

НАУКОВИЙ СУПРОВІД БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АЕРОДРОМІВ

Агеєва Г.М., Державний науково-дослідний та проектно-вишукувальний інститут «НДІпроектреконструкція», м.Київ

Аеродроми є відповідальними спорудами, що підлягають обов'язковому науково-технічному супроводу. Процес супроводу при цьому полягає в своєчасному вирішенні проблем, які не обумовлені чинними нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах їх життєвого циклу.

Показовим прикладом науково-технічного супроводу слід вважати роботи з проектування, будівництва та експлуатації нової багатошарової конструкції аеродромного покриття в аеропорту «Бориспіль».

Аэродромы являются ответственными сооружениями, которые подлежат обязательному научно-техническому сопровождению. Процесс сопровождения при этом заключается в своевременном решении проблем, которые не регламентируются действующими нормативными документами и могут возникнуть на разных этапах их жизненного цикла.

Показательным примером научно-технического сопровождения следует считать работы по проектированию, строительству и эксплуатации новой многослойной конструкции аэродромного покрытия в аэропорту «Борисполь».

Airdromes are responsible constructions which are subject to obligatory scientific and technical support. Support process thus consists in the timely decision of problems which are not regulated by operating standard documents and can arise at different stages of their life cycle.

It is necessary to consider as an indicative example of scientific and technical support works on designing, building and operation of a new multilayered design of an air field covering at airport «Borispol».

Особливістю будівництва та реконструкції аеродромів в Україні на сучасному етапі є гостра потреба у виконанні низки науково-дослідних робіт та розробленні відповідних нормативних документів, зокрема тих, що стосуються нормування методик виявлення ресурсу і безпеки експлуатації аеродромних споруд. Серед основних чинників, що визначають таку потребу, є:

- впровадження нових типів повітряних суден, у тому числі надважких;
- необхідність інтенсифікації повітряних сполучень та розвитку мережі аеропортів;
- зношеність існуючих споруд та необхідність їх реконструкції з подовженням ресурсу основних несучих конструкцій;
- впровадження нових технологій та конструкційних матеріалів, зокрема нових видів бетонних сумішей, добавок до них, арматурного прокату тощо;
- необхідність відновлення ресурсу будівель і споруд, що отримали непередбачені впливи або достроково вичерпали термін експлуатації із-за дефектів і пошкоджень тощо.

Одним з ключових чинників вирішення проблеми відновлення ресурсу є нормативно-правове забезпечення. Раніше в нормативних документах та нормативно-правових актах

питання ресурсу будівельних об'єктів розглядались, як правило, опосередковано. В останній час напрацьовані нові нормативно-правові документи, що безпосередньо стосуються ресурсу конструкцій та будівельних об'єктів в цілому [1].

Так, в «Технічному регламенті будівельних виробів, будівель і споруд» [1] зазначається, що «споруди в цілому та окремі їх частини повинні відповідати призначенню і основним вимогам до них. За умови належної експлуатації споруд основні вимоги до них повинні виконуватися протягом обґрунтованого строку служби споруд з урахуванням передбачуваних впливів».

Постановка проблеми

Чинні норми та допоміжні документи, що визначають проектування, будівництво та експлуатацію аеродромів [2-4] значно поступаються сучасним вимогам до відповідальних споруд. Низькими темпами опрацьовуються нові нормативні акти. Отримані наукові результати доводяться до практичних рекомендацій, але не впроваджуються. Поряд з новими діють документи двадцятирічної і більшої давнини, в яких є посилання на документи, що втратили чинність.

Життєвий цикл аеродромних споруд складається з чотирьох основних етапів - проектування, будівництва, експлуатації та утилізації. В окремих випадках, при наявності відповідних техніко-економічних обґрунтувань, етап експлуатації може бути подовжений за рахунок регенерації - проведення різноманітних заходів з ремонту, модернізації та реконструкції.

З набуттям чинності ДБН В.1.2-5 [5] аеродроми підлягають обов'язковому науково-технічному супроводу, тобто своєчасному вирішенню проблем, які не обумовлені чинними нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу споруди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні обсяги будівництва, реконструкції будівель та споруд зі зміною функціонального призначення, відновлення незавершеного будівництва як ніколи гостро ставлять питання безпеки життєдіяльності населення [1]. При цьому особливої уваги потребує урахування старіння матеріалів, пошкоджень та дефектів конструкцій, які виникли під час будівництва, довгострокових перерв у будівництві та експлуатації, природних та техногенних проявів [6]. Звертає на себе увагу той факт, що значна частина незавершених об'єктів будівництва, будівель та споруд, які відібрано до реконструкції, запроектовано за нормами та правилами, які вже втратили чинність. Ці об'єкти характеризуються різними ступенями морального та фізичного зношування, їх конструктивні схеми вже не відповідають сучасним вимогам до сейсмостійкості.

Розвиток авіації, впровадження в експлуатацію нових повітряних судів, у тому числі надважких, потребує перегляду, актуалізації нормативної бази та гармонізації її зі світовими аналогами. Це стосується й методів розрахунку жорстких аеродромних покриттів та конструкцій їх посилення [7].

Проектні рішення жорстких аеродромних покриттів приймаються, обґрунтовуються та реалізуються відповідно до норм [2], де основним критерієм оцінки експлуатаційної придатності є розрахункове значення згинального моменту. Нормативна методика розрахунку дозволяє розглядати цей параметр як інтегральну характеристику напружено-деформованого стану конструкції, її експлуатаційної придатності. Опосередковано цей параметр характеризує також інвестиційну привабливість об'єкту для будівництва, реконструкції, експлуатації тощо. Тобто нормами передбачається вирішення задачі оптимізації за кількома критеріями на підставі принципу дотримання основних вимог до аеродромних споруд. Величина відносного відхилення розрахункового значення згинального моменту від максимально допустимого для даної конструкції є основою для прийняття рішення щодо можливості експлуатації покриття, скорочення інтенсивності або припинення здійснення зльотно-посадкових операцій [2, 3].

Останнім часом потрібний рівень надійності аеродромних покриттів під час проектування та оцінки експлуатаційної придатності визначається й чисельними методами, які дозволяють достовірно оцінити конструкцію в різних умовах експлуатації шляхом варіації фізико-механічних характеристик її складових [7, 8].

Разом з аналітичними та чисельними методами застосовуються експериментальні методи та методи, які базуються на узагальненні кількох параметрів, що виявляються у процесі проведення експерименту [7, 8].

Слід звернути увагу на те, що для практики транспортного будівництва України комплексний підхід до проектування будівництва та реконструкції відповідальних споруд не є новиною. Показовим прикладом слід вважати роботи з проектування, будівництва та експлуатації нової багатошарової конструкції аеродромного покриття в аеропорту «Бориспіль».

Особливістю проектного рішення була орієнтація на технологічні можливості укладання цементобетону за допомогою комплексу бетоноукладача зі ковзними формами «Wirtgen» (рисунки 1, 2).

Рисунок 1. Укладання двохшарового покриття

Рисунок 2. Формування швів у покритті

Для практики аеродромного та дорожнього будівництва України конструктивне рішення, технологія та засоби будівництва на той час були новими, тобто такими, що не передбачалися чинними нормами [2-4].

Специфіка конструкції покриття та особливості технології його спорудження вимагали експериментально-теоретичного вирішення низки наукових проблем, на засадах якого стала б можливою розробка відповідної методики розрахунку.

На першому етапі проектування в основу базового проектного рішення було покладено результати розрахунків міцності за методикою чинних норм [2] з використанням:

- розрахункової схеми двошарового покриття жорсткого типу з верхнім неоднорідним за товщиною шаром, який покладено по розподільному прошарку,
- допущення про те, що матеріал нижнього шару вже досяг граничного стану.

Вже під час проведення будівельних робіт, за ініціативою Замовника будівництва, було виконано додаткові розрахунки, результати яких свідчили про те, що матеріал верхнього шару може досягнути граничного стану раніше за матеріал нижнього. Тобто верхній, більш жорсткий шар, знаходячись в більш напруженому стані, може визначати міцність конструкції в цілому та змінювати характер її напружено-деформованого стану. Цей результат був отриманий на засаді залучення різних розрахунково-теоретичних методів для оцінки несучої спроможності, деформативності, тріщиностійкості та експлуатаційної придатності проектно конструкції [9, 10], в основу яких покладено моделі деформування шарових систем, у т.ч. й таких, що розташовані на пружних основах.

Це надало можливість оцінити роботу конструкції в інших розрахункових умовах та внести корегування до проектного рішення покриття.

Оперативно вирішувалися й проблеми, які виникли під час виконання робіт з будівництва зльотно-посадкової смуги та аеродромних споруд, які примикають до неї.

Висока швидкість бетонування, яка забезпечувалася устаткуванням «Wirtgen», виконання робіт в умовах помірного клімату, що характеризується високими літніми температурами, багатошаровість покриття – усі ці фактори потребували також аналізу роботи покриття під час температурних впливів та оцінки термостійкості масивної конструкції. Цей розрахунковий випадок не передбачений чинними нормами [3].

Для цього за допомогою аналітичних та чисельних методів було розв'язано задачі оцінки напружено-деформованого стану покриття під час зміни температурного режиму експлуатації.

Для відповідних характеристик району будівництва визначено критичні температурні впливи, які можуть визвати втрату стійкості плити, здійснена оцінка необхідності влаштування температурних швів розширення за умовами забезпечення потрібної міцності конструкції та можливої втрати її стійкості [10, 11].

Визначено, що в умовах температурного перепаду ($22,8^{\circ}\text{C}$), якій би визвав стиснення плити на контурі, розтягувальні напруження в цементобетоні верхнього шару складають не більш 3% величині розрахункового опору розтягненню під час згинання. Тобто міцність плити, у загальному випадку, залежить від експлуатаційних навантажень.

Можливість втрати тривалості плит покриття при значних перепадах температури від моменту укладання бетону до максимального його підвищення є однією з основних причин влаштування швів розширення. За результатами досліджень визначено, що розрахункове значення критичного підвищення температури є малоімовірним для даної конструкції в реальних умовах експлуатації та, як наслідок, втрати згинальної тривалості плити.

Також було обгрунтовано рішення не влаштовувати швів розширення з розуміння міцності. Розрахунком також визначено величину стискувальних напружень в плиті, яка склала 22,2% міцності бетону класу В35 на стиснення. Її можливо досягнуті в умовах високих літніх температур упродовж перших діб з моменту укладання бетону за умовами належного догляду за ним. Це свідчить про те, що в розрахункових умовах (з розуміння міцності) влаштування швів розширення також не потрібно. Шви розширення було влаштовано тільки в містах примикання інших аеродромних елементів до зльотно-посадкової смуги..

Дискусійним був й процес оцінки експлуатаційної придатності покриття методом *ACN-PCN*.

Для розрахункових типів повітряних суден та відповідних навантажень використовувалися стандартні значення класифікаційних чисел *ACN*, які опубліковані в офіційних документах.

Значення класифікаційного числа покриття *PCN* визначалося розрахунково-теоретичним методом з використанням нормативних документів [2, 3, 11] та результатів додаткових досліджень [9].

В якості розрахункового було прийняте нормативне значення понадкатегорійного (В/к) навантаження на опору повітряного судна $F_n = 850$ кН [3].

Теоретичні розрахунки міцності конструкції покриття виконувалися для двох варіантів на засадах прийняття припущень про особливості умов роботи:

- наявність у проектної конструкції достатньої несучої здатності для регулярної експлуатації повітряних суден категорії В/к, 1-4 без обмеження інтенсивності руху [2],

- руйнування нижнього та верхнього шарі (критичний випадок) [9].

При визначенні класифікаційного числа покриття PCN для конструкції, що досліджувалася, виникла потреба у екстраполяції графічної залежності $PCN = f(F_n)$, наведеної у стандартній методиці [9]. Це стало наслідком того, що розрахункове значення $F_n = 850$ кН виходило за межі осі абсцис, тобто було перспективним та не передбачалося до розгляду під час розроблення та затвердження методики відповідальності. Це знизило точність визначення PCN , але дозволило затверджувати, що воно більш 80. Для уникнення погрішності екстраполяції та визначення розрахункової величини PCN використано додаткову методику [11].

За результатами розрахунків встановлено значну різницю поміж величинами відповідних згинальних моментів і значень PCN .

Теоретичні розрахунки міцності конструкції покриття, які були виконані з різними допущеннями щодо особливостей її роботи, встановили значну різницю поміж величинами відповідних згинальних моментів і значень PCN . Це також стало предметом додаткового аналізу вихідних даних, розрахункових умов та припущень щодо моделювання розрахункових ситуацій.

Враховуючі відповідальність споруди та зафіксовану різницю в результатах теоретичних розрахунків, а також технологічні особливості будівництва покриття, можливі відхилення від проектних марок конструктивних матеріалів, було рекомендовано здійснити комплексні дослідження напружено-деформованого стану конструкції після завершення будівництва [9, 10] та продовжити моніторинг стану покриття під час експлуатації.

Досвід проведення теоретичних і експериментальних досліджень дозволяє зробити наступні **висновки**:

1. Сучасні зміни у розвитку авіації та поширенні мережі аеропортів потребують своєчасного вирішення проблем, які не обумовлені чинними нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу аеродромних споруд.

2. Одним з ключових аспектів вирішення проблеми є нормативно-правове забезпечення процесів проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації аеродромів. Базовими матеріалами для цього є результати науково-технічного супроводу з залученням різноманітних експериментально-теоретичних методів дослідження стану конструкцій.

3. Аналіз результатів теоретичних досліджень напружено-деформованого стану аеродромних покриттів з залученням різноманітних моделей багат шарових систем свідчить про те, що вони потребують обов'язкового експериментального підтвердження.

4. Сучасні програмні комплекси, які широко залучаються до проектування та дослідження напружено-деформованого стану нових за технологією аеродромних покриттів, мають низку обмежень та припущень, покладених в основу розрахункових моделей, методик та методів розрахунку. Внаслідок цього отримані результати потребують перевірки та оцінки достовірності, а також та обов'язкового експериментального підтвердження.

5. Моніторинг стану покриття під час експлуатації є важливою складовою наукового супроводження споруди, результати якого дозволять вирішити проблеми подовження її ресурсу та забезпечення безпеки життєдіяльності населення, накопичувати та узагальнювати дані для створення сучасної нормативної бази.

Перелік посилань

1. Україна. Кабінет Міністрів. Постанова. 20.12.2006 №1764 Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд [Текст]//Офіц. вісник України. – 2006. - №51. – Ст.3415.

2. СНиП 2.05.08-85 Аэродромы [Текст]/ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 58 с.

3. Рекомендации по проектированию аэродромных покрытий. – М.: ГПИиНИИГА «Аэропроект», 1983. – 272 с.

4. СНиП 3.06.06-88. Аэродромы [Текст] / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 112 с.

5. ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів [Текст]. – Чинні від 2008-01-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 14 с.

6. Кривошеєв, П.І. Науковий супровід будівельного об'єкта – запорука вирішення проблем подовження ресурсу та реконструкції будинків і споруд [Текст]/ П.І.Кривошеєв// Реконструкція житла. – 2003. – С.35-39.

7. Кульчицкий, В.А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд [Текст]/В.А.Кульчицкий, В.А.Макагонов, Н.Б.Васильев, А.Н.Чеков, Н.И.Романков. – М.: Физ.-мат. лит-ра, 2002. – 528 с.

8. Анализ методов и моделей расчета и разработка методов экспериментальных исследований прочности и жесткости аэродромных покрытий [Текст]: отчет о НИР (промежут.)//КИИГА. – №094-ГА92. - Киев, 1992. – 104 с.

9. Расчетно-теоретическая оценка эксплуатационной пригодности проектной конструкции ИВП-1 в аэропорту Борисполь методом *ACN-PCN* [Текст]: отчет о НИР (заключ.) - Киев, 1995. – 20 с. – №ГР0196U008780.

10. Проведение расчетов для определения необходимости устройства температурных швов в аэродромных покрытиях аэропорта Борисполь и определение расстояния между ними [Текст]: отчет о НИР (заключ.) – Киев, 1995. – 41 с. – №ГР0196U008781.

11. Наставление по аэродромной службе в гражданской авиации СССР (НАС ГА-86) [Текст]. – М.: Воздушный транспорт, 1987. – 287 с.