

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОПОРТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ О.Тамаргазін

"__" _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ АЕРОПОРТІВ»

Тема: Сучасна технологія та засоби відновлення аеродромних покриттів

Виконавець: здобувач вищої освіти групи ТА-205М Моргаль Софія Геннадіївна
(група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Білякович Олег Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Гунченко О.М.
(підпис) (П.І.Б.)

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»: »: _____ Бовсуновський Є.О.
(підпис) (П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____ Білякович О.М.
(підпис) (П.І.Б.)

КИЇВ 2021

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Сучасна технологія та засоби відновлення аеродромних покриттів»: сторінок 107, ілюстрацій 15, інформаційних джерел 119.

Об'єктом досліджень є сучасний метод відновлення аеродромного покриття.

Метою роботи є розробка сучасної технології та вибір засобів відновлення аеродромних покриттів.

Виходячи з мети кваліфікаційної роботи у пояснювальній записці сформульовано та вирішено **наступні задачі:**

1. Провести інформаційний пошук з тематики кваліфікаційної роботи з метою обґрунтування її актуальності.

2. Обрати сучасні методи та методики для вирішення проблем сформульованих в меті роботи.

3. Проаналізувати основні сучасні методи відновлення аеродромних покриттів.

4. Розробити систему відновлення аеродромних покриттів самовідновлюючими матеріалами з урахуванням результатів математичного моделювання даної технології.

5. Розробити рекомендацій, щодо охорони праці та екологічної безпеки при проведенні відновлювальних робіт на території аеродрому.

АЕРОДРОМ, САМОВІДНОВЛЕННЯ, МІКРОКАПСУЛЮВАННЯ, СИСТЕМА
ВІДНОВЛЕННЯ АЕРОДРОМУ, АВІАЦІЙНА ТЕХНІКА, МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ, АВІАЦІЙНА БЕЗПЕКА, КАТАЛІЗАТОР,
ІНКАПСУЛЬОВАНИЙ АГЕНТ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	10
1.1. Огляд сучасних технологій щодо відновлення аеродромних покриттів	10
1.2. Аналіз відомих методик та засобів , що використовуються у процесі ремонту аеродрому.....	17
1.3. Перспективні методи відновлення. Основні напрямки вдосконалення технологічних процесів відновлення аеродромних покриттів.....	21
Висновки по розділу	27
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	28
2.1. Метод експертних оцінок при аналізі сучасних технологій аеродромних покриттів	28
2.2. Застосування методів статистичного аналізу при експлуатаційному утриманні аеродрому.....	34
2.3. Математична формалізація процесів деструктуризації та відновлення аеродромних покриттів.....	42
Висновки по розділу	50
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	51
3.1. Математичне моделювання процесів самовідновлення аеродромних покриттів	51
3.2. Результати експериментальних досліджень щодо використання нових самовідновлюючих матеріалів.....	57
3.3. Технологія процесу відновлення аеродромних покриттів.....	65
Висновки по розділу	69

РОЗДІЛ 4. Охорона праці	70
4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів при відновленні аеродромних покриттів	70
4.1.1. Аналіз параметрів мікроклімату.....	71
4.1.2. Аналіз природного та штучного освітлення	71
4.1.3. Аналіз шуму та вібрації.....	72
4.1.4. Аналіз електробезпеки	74
4.2. Розробка заходів з поліпшення умов праці	75
4.2.1. Безпека праці при проведенні відновлення аеродромів	76
4.2.2. Розробка заходів з нормалізації параметрів шуму та вібрацій. Розрахунок впливу шуму в робочій зоні	78
4.2.3. Розробка заходів з нормалізації параметрів зорової роботи. Розрахунок системи штучного освітлення.....	80
4.3. Пожежна безпека.....	82
4.3.1. Аналіз умов та факторів, що характеризують пожежних стан об'єкту ..	82
4.3.2. Заходи протипожежного захисту	83
Висновки по розділу	86
РОЗДІЛ 5. Охорона навколишнього середовища	87
5.1. Оцінка впливу на довкілля при будівництві та ремонті аеродромів	87
5.2. Методика розрахунку величини викидів від автотранспортних засобів при відновлювальних роботах на аеродромі	94
Висновки по розділу	96
ВИСНОВКИ.....	97
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	
ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

- АЗС – автономна заправочна станція;
- АНТ – авіаційна наземна техніка;
- ДЦПД – дициклопентадієн;
- ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
- ЗПС – злітно-посадкова смуга;
- ІА – інкапсульований агент;
- СМ – спецмашина;
- СНД – союз незалежних держав;
- СТЗ – стоянка транспортних засобів;
- ОВД – оцінка впливу на довкілля;
- ПБ – пожежна безпека;
- ПС – повітряне судно.

ВСТУП

Актуальність теми. Аеродромні покриття – це спеціальна конструкція, яка сприймає вплив і навантаження від повітряних суден, експлуатаційних факторів та природних впливів. Виділяють два основних види аеродромних покриттів: жорсткі (покриття з пружних матеріалів, які розподіляють навантаження від повітряного судна на велику площу завдяки високій міцності на вигин) і нежорсткі (конструкції, що мають малу міцність на вигин, але більшу міцність на стиск, передають навантаження від повітряного судна на відносно невелику площу ґрунтової основи.

Необхідність і призначення виду ремонту залежить від технічного стану штучних покриттів (споруд), елементів аеродрому, що оцінюється критеріями граничного стану, при яких подальша експлуатація покриттів неприпустима. На критерій оцінки граничного стану головне вплив робить ступінь руйнування покриття, особливо його поверхневого шару, тому оцінка проводиться шляхом кількісного визначення ступеня руйнування, деформування, нерівностей і зносу покриття на момент обстежень. На сьогоднішній день актуальною проблемою залишається вибір найбільш ефективних сучасних методів відношення аеродромних покриттів за відносно короткий термін та з достатнім рівнем надійності. Виходячи з вище сказаного, можна сформулювати мету даної кваліфікаційної роботи

Мета і завдання виконання кваліфікаційної роботи є розробка сучасної технології та вибір засобів відновлення аеродромних покриттів.

1. Провести інформаційний пошук з тематики кваліфікаційної роботи з метою обґрунтування її актуальності.
2. Обрати сучасні методи та методика для вирішення проблем сформульованих в меті роботи.
3. Проаналізувати основні сучасні методи відновлення аеродромних покриттів.
4. Розробити систему відновлення аеродромних покриттів самовідновлюючими матеріалами з урахуванням результатів математичного моделювання даної технології.
5. Розробити рекомендацій, щодо охорони праці та екологічної безпеки при проведенні відновлювальних робіт на території аеродрому.

Об'єкт дослідження роботи – технологічні процеси відновлення аеродромних покриттів.

Предмет дослідження – самовідновлюючі матеріали відновлення аеродромів.

Методи дослідження – математичне моделювання, метод експертних оцінок, методи статистичного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів – розроблено математичну модель та проведено дослідження щодо впровадження прогресивного методу відновлення аеродромних покриттів самовідновлюючими матеріалами.

Практичне значення отриманих результатів – результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при відновленні аеродромних покриттів.

Особистий внесок випускника. Наукові результати магістерської роботи, що виносяться на захист, належать особисто здобувачу. Автору належать: планування експериментів, деталізація та виконання наукових задач досліджень, проведення і контроль якості експериментальних випробувань, обробка результатів та їх аналіз, підготовка до друку наукових робіт. Вибір об'єктів дослідження, постановка наукової мети та обговорення одержаних результатів виконано спільно з науковим керівником.

РОЗДІЛ I

ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМАТИКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1. Огляд сучасних технологій щодо відновлення аеродромних покриттів

Аеродромні покриття – це спеціальна конструкція, яка сприймає вплив і навантаження від повітряних суден, експлуатаційних факторів та природних впливів. Виділяють два основних види аеродромних покриттів: жорсткі (покриття з пружних матеріалів, які розподіляють навантаження від повітряного судна на велику площу завдяки високій міцності на вигин) і нежорсткі (конструкції, що мають малу міцність на вигин, але більшу міцність на стиск, передають навантаження від повітряного судна на відносно невелику площу ґрунтової основи).

Проблеми з аеродромними покриттями:

- лущення поверхні через цикли заморожування / відтавання і механічні навантаження;
- вибоїни і мушлі через динамічні навантаження;
- тріщини (наскрізні) через вплив сульфатів;
- тріщини (наскрізні) через лужно-силікатну реакцію;
- ерозія поверхні в жаркому кліматі в умовах пісків;
- відшарування верхнього шару покриття та усадочні тріщини (мікротріщини) через бетонування при високих температурах і неправильний догляд. Такі тріщини мають властивості поступово збільшуватися в глибину і довжину і часто розгалужуються в різних напрямках;
- відшарування верхнього шару покриття через вплив на нього розморожувальних сумішей і солей;
- відколи кромки плит і руйнування швів через циклі заморожування / відтавання і механічних навантажень;
- відшарування верхнього шару покриття через вплив на нього палива або

масляних хімікатів;

- руйнування плит в результаті силових навантажень;
- уступи в швах і тріщинах через підняття плит;
- осідання і проломи плит через втрату несучої здатності основи або ґрунту;
- руйнування заповнювача швів через низьку температурну стійкість заповнювача;
- оголення арматури через руйнування захисного шару бетону [27-33].

В основі правильної експлуатації споруд аеродромів лежить система планово-попереджувальних ремонтів. Ця система являє собою сукупність організаційних і технічних заходів як з нагляду, догляду, так і за всіма видами ремонтів, що проводяться у встановлені терміни для попередження передчасного зносу покриттів, а також підтримки аеродромних покриттів в постійній експлуатаційній готовності, виключаючи аварійні ситуації. Ремонт аеродромних покриттів з усуненням будь-яких ушкоджень складається з підготовчих і основних робіт. Підготовчі роботи включають:

- періодичний моніторинг, технічне обстеження покриттів і споруд, що підлягають ремонту;
- складання актів дефектації, проектно-кошторисної документації, проекту організації і виконання робіт з капітального ремонту;
- підбір підрядних ремонтно-будівельних організацій і висновок з ними договорів;
- визначення потреби в матеріалах, конструкціях, деталях, напівфабрикатах, машинах і механізмах;
- встановлення строків поставки необхідних матеріалів і устаткування, узгодження їх з планами і графіками робіт;
- виконання заходів, передбачених проектом організації і виконання робіт з капітального ремонту [28].

До основних робіт відносять підготовку поверхні ремонтованих ділянок, приготування ремонтних матеріалів, їх укладання та остаточну обробку, а також обробку відремонтованих ділянок. При виконанні ремонтних робіт повинні бути

дотримані всі технологічні вимоги і правила, що багато в чому визначає якість ремонтних робіт, довговічність покриття. При організації виробництва ремонтних робіт необхідно враховувати правила і вимоги охорони праці, техніки безпеки, виробничої санітарії і протипожежної безпеки. Ремонтні роботи на аеродромах поділяються на поточні і капітальні. Поточний ремонт аеродромних покриттів здійснюється шляхом проведення заходів, що усувають дрібні пошкодження і несправності покриттів без зниження їх працездатності. Роботи по своєчасному і систематичному запобіганню елементів льотного поля аеродрому, конструкцій і аеродромних покриттів від передчасного зносу відносяться до поточного ремонту. Поточний ремонт підрозділяється на плановий і непередбачений (оперативний). Плановий ремонт, який повинен проводитися за планом-графіком, затвердженим керівником підприємства, є планованим за обсягом і часу його проведення. Непередбачений (оперативний) ремонт виконується в міру виникнення необхідності в процесі експлуатації аеродрому, аварійних ситуацій, що загрожують безпеці польотів. Пошкодження аварійного характеру повинні усуватися негайно. Графіки виробництва поточного ремонту складаються на місяць або квартал. У них вказуються об'єкти, що підлягають ремонту, найменування та обсяги робіт, терміни виконання і виконавці. У графіках передбачається першочергове виконання тих видів робіт, які забезпечують нормальну експлуатацію та збереження окремих елементів річного поля аеродрому або конструкції. Поточний ремонт проводять, як правило, в перервах між польотами, без припинення льотної експлуатації в міру необхідності протягом року на всій площі покриття [42, 43].

Капітальний ремонт аеродромних покриттів проводять з метою відновлення і підвищення експлуатаційних якостей аеродромних покриттів. При капітальному ремонті передбачається виконання значних за обсягами робіт по усуненню наявних руйнувань покриттів з відновленням при необхідності штучного підстави. Підготовка до пристрою нових шарів при капітальному ремонті покриттів проводиться в основному такими ж методами і за тією ж технологією, як і при поточному ремонті. Капітальний ремонт проводиться з припиненням льотної експлуатації і передбачає відновлення зруйнованого покриття (підстави) на великих площах.

Необхідність і призначення виду ремонту залежить від технічного стану штучних покриттів (споруд), елементів аеродрому, що оцінюється критеріями граничного стану, при яких подальша експлуатація покриттів неприпустима. На критерій оцінки граничного стану головне вплив робить ступінь руйнування покриття, особливо його поверхневого шару, тому оцінка проводиться шляхом кількісного визначення ступеня руйнування, деформування, нерівностей і зносу покриття на момент обстежень [1].

Поточний ремонт твердих покриттів. Найдовговічніші штучні покриття – це покриття на основі мінеральних в'язучих. Цим обумовлено їх широке поширення на аеродромах в нашій країні і в усьому світі. Однак термін служби аеродромного покриття в країнах СНД істотно нижче, ніж на аналогічних об'єктах за кордоном. Причинами такого стану справ можуть бути помилки в проектуванні, будівництві і невисока якість експлуатаційного утримання та ремонту покриттів.

До ремонту покриттів часто приступають в той момент, коли на покритті накопичилася значна кількість дефектів і з'явилася загроза безпеці польотів. В умовах дефіциту коштів необхідно розробити прийнятну з фінансової та технічної точок зору програму продовження ресурсу покриттів, етапи проведення ремонтних заходів. Черговість ліквідації дефектів встановлюється на основі обстеження стану аеродромної одягу, виявлення причин утворення руйнувань і з урахуванням значущості (вагомості) різних видів пошкоджень покриттів. Для кожної злітно-посадкової смуги повинна бути розроблена індивідуальна програма ремонту [61-63].

Підготовка покриттів до ремонту виконується з метою забезпечення високої міцності зчеплення ремонтних матеріалів зі старим ремонтваним покриттям. Від ретельності очищення поверхні залежить опір руйнуванню відремонтованих ділянок, довговічність і надійність ремонту. Вимоги до підготовки бетонних конструкцій і способам виконання робіт встановлюються в залежності від ступеня руйнування і матеріалів, що плануються для їх ремонту. Зазвичай застосовують будівельні матеріали на основі органічних і мінеральних в'язучих. До органічних будівельних матеріалів належать матеріали на основі штучних смол: термопластичних, еластомерних, реактивних або їх комбінацій. До мінеральних будівельних матеріалів

належать матеріали на основі мінеральних в'язучих і отримані з природної мінеральної сировини. У загальному випадку розрізняють чотири способи підготовки бетонних поверхонь: – механічний. Використовуються перфоратори, відбійні молотки, проволочно-голчасті пістолети, металеві щітки, піскоструменеві і дробоструменеві установки, шліфувальні машини і фрези; – термічний. Використовуються пропанові або ацетиленово-кисневі пальники з температурою полум'я від 600 до 3200 ° С; – хімічний. Застосовуються соляна або фосфорна кислоти; – гідравлічний. Застосовуються водоструменеві установки високого (20 – 180 атм.) і надвисокого роздільного (600 – 1200 атм.) Тиску води. Залежно від умов виробництва підготовчих робіт і необхідних темпів їх виконання в деяких випадках слід використовувати комбіновані способи підготовки поверхні, сутність яких полягає в послідовній обробці поверхні декількома з перерахованих вище способів. Механічний спосіб обробки бетонних, армобетонних і залізобетонних конструкцій переважно застосовувати у всіх випадках незалежно від ступеня руйнування і застосовуваних для ремонту матеріалів. Термічний спосіб використовується при невеликій глибині пошкодження бетонної поверхні (3-5 мм), забрудненої смолами, маслами, залишками гуми та іншими органічними сполуками. За термічною обробкою покриття завжди повинна слідувати механічна або гідравлічна обробка. Хімічний спосіб використовується тільки там, де механічна обробка неможлива по санітарно-гігієнічним умовам або в умовах обмеженого простору. Обов'язковою умовою після застосування хімічної способу обробки є рясна промивка бетонних поверхонь водою. Сильно забруднені нафтопродуктами, жирами та іншими органічними сполуками бетонні поверхні, що володіють достатньою міцністю, підлягають очистці та знежирення розчинами поверхнево-активних речовин. Гідравлічний спосіб можна застосовувати у всіх випадках і при будь-якого ступеня руйнування бетону, за винятком випадків, коли для ремонту використовуються матеріали на основі штучних смол або коли на місці проведення робіт не допускається зміна вологості навколишнього середовища [58].

Використання герметичних матеріалів. В аеродромній практиці для герметизації всіх видів швів і тріщин в жорстких покриттях використовуються

герметики холодного і гарячого застосування. При виборі типу герметика для ремонтних технологій враховують перш за все екстримально можливі негативні температури, які можуть бути в даному регіоні, а також вид застосованих раніше герметика (укладеного в ремонтваних швах), планований термін служби, економічні показники. Мастика повинна зберігати властивість сприймати деформації без розривів, особливо при максимально низьких температурах, коли плити зменшуються в розмірах і шви стиснення і тріщини розширюються. У цей критичний період мастика не повинна ставати склоподібним, а вертикальні і горизонтальні зміщення кромки плит не повинні призводити до адгезійного і когезійного порушення герметичності швів.

Герметики холодного застосування. Герметики холодного застосування створені на основі синтетичних каучуків і, як правило, складаються з пасти і затверджувача. Для підвищення адгезійних властивостей фірмою-виробником може поставлятися праймер. На вітчизняних аеродромах успішно застосовувалися герметики «Аеропласт» (Росія), Колпор (Англія), Ю-сил (Канада), Вулка (США) і ін. Герметики холодного застосування використовуються за допомогою пневмошприців і заливники для двокомпонентних герметиків, які випускаються різної місткості. Пневмошприц заповнюється приготовленим герметиком прямо з змішувача. Під тиском 0,4 ... 0,6 МПа через трубку-насадку герметик видавлюється в шов. Для якісного заповнення шва низ насадки повинен знаходитися при цьому нижче кромки плит. Швидкість заповнення шва за допомогою пневмошприца (продуктивність) залежить від в'язкості матеріалу, тиску повітря в системі і складає 4-6 м / хв. Час повного затвердіння герметика в шві складає близько 24 год при температурі повітря 15 – 20 ° С. Однією з найважливіших особливостей цих герметиків є їх хороша деформативність при негативних температурах. Це дає підставу для їх застосування у всіх дорожньо-кліматичних зонах. Іншими їх перевагами перед мастиками гарячого застосування є: – висока довговічність; – при старінні матеріал не кришиться, а тільки відділяється від однієї з кромки покриття і легко витягується з шва вручну у вигляді довгого джгута; – висока стійкість до впливу агресивних рідин (хімреагентів, паливно-мастильних матеріалів та ін.); – висока стійкість до впливу термогазового

струменя реактивних двигунів, при швидкості потоку до 100 м / с і температурі 300 ° С. Неодмінною умовою високої якості герметизації за допомогою цих матеріалів є ідеальний стан кромки цементобетонних плит. Вони повинні бути сухими, чистими, без мікротріщин. Цим обумовлено застосування холодних герметиків в основному при влаштуванні нових швів. Слід мати на увазі значно більш високу вартість герметиків на основі рідких синтетичних каучуків в порівнянні з бітумополімерними складами [66].

Герметизуючі матеріали гарячого застосування. Герметизуючі матеріали гарячого застосування включають бітуми нафтові, роздроблену гуму, пом'якшувачі, пластифікатори, наповнювачі, полімерну добавку. Обов'язкове застосування праймера – полімерної композиції, сумісної з складовими мастики. Застосування праймера значно подовжує термін експлуатації покриття з герметичними швами і тріщинами. Бітумополімерні мастики розігрівають в спеціальних котлах з подвійними стінками, в яких циркулює теплоносій. Розтоплювати матеріал опосередковано розігрівається теплоносієм. В якості теплоносія застосовується термомасло. Цим досягається початковий режим плавлення і розігріву, а також здійснення температурного контролю. Теплоносій може підігріватися за допомогою газового, масляного або дизельного обігріву. У ємності для розігріву мастики змонтована установка примусового перемішування. Рух лопастей може здійснюватися як в прямому, так і в зворотному напрямках. Котли забезпечуються пристосуваннями для заливки швів і тріщин. Розігріта до потрібної температури мастика подається через зливний шланг і спеціальну піку за допомогою нагнітає насоса безпосередньо в шов (тріщину). При завершенні роботи вся система продувається повітрям. Котли-заливники можуть монтуватися на одноосній і двухосній ходовій частині, можуть мати самохідний гідравлічний привід на провідне колесо. Такі котли самостійно, без буксирування машиною, рухаються по ЗПС уздовж швів при їх герметизації. Виробники котлів випускають їх для використання в циклічному або безперервному режимі. В котлах з циклічним характером дії завантажений матеріал після розігріву повинен бути повністю використаний. В котлах безперервної дії можливо без припинення роботи постійне додавання

матеріалу. Ємність котлів – від 90 до 1600 літрів. Використання котлів-залівників дозволяє виключити підгоряння і перегрів мастики, герметик не руйнується під час розігріву, зручно подається в шов із заданою робочою температурою [1].

1.2. Аналіз засобів механізацій та автоматизацій, що використовуються у процесі ремонту аеродромів

На жаль, ми повинні визнати, що поки в більшості випадків застосовується традиційна технологія ремонту, що передбачає заливку швів, тріщин, ремонт сколок крайок плит за допомогою гумобітумних мастик. Інші матеріали практично не застосовуються. Як правило, такий ремонт покриття недовговічний. Для ефективного і довговічного усунення дефектів необхідно застосовувати спеціальні матеріали, сучасні машини та інструменти, а також нові технології.

Пристрій компенсаційних швів. Компенсаційні шви влаштовують в тих випадках, коли має місце температурне перенапруження плит, з тим, щоб виключити негативний вплив цих напруг на поздовжню стійкість покриття, сколоутворення тріщин. Компенсаційні шви призначені для сприйняття переміщень плит при їх розширенні під впливом високих температур і влаштовуються за типом швів розширення (рис.1.1.).

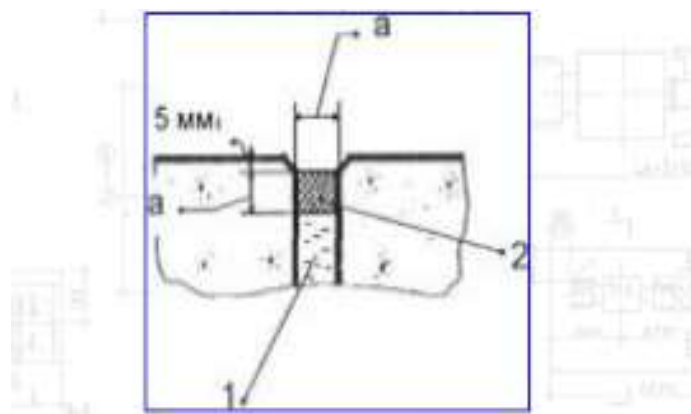


Рис.1.1. Пристрій компенсаційних швів без армування:

1 – пенополіуретан; 2 – герметик [2]

Ширина швів і відстань між ними визначаються розрахунком. Нарізатися

компенсаційні шви можуть як за наявними швах стиснення, так і в середній частині плити відповідно до прийнятого технічним рішенням. Після нарізки ці шви «спрацьовують», тобто межі сусідніх плит зближуються, заповнюючи вирізаний простір, видавлюють герметик на поверхню покриття. В цьому випадку джгут мастики акуратно зрізують. При повному закритті шва необхідно додатково влаштувати паз шириною 8 – 10 мм і глибиною 25 – 30 мм, укласти ущільнювальний шнур і здійснити герметизацію.

Заміна зруйнованих ділянок плит на всю товщину – одним з можливих варіантів технічних рішень при заміні зруйнованих ділянок плит є укладання монолітного бетону класу Bbtb 4,0 з прискорювачами твердіння (рис.1.2). Вид і концентрація добавок – прискорювачів твердіння підбирається в залежності від часу, відведеного для ремонту.

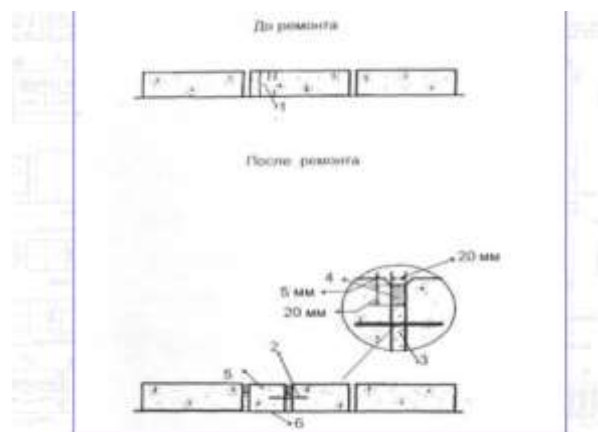


Рис.1.2. Заміна зруйнованих ділянок плит на всю товщину: 1 – зруйновану ділянку плити, що підлягає заміні; 2 – штирові з'єднання; 3 – дошка з пінопласту; 4 – герметик; 5 – замінена частина плити; 6 – поліетиленова плівка [2]

Вирівнювання поверхні покриття. Для проведення ремонтних робіт з підйому просівших плит (рис 1.3.) застосовується спеціальний склад, який закачується під бетонну плиту для заповнення утворилася порожнини. В результаті цієї операції осіла плита піднімається до рівня сусідніх з нею бетонних плит, вирівнюючи поверхню бетонного покриття. Для виконання таких робіт використовується спеціальна платформа з сучасною технікою і матеріалами.

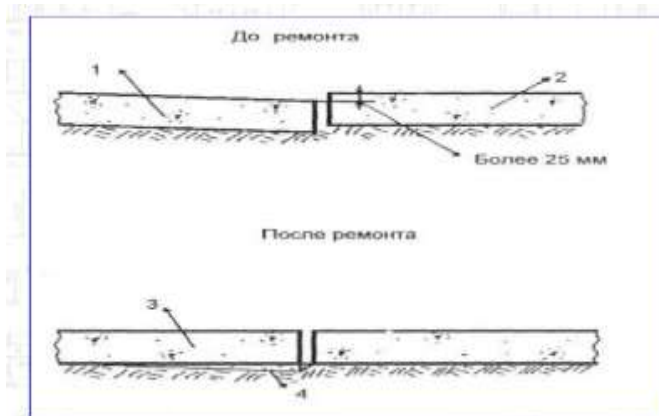


Рис.1.3. Усунення просадок плит: 1 – плита, піднята до проектного положення; 2 – швидкотвердіючий склад, закачаний під плиту; 3 – просівша плита; 4 – суміжна плита [2]

Інший спосіб вирівнювання поверхні штучних покриттів – фрезерування. Цей спосіб застосовується, якщо величина нерівностей «б» перевищує допустимі значення (рис. 1.4). Вирівнювання поверхні проводиться на основі дефектації поверхні за даними нівелювання. Для цієї операції застосовуються спеціальні потужні машини, робочий орган яких – вал з набором алмазних дисків загальною шириною 1,1,5 м. Алмазні диски зрізають нерівності без руйнування мікроструктури бетону. Застосовувати в цьому випадку фрези типу «Wirtgen» з твердосплавними робочими органами не рекомендується [75-77].

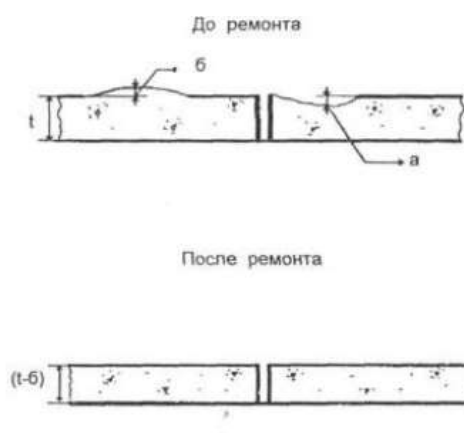


Рис.1.4. Вирівнювання покриття фрезеруванням: а, б – величина нерівності; т – товщина плити; (Т – б) – товщина відфрезерованої плити [2]

Усунення сколів кромки плит. При усуненні відколів, а також при руйнуванні кромки швів, тріщин, виконують такі операції (рис. 1.5.): маркування, контуровання дефектних місць за допомогою Нарізувачі швів з алмазними дисками, видалення зруйнованого бетону пневмоінструментом з малою силою удару (спеціальні перфоратори, голчасті пістолети) , очищення за допомогою металевих щіток, установка в шов (тріщину) гнучкою опалубки, установка анкерів або армосіток (якщо потрібно), ґрунтування поверхні, заповнення пошкодженої ділянки ремонтним матеріалом, догляд за поверхнею (при застосуванні ремонтного матеріалу на основі мінерального в'язучого), після затвердіння – видалення м'якої опалубки. Армування потрібно тільки при застосуванні для ремонту матеріалів на мінеральних в'язучих.

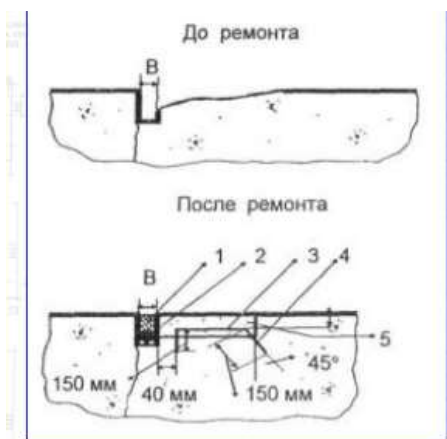


Рис.1.5. Усунення сколів кромки плит: 1 – мастика; 2 – ущільнювальний шнур; 3 – арматура; 4 – анкерні стержні; 5 – ремонтний матеріал [2]

Усунення лущення. Через відсутність на ринку необхідних для ремонту матеріалів, в практику роботи аеродромних служб увійшли прийоми оперативного ремонту, мають негативні наслідки – це використання мастик для ремонту відколів і раковин. Заливка мастикою таких дефектів лише створює ілюзію благополучного стану покриття. На насправді ці заходи навіть прискорюють процеси руйнування. Волога конденсується на контакті мастики з бетоном і при переході через 0 градусів активно руйнує цементобетон. Одна з можливих технологій ремонту лущення (при глибині руйнування більше 10 мм) полягає в тому, що пошкоджена поверхня на початку очищається від зруйнованого бетону, обробляється спеціальним ґрунтовим

складом і потім ремонтується за допомогою швидкотвердіючого високоміцного армованого бетону. При глибині лушення до 10 мм рекомендується попередньо вирівняти поверхню шляхом фрезерування і потім зміцнити бетон спеціальним гідрофобною речовиною за допомогою просочення [2].

1.3.Перспективні методи відновлення аеродромних покриттів

У світовій практиці однією з актуальних тематик проведених досліджень є пошук технологічних рішень, спрямованих на підвищення довговічності будівельних матеріалів, які приводять до збільшення періоду експлуатації виробу чи конструкції. Умови експлуатації природньо варіюються в широкому діапазоні як за видами факторів, так і по їх інтенсивності.

Для дорожніх будівельних матеріалів характерні наступні чинники:

- статичні або динамічні механічні навантаження;
- періодичність кліматичних умов (температура, вологість, ультрафіолет, кисень та інші);
- вплив антропогенних і природних хімічних та біологічних агентів.

Використання «розумних» матеріалів. Внаслідок високої варіативності суперпозиції впливу факторів, як правило, пропонуються технологічні рішення, націлені на нівелювання впливу тільки деяких факторів, що вважаються ключовими. На практиці відновлення працездатності виробів і конструкцій досягається за допомогою організаційних заходів (ремонтно-відновлювальні роботи), що супроводжуються закономірними економічними витратами. З розвитком будівельної галузі зростає потреба у використанні матеріалів, що володіють унікальним набором властивостей, які сприяють як на збільшення функціональної ефективності конструкцій, так і на зниження матеріаломісткості виробництва. Перспективне рішення в галузі матеріалознавства, орієнтоване на збільшення довговічності конструкцій – створення «розумних» матеріалів (smart materials), здатних в процесі експлуатації контролювано змінювати властивості під впливом штучних або природних експлуатаційних факторів [3,4].

Головною умовою класифікації матеріалу як «розумного» служить забезпечення контрольованих змін структури, властивостей або функціонального стану, інтенсивність яких прогнозується на стадії проектування складу матеріалу, а реалізація відбувається в процесі виробництва. Для дорожнього будівництва перспективний вид розумних матеріалів – це матеріали, що володіють здатністю відновлювати власну функціональність в конструкції, передбаченої його призначенням, яку прийнято називати «самовідновлення» або «самолікування» (self-healing) [5].

Однак у механізмів деструкції матеріалу істотно менше варіативності факторів, що дозволяє припускати можливість розробки нових технологічних рішень, спрямованих на усунення наслідків несприятливого структуроутворення матеріалу в експлуатаційний період. Зокрема, результатом процесу накопичення і розвитку дефектів є утворення і зростання тріщин до критичних розмірів, після досягнення яких починається мимовільний їх зростання [6]. У зв'язку з цим природним і принциповим рішенням служить розміщення в обсязі матеріалу фази, здатної ліквідувати тріщини і не бути схильною до або не дуже залежною від до деструкції в умовах експлуатації матеріалу. При цьому важливо відзначити, що внаслідок структурних обмежень запас відновлювальної фази повинен проектуватися на стадії розробки матеріалу і локалізуватися в зонах, схильних до інтенсивного утворення тріщин [7].

Технологію віброрезонансної деструктуризації рекомендується застосовувати при капітальному ремонті та реконструкції:

- автомобільних доріг I – III категорій з цементобетонним покриттям, а, за наявності економічного обґрунтування, – доріг нижчих категорій, майданчиків, з'їздів з автомобільних доріг;
- злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок та стоянкових майданчиків в аеропортах;
- вулиць, майданчиків та інших об'єктів, які мають цементобетонне покриття.

Допускається застосування технології віброрезонансної деструктуризації на об'єктах не передбачених п. 1.2 при дотриманні основних положень цих

рекомендацій.

Віброрезонансну деструктуризацію цементобетонного покриття доцільно застосовувати:

- якщо більше 10 % покриття потребує капітального ремонту;
- для переводу жорсткого типу покриття у нежорсткий;
- для попередження можливості утворення «відображених» тріщин у верхніх шарах покриття при переводі жорсткого типу покриття у нежорстке;
- для економії матеріально-технічних та людських ресурсів;
- для скорочення термінів будівельних робіт.

Технологія віброрезонансної деструктуризації бетону однаково придатна для підготовки основи як під асфальтобетонне, так і під цементобетонне покриття. Крім того, ця технологія може бути застосована для дроблення бетону з метою видалення та подальшої переробки у щебінь та щебенево-піщані суміші.

Технологія віброрезонансної деструктуризації ефективна також у випадках, коли несуча здатність основи під існуючим цементобетонним покриттям недостатня, але не пошкоджена (відсутні пустоти, руйнування або водонасичення основи тощо), а повний демонтаж покриття економічно недоцільний. В таких випадках рекомендується застосовувати віброрезонансну технологію у режимі отримання максимальних розмірів нижніх фрагментів (близько 500 мм). Це досягається зміною налаштувань режимів роботи віброрезонансного бетонолому (сила, амплітуда і частота ударів, швидкість руху та інших).

При відновленні цементобетонних покриттів шляхом перекриття асфальтобетоном виникає проблема запобігання появи «відображених» тріщин, які сприяють прискореному руйнуванню верхнього шару покриття, що у кінцевому результаті приводить до зниження строку служби всієї конструкції.

Технологія віброрезонансної деструктуризації є одним з найбільш ефективних методів попередження утворення «відображених» тріщин, завдяки зменшенню фактичних розмірів бетонної плити до фрагментів, які за розміром наближаються до щебеню.

Метод віброрезонансної деструктуризації може застосовуватися для

цементобетонних покриттів доріг та аеродромів товщиною від 18 см до 60 см, влаштованих на будь-яких основах. Максимальна товщина покриття, що може бути деформуване, визначається технічними можливостями техніки, властивостями цементобетону і станом існуючої основи.

При наявності двошарового цементобетонного покриття і прошарку деформування проходить тільки у верхньому шарі. Нижній шар і прошарок залишаються без змін. Для деформування нижнього шару потрібно попередньо видалити фрагменти верхнього шару і матеріал прошарку.

Двошарові покриття влаштовані методом зрощування (одночасне укладання цементобетонної суміші у два шари без прошарку) піддаються віброрезонансній деформуванню за один прохід машини на всю товщину покриття.

Технологія віброрезонансної деформування не порушує ґрунт і основу під бетонним покриттям і не завдає шкоди підземним комунікаціям, що розташовані на глибині понад 1 м.

Технологію віброрезонансної деформування недоцільно застосовувати:

- на дорогах, які раніше були відремонтовані методами подрібнення цементобетону;
- при ознаках руйнування основи дорожнього покриття;
- у межах населених пунктів ближче ніж 10 м до забудови, в місцях близького до поверхні покриття (менше 0,5 м) залягання підземних конструкцій і комунікацій з колодязями, дренажних споруд, плит підходів до мостів, прогонових будов мостів та інших споруд;
- через економічну недоцільність при порівнянні з альтернативними технологіями [8].

Метод самовідновлення матеріалів. Самовідтворюючі неорганічні матеріали або системи матеріалів являють собою нову область матеріалознавства, що виникла відносно недавно і почала швидко розвиватися. Джерелом натхнення для цієї нової галузі досліджень є самовідновлення в біологічних об'єктах. Більшість живих тканин або організмів можуть вилікувати себе самі, за умови, що нанесені ушкодження помірні. Наприклад, після порізу тромбоцити впливають на крові утворюють згустки, тим

самим герметизує дефект і дозволяє шкірі відновити себе. Тріщина в кістках гоїться за рахунок регенерації кісткового матеріалу. Властивості ж більшості інженерних матеріалів погіршуються з плином часу через зношування, крихкого руйнування, втомних напруг, зсувних деформацій та інших механізмів руйнування, що обмежує термін служби різних компонентів і може викликати серйозні пошкодження. Привабливою ідеєю виглядає реалізація здатності самовідновлення в неорганічних матеріалах, щоб, коли в них утворюються тріщини чи інші пошкодження, агент проникав в пошкоджену область для "зцілення", по суті запечатуючи тріщину. Оскільки інженерні системи стають все більш опрацьованими і імітують все більше характеристик біологічних систем, то в найближчому майбутньому слід чекати реалізації безлічі нових корисних концепцій. Слід, однак, підкреслити, що біологічні механізми зцілення дуже складні і часто включають в себе багато факторів, що діють одночасно. Зокрема, вивчення біологічних механізмів заліковування вченими-матеріалознавцями, які займаються самовідновленням матеріалів, показує, що ці механізми не можуть бути безпосередньо залучені для штучних матеріалів.

На сьогоднішній день самовідновлення найбільш успішно застосовано в полімерах, завдяки їх відносно великих швидкостей дифузії через наявність поперечних молекулярних зв'язків. Один із способів створення самовідновлюючих полімерів полягає в використанні термореактивних полімерів і їх здатності до зміцнення за рахунок зшивання полімерних ланцюгів. Як приклад, можна привести термореактивний епоксидний полімер, утворений реакцією епоксидної смоли з поліаміном. Епоксидний полімер може служити в якості заліковування агента, який зберігається в тонкостінних інертних макрокапсулах, вбудованих в матрицю разом з каталізатором або затверджувачем (також знаходиться в матриці, але окремо від каталізатора). При поширенні тріщини капсула ламається, агент вивільняється і поширюється в тріщину по капілярах. При цьому заліковуючий агент змішується з каталізатором в матриці, що викликають реакцію зшивання і затвердіння епоксидної смоли, яка герметизує тріщини [9].

Метод ущільнення швів. При будівництві і реконструкції автомобільних доріг з цементобетонним покриттям влаштовуються як поздовжні так і поперечні шви,

герметизація яких є важливим фактором для забезпечення довгострокових експлуатаційних якостей покриття [10-11]. Для більшості випадків герметизація швів запобігає від таких дефектів як здіблення, короблення, розтріскування, руйнування кромки цементобетонних плит, а також зниження несної здатності основи земляного полотна від попадання вологи, корозії арматури, руйнування швів тощо. У зимовий період, а також при наявності досить інтенсивних опадів в осінній період, стає неможливим виконувати герметизацію деформаційних швів цементобетонного покриття по традиційній технології з використанням гарячих бітумно-полімерних мастик з дотриманням всіх вимог до технології виконання даних робіт [12-13]. У той же час існує альтернативна технологія і матеріали для герметизації швів готовими ущільнювачами із етилен-пропіленових каучуків (EPDM) та масло-бензостійких каучуків, температурний діапазон роботи вказаних матеріалів $-50+70$ °C [14-15]. Виробництво таких ущільнювачів необхідно розгорнути на ряді вітчизняних підприємств, щоб мати можливість виготовити будь-які розміри шнура під індивідуальні потреби замовника. Окрім переваг, які пов'язані з можливістю проведення робіт по герметизації деформаційних швів при понижених температурах, несприятливих погодних умовах, значною перевагою є простота подальшої експлуатації деформаційних швів балансоутримувачем автомобільної дороги, адже заміна ущільнювача виконується вручну одним, двома робітниками, в той час як для заміни бітумнополімерної мастики необхідне спеціалізоване обладнання, таке як машини для очистки швів, компресори, плавильно-залівні котли з відповідною ланкою машиністів та робітників – будівельників [15-17].

Висновки по розділу

Виходячи з аналізу інформаційних джерел за тематикою кваліфікаційної роботи, можна зробити наступні висновки:

- 1) Розглянуто сучасні технології щодо відновлення аеродромних покриттів.
- 2) Проаналізовано засоби механізації та автоматизації, що використовуються у процесі ремонту аеродромних покриттів.
- 3) Розглянуто перспективні методи відновлення та вдосконалення технологічних процесів відновлення аеродромних покриттів.

РОЗДІЛ II

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ ПРИ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Метод експертних оцінок при аналізі сучасних технологій відновлення аеродромних покриттів

Методи експертних оцінок – це спосіб прогнозування та оцінки майбутніх результатів дій на основі прогнозів фахівців.

При застосуванні методу експертних оцінок проводиться опитування спеціальної групи експертів з метою визначення певних змінних величин, необхідних для оцінки досліджуваного питання. До складу експертів слід включати людей з різними типами мислення – образне і словесно-логічне, що сприяє успішному розв'язанню проблеми.

Залучені експерти можуть висловити свою думку щодо найкращих способів мобілізації резервів, залучення інвестицій, строків досягнення поставлених завдань, критеріїв відбору оптимальних варіантів рішення тощо.

Необхідною умовою ефективного застосування методів експертної оцінки є достатня обізнаність експерта з досліджуваною проблемою, високий рівень ерудиції, здатність його давати чіткі вичерпні відповіді, до того ж експронт. Крім того, експерт не повинен бути зацікавленим в тому чи іншому варіанті вирішення поставленої перед ним проблеми. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу – посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін. Такий підбір сприяє тому, що в число експертів потрапляють високопрофесійні, з великим практичним досвідом у даній галузі спеціалісти.

Отже, методи експертної оцінки вимагають ретельної підготовки експертів, робота яких містить:

- чітке визначення мети і завдань, а в деяких випадках об'єднання та систематизація висновків;
- набір достатньо компетентних незалежних експертів в області відповідних

об'єктів;

- обговорення питання в групі експертів чи виключення безпосереднього спілкування між ними;
- надання учасникам експертизи на кожному наступному етапі результатів і висновків попереднього етапу. Це дає змогу зробити певні висновки, які поділяють більшість експертів;
- вибір методів обробки висновків експертів;
- точне формулювання підсумкових висновків в експертній роботі.

Метод експертних оцінок – це фактично метод прогнозування, основоположним критерієм якого є досягнення згоди серед усіх членів експертної групи. Організаційно це виглядає так. Експерти, обізнані у взаємопов'язаних сферах діяльності, детально відповідають на питання анкети, пов'язаної з досліджуваною проблемою. Кожен з них фіксує свою думку про проблему, а потім повідомляє про відповідь своїм колегам. У випадку розбіжності його прогнозу з думкою інших, експерт зобов'язаний пояснити причину такої невідповідності. Далі процедура повторюється до тих пір, поки думки експертів не дійдуть до одного висновку. При цьому потрібно дотримуватися анонімності, що допомагає уникнути можливості групових роздумів над проблемною ситуацією.

Завдяки застосуванню експертних оцінок отримують два види інформації, на підставі якої вирішуються два види завдань різної значимості і на різних рівнях управління:

1. Інформація про поодинокі причинно-наслідкові зв'язки в конкретних умовах місця і часу. Здебільшого цю інформацію одержують в результаті опитування керівників виробничих підрозділів підприємства (бригадири, керівник відділення, начальник цеху) та робітників. Вона призначена для пошуку напрямів підвищення ефективності виробництва і реалізації продукції шляхом встановлення причин непродуктивного використання ресурсів та формування дієвих заходів щодо їх усунення.
2. Інформація про типові взаємозв'язки досліджуваних економічних явищ і процесів. Таку інформацію здатні надати тільки експерти високого класу,

професіонали, глибоко обізнані з сутністю та закономірностями прояву вказаних явищ за різних умов господарювання.

Основними завданнями, які найчастіше вирішуються на практиці на основі отриманої від експертів інформації, є:

- ранжування (впорядкування, розміщення в порядку зростання чи спадання) факторів та відповідних показників, що їх характеризують, за їх значимістю в розвитку досліджуваного явища, процесу;
- ранжування підприємств чи їх структурних виробничих підрозділів (бригад, цехів, ділянок) за рейтингом, в основу якого покладено сукупність різних показників, що характеризують результати фінансово-господарської діяльності чи окремих її видів (фінансовий стан, рентабельність, платоспроможність тощо);
- попередня оцінка виконання плану за певним показником.

Цільовий аналіз, що ґрунтується на результатах експертних оцінок, здійснюється у декілька етапів:

- визначення мети дослідження.
- визначення необхідного кількісного та якісного складу групи експертів.
- створення групи експертів.
- визначення способу опитування.
- складання програми обстеження і анкети (листка) опитування.
- проведення опитування.
- зведення, групування та аналіз отриманої від експертів інформації.
- узагальнення результатів експертизи і розробка можливих варіантів

рішень для досягнення поставленої мети.

Всі експертні методи поділяються на дві групи – індивідуальні і колективні – та підгрупи (рис.2.1).

Індивідуальні експертні методи – це використання думок експертів, які сформульовані особисто кожним із них самостійно без врахування думок інших експертів. До індивідуальних експертних методів належать: інтерв'ю та анкетування.

Сутність методу інтерв'ю полягає в організації співбесіди аналітика з

експертом, в ході якої експерт дає відповіді на запитання аналітика щодо факторів впливу на досліджуваний об'єкт, очікуваних результатів господарювання, невикористаних резервів, шляхів виходу з кризи, напрямів підвищення ефективності виробництва тощо.

Метод анкетування (аналітичного експертного оцінювання) полягає в наданні експертом письмових відповідей на запитання анкети. Проте цей метод має певні недоліки, зокрема експерт може не зрозуміти запитання анкети, проявити суб'єктивізм, небажання критикувати керівництво і залишати свою письмову відповідь тощо.



Рис. 2.1. Основі види методів експертних оцінок [18]

Основними перевагами індивідуальних методів експертних оцінок є простота організації обстеження, зрозумілість, врахування і використання набутих знань і досвіду кожного експерта. Обмеженням застосування цих методів виступає обмеженість знань, інформації експертів з суміжних сфер діяльності. Виходячи з цього, більшого поширення на практиці набули колективні експертні методи.

Колективні експертні методи – це методи, які забезпечують формування єдиної спільної думки в результаті взаємодії залучених фахівців-експертів.

Серед колективних методів експертної оцінки виділяють: метод комісії (у тому числі проведення виробничих нарад, конференцій, семінарів, дискусій за "круглим столом"), методи Дельфі, відстороненого оцінювання, конференція ідей та ін.

Метод комісії полягає у виробленні експертами кращого варіанта досягнення

поставленої мети з урахуванням усіх висловлених на нараді пропозицій, ідей.

Позитивною ознакою цього методу є можливість залучення для експертизи фахівців з широким діапазоном знань із суміжних областей науки та практики. Негативним є можливий суб'єктивізм, наявні стереотипи мислення, що склалися в експертів, їх схильність до компромісу.

Метод відстороненого оцінювання полягає у виборі оптимального незалежного рішення із числа висловлених експертами на нараді. Робота наради поділена на дві частини: висунення ідей та їх критичний аналіз.

Метод Дельфі – один із методів колективної експертної оцінки, який передбачає проведення експертного опитування серед групи спеціалістів у кілька турів (частіше у 3–4 тури) для вибору найкращого із рішень. Метод Дельфі, або як його ще називають дельфійський метод, метод дельфійського оракула, отримав свою назву із назви містечка Дельфі у Стародавній Греції, в якому жили оракули-провидці при храмі бога Аполлона. Слово головного оракула не підлягало сумніву та приймалося за істину.

Метою застосування методу Дельфі є удосконалення групового підходу до вирішення завдання розробки прогнозу, оцінки за рахунок взаємної критики поглядів окремих спеціалістів, висловлюваних без безпосередніх контактів між ними та при збереженні анонімності думок чи аргументів на їх захист.

В одному з варіантів цього методу пряме обговорення замінюється обміном інформацією з використанням спеціально розроблених запитальників. Можливе також застосування особливих прийомів опитування через ЕОМ.

Згідно з методом Дельфі учасників просять висловити свої думки, обґрунтувати їх, а в кожному наступному турі опитування їм видається нова, уточнена, інформація щодо висловлених думок, яку одержують в результаті розрахунку збігу думок за раніше виконаними етапами роботи. Цей процес продовжується до практично повного збігу думок. Після цього фіксуються думки, які не збігаються.

Цей метод успішно застосовується у маркетингу. Його використовують для того, щоб зробити експертне прогнозування шляхом організації системи збирання та математичної обробки експертних оцінок.

Конференція ідей подібна до мозкового штурму, але відрізняється від нього темпом проведення нарад та дозволеною короткою доброзичливою критикою ідей у формі реплік і коментарів. При цьому стимулюється поєднання кількох пропозицій, фантазування, що сприяє підвищенню якості ідей.

Всі висунуті ідеї занотовуються у протоколі без указування їх авторів. До складу учасників конференції ідей включаються не лише висококваліфіковані фахівці, а й новачки, неспеціалісти –здатні висувати свіжі, нові, неординарні підходи.

Отже, методи експертних оцінок відіграють важливу роль в економічних дослідженнях, особливо у проведенні стратегічного і функціонально-вартісного аналізу. Застосування цих методів дає змогу визначити, наприклад, обсяг і структуру споживання продуктів харчування, товарів чи послуг населенням за значним колом показників, тоді як застосування інших методів аналізу ускладнене через відсутність необхідної інформації.

У практичних маркетингових дослідженнях метод експертних оцінок можна використовувати для розробки середньо- та довгострокових прогнозів структури попиту на товари широкого вжитку; прогнозування вказаної структури на наступний рік; визначення груп потенційних споживачів; а також для оцінки обсягу незадоволеного попиту за групами і видами товарів. Наприклад, метод експертної оцінки споживчої вартості товару і ціни на нього – метод із групи нормативно-параметричних методів ціноутворення. Він базується на результатах опитування чи результатах суджень колективу експертів про можливу цінність товару на ринку, попиту на нього і висуванні пропозицій про його ціну.

Є також багато методів експертної оцінки, пов'язаних з прогнозуванням економічних і суспільних явищ та процесів [18].

2.2. Застосування методів статистичного аналізу при експлуатаційному утриманні аеродромів

Сучасна статистична наука є складною, багатогалузевою системою наукових дисциплін. Основні складові частини статистики:

- теорія статистики;
- економічна статистика;
- галузеві статистики;
- соціальна статистика.

Предметом статистики є вивчення розмірів і кількісних співвідношень між якісно визначеними масовими явищами, а також закономірностей їх формування, розвитку, взаємозв'язку у конкретних умовах місця та часу.

Слід звернути увагу на такі принципові особливості статистичної характеристики досліджуваних явищ:

- кількісну розмірність явищ неможливо розглядати без їх якісної визначеності (наприклад: кількість книжок виданих у 1997 р. – 6308, з них українською мовою – 3140, російською – 2364 тощо);
- статистика досліджує не поодинокі, а масові явища. Відповідно статистичні показники не відносяться до кожного окремого випадку, а завжди являють собою результат узагальнення даних за масою випадків.

Завдання статистичного дослідження полягає в узагальненні даних і у виявленні закономірностей явищ в конкретних умовах місця та часу, які проявляють себе лише у великій масі явищ через подолання властивої одиничним елементам випадковості.

Головна функція статистики – постачання інформації.

Для вивчення цього об'єкта в статистиці застосовують ряд важливих понять і категорій:

- статистична сукупність;
- одиниця статистичної сукупності;
- одиниця статистичного сповтереження;
- ознака;
- варіація;
- статистична закономірність,
- статистичний показник.

Статистична сукупність – це впорядкована множина існуючих елементів

(однорідних у певному відношенні), поєднаних спільними, притаманними кожному елементу множини, властивостями, умовами та причинами існування і розвитку. Статистична сукупність зовсім не обов'язково вміщує велику кількість одиниць, вона може бути і досить маленькою, наприклад, обсяг сукупності малої вибірки може складати іноді 5-10 одиниць. Важливо пам'ятати, що статистична сукупність складається з реально існуючих матеріальних об'єктів, які підлягають дослідженню. Наприклад: в якості такої множини об'єктів можуть виступати навчальні заклади, підприємства, сім'ї, студенти, громадяни будьякої країни тощо. Одиниця статистичної сукупності – це окремий елемент множини, який має всі властивості, що притаманні досліджуваній сукупності. Одиниця сукупності є носієм ознак, значення яких підлягають реєстрації. Наприклад: студенти інституту – це сукупність, кожен студент – її елемент, який має спільні з іншими елементами ознаки: стать, вік, спеціальність, екзаменаційна оцінка тощо. Одиниця статистичного спостереження – це первинна одиниця, від якої одержують інформацію. Зверніть увагу на те, що одиниці сукупності та одиниці спостереження можуть збігатися, наприклад, при вивченні суспільної думки населення це – кожний респондент – людина, яка висловлює свою думку. Але найчастіше обидві одиниці не збігаються. Так, у разі дослідження ефективності роботи друкарського обладнання одиницею спостереження є власник обладнання, а одиницею сукупності – окремий верстат. Ознака – це статистичний еквівалент властивостей (рис, якостей), що притаманні елементам (одиницям) сукупності і відбивають їх сутність, характер та особливість. Наприклад: рівень акредитації, факультети, відділення, спеціалізації, термін та форми навчання – ознаки закладів освіти.

За характером вираження ознаки поділяються на:

- атрибутивні (описові, якісні) – не мають кількісного вираження, а лише словесне. Не піддаються прямому числовому визначенню; їх можна виразити тільки числом одиниць в сукупності або реєстрацією наявності чи відсутності властивостей, наприклад: стать, професія, ім'я та інші;
- кількісні (варіаційні) – мають числове вираження.

На відміну від якісних вони можуть бути вимірюваними, тобто визначеними

шляхом вимірів, зважувань і підрахунків (ціни, чисельність, вага, зріст, стаж тощо). Варіація – це зміна значень конкретної ознаки при переході від однієї одиниці сукупності до іншої, інакше кажучи, це окреме значення (індивідуальний рівень) ознаки кожного елемента (одиниці) сукупності, наприклад, “стать” – чоловіча, жіноча, “оцінка” – 2, 3, 4, 5 тощо. Саме наявність варіації зумовлює необхідність статистики. Рівень значення ознаки у окремих елементах може вимірюватися за допомогою номінальної шкали (шкали якісних величин, найменувань), порядкової (рангової) шкали, метричної шкали (кількісних фізичних, економічних величин).

Статистична закономірність – це кількісна закономірність змін у просторі та часі масових явищ і процесів суспільного життя, які складаються з множини елементів (одиниць сукупності). Це форма прояву причинного зв'язку, виражена у послідовності, регулярності, повторюваності подій, якщо причини (умови), що викликали ці події не змінюються або мають незначні зміни. Характерною особливістю статистичної закономірності є те, що вона властива не окремим одиницям сукупності, а усій сукупності в цілому і виявляється лише в масових явищах при значній кількості одиниць сукупності. Пояснити це можна так: формування масового процесу відбувається під впливом основних причин (загальних) і причин випадкових (індивідуальних). Якщо кількість подій достатньо велика, вплив випадкових причин усувається, взаємно урівноважується (закон великих чисел). Наприклад, успішне навчання окремих студентів залежить від загальних для усіх студентів причин (організація навчального процесу, наявність в достатній кількості підручників, комп'ютерів та спецобладнання), а також від індивідуальних (бажання, здібності, стан здоров'я, матеріальні умови). Якщо дослідити рівень успішності багатьох студентів у нормальних (середніх) умовах навчання, то виявиться, що навчаються вони переважно добре, оскільки загальні причини є основними.

Статистичний показник – це узагальнююча кількісна характеристика властивостей сукупності загалом чи її частин зокрема щодо конкретних умов місця і часу. Статистичні показники поділяються на абсолютні, відносні та середні величини. Якісний зміст показника визначається суттю явища і знаходить своє відображення у

назві. Кількісну сторону представляють число та розмірність (вимірник). На відміну від значень ознак значення статистичних показників отримують розрахунковим шляхом. Це може бути простий підрахунок одиниць сукупності (кількість студентів академічної групи – 30 чол.), сума їх значень ознаки (з них: дівчат – 20 чол., хлопців – 10 чол.), порівняння двох або декількох величин (дівчат у 2 рази більше) чи більш складні розрахунки (частка дівчат у групі – 67%). Важливо правильно визначити зміст статистичних показників та методи їх побудови.

Будь-яке статистичне дослідження послідовно проходить 3 етапи:

- перший етап – збирання первинного статистичного матеріалу реєстрацією фактів чи опитуванням респондентів (метод статистичного спостереження);
- на другому етапі зібрані дані підлягають первинній обробці, систематизації та групуванню – від характеристик окремих елементів переходять до узагальнюючих показників у формі абсолютних, відносних чи середніх величин (методи зведення та групувань, табличний та графічний методи);
- третій етап передбачає аналіз отриманих під час зведення та групування матеріалів для одержання обґрунтованих висновків про стан явищ, що вивчаються, та закономірностей їх розвитку (методи вивчення варіації, диференціації та сталості, тенденцій розвитку, прогнозування, вивчення взаємозв'язків тощо).

Вказана послідовність є лише загальною, а конкретний зміст того чи іншого етапу залежить від мети дослідження та характеру даних. Передумовою використання статистичних методів має бути визначення і розуміння суті явища, що вивчається, його властивостей, особливостей конкретних обставин.

Статистичне спостереження є першим кроком статистичного дослідження і полягає в планомірному, науково-організованому збиранні даних. Формування якісної інформаційної бази – це фундамент статистичного дослідження, оскільки використання лише об'єктивної та достатньо повної інформації на подальших етапах дослідження надає можливість отримати правильні, обґрунтовані висновки про характер і закономірності досліджуваного процесу.

Але не всі вихідні дані можна покласти в основу узагальнень і висновків, тому

статистичні дані, що придатні для цього повинні бути:

- вірогідними і точними – статистичні дані мають доказову силу лише тоді, коли вони правдиві і достовірні;
- повними, не випадковими чи уривчастими; дістають їх реєстрацією значень ознак усіх одиниць сукупності за необхідний період чи на певний момент часу;
- однотиповими, порівнюваними – для їх узагальнення і зіставленості у часі і просторі.

Слід звернути увагу на те, що статистичні дані від інших даних відрізняє масовість. Лише завдяки переходу від окремих фактів до масових можна визначити загальну закономірність, позбавлену впливу випадкових причин. Процес проведення статистичного спостереження здійснюється в три етапи:

- підготовка спостереження (складається план: визначаються мета, об'єкт, одиниці дослідження, способи збирання даних);
- проведення масового збору інформації (реєстрація установлених фактів; саме забезпечення реєстрації відрізняє статистичне спостереження від спостерігання);
- формування бази даних (контроль та нагромадження даних спостереження, а також їх збереження).

Мета спостереження – основний очікуваний результат статистичного дослідження. Вона повинна мати чітке формулювання. Невизначеність поставленої мети може призвести до зібрання зайвих або неповних даних. Мета спостереження визначає його об'єкт – деяку сукупність явищ, що підлягають обстеженню. Чітке визначення суті, істотних ознак та меж об'єкта дозволяє запобігти різному тлумаченню результатів обстеження. Наприклад, для дослідження рівня безробіття, необхідно визначити які категорії населення можна віднести до безробітних. Якщо вважати за таких усіх хто займається пошуками роботи, то рівень безробіття буде високим, якщо ж безробітною визначити людину, яка протягом 3-х місяців не має роботи, то рівень безробіття буде низьким. Уявлення про об'єкт дослідження можна отримати лише при наявності інформації, яка характеризує його окремі складові.

Тому в ході спостереження відокремлюють одиницю спостереження – первинну, звітну одиницю, від якої одержують інформацію та одиницю сукупності – первинний елемент об'єкта статистичного спостереження, який підлягає обстеженню і реєстрації. Іноді ці одиниці збігаються, іноді ні. Для досягнення більшої точності результатів дослідження та можливості застосування широкого спектра засобів аналізу, під час реєстрації слід врахувати, що ознаки за формою вираження можуть бути як кількісними, так і атрибутивними; тому, добираючи шкалу їх вимірювання, перевагу слід віддати не тільки більш інформативним ознакам (номінальній шкалі), а й ознакам із ширшими можливостями статистичної обробки (порядковій та метричній шкалам). Щоб спостереження дало вірогідні та своєчасні дані, необхідно вирішити питання часу та періоду спостереження. Час спостереження (об'єктивний час) – це час, до якого належать дані спостереження. Період спостереження (суб'єктивний час) – час, протягом якого реєструються дані. Зібрана інформація відображується в обліковому документі – статистичному формулярі у вигляді анкети, картки, звіту, опитувального листа.

При статистичному дослідженні використовують три форми спостереження:

- статистична звітність; статистичний реєстр;
- спеціально організоване спостереження (охоплює ті явища і процеси, які знаходяться поза звітністю – соціальні дослідження, переписи, опитування тощо).

Види статистичного спостереження розрізняють:

- за повнотою охоплення одиниць сукупності це :
- суцільне спостереження (реєструються усі без винятку одиниці сукупності, наприклад, переписи); несцільне спостереження (реєструється певна частина одиниць сукупності); залежно від завдань дослідження і характеру об'єкта
- несцільне спостереження може здійснюватися способом основного масиву, монографічним, вибіркоvim, анкетним, через моніторинг; при цьому має забезпечуватися репрезентативність відібраної частини елементів, тобто їх здатність відтворювати властивості усієї сукупності елементів (висновки

роблять за відібраною частиною про ціле.);

- найпоширенішим є вибіркоче спостереження;
- за часом реєстрації даних це – поточне (систематична реєстрація фактів щодо явищ у міру їх виникнення);
- періодичне (проводиться через певні, як правило, рівні проміжки часу, наприклад, переписи);
- разове (виконується за необхідністю);
- за способом одержання відомостей (первинних статистичних даних) це – безпосередній облік (дослідник особисто реєструє факти, наприклад, метеорологічні спостереження); документальний облік (джерелом відомостей є відповідні документи); опитування (відомості фіксуються зі слів респондентів); може здійснюватися експедиційним способом, через самореєстрацію та кореспондентським способом).

Різні види та форми статистичного спостереження можуть бути поєднані, взаємно доповнювати одне одного. Але слід взяти до уваги, що анкетний, кореспондентський способи, самореєстрація не забезпечують відповідної якості матеріалу в силу незацікавленості частини респондентів в опитуванні (повертається не більше 80% анкет), неможливості безпосередньої перевірки достовірності одержаних відповідей. Ці методи найбільш поширені у соціальних дослідженнях, при вивченні громадської думки, коли не вимагається висока точність, а потрібно лише зорієнтуватися в тому чи іншому питанні. Високу точність результатів дослідження гарантують вибіркочий, експедиційний методи за умов їх правильної організації. Моніторинг – це не зовсім традиційне статистичне спостереження, проте воно є важливим джерелом статистичних оперативних даних для прийняття рішення. Помилки спостереження – це розбіжності між даними спостережень та реальними даними.

Залежно від причини виникнення розрізняють помилки:

- репрезентативності – властиві тільки несучільному спостереженню і виникають в результаті некоректного формування відібраної сукупності, яка недостатньо повно відтворює склад усієї досліджуваної сукупності;

- реєстрації – виникають при будь-якому спостереженні внаслідок неправильного встановлення фактів або невірного їх запису і бувають випадковими (описки, незнання, неуважність) або систематичними (навмисне викривлення фактів, приховування, некомпетентність, неосвіченість).

Систематичні помилки є більш небезпечними. Вони приводять до викривлення загальних підсумків, оскільки завжди мають однакову тенденцію чи до збільшення, чи до зменшення значень показників по кожній одиниці спостереження. Тому величина показника по сукупності в цілому включатиме накопичену помилку і взаємно не урівноважується. Наприклад: округлення віку респондентами, замість 49 чи 51 кажуть 50. Випадкові помилки виникають внаслідок дії випадкових факторів, наприклад, цифри переставлені місцями. Вони можуть відхиляти дані спостереження в бік збільшення або зменшення. Проте деякою мірою взаємознищуються у відповідності з дією закону великих чисел і не є небезпечними. Помилки, допущені на етапі збору даних не, можуть бути виправлені на 2-му та 3-му етапах спостереження.

Тому ще на стадії спостереження необхідно застосовувати засоби контролю даних, а саме:

- зовнішній – контроль повноти даних, здійснюється візуально при перевірці наявності даних за всіма одиницями та позиціями;
- арифметичний – базується на використанні кількісних зв'язків між значеннями різних показників і полягає у перевірці (перерахунку) усіх узагальнених показників; з його допомогою можна встановити розмір помилки та виправити її;
- логічний – базується на сумісності даних і полягає у зіставленні відповідей респондентів за їх логічним зв'язком, наприклад, порівнянні віку з сімейним станом, освітою; виду діяльності з джерелом засобів існування тощо. Такий контроль лише встановлює наявність помилки, а не її розмір.

Для виправлення помилок, що встановлені в результаті логічного та арифметичного контролю, треба повторно звернутися до джерела вихідних даних

[19].

2.3. Математична формалізація процесів деструктуризації та відновлення аеродромних покриттів

Однією з найактуальніших проблем сьогодення України є будівництво нових і відновлення старих автомобільних доріг. Багатошарові дорожні конструкції можна віднести до одного з найбільш складних видів будівельних конструкцій задач науки про міцність та довговічність будівельних об'єктів. В першу чергу це пояснюється багатопараметричністю факторів, які визначають їх конструкції, властивості матеріалів, види навантажень та впливів на них, а також умов їх експлуатації. Тому проектувальникам дорожніх конструкцій та спеціалістам, що займаються теоретичним моделюванням механічної поведінки шаруватих масивів в процесі експлуатації, доводиться враховувати багато додаткових факторів, які ускладнюють їх роботу. Постановка проблеми. Перед тим, як звернутися до розв'язання задач термопружності розглянемо одну їх властивість, типову для рівнянь теплопровідності і механіки. Багато математичних моделей, які адекватно описують фізичні процеси в термінах диференціальних рівнянь, містять (в явному або в неявному вигляді) і різні параметри, причому в типовій ситуації їх значення відомі лише наближено, з тією чи іншою точністю. Тому питання про характер поведінки розв'язків диференціального рівняння при незначній зміні величини параметра, що входить в рівняння, становить принципову цікавість. Починаючи з класичних робіт А. Пуанкаре і О.М. Ляпунова, досить детально вивчався так званий регулярний випадок – коли права частина рівняння, наприклад, II-го порядку.

$$x'' = F(t, x, x', \varepsilon) \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.1)$$

регулярно (неперервно, гладко, аналітично) залежить від параметра ε в околі значення $\varepsilon = 0$, а розв'язки рівняння розглядаються на скінченному відрізку $0 \leq t \leq 1$ зміни незалежної змінної t . В цьому випадку для розв'язку такого рівняння при довільному малому ε існує близьке йому рівняння, що відповідає значенню параметра

$\varepsilon = 0$. Значно різноманітнішим і складнішим є сингулярний випадок, коли розв'язки залежать від малого параметру ε при другій похідній (тут насамперед слід згадати теорію усереднення Крилова Боголюбова-Митропольського), і коли не виконується припущення про регулярність належності параметра рівнянню. Очевидно, що остання із перелічених ситуацій виникає, наприклад, для рівняння :

$$\varepsilon x'' = f(t, x, x') \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.2)$$

де ε – параметр, який набуває як завгодно малих додатних значень (часто пишуть: $0 < \varepsilon \ll 1$). Відмітимо, щоб застерегти від помилки, що спроба заміни незалежної змінної $t = \sqrt{\varepsilon} \tau$ і $\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{d^2 x}{\varepsilon d\tau^2}$ хоча і приводить рівняння (2.2) до «регулярного виду»

$$\varepsilon \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{\varepsilon d^2 x}{\varepsilon d\tau^2} = \frac{d^2 x}{d\tau^2} = f(\tau, x, x', \varepsilon), \quad (2.3)$$

проте при цьому кінцевому відрізку зміни нової змінної τ відповідає лише дуже малий (разом з ε) відрізок $0 \leq t \leq \varepsilon$ зміни старої змінної t .

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Математична теорія диференціальних рівнянь з малим параметром при старших похідних не надто давня. Мабуть, вперше на прикладну актуальність вивчення сингулярно збурених задач (і на «неминучість» їх появи серед математичних моделей природознавства) звернув увагу Л. Прандтль у зв'язку з розвинутою ним в 1904 р. теорією пограничного шару в гідродинаміці. Сингулярно збурені задачі неодноразово виникали (не завжди, втім, усвідомлено) і пізніше в механіці, фізиці, техніці (нагадаємо для прикладу почате в 20-х роках Б. Ван-дер-Поєм вивчення релаксаційних коливань в радіотехнічних приладах). Проте єдиних математичних підходів до подібних задач довго не існувало, кожна з них розглядалася ізольовано і розв'язувалась – з тією або іншою мірою строгості і повноти – індивідуальними прийомами. «Малий множник при старшій похідній породив велику теорію» – ця фраза з математичного фольклору досить колоритно характеризує велику гілку теорії диференціальних рівнянь. Парадоксально, але ця гілка, отримавши сьогодні широку популярність у теоретиків і маючи важливе значення для прикладників, так і не отримала єдиного, загальноживаного

найменування. Одні автори називають об'єкт дослідження «рівнянням з малим параметром при старших похідних», інші говорять про «сингулярне збурення», треті використовують різноманітну термінологію, породжену численними застосуваннями: завдання «з пограничним шаром», «з крайовим ефектом», «зі стрибком ущільнення». Досить поширеним в літературі з прикладної математики є термін «жорсткі диференціальні рівняння», що стосуються даного випадку. Мабуть, перше з усіх наведених назв – найбільш точне, хоча воно дещо довге і тому не дуже зручне. Що стосується терміну «сингулярне збурення», то, незважаючи на його, взагалі кажучи, ширший, але розпливчатий сенс, він набагато точніше характеризує даний фізичний процес, пов'язаний з утворенням сингулярностей в прикорйоових зонах шуканої функції. Тому надалі будемо використовувати цей термін. Рівняння з сингулярним збуренням (з малим параметром при старшій похідній) привернули увагу цілого ряду вчених – С.Е. Хайкіна, Л.І. Гутенмахера, І.С. Градштейна, К. Фрідрікса, В. Вазова, Н. Левінсона, А.М. Тихонова, Л.А. Люстерніка, А.Б. Васильєвої, М.Й. Вішіка, O'Donnell та ін. Важливо зауважити, що ця увага, як правило, породжувалася не просто допитливістю, а стимулювалася конкретними прикладними проблемами (наприклад, актуальними в той час проблемами конструювання аналогових обчислювальних пристроїв). Однак їх роботи не в повній мірі розкрили внутрішню специфіку досліджуваного об'єкту, не містили вдалої і досить загальної методики його дослідження. У самостійну математичну теорію вивчення диференціальних рівнянь з малим параметром при старшій похідній сформувалося тільки після основоположних публікацій А.М. Тихонова 1948-1952 рр. Відмічені особливості сингулярно збурених задач призводять до того, що шукана функція набуває вигляду крайового ефекту. У зв'язку з цим її важко апроксимувати простими аналітичними або чисельними методами. Тому при розв'язанні конкретних задач використовується метод виділення крайового ефекту. При його застосуванні повний (глобальний) розв'язок задачі комбінується з двох частин. Одна частина містить правильні розв'язки тільки в зоні граничного шару (рис. 2.2) та при віддаленні від нього, цей розв'язок не задовольняє ви[і]дним рівнянням. Друга частина розв'язку виявляється дійсною лише при віддаленні від границі повної області, що розглядається

та перестає задовольняти розв'язувальним рівнянням при наближенні до краю. Після побудови двох цих розв'язків їх не коректні зони видаляється й вони сполучаються так, щоб в зоні сполучення вони співпадали. В останні роки у зв'язку з розвитком методів обчислювальної математики стало можливим будувати глобальні розв'язки сингулярно збуреної задачі за один прийом, уникаючи розділення шуканої функції на граничний шар та зовнішній розв'язок.

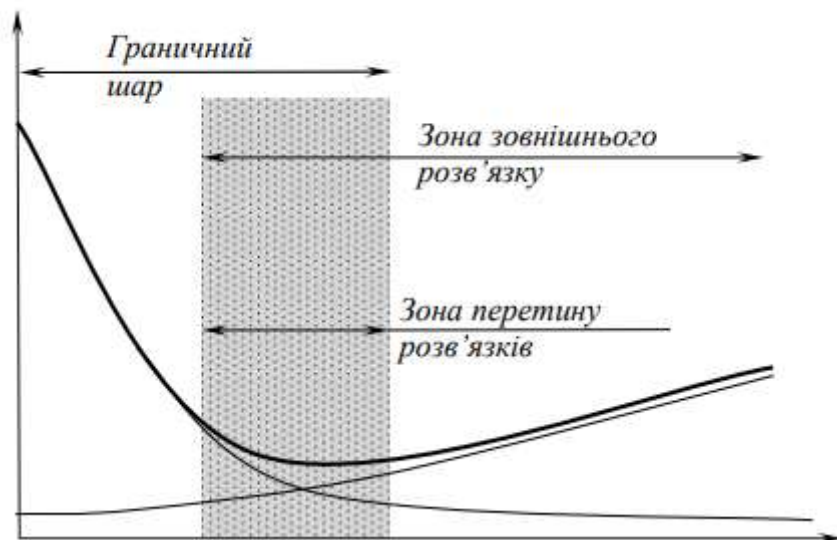


Рис.2.2. Схема сполучення шуканої функції сингулярно збуреної задачі на ділянці граничного шару та зовнішнього розв'язку [20]

Сингулярно збурені рівняння в термомеханіці шаруватих дорожніх покриттів. Сингулярний характер диференціальних рівнянь не обов'язково повинен бути пов'язаний з наявністю малого параметра ε при старшій похідній. Досить поширеними бувають випадки, коли сингулярність збурення диференціальних рівнянь є прихованою (неявною) і обумовлена великою довжиною L відрізка інтегрування рівнянь. Дійсно, для таких задач від рівняння :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = f(t, x, x'), \quad 0 \leq t \leq L, \quad L \gg 1 \quad (2.4)$$

за допомогою заміни

$$t = L\tau, \quad \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{L^2} \frac{d^2x}{d\tau^2} \quad (2.5)$$

можна перейти до рівняння

$$\frac{1}{L^2} \frac{d^2 x}{d\tau^2} = f(\tau, x, x'), \quad 0 \leq \tau \leq 1. \quad (2.6)$$

До таких типів рівнянь належить розглянута в даній роботі система диференціальних рівнянь пружного згину шаруватих дорожніх покриттів і теплопровідності. При цьому складність розв'язування цих рівнянь істотно перевершує складність сингулярно збурених рівнянь, відомих в науковій літературі. По-перше, це зумовлено тим, що в задачах дорожнього будівництва механіка пружного згину покриття (умовно, балки на пружній основі) описується рівняннями не другого, а четвертого порядку, і відрізок інтегрування L досягає великих значень. Тому параметр ε при старшій (четвертій) похідній при масштабуванні відрізка інтегрування L до одиниці набуває значення $\varepsilon=1/L^4$.

До теперішнього часу «малому множнику при старшій похідній» присвячена величезна кількість робіт багатьох авторів, які вивчали початкові і крайові задачі, властивості, поведінку, думки і оцінки різних типів розв'язків, різноманітні додатки, а також різні модифікації проблеми, її узагальнення та споріднені питання.

Несподівано ці задачі виникли і в проблемах дорожнього будівництва у зв'язку з необхідністю моделювання генерування в дорожніх покриттях функцій напружено-деформованого стану, сконцентрованих у вигляді сингулярностей в крайових зонах і в малих околах ділянок прикладання транспортних навантажень та високоградієнтних полів температури. Дійсно, явища, що протікають в дорожньому покритті, лежачому на ґрунтовому масиві та підданий дії локалізовано-вертикальному навантаженню від автомобільного колеса, можемо описувати моделлю пружної плити, що лежить на пружній основі. В свою чергу, для наочності, розглянемо випадок, коли навантаження локалізоване вздовж відрізка прямої. Тоді ця задача зводиться до плоского випадку рівноваги плоскої системи в площині, перпендикулярній відрізку розподілу навантаження і плита може бути замінена балкою на пружній основі. Її деформування описується рівнянням.

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + ky = q(x) \quad (0 \leq x \leq L), \quad (2.7)$$

де коефіцієнт k визначається пружними властивостями ґрунтового масиву, $q(x)$ –

інтенсивність розподіленого навантаження. Нехай, наприклад, ширина дороги $l = 10$ м, але нам зручніше розглянути деформування покриття в діапазоні від нуля до одиниці. Зробимо це, здійснивши перехід до нового масштабу незалежної змінної $X/x = 10$. Тоді

$$x = 10X, \quad \frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{d^4 y}{10^4 dX^4}$$

і рівняння (2.8) набуде вигляду

$$\frac{EI}{10^4} \frac{d^4 y}{dX^4} + ky = q(x), \quad (0 \leq x \leq 1). \quad (2.8)$$

Тут коефіцієнт перед старшою похідною став на чотири порядки меншим і вплив другого доданку став більш помітним. Однак першим доданком неможливо знехтувати, так як в цьому випадку рівняння (2.8) змінить свою структуру

$$ky = q(x) \quad (0 \leq x \leq 1) \quad (2.9)$$

і вже не буде диференціальним. Тому рівняння (2.8) є сингулярно збуреним, і оскільки рівняння (2.7) і (2.8) еквівалентні, то сингулярно збуреним є і рівняння (2.7) з розв'язками у вигляді сингулярностей та крайових ефектів. Причому ефект сингулярного збурення зростає зі збільшенням значення k . Звідси випливає, що сингулярно збуреною є і задача теорії пружності про деформування багат шарового покриття дороги і вона має розв'язок також у вигляді сингулярностей.

Складність задачі про теплове деформування дорожнього покриття ще більше посилюється в зв'язку з тим, що сингулярно збуреною також є задача про розподіл в його масиві полів температури. Для підтвердження цього судження розглянемо явище поширення тепла вглиб дорожнього масиву (вдovж координати x_3). Нехтуючи тепловими потоками в горизонтальному напрямі, запишемо рівняння нестационарної теплопровідності у вигляді

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.10)$$

де a – коефіцієнт теплопровідності. Будемо вважати, що в результаті теплового збурення дорожнього масиву добовими змінам температури $T(x_2, t)$ на вільній поверхні $x_2 = 0$ покриття при денному нагріванні та нічному охолодженні температури на поверхні $x_2 = 0$ можна вважати відомою, тобто $T(0, t)$ ($0 \leq t \leq 12$ год.).

Врахуємо, що коефіцієнти теплопровідності матеріалів шарів покриття маленькі, обрана для аналізу товщина багат шарового покриття (розрахункова глибина масиву) не мала і розрахункова протяжність зміни зовнішньої температури (12 годин) порівняно мала. Тоді роль доданку в лівій частині рівняння (2.10) (друга похідна по x_2) набагато менша ролі доданку в його правій частині (перша похідна по t) і рівняння (2.10) також є сингулярно збуреним. Зазначимо, що ця особливість рівнянь теплопровідності (рівнянь математичної фізики параболічного типу) широко відома в прикладній математиці і вона у повному обсязі відображена в науковій літературі [20, 21, 22]. В нашому випадку ця особливість проявляється в тому, що розв'язок задачі теплопровідності також має вигляд крайового ефекту, локалізованого в елементах покриття, прилеглих до його вільної поверхні. Також високоградієнтний розподіл температури $T(x_2, t)$ вглиб призводить до великих значень нормальних і дотичних напружень, що провокують розтріскуванням і розшаруванням верхніх шарів покриття. Вони підтверджені результатами комп'ютерного моделювання.

Висновки по розділу

Виходячи з аналізу методів та методик, які використовуються при дослідженнях за тематикою кваліфікаційної роботи, можна зробити наступні висновки:

- 1) Розглянуто метод експертних оцінок при аналізі сучасних технологій відновлення аеродромних покриттів.
- 2) Проаналізовано застосування методів статистичного аналізу при експлуатаційному утриманні аеродромів.
- 3) Розглянуто метод математичної формалізації процесів деструктуризації та відновлення аеродромних покриттів.

РОЗДІЛ III

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

3.1. Математичне моделювання процесів самовідновлення аеродромних покриттів

Міцність бетону порушується тріщинами, оскільки вони забезпечують легкий шлях для транспортування рідин і газів, які потенційно містять шкідливі речовини. Якщо мікротріщини ростуть і досягають арматури, то не лише бетон, але й метал буде піддаватися корозії. Тому важливо, щоб контроль за шириною розкриття тріщини та власне заліковування тріщини відбувалося якомога швидше, бо витрати, пов'язані з експлуатацією та ремонтом бетонних і залізобетонних конструкцій, як правило, високі. Самовідновлення тріщин у бетоні сприятиме тривалішому терміну експлуатації бетонних конструкцій і зробить матеріал не тільки довговічнішим, але й стійкішим до різноманітних негативних впливів.

Самовідновлюваний бетон є продуктом, який біологічно виробляє вапняк, щоб заліковувати тріщини, що з'являються на поверхні бетонних конструкцій. Окремі види бактерій роду *Bacillus*, поряд з кальцієм і поживними речовинами, відомими як лактат кальцію, азоту та фосфору, додають до інгредієнтів бетонної суміші у вигляді капсул [23]. Ці самовідновлюючі агенти можуть знаходитися у стані спокою всередині бетону протягом двохсот років. Однак, коли структура бетону порушується і вода починає просочуватися крізь щілини, які з'являються в бетоні, спори бактерій проростають при контакті з водою і поживними речовинами та збільшуються у кількості. Активізувавшись, бактерії починають харчуватися лактатом кальцію, при цьому вони з'єднують між собою кальцій і карбонат-іони, утворюючи кальцит або вапняк, який закриває тріщини [24]. Під час тверднення вапняку відбувається герметизація тріщин.

Споживання кисню під час бактеріального перетворення лактату кальцію у вапняк має додаткову перевагу. Кисень є найважливішим елементом у процесі корозії

сталі. Під час бактеріальної активності спори споживають весь кисень, тим самим зводячи ймовірність зменшення міцності сталі залізобетонних конструкцій до мінімуму.

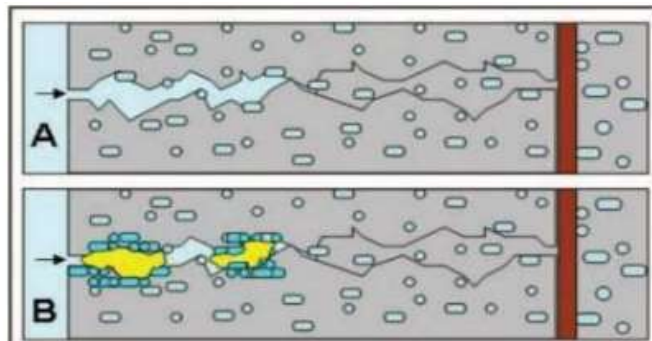


Рис. 3.1. Схема відновлювального процесу біобетону: А – вода надходить зліва в мікротріщини, активізуючи капсули бактеріальних спор; В – активні бактерії герметизують тріщини виробленим вапняком, захищаючи сталеву арматуру (коричнева смуга) від корозії

Дві частини агентів самовідновлення (бактеріальні спори та лактат на основі поживних речовин, кальцій) вводять у бетон у вигляді окремих гранул керамзиту, шириною 2-4 мм, які забезпечують неактивність агентів під час перемішування бетонної суміші (рис. 3.2). Тільки тоді, коли тріщина відкриває гранулу, відбувається реакція між водою і всіма компонентами капсули [25].



Рис. 3.2. Біобетон, що показує обсяг керамзито-лікувального засобу (50%). Бактеріальні спори та продукти живлення (темні частки) зберігаються від іммобілізації в окремих упаковках

Тестування показало, що, коли вода просочується у бетон, бактерії проростають і розмножуються швидко. У лабораторних умовах вони перетворюють поживні речовини на вапняк протягом семи днів, за нижчих температур, процес займає декілька тижнів (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Процес герметизації тріщини

Важливо конкретизувати термін «матеріал, що самовідновлюється». Як правило, кінетика зміни структурно-чутливого параметра F матеріалу описується диференціальним рівнянням [26]:

$$\frac{dF}{dt} = -k_t F^n, \quad (3.1)$$

а його рішення має вигляд:

$$\frac{F(t)}{F(0)} = \sqrt[1-n]{1 - k_t \frac{1-n}{F(0)^{1-n}} t}, \quad (3.2)$$

де $F(0)$ – значення структурно-чутливого параметра у початковий період часу; n , k_t – енергетична та кінетична константи; t – час.

Кінетика зміни значення структурно-чутливого параметра для звичайного матеріалу і матеріалу, що самовідновлюється, представлена на рис. 3.4.

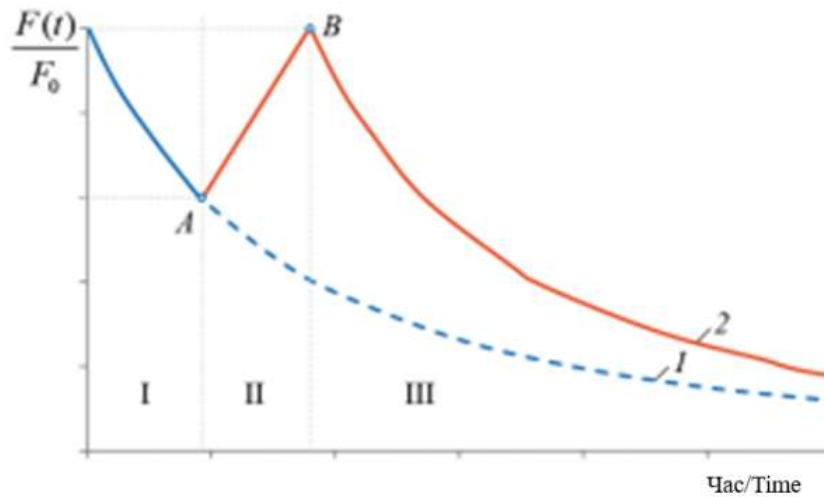


Рис. 3.4. Схема кінетики зміни структурно-чутливого параметра: 1 – звичайного матеріалу; 2 – матеріалу, що самовідновлюється

Для звичайного матеріалу зміна структурно-чутливого параметра протягом експлуатації описується відповідно до формули (3.2), для якої енергетична та кінетична константи n_1 та k_{t1} характеризують інтенсивність процесу деструкції. Опис для матеріалу, що самовідновлюється, відрізняється наявністю трьох стадій зміни структурно-чутливого параметра. На стадії I зміна структурно-чутливого параметра $F(t)_1 / F(0)$ також можна описати за допомогою залежності (3.2). Однак у момент настання мінімального допустимого значення структурно-чутливого параметра відповідно до якого проектується склад матеріалу, настає II стадія самовідновлення матеріалу. Враховуючи, що швидкість протікання цього процесу має бути мінімальною, його опис може бути виконано за допомогою лінійної залежності $F(t)_2 / F(0) = a(t - t_c) + F(t)_1 / F(0)$, де a – швидкість процесу самовідновлення; t_c – час, при якому досягається критичне значення $F(t_c)$ і виникає необхідність реалізації заходів щодо відновлення матеріалів. Момент часу t_c є оптимальним для початку процесу самовідновлення, ефективність якого визначається коефіцієнтом $a > 0$. Після завершення етапу самовідновлення зміна структурно-чутливого параметра на стадії III також описується рівнянням (3.2), для якого ефективність самовідновлення забезпечуватиметься при значеннях енергетичної та кінетичної констант $n_2 \leq n_1$ та $k_{t2} \leq k_{t1}$. Аналіз рівнянь показує, що швидкість досягнення критичного стану матеріалу,

характеризується його функціональною відмовою та необхідністю усунення дефектів, зростає зі збільшенням енергетичної та кінетичної констант.

При цьому довговічність матеріалів забезпечується при n та $k_t \rightarrow 0$.

У зв'язку з цим «відновлюваний» матеріал — це матеріал, здатний ініціювати процес ліквідації структурних дефектів, швидкість перебігу якого перевищує швидкість їх мимовільного зростання, а стійкість до експлуатаційних умов сформованої структури не менше початкової. Таким чином, розробка рішень, що дозволяють реалізувати зазначений принцип, який дасть можливість збільшити термін експлуатації матеріалів, є актуальним завданням досліджень у галузі матеріалознавства, у тому числі у напрямку дорожнього будівництва.

У будівельному матеріалознавстві технології, що передбачають самовідновлення, застосовуються як у полімерних матеріалах, так і бетони на основі гідравлічних або органічних в'язучих. Закономірно, що для різних типів будівельних матеріалів механізм самовідновлення різний [27-31]. При цьому як традиційні цементні бетони, так і полімербетон, і асфальтобетони можуть мати власний потенціал до самовідновлення.

Традиційно у складі бетону цемент займає від 10 до 30% обсягу, з яких 20–30% залишається негідратованим. Кількість цементу в об'ємі бетону, який не вступив у реакцію, залежить від ступеня дисперсності цементу та водо-цементного співвідношення. У процесі експлуатації конструкцій з такого бетону в умовах природного тріщиноутворення всередину матеріалу може проникати вода, яка, впливаючи на зерна цементу, буде сприяти гідратації, продукти її реакції, заповнюючи тріщини, забезпечать ефект самовідновлення структури [32].

Найбільшого поширення серед рішень, спрямованих на самовідновлення, набули розробки з використанням алкаліфільних ендоспороутворюючих бактерій [33-39], які запускають процес біомінералізації бетону з наступним осадженням кальциту [40]. Для забезпечення відновлювального процесу використовуються бактерії роду *Bacillus*, які у складі бетону присутні спільно з кальцієвою сіллю молочної кислоти (лактатом кальцію) та поживними добавками [41-43]. Бактерії розпочинають свою життєдіяльність після взаємодії з водою, витрачають кисень,

харчуючись лактатом кальцію, який згодом перетворюється на карбонат кальцію. Таким чином, розчинний лактат кальцію перетворюється на нерозчинний кальцит, який в результаті сприяє купуванню тріщин і пір усередині матеріалу, перешкоджаючи проникненню вологи та підвищуючи морозостійкість [44]. При цьому витрачання кисню бактеріями додатково сприяє підвищенню корозійної стійкості армуючих елементів [45]. Для запобігання передчасній активації процесу життєдіяльності застосовуються бактеріальні носії, які концентрують у собі суперечки та запобігають їх контакту з водою замішування цементу в процесі приготування бетонної суміші.

Як носій бактерій використовується керамзитовий наповнювач, який насичується разом з поживним розчином середовища і додається до складу бетонної суміші як заповнювач. Однак невисока міцність використовуваного заповнювача призводить до зниження межі міцності при стисканні бетону до 50%.

Альтернативним способом інкапсулювання спір бактерій та поживних речовин є гідрогель, що має здатність поглинати та утримувати вологу [46]. Представлений метод інкапсулювання дозволив за рахунок усунення карбонатом кальцію тріщин шириною до 0,5 мм знизити водопроникність на 68%. Найбільшого поширення серед способів інкапсулювання відновлювальних агентів отримали різного виду капсули, виготовлення яких здійснюється на основі полімерних сполук, що формуються при затвердінні капсули [47-52]. Основна проблема застосування капсул з відновлюючим агентом – зниження фізико-механічних властивостей бетону. Крім того, з урахуванням великої кількості різних методик синтезу інкапсульованих модифікаторів для самовідновлення, зараз немає достатньо даних, що підтверджують поліпшення фізико-механічних властивостей після відновлення.

3.2. Результати експериментальних досліджень щодо використання нових самовідновлюючих матеріалів

Реалізація технології самовідновлення в асфальтобетоні пов'язана з його структурними особливостями та термопластичними властивостями. Враховуючи

особливості властивостей бітуму, збільшення міцнісних характеристик асфальтобетону, встановлених нормативними документами, не забезпечує його довговічність в експлуатаційних умовах [53-55]. При цьому підвищення межі міцності асфальтобетону при високих температурах закономірно призводить до збільшення межі міцності при негативних температурах, що негативно відбивається з його крихкості.

Тому забезпечення балансу між максимальною міцністю при позитивних температурах з мінімальною крихкістю буде одним з умов забезпечення довговічності. Довговічність, що представляється максимальним можливим терміном експлуатації асфальтобетонного покриття, у період якого зберігається його експлуатаційна придатність та не здійснюються його ремонт або відновлення, досягається за рахунок незмінності або сталості стану структури матеріалу, який протягом часу забезпечує здатність рівною мірою реагувати на зовнішні фактори, що впливають, без утворення дефектів. При цьому в процесі експлуатації дорожнього покриття під впливом погодно-кліматичних факторів та навантаження автомобільного транспорту в асфальтобетоні відбуваються незворотні процеси, що призводять до утворення дефектів та порушення суцільності структури. Довговічність асфальтобетону обернено пропорційна швидкості протікання деструктивних процесів та його інтенсивності. Таким чином, для збільшення термінів служби асфальтобетонного покриття необхідний пошук науково обґрунтованих рішень, що дозволяють у період експлуатації забезпечити тривалість стану структури асфальтобетону без дефектів за рахунок надання йому унікальних властивостей, що дають можливість самостійно відновлювати цілісність композиту та його здатність чинити опір зовнішнім факторам, що впливають. Традиційним рішенням, що забезпечує продовження терміну служби асфальтобетонного покриття, є застосування різноманітних просочень, які використовуються на етапі експлуатації з метою запобігання розвитку первинних дефектів [56-60]. Просочують склади після обробки поверхні асфальтобетонного покриття дифундують всередину матеріалу, відновлюючи молекулярний склад бітумного в'язучого, що призводить до зниження жорсткості [61, 62].

Основним компонентом таких просочувальних складів, омолоджувачів (rejuvenator), виступають низькомолекулярні органічні сполуки, які, розчиняючись у бітумі, компенсують втрати мальтенових фракцій при старінні в процесі експлуатації [63-70]. Однак, залежно від реологічних властивостей, що омолоджують склад, їх проникає здатність в об'єм асфальтобетонного покриття не перевищує 20 мм [71], внаслідок чого ефект відновлення поширюється лише на приповерхневі шари покриття. Необхідність зупинки дорожнього руху також є недоліком технології відновлення стану асфальтобетонного покриття за допомогою просочувальних складів, що омолоджують. Використання функціональних контейнерів, відновлюють склади або модифікатори, у вигляді капсул або порожнистих волокон, дозволяє позбутися зазначених недоліків. Реалізація такого рішення дає можливість асфальтобетону в процесі експлуатації самостійно реагувати на зміну структури з відновлення функціонального стану, що дозволяє відносити цей матеріал до категорії «розумних» із здатністю самовідновлення. Варто зазначити, що бітум як компонент у складі асфальтобетону має власний потенціал до самовідновлення, який залежить як від фізичних, і хімічних властивостей [72]. Самовідновлення в'язучого в асфальтобетоні проявляється в період відсутності динамічного впливу, спрямованого на відновлення втомних ушкоджень у матеріалі. Ступінь відновлення у цьому випадку визначатиметься часом відпочинку від повторних навантажень [72-74]. Результатом процесу самозалікування служить відновлення цілісності структури фізико-хімічних зв'язків по засобах: змочування поверхонь тріщин, дифузії молекул між поверхнями та довільного розсіювання молекул, забезпечує зміцнення [75, 76]. У бітумі самозалікування може відбуватися на молекулярному рівні за рахунок оборотних водневих зв'язків (reversible hydrogen bonding) з утворенням нових зшивок та ланцюгів [76–78] через дитопічні та тритопічні молекули [78]. Інтенсивність процесу відновлення в бітумі буде залежити від температурних умов, в яких він перебуватиме у період відпочинку від повторних навантажень. Чим вище температура бітуму, тим процес відновлення протікає інтенсивніше. Ця особливість бітуму використовується при переробці асфальтобетону (recycling). Власний потенціал самовідновлення бітуму використовується при реалізації технології

індукційного відновлення асфальтобетонного покриття, яка була розроблена в Делфтському технологічному університеті (Delft University of Technology) [79].

Також можна використовувати такий варіант. До складу асфальтобетону вводиться 5–7 % металевої фібри, яка піддається покриттю дії височастотного змінного електромагнітного поля за допомогою спеціальної індукційної установки та нагрівається. В процесі нагрівання металевих волокон бітум навколо них розплавляється вище за температуру розм'якшення, і відбувається відновлення, дефекти у в'язучому ліквідуються [80,81, 82]. При цьому повторювати процес «заліковування» припустимо мінімум п'ять раз з рівним ступенем відновлення (рис. 3.5). Недоліком такої технології є температурний градієнт за асфальтобетонною товщиною. покриття, що виникає при індукційному нагрівання (рис. 3.6).

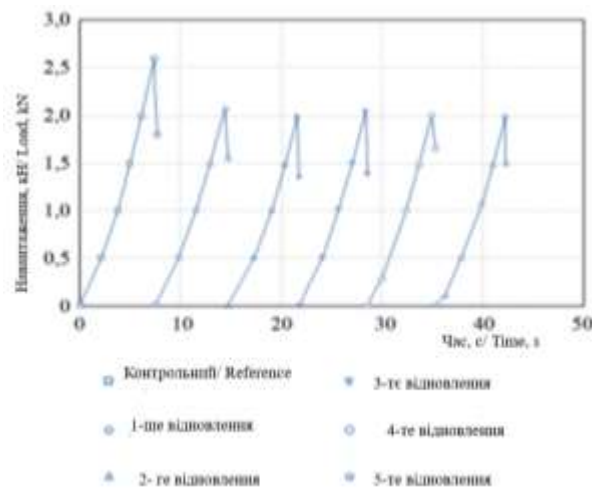


Рис.3.5. Кінетика зміни максимального навантаження

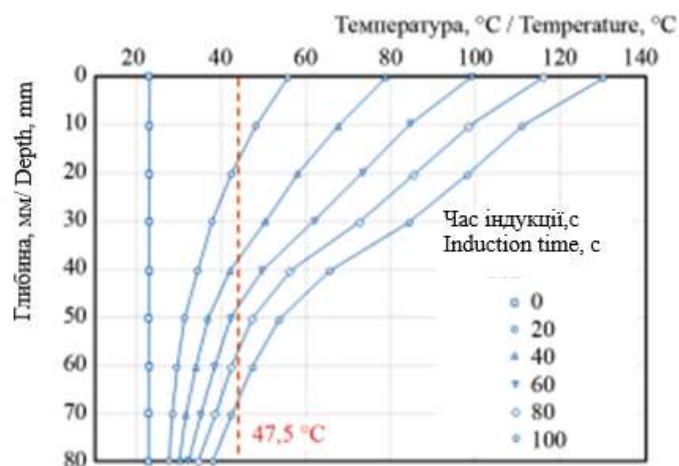


Рис.3.6. Залежність вертикального розподілу температури тривалості індукційного нагріву

Так, зі збільшенням часу індукційного впливу потужністю 8,3 кВт та частотою 123 кГц на зразок різниця температури на поверхні і в обсязі на глибині 80 мм може досягати більше 90 °С. При цьому на максимальній відстані від джерела індукційного впливу температура матеріалу, оптимальна для відновлення, прийнята рівною температурою розм'якшення бітуму 47,5°С, не досягається навіть за максимальної тривалості впливу [83]. Таким чином, використання індукційного нагріву для відновлення на всю товщину асфальтобетонного покриття зараз не є реалізованим. Необхідність розробки спеціального індукційного обладнання підвищує вартість виробничого впровадження технології. Рівномірність процесу самовідновлення обсягом матеріалу може бути досягнута за допомогою технології інкапсулювання функціональних агентів та введення їх до складу спільно з іншими компонентами на стадії приготування асфальтобетонної суміші.

Однак застосування рішень використання інкапсульованих модифікаторів або бактерій в асфальтобетоні пов'язане із рядом технологічних особливостей приготування асфальтобетонної суміші. До капсул, що містять відновлюючий агент, також пред'являються вимоги щодо термостійкості та міцності шкаралуп, необхідних для збереження цілісності на етапі ущільнення асфальтобетонної суміші, а використання карбонат виробляючих бактерій, як модифікатора, неможливо, тому що вони не виживуть при температурі приготування асфальтобетонної суміші від 140 до 185 °С. Для виробництва мікрокапсул для асфальтобетону, що містять відновлюючий агент, існують різні технології, які відрізняються застосовуваними вихідними компонентами, складністю технологічного процесу та властивостями продукту.

Популярності в застосуванні набуває технологія двостадійної концервації для виготовлення мікрокапсул на основі форполімеру метанол-меламін-формальдегіду, модифікованого метанолом, а також виготовлення оболонки капсул для емульгованого відновлюючого агента у воді з целюлози та полімеру. Технологія використання меламін-формальдегіду при виробництві капсул з омолоджуючим агентом є небезпечним з точки зору екології [84].

Також запропоновано тристадійний спосіб одержання мікрокапсул, в якому на

першому етапі стирол-малеїновий ангідрид протягом 2-х годин перемішується з водою, нагрітою до 50 °С, а потім отриманий розчин після доведення рН до 10 з допомогою NaOH вводиться відновлюючий агент. На другому етапі отриману емульсію додають метанол-меламін-формальдегід і, перемішуючи із заданою інтенсивністю, нагрівають до 80 °С зі швидкістю 2 °С за хвилину. На заключному етапі для полімеризації оболонки емульсія витримується 2 години при 80 °С, після чого отримані капсули фільтрують і сушать у вакуумній печі.

Було отримано найбільш технологічно нескладний спосіб отримання мікрокапсул. При постійній швидкості перемішування у воду послідовно додаються альгінат натрію та відновлюючий агент. За допомогою краплинної лійки отримана суспензія ділиться на окремі капсули через розчин хлориду кальцію. Після фільтрації капсули сушаться за температури 40 °С. Для виготовлення кальцій-альгінатних капсул використовувався альгінат натрію (C₁₀H₇O₆Na), що являє собою натрієву сіль альгінової кислоти, екстраговані з бурих водоростей. З метою виключення впливу особливостей відновлюючого агента на технологічні особливості інкапсуляції як відновник застосовувалася традиційна олія. Альгінат натрію додавався у воду в різних пропорціях і перемішувався протягом 2-х хвилин за допомогою верхньопривідної мішалки зі швидкістю обертання приводу не менше 2000 об/хв [85]. В отриману суспензію додавали відновлюючий агент і перемішували протягом 2 хвилин. Отримана емульсія ділилась на капсули через краплинну вирву з вихідним отвором 0,71 см. Розподіл здійснювався у водний розчин хлориду кальцію, приготовлений заздалегідь у пропорціях CaCl₂ /H₂O = 1/50. Після фільтрування та промивки отримані капсули піддавалися сушінню в сухожаровій шафі при температурі 40 °С протягом 12 годин. Альгінат натрію відрізняється невисокою змочуваністю водою, пов'язаною зі схильністю окремих частинок порошку альгінату до інтенсивної агрегації у воді з утворенням агломератів.

Ефективне приготування суспензії із застосуванням альгінату досягається примусовим високошвидкісним перемішуванням, що забезпечує руйнування агломератів. При інтенсивному перемішуванні, взаємодіючи з водою, альгінат натрію утворює колоїдний розчин. На наступній стадії приготування капсул суспензія

альгілату натрію по краплях додається. у розчин хлориду кальцію, де відбувається процес гелеутворення альгілату, який можливий при рН нижче 4. Механізм утворення альгілатних гелів включає спільне зв'язування іонів кальцію між розташованими в одну лінію стрічками макромолекул, які мають пори чи порожнини розміром 0,19-0,20 нм, що відповідають діаметру іона Ca^{+2} [86]. Інтенсивне гелеутворення відбувається при заповненні пор іонами кальцію, забезпечуючи поперечне зшивання макромолекул через заміщені катіони натрію Na^+ . Після промивання дистильованою водою відокремлені краплі альгілатного гелю з емульгованим відновлюючим агентом піддаються сушінню. В процесі висушування відбувається випаровування надлишку вологи з гелю зі зменшенням обсягу, що провокує руйнування емульсії усередині окремої частини альгілатного гелю з подальшим утворенням кальцій-альгілатної капсули, що містить відновлюючий агент. Авторами всіх розглянутих робіт як відновлюючого агента застосовуються омолоджувачі у вигляді органічних масел різної молекулярної маси. Проте механізм дії такого відновлюючого агента в асфальтобетоні зводиться лише до розчинення в ньому старих у процесі експлуатації компонентів бітуму та локального зниження крихкості. Результатом процесу самозалікування є відновлення цілісності структури фізикохімічних зв'язків у композиті за допомогою змочування поверхонь тріщин, дифузії молекул між поверхнями та довільного розсіювання молекул, що забезпечує зміцнення [87]. У бітумі самозалікування відбувається на молекулярному рівні за рахунок оборотних водневих зв'язків з утворенням нових зшивок та ланцюгів [88, 89] через дитопічні та тритопічні молекули [90]. У випадку з омолоджувачами на основі олії, зазначені процеси не протікають, тому ефекту зрошування молекул бітуму немає. Відбувається лише часткове розведення компонентів бітуму в омолоджувачі, що сприяє зниженню потенціалу розвитку тріщини.

Результат технологій інкапсулювання – отримання контейнерів, що містять відновлюючий агент, які відрізняються як вихідними компонентами, і властивостями одержуваних капсул. Отримані різними методами капсули можуть мати розміри від 10 мкм до 3 мм, в яких як інкапсульований відновлюючий агент використовуються переважно рослинні олії соняшнику [91, 92, 93-101]. Альтернативний варіант

відновлювального агента – промисловий відновник (rejuvenator), що представляє суміш низькомолекