі

3.3 Реалізація основних функціональних можливостей вебпорталу

У розробленому вебпорталі реалізовано функціональні можливості, необхідні для підтримки процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту. До них належать авторизація користувачів, рольове розмежування доступу, керування обліковими записами, облік літаків, ведення типів робіт

технічного обслуговування, створення завдань, виконання робіт техніком, перевірка результатів контролером, закриття або скасування завдань та ведення історії технічного обслуговування.

Основна робота вебпорталу пов'язана із завданням технічного обслуговування. Завдання створюється планувальником, призначається техніку, виконується, передається на перевірку контролеру та після підтвердження закривається з формуванням історичного запису. Якщо виконання завдання втратило актуальність або завдання було створено помилково, воно може бути скасоване без перенесення до історії технічного обслуговування.

Доступ до функцій вебпорталу здійснюється після авторизації користувача. На сторінці входу користувач вводить адресу електронної пошти та пароль. Також на сторінці передбачено блок демонстраційних ролей, який використовується для швидкого заповнення форми тестовими обліковими даними. Кнопки демонстраційних ролей не виконують автоматичний вхід і не обходять механізм автентифікації, а лише заповнюють поля форми. Вигляд сторінки авторизації користувача наведено на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Сторінка авторизації користувача

Після входу до вебпорталу набір доступних розділів визначається роллю користувача. Рольове розмежування використовується для того, щоб кожен користувач працював лише з тими функціями, які відповідають його повноваженням у процесі технічного обслуговування.

Керування користувачами реалізовано на окремій сторінці, доступній адміністратору. На цій сторінці відображається перелік користувачів, їхні ролі, посади та поточний стан облікового запису. Адміністратор може створювати нові облікові записи, редагувати дані користувачів, призначати ролі, а також активувати або деактивувати користувачів. Деактивація не видаляє користувача з бази даних, а лише забороняє йому подальший вхід до вебпорталу. Це дає змогу зберегти зв'язки користувача з раніше створеними, виконаними або перевіреними завданнями. Сторінку керування користувачами наведено на рисунку 3.2.

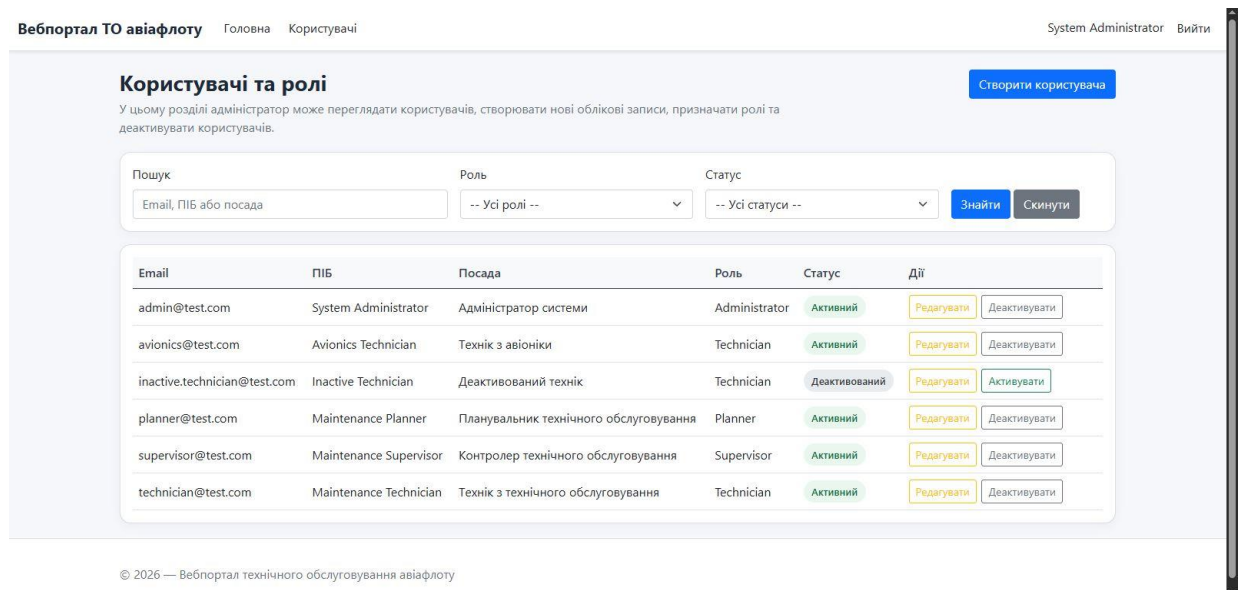


Рисунок 3.2 – Сторінка керування користувачами

Для обліку повітряних суден у вебпорталі реалізовано сторінку літаків. На ній планувальник переглядає перелік літаків авіафлоту, їхні бортові номери, моделі, виробників, дати введення в експлуатацію та поточні стани. Також передбачено пошук за бортовим номером, моделлю або виробником,

що спрощує роботу з переліком повітряних суден. Сторінку обліку літаків наведено на рисунку 3.3.

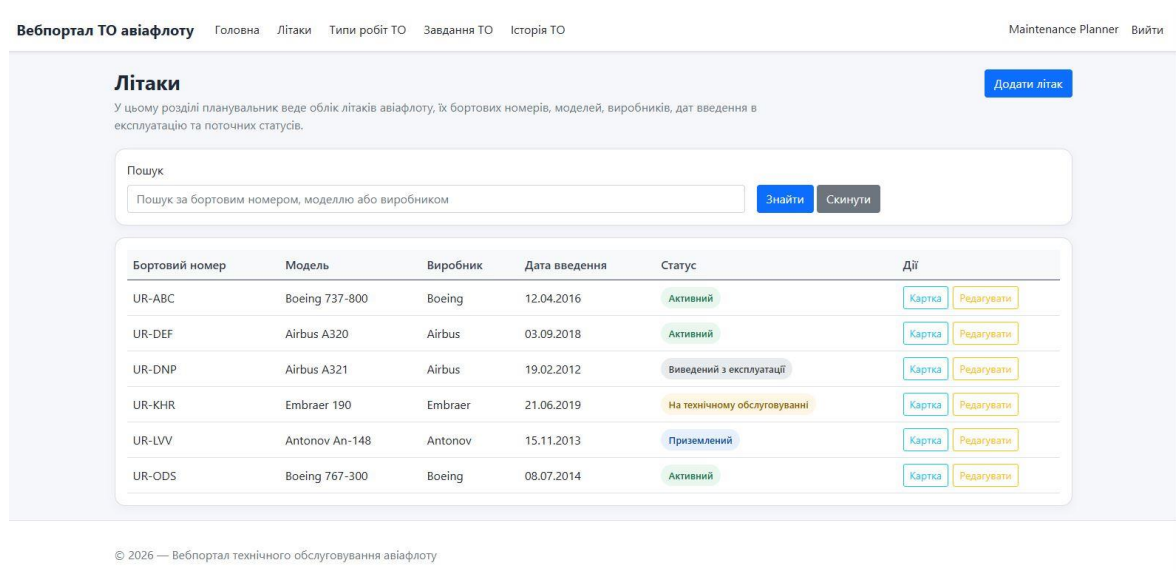


Рисунок 3.3 – Сторінка обліку літаків

У програмній реалізації стан літака та стан завдання технічного обслуговування ведуться окремо. Стан літака відображає поточну характеристику повітряного судна як об'єкта авіафлоту, а стан завдання описує проходження конкретної роботи. Такий поділ є доцільним, оскільки один літак може мати кілька завдань з різними станами, а автоматична зміна стану літака потребувала б додаткових правил для випадків паралельних, закритих або скасованих завдань.

Окремо реалізовано сторінку типів робіт технічного обслуговування. Вона використовується планувальником для ведення довідника робіт, які можуть застосовуватися під час створення завдань. Для кожного типу роботи відображаються назва, опис, рекомендований інтервал виконання та ознака активності. Активність типу роботи дає змогу не видаляти довідковий запис фізично, а за потреби обмежити його подальше використання під час створення нових завдань. Сторінку типів робіт технічного обслуговування наведено на рисунку 3.4.

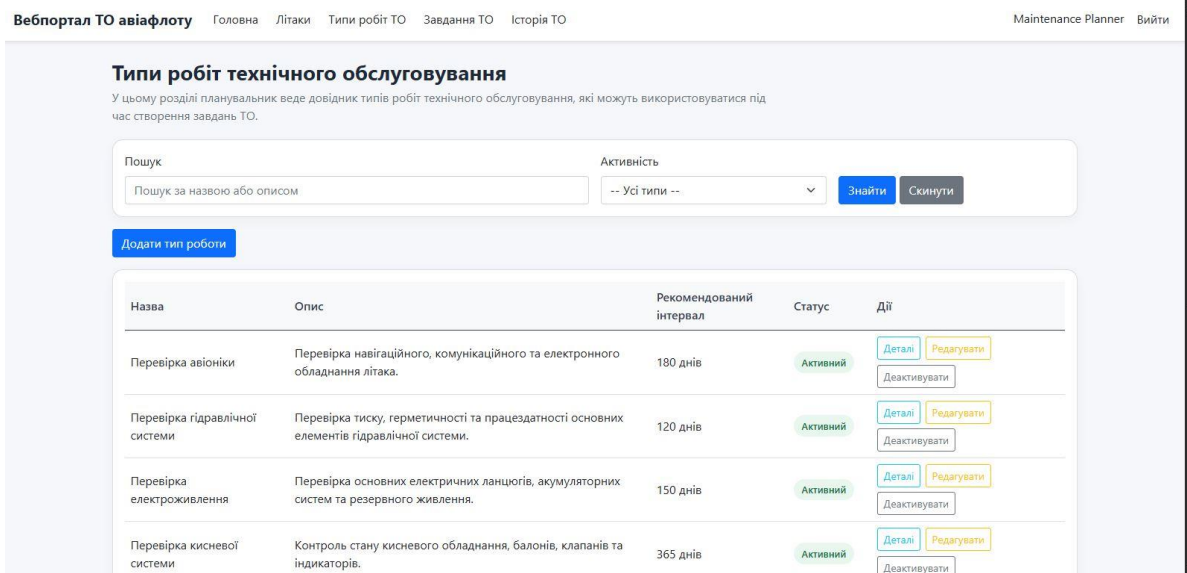


Рисунок 3.4 – Сторінка типів робіт технічного обслуговування

Однією з основних функцій планувальника є створення завдань технічного обслуговування. Під час створення завдання планувальник вибирає літак, тип роботи, виконавця, планову дату, граничний строк, пріоритет і за потреби додає опис завдання. Для змістових текстових полів передбачено підказки та можливість вставлення шаблонного тексту, що допомагає користувачу формувати повніший опис завдання. Форму створення завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 3.5.

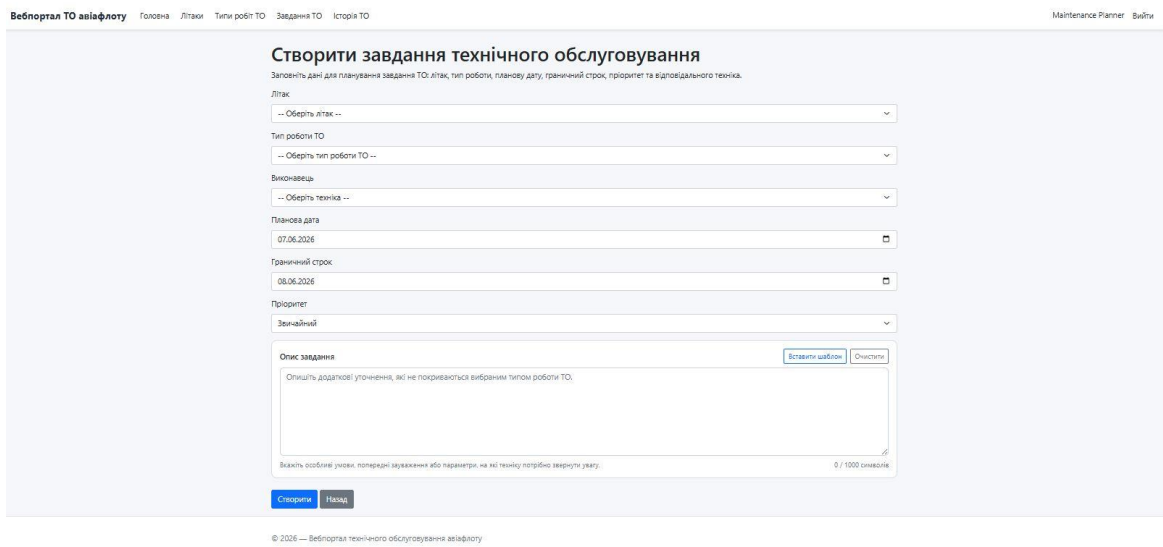


Рисунок 3.5 – Форма створення завдання технічного обслуговування

Після збереження створене завдання з'являється у списку завдань технічного обслуговування. У вебпорталі виконується перевірка коректності введених даних: граничний строк не повинен бути раніше планової дати, тип роботи має бути доступним для використання, а призначений виконавець має відповідати ролі техніка. Також обмежується створення дубліката активного завдання для того самого літака, типу роботи та планової дати.

Список завдань технічного обслуговування використовується планувальником для перегляду і контролю створених робіт. На сторінці відображаються літак, тип роботи, планова дата, граничний строк, пріоритет, виконавець, поточний стан завдання та ознака прострочення. Для зручності передбачено фільтри за станом, літаком, виконавцем, плановими датами, граничними строками та простроченими активними завданнями. Сторінку завдань технічного обслуговування наведено на рисунку 3.6.

Завдання технічного обслуговування
У цьому розділі планувальник створює, переглядає та контролює завдання технічного обслуговування для літаків авіафлоту.

Статус: Літак: Виконавець:

Планова дата з: Планова дата до: Граничний строк з: Граничний строк до:

☐ Показати тільки прострочені активні завдання

[Застосувати](#) [Скинути](#)

[Створити завдання](#)

Літак	Тип роботи	Планова дата	Граничний строк	Пріоритет	Виконавець	Статус	Прострочення	Дії
UR-DEF	Перевірка протипожежної системи	04.05.2026	06.05.2026	Звичайний	Avionics Technician	Закрито	Ні	Деталі
UR-ABC	Перевірка гідралічної системи	07.05.2026	09.05.2026	Звичайний	Maintenance Technician	Закрито	Ні	Деталі

Рисунок 3.6 – Сторінка завдань технічного обслуговування

Прострочення не зберігається як окремий стан завдання. Воно визначається за граничним строком і поточним станом роботи: якщо строк минув, а завдання ще є активним, воно вважається простроченим. Такий підхід дає змогу не ускладнювати перелік станів і водночас відображати важливу для планувальника ознаку.

Для техніків передбачено окрему сторінку призначених завдань. На ній відображаються лише ті роботи, у яких поточний користувач визначений

виконавцем. Технік бачить основні дані завдання, строки, пріоритет і поточний стан, після чого може перейти до картки конкретного завдання для виконання подальших дій. Сторінку призначених завдань техніка наведено на рисунку 3.7.

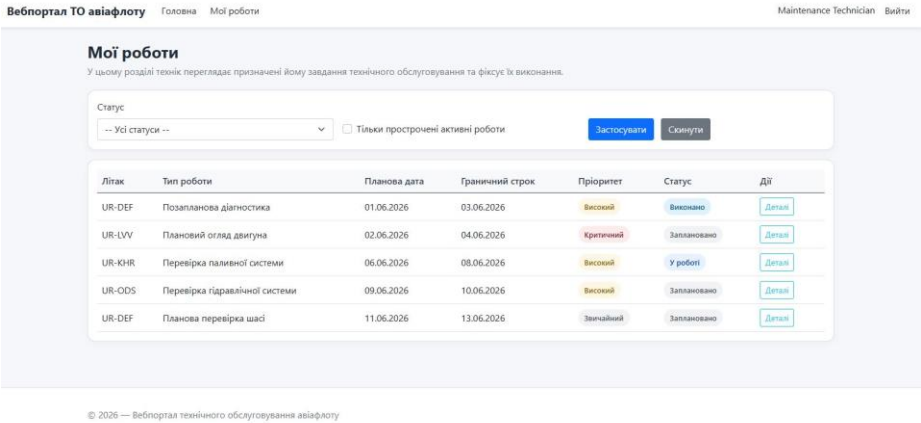


Рисунок 3.7 – Сторінка призначених завдань техніка

Виконання роботи здійснюється на сторінці конкретного завдання. Якщо завдання ще не перебуває у виконанні, технік може розпочати роботу. Після цього у картці завдання стає доступною дія внесення фактичного результату. Після підтвердження результату завдання передається на перевірку контролеру. Сторінку завершення роботи техніком наведено на рисунку 3.8.

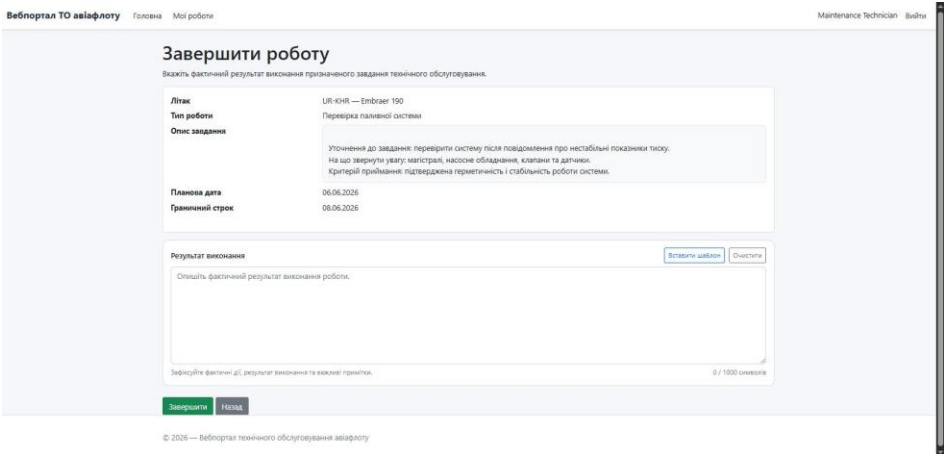


Рисунок 3.8 – Сторінка завершення роботи техніком

Для контролера реалізовано сторінку перевірки виконаних завдань. На ній відображаються нові виконані завдання, які очікують перевірки, а також завдання, вже взяті поточним контролером на перевірку. Контролер може переглянути деталі завдання, ознайомитися з результатом, внесеним техніком, і взяти завдання на перевірку. Сторінку перевірки виконаних завдань наведено на рисунку 3.9.

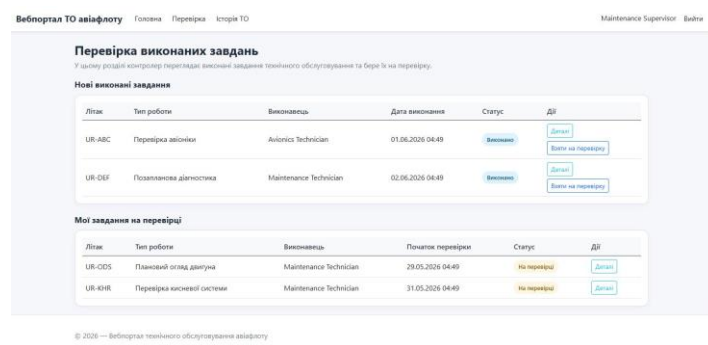


Рисунок 3.9 – Сторінка перевірки виконаних завдань

Закриття завдання виконується контролером після перевірки результату виконання. На сторінці закриття відображаються дані завдання, літак, тип роботи, виконавець, опис завдання, результат виконання, планова дата, граничний строк і дата виконання. Контролер може додати коментар під час закриття. Після підтвердження закриття у вебпорталі формується запис історії технічного обслуговування. Сторінку закриття завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 3.10.

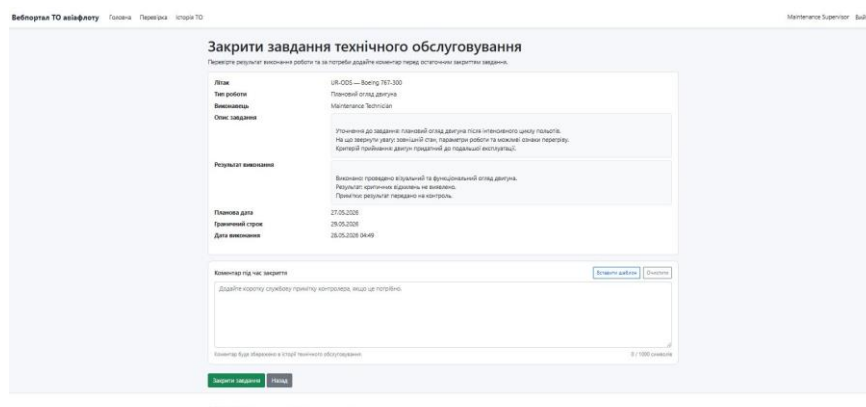


Рисунок 3.10 – Сторінка закриття завдання технічного обслуговування

У вебпорталі також реалізовано скасування завдання технічного обслуговування. Скасування застосовується для завдань, які ще не завершені як підтверджена робота. Під час скасування планувальник вказує причину, після чого завдання позначається як скасоване. Скасоване завдання не переноситься до історії технічного обслуговування, оскільки скасування не є фактом виконаної та перевіреної роботи. Таке завдання залишається у списку завдань зі службовими даними про користувача, дату та причину скасування. Сторінку скасування завдання технічного обслуговування наведено на рисунку 3.11.

Вебпортал ТО авіафлоту Головна Літаки Типи робіт ТО Завдання ТО Історія ТО Maintenance Planner Вийти

Скасування завдання технічного обслуговування

Вкажіть причину скасування завдання. Після скасування воно більше не буде доступне техніку як активна робота.

Дані завдання	
Літак	UR-DEF — Airbus A320
Тип роботи	Планова перевірка шасі
Виконавець	Maintenance Technician (technician@test.com)
Планова дата	11.06.2026
Граничний строк	13.06.2026
Пріоритет	Звичайний
Поточний статус	Заплановано
Опис завдання	Уточнення до завдання: планова перевірка перед наступним циклом регулярних рейсів. Не що звернули увагу рівномірність роботи механізмів вилучу та стан гальмівних елементів. Критерій прийняття: механізми працюють стабільно, критичних зауважень не виявлено.

Причина скасування

Причина скасування

Опишіть причину скасування завдання технічного обслуговування.

Причина скасування буде об'єднана в деталі завдання.

0 / 1000 символів

Підтвердити скасування **Назад**

Рисунок 3.11 – Сторінка скасування завдання технічного обслуговування

Ведення історії технічного обслуговування реалізовано окремо від списку поточних завдань. Історичний запис формується після закриття завдання контролером і містить дані про літак, тип роботи, виконавця, дату виконання, дату закриття та користувача, який закрав завдання. Це дає змогу відокремити робочий процес виконання завдань від підтвердженої історії виконаного технічного обслуговування. Сторінку історії технічного обслуговування наведено на рисунку 3.12.

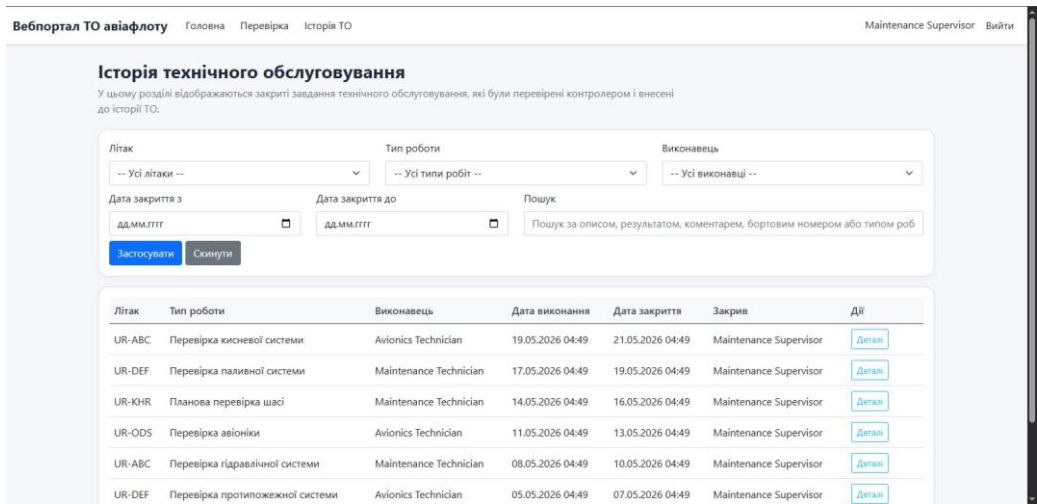


Рисунок 3.12 – Сторінка історії технічного обслуговування

На сторінці історії передбачено фільтрацію за літаком, типом роботи, виконавцем, датами закриття та текстовим пошуком. Завдяки цьому планувальник або контролер може знайти потрібний історичний запис, переглянути виконані роботи за конкретним літаком або оцінити роботи, виконані певним техніком.

Реалізацію основних дій із завданням технічного обслуговування наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Реалізація основних дій із завданням технічного обслуговування

Дія	Роль користувача	Сторінка вебпорталу	Результат виконання
1	2	3	4
Створення завдання	Планувальник	Форма створення завдання	Завдання з’являється у списку завдань технічного обслуговування
Початок виконання	Технік	Картка призначеного завдання	Завдання переходить до виконання

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
Завершення роботи	Технік	Сторінка завершення роботи	Фіксується результат виконання, завдання передається на перевірку
Взяття на перевірку	Контролер	Сторінка перевірки виконаних завдань	Завдання переходить до перевірки контролером
Закриття завдання	Контролер	Сторінка закриття завдання	Формується запис історії технічного обслуговування
Скасування завдання	Планувальник	Сторінка скасування завдання	Завдання позначається як скасоване, історичний запис ТО не створюється
Перегляд історії	Планувальник, контролер	Сторінка історії технічного обслуговування	Відображаються підтверджені записи про виконані роботи

3.4 Інструкція користувача

Робота з вебпорталом починається з авторизації користувача. Для входу користувач відкриває сторінку авторизації, вводить адресу електронної пошти та пароль, після чого натискає кнопку входу. Після успішної

авторизації вебпортал відображає набір розділів, доступний відповідно до ролі користувача. Сторінку авторизації користувача наведено на рисунку 3.1.

Для адміністратора основним розділом є керування користувачами. Після входу до вебпорталу адміністратор переходить до сторінки користувачів, де може переглянути наявні облікові записи, знайти потрібного користувача, перевірити його роль і стан активності. Для створення нового користувача адміністратор відкриває форму створення, заповнює основні дані, вибирає роль і зберігає запис. Після створення користувач може виконувати дії відповідно до призначеної ролі.

Якщо потрібно змінити дані користувача, адміністратор відкриває редагування відповідного облікового запису, вносить зміни та зберігає їх. У разі потреби адміністратор може деактивувати користувача. Деактивація використовується тоді, коли потрібно заборонити користувачу вхід до вебпорталу, але зберегти його зв'язок з раніше створеними, виконаними або перевіреними завданнями. Сторінку керування користувачами наведено на рисунку 3.2.

Планувальник після входу до вебпорталу працює з літаками, типами робіт технічного обслуговування, завданнями та історією. Перед створенням завдання планувальник може перевірити наявність потрібного літака у розділі обліку літаків. На сторінці літаків доступний перегляд основних даних про повітряні судна, зокрема бортового номера, моделі, виробника, дати введення в експлуатацію та поточного стану. Для швидкого пошуку потрібного запису використовується поле пошуку за бортовим номером, моделлю або виробником.

Також планувальник може працювати з типами робіт технічного обслуговування. Для цього він відкриває відповідний розділ і перевіряє, чи є потрібний тип роботи в довіднику. За потреби планувальник створює новий тип роботи, вказує його назву, опис, рекомендований інтервал виконання та зберігає запис. Якщо певний тип роботи більше не потрібно використовувати

для нових завдань, його можна деактивувати без фізичного видалення з довідника.

Для створення завдання технічного обслуговування планувальник переходить до розділу завдань і відкриває форму створення. У формі він вибирає літак, тип роботи, відповідального техника, планову дату, граничний строк, пріоритет і додає опис роботи. Після заповнення форми планувальник зберігає завдання, після чого воно з'являється у списку завдань технічного обслуговування. Форму створення завдання наведено на рисунку 3.5.

Після створення завдання планувальник може контролювати його стан у загальному списку завдань. Для цього використовуються фільтри за станом, літаком, виконавцем, плановими датами, граничними строками та ознакою прострочення. Якщо завдання втратило актуальність або було створене помилково, планувальник може відкрити сторінку скасування, вказати причину скасування та підтвердити дію. Після цього завдання залишається у списку зі станом “Скасовано”, але не переноситься до історії технічного обслуговування.

Технік після входу до вебпорталу переходить до розділу призначених робіт. У цьому розділі відображаються тільки ті завдання, у яких поточний користувач визначений виконавцем. Технік переглядає перелік робіт, строки, пріоритети та поточний стан завдань. Для виконання конкретної роботи технік відкриває картку завдання. Сторінку призначених завдань техника наведено на рисунку 3.7.

У картці завдання технік переглядає опис роботи, літак, тип технічного обслуговування, планову дату та граничний строк. Якщо завдання ще не розпочато, технік починає його виконання. Після виконання роботи він відкриває форму завершення, вносить фактичний результат і підтверджує завершення. Після цього завдання передається на перевірку контролеру. Сторінку завершення роботи техніком наведено на рисунку 3.8.

Контролер після входу до вебпорталу переходить до розділу перевірки. На цій сторінці він бачить виконані завдання, які очікують перевірки, а також

завдання, які вже взяті ним на перевірку. Контролер відкриває потрібне завдання, переглядає дані про літак, тип роботи, виконавця, опис завдання та результат, внесений техніком. Сторінку перевірки виконаних завдань наведено на рисунку 3.9.

Для завершення перевірки контролер відкриває сторінку закриття завдання. На цій сторінці він може додати коментар щодо результату перевірки та підтвердити закриття. Після закриття завдання у вебпорталі формується запис історії технічного обслуговування. Сторінку закриття завдання наведено на рисунку 3.10.

Перегляд історії технічного обслуговування доступний планувальнику та контролеру. Для пошуку потрібного запису користувач може застосувати фільтри за літаком, типом роботи, виконавцем, датами закриття або скористатися текстовим пошуком. Історія використовується для перегляду підтверджених виконаних робіт і не містить скасованих завдань, оскільки вони не є фактом виконаного технічного обслуговування. Сторінку історії технічного обслуговування наведено на рисунку 3.12.

Основні дії користувачів вебпорталу наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порядок роботи користувачів з вебпорталом

Роль користувача	Послідовність дій	Результат
1	2	3
Адміністратор	Увійти до вебпорталу; відкрити розділ користувачів; створити або відредагувати обліковий запис; призначити роль; за потреби активувати або деактивувати користувача	Облікові записи користувачів підготовлені до роботи

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
Планувальник	Увійти до вебпорталу; перевірити перелік літаків; перевірити типи робіт технічного обслуговування; створити завдання; призначити техніка	Завдання технічного обслуговування створене та передане виконавцю
Планувальник	Відкрити список завдань; застосувати фільтри; переглянути стан робіт; за потреби скасувати завдання із зазначенням причини	Забезпечено контроль запланованих, активних і скасованих завдань
Технік	Увійти до вебпорталу; відкрити призначені роботи; перейти до картки завдання; почати виконання; внести результат роботи	Завдання виконане та передане на перевірку
Контролер	Увійти до вебпорталу; відкрити розділ перевірки; переглянути виконане завдання; взяти його на перевірку; закрити після підтвердження результату	Завдання підтверджене, сформовано запис історії технічного обслуговування
Планувальник, контролер	Відкрити історію технічного обслуговування; застосувати фільтри або пошук; переглянути потрібний запис	Отримано дані про підтверджені виконані роботи

3.5 Тестування роботи вебпорталу

Для перевірки працездатності вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту проведено функціональне тестування основних сценаріїв роботи користувачів. Метою тестування було перевірити коректність авторизації, рольового доступу, керування користувачами, обліку літаків, ведення типів робіт технічного обслуговування, створення, виконання, перевірки, закриття та скасування завдань, а також формування історії технічного обслуговування.

Тестування виконувалося шляхом послідовного проходження сценаріїв для різних ролей користувачів: адміністратора, планувальника, техника та контролера. Для кожного сценарію визначено очікуваний результат, після чого перевірено фактичну поведінку вебпорталу: відображення потрібних сторінок, появу створених записів у списках, зміну стану завдання, обмеження доступу, формування історичного запису та відсутність історичного запису для скасованого завдання.

Результати функціонального тестування вебпорталу наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати функціонального тестування вебпорталу

№	Сценарій перевірки	Очікуваний результат	Фактичний результат
1	2	3	4
1	Вхід активного користувача до вебпорталу	Після введення коректної електронної пошти та пароля користувач отримує доступ до вебпорталу	Вхід виконано, користувачу відображено доступні розділи відповідно до його ролі

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
2	Використання демонстраційних облікових даних на сторінці входу	Демонстраційна кнопка заповнює поля електронної пошти та пароля без автоматичного обходу авторизації	Поля форми заповнено тестовими даними, вхід виконується тільки після натискання кнопки входу
3	Вхід деактивованого користувача	Деактивований користувач не повинен отримати доступ до вебпорталу	Після спроби входу доступ до вебпорталу не надається
4	Перевірка доступу адміністратора до керування користувачами	Адміністратор має доступ до сторінки користувачів	Розділ керування користувачами відображається та доступний для виконання адміністративних дій
5	Створення нового користувача адміністратором	Після збереження новий користувач має з'явитися у списку користувачів	Новий обліковий запис створено та відображено у списку користувачів
6	Призначення ролі користувачу	Користувач повинен отримати вибрану роль і відповідний набір доступних функцій	Після збереження роль відображається у списку користувачів, доступ до розділів відповідає призначеній ролі

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
7	Деактивація користувача	Користувач має залишитися у списку, але втратити можливість входу до вебпорталу	Обліковий запис позначено як неактивний, запис користувача збережено у списку
8	Пошук літака за бортовим номером, моделлю або виробником	У списку мають відображатися тільки записи, що відповідають пошуковому запиту	Після введення пошукового запиту список літаків відфільтровано відповідно до введених даних
9	Створення нового літака	Після збереження літак має з'явитися у списку літаків	Запис літака створено та відображено на сторінці обліку літаків
10	Створення типу роботи технічного обслуговування	Після збереження тип роботи має з'явитися у довіднику	Тип роботи створено та відображено у списку типів робіт технічного обслуговування
11	Деактивація типу роботи технічного обслуговування	Неактивний тип роботи має зберігатися у довіднику, але не використовуватися для нових завдань	Тип роботи позначено як неактивний, запис не видалено з довідника

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
12	Створення завдання технічного обслуговування	Після збереження завдання має з'явитися у списку завдань	Завдання створено, воно відображається у списку завдань технічного обслуговування
13	Перевірка створення завдання з некоректними датами	Якщо граничний строк раніше планової дати, завдання не повинно зберігатися	Вебпортал не дозволяє зберегти завдання з некоректним співвідношенням дат
14	Перевірка дублювання активного завдання	Для одного літака, типу роботи та планової дати не має створюватися дубль активного завдання	Повторне створення такого самого активного завдання заблоковано
15	Фільтрація списку завдань технічного обслуговування	Після вибору параметрів фільтрації мають відображатися відповідні завдання	Список завдань змінюється відповідно до вибраного стану, літака, виконавця або дат
16	Визначення прострочених активних завдань	Простроченими мають відображатися активні завдання, у яких минув граничний строк	Прострочені активні завдання відображаються у списку за відповідною ознакою

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
17	Перегляд призначених завдань техніком	Технік має бачити лише ті завдання, у яких він визначений виконавцем	У розділі призначених робіт відображаються завдання поточного техніка
18	Початок виконання завдання техніком	Після початку виконання завдання має перейти до стану виконання	Завдання відкривається для виконання, його стан змінюється відповідно до початку роботи
19	Завершення роботи техніком	Після внесення результату завдання має бути передане на перевірку	Результат виконання збережено, завдання стало доступним у розділі перевірки контролера
20	Взяття завдання на перевірку контролером	Контролер має отримати можливість перевірити виконане завдання	Завдання взято на перевірку, воно відображається серед завдань контролера
21	Закриття завдання контролером	Після закриття завдання має сформуватися запис історії технічного обслуговування	Завдання закрито, історичний запис створено та відображено на сторінці історії
22	Скасування завдання планувальником	Завдання має бути позначене як скасоване із зазначенням причини	Завдання отримало стан “Скасовано”, причина скасування збережена

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
23	Перевірка відсутності історичного запису для скасованого завдання	Скасоване завдання не повинно переноситися до історії технічного обслуговування	Після скасування завдання запис у сторінці історії технічного обслуговування не створюється
24	Перегляд історії технічного обслуговування	Планувальник або контролер має бачити підтверджені записи про виконані роботи	На сторінці історії відображаються записи, сформовані після закриття завдань
25	Фільтрація історії технічного обслуговування	Після вибору параметрів фільтрації мають відображатися відповідні історичні записи	Історія фільтрується за літаком, типом роботи, виконавцем, датами або текстовим пошуком

За результатами функціонального тестування підтверджено працездатність основних функцій вебпорталу. Усі перевірені сценарії завершилися очікуваними результатами, а виявлених помилок, що блокують виконання основних дій користувачів, не зафіксовано. Це дає підстави вважати, що вебпортал коректно підтримує реалізований процес роботи із завданнями технічного обслуговування.

3.6 Перспективи подальшого удосконалення вебпорталу

Розроблений вебпортал забезпечує підтримку основного процесу керування технічним обслуговуванням авіафлоту: роботу з користувачами,

літаками, типами робіт, завданнями, виконанням робіт, перевіркою результатів, закриттям, скасуванням і формуванням історії технічного обслуговування. Подальше удосконалення вебпорталу може бути спрямоване на розширення функціональності, підвищення зручності роботи користувачів, розвиток аналітичних можливостей і забезпечення повнішої інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування.

Одним із напрямів розвитку є додавання сценарію повернення завдання на доопрацювання після перевірки контролером. У реалізованій версії вебпорталу передбачено прямий сценарій: технік виконує роботу, контролер перевіряє результат і закриває завдання. У подальшому доцільно додати можливість повернення завдання техніку із зазначенням причини, коментаря контролера та строку повторного виконання. Це дозволить краще відображати ситуації, коли результат роботи потребує уточнення або додаткових дій.

Перспективним є розширення роботи з технічною документацією. До завдань технічного обслуговування можна додати можливість прикріплення файлів: актів виконання робіт, фотофіксації, технічних інструкцій, звітів, супровідних документів або інших матеріалів. Це дасть змогу зберігати не лише текстовий результат виконання, а й додаткові підтверджувальні матеріали, пов'язані з конкретним завданням.

Окремим напрямом удосконалення є впровадження повнішого журналу подій. У розробленому вебпорталі історія технічного обслуговування формується після закриття завдання, однак повний журнал усіх змін може містити ширший набір подій: створення завдання, зміну виконавця, зміну строків, початок виконання, завершення роботи, взяття на перевірку, скасування та інші службові дії. Такий журнал може бути корисним для контролю змін, аналізу дій користувачів і підвищення прозорості роботи системи.

Доцільним є також додавання механізму сповіщень. Вебпортал може повідомляти техніка про нове призначене завдання, планувальника – про

прострочені роботи, а контролера – про завдання, які очікують перевірки. Сповіщення можуть відображатися у самому вебпорталі або надсилатися електронною поштою. Це дозволить зменшити ризик пропуску важливих дій і підвищити оперативність взаємодії між користувачами.

Ще одним напрямом розвитку є календарне подання завдань технічного обслуговування. Наявна таблиця завдань є зручною для пошуку, фільтрації та контролю станів, однак календарний вигляд дозволив би наочно оцінювати завантаженість за датами, планувати роботи на тиждень або місяць, а також швидше виявляти перетини строків. Така функція може бути корисною для планувальника під час розподілу робіт між техніками.

Вебпортал також може бути доповнений засобами експорту даних. Доцільно передбачити формування звітів у форматах PDF або Excel для списку завдань, історії технічного обслуговування, виконаних робіт за певний період або робіт за конкретним літаком. Це спростить підготовку звітності, передавання інформації іншим підрозділам і збереження даних у зовнішніх документах.

Важливим перспективним напрямом є розвиток аналітичних можливостей на основі накопиченої історії технічного обслуговування. Дані про виконані роботи, строки, типи завдань, виконавців, літаки та результати можуть бути використані для аналізу повторюваності певних робіт, оцінювання навантаження техніків, виявлення частих проблем і підготовки узагальнених звітів. У подальшому такі дані можуть стати основою для інформаційної підтримки прийняття рішень щодо планування робіт і визначення пріоритетності обслуговування.

Розвиток аналітичних можливостей вебпорталу може спиратися на підходи до пошуку, аналізу та порівняння структурованих даних. У перспективі такі підходи можуть бути використані для пошуку подібних записів в історії технічного обслуговування, групування виконаних робіт за ознаками та виявлення повторюваних ситуацій у процесі обслуговування авіафлоту [15–18].

Окремий напрям може бути пов'язаний із формуванням ознак для опису записів технічного обслуговування та подальшим порівнянням таких записів між собою. Методи класифікації, побудови просторів ознак і скорочення описів можуть бути корисними для підвищення ефективності пошуку та аналізу накопиченої історії робіт [19–24].

У разі додавання до завдань технічного обслуговування фото- або відеоматеріалів перспективним може бути використання методів оброблення зображень і відеоданих. Такі методи можуть застосовуватися для подальшої класифікації, пошуку або аналізу візуальних матеріалів, пов'язаних із виконаними роботами [25, 26].

Ще одним напрямом розвитку може бути використання інтелектуального помічника для пошуку інформації в історії технічного обслуговування, формування текстових підказок або узагальнення накопичених записів. Такий напрям пов'язаний із використанням великих мовних моделей і методів генерації тексту [27, 28].

У перспективі вебпортал може бути розширений засобами оптимізації планування. Під час створення завдання можна враховувати не лише літак, тип роботи й техніка, а й поточне навантаження виконавців, строки інших завдань, пріоритет робіт і доступність повітряного судна. Такий підхід дозволить перейти від ручного планування до більш обґрунтованого розподілу завдань між виконавцями.

Ще одним можливим напрямом є інтеграція з іншими інформаційними системами. У майбутньому вебпортал може бути пов'язаний із системами обліку запчастин, складськими системами, ERP- або MRO-рішеннями. Це дозволить розширити функціональність від обліку завдань технічного обслуговування до комплекснішого супроводу процесів, пов'язаних із матеріалами, ресурсами та плануванням робіт.

Теоретичною основою для подальшого розвитку аналітичного блоку вебпорталу можуть бути продуктивні моделі аналізу даних, що

застосовуються у задачах розпізнавання, пошуку та оброблення структурованих описів [29].

Наведені напрями подальшого удосконалення не змінюють основну логіку вебпорталу, а розширюють її за рахунок додаткових засобів контролю, аналітики, звітності та інтеграції. Їх реалізація може підвищити практичну цінність вебпорталу та забезпечити ширшу інформаційну підтримку процесів технічного обслуговування авіафлоту.

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи розроблено і реалізовано вебпортал керування технічним обслуговуванням авіафлоту з плануванням робіт, рольовим доступом та веденням історії технічного обслуговування. Робота охоплює повний цикл створення вебпорталу – від аналізу предметної області до реалізації та перевірки працездатності системи, та вирішено такі завдання:

- проведено аналіз особливостей сфери технічного обслуговування авіафлоту та сучасних підходів до планування робіт, керування доступом і ведення історії технічного обслуговування;
- визначено функціональні вимоги до вебпорталу керування технічним обслуговуванням;
- розроблено підхід до планування технічних робіт у межах інформаційної системи;
- визначено ролі користувачів і принципи розмежування доступу до даних та функцій системи;
- визначено підхід до ведення історії технічного обслуговування та простежуваності змін;
- спроектовано структуру вебпорталу та основні сутності, необхідні для зберігання й оброблення технічної інформації;
- реалізовано вебпортал керування технічним обслуговуванням авіафлоту;
- проведено тестування розробленого вебпорталу та оцінено його працездатність.

Розглянуто особливості технічного обслуговування авіафлоту, підходи до планування робіт, рольовий доступ і значення історії технічного обслуговування. Визначено, що для впорядкування цих процесів важливими є контроль строків і статусів завдань, фіксація результатів виконання, розподіл відповідальності між користувачами та збереження підтверджених відомостей про завершені роботи.

Для реалізації вебпорталу використано ASP.NET Core, ASP.NET Core Identity та Entity Framework Core.

Проведено тестування працездатності системи, зокрема перевірку створення завдань, призначення виконавців, виконання робіт техніком, внесення результату, перевірки контролером, закриття завдань і формування історичних записів. Результати перевірки підтвердили працездатність вебпорталу в межах основних сценаріїв використання.

Розглянуто перспективи покращення вебпорталу, які включають додавання сповіщень, формування звітів, розширення аналітичних можливостей, удосконалення засобів планування технічного обслуговування та інтеграцію з іншими інформаційними системами.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути корисними для інформаційної підтримки процесів технічного обслуговування авіафлоту, упорядкування планування робіт, розмежування відповідальності між користувачами, контролю проходження завдань і збереження історії виконаних операцій.

Результати роботи апробовано у вигляді тез доповіді під час X Міжнародної студентської наукової конференції «Тренди та перспективи розвитку мультидисциплінарних досліджень» [30].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. European Union Aviation Safety Agency. (n.d.). *Easy Access rules for continuing airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)*. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness> (дата звернення 24.04.2026).
2. Electronic Code of Federal Regulations. (n.d.). *14 CFR Part 43: Maintenance, preventive maintenance, rebuilding, and alteration*. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-43> (дата звернення 24.04.2026).
3. Federal Aviation Administration. (n.d.). *AC 43-9D: Maintenance records and FAA Form 8130-3 return to service*. URL: https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/1044416 (дата звернення 24.04.2026).
4. European Union Aviation Safety Agency. (2023). *AMC & GM to Part-CAMO: Issue 1, Amendment 5*. URL: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/amc_gm_to_part-camo_-_issue_1_amendment_5.pdf (дата звернення 24.04.2026).
5. Lagos, C., Delgado, F., & Klapp, M. A. (2020). Dynamic optimization for airline maintenance operations. *Transportation Science*, 54(4), 998–1015.
6. Tseremoglou, I., van Kessel, P. J., & Santos, B. F. (2023). A comparative study of optimization models for condition-based maintenance scheduling of an aircraft fleet. *Aerospace*, 10(2), Article 120.
7. Verhoeff, M., & Verhagen, W. J. C. (2023). Component maintenance planning optimization in defense aviation. *Aerospace*, 10(3), Article 255.
8. Swiss AviationSoftware. (n.d.). *AMOS modules*. URL: <https://www.swiss-as.com/amos-modules> (дата звернення 24.04.2026).

9. Ramco Systems. (n.d.). *Ramco maintenance & engineering solution: Aviation M&E software*. URL: <https://www.ramco.com/products/aviation-software/maintenance-and-engineering/> (дата звернення 24.04.2026).
10. TRAX. (n.d.). *Trax home: TRAX*. URL: <https://www.trax.aero/en/> (дата звернення 24.04.2026).
11. Veryon. (n.d.). *Veryon: Aviation maintenance & MRO management software*. URL: <https://veryon.com/> (дата звернення 24.04.2026).
12. Veryon. (n.d.). *Aviation data tracking and analytical tools: Veryon Tracking+*. URL: <https://veryon.com/products/veryon-tracking-plus> (дата звернення 24.04.2026).
13. IFS. (n.d.). *Aviation maintenance software solutions: IFS*. URL: <https://www.ifs.com/en/products/aviation-maintenance> (дата звернення 24.04.2026).
14. Sandhu, R., Ferraiolo, D., & Kuhn, D. R. (2000). *The NIST model for role-based access control: Towards a unified standard*. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/conference/2000/07/26/nist-model-for-rbac-towards-a-unified-standard/final> (дата звернення 24.04.2026).
15. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Zeghid M. (2022) Tools for fast metric data search in structural methods for image classification, *IEEE Access*, 10, pp. 124738-124746.
16. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Gadetska S., and Al-Dhaifallah M. (2023) Statistical data analysis models for determining the relevance of structural image descriptions, *IEEE Access*, vol. 11, pp. 126938-126949.
17. Tvoroshenko I., and Gorokhovatskyi V. (2022) The Application of Hybrid Intelligence Systems for Dynamic Data Analysis, *International Journal of Engineering and Information Systems*, 6(2), pp. 40-48.
18. Гороховатський В.О., Творошенко І.С. (2022) Аналіз багатовимірних даних за описом у формі множини компонент: монографія. Харків: ХНУРЕ. 124 с.

19. Гороховатський В.О., Творошенко І.С., Чмутов Ю.В. (2022) Застосування систем ортогональних функцій для формування простору ознак у методах класифікації зображень, *Сучасні інформаційні системи*, 6(3), С. 5-12.
20. Гороховатський В., Передрій О., Творошенко І., Марков Т. (2023) Матриця відстаней для множини компонентів структурного опису як інструмент для створення класифікатора зображень, *Сучасні інформаційні системи*, 7(1), С. 5-13.
21. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Yakovleva O. (2024) Transforming image descriptions as a set of descriptors to construct classification features, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 33, no. 1, pp. 113-125.
22. Daradkeh Y.I., Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., and Zeghid M. (2024) Improving the effectiveness of image classification structural methods by compressing the description according to the information content criterion, *Computers, Materials & Continua*, vol. 80, no. 2, pp. 3085-3106.
23. Gorokhovatskyi V., Chmutov Y., Tvoroshenko I., and Kobylin O. (2025) Reducing computational costs by compressing the structural description in image classification methods, *Advanced Information Systems*, vol. 9, no. 1, pp. 5–12.
24. Gorokhovatskyi V., Tvoroshenko I., Yakovleva O., and Hudáková M. (2025) Image description compression in classification structural methods, *IEEE Access*, vol. 13, pp. 43631-43641.
25. Tvoroshenko I., Pomazan V., Gorokhovatskyi V., and Kobylin O. (2023) Application of video data classification models using convolutional neural networks, *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(11), pp. 134-145.
26. Yakovleva O., Matúšová S., Tvoroshenko I., and Isaiev Y. (2024) Visitor counting based on video stream analysis from surveillance cameras to solve various business problems, *Verejná správa a regionálny rozvoj ekonómia, manažment a marketing*, XX(1), pp. 67-87.

27. Bohdan N., Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., and Kobylin O. (2025) Development of a hybrid method to enhance context memory for a chatbot application based on large language models, *International Journal of Academic Information Systems Research*, 9(10), pp. 7-18.

28. Suprun A., Tvoroshenko I., Gorokhovatskyi V., and Yakovleva O. (2025) Development and research of a method for the combined use of large language models for text generation, *International Journal of Academic and Applied Research*, 9(10), pp. 249-263.

29. Гороховатський В., Творошенко І. (2026) Продуктивні моделі аналізу даних у методах розпізнавання зображень: монографія. Харків: ХНУРЕ. 153 с.

30. Капітулін М.В. (2026) Розроблення вебпорталу керування технічним обслуговуванням авіафлоту з плануванням робіт, рольовим доступом та веденням історії технічного обслуговування. *Тренди та перспективи розвитку мультидисциплінарних досліджень: матеріали X Міжнародної студентської наукової конференції* (Івано-Франківськ, 5 червня 2026 р.). Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2026. С. 275-277.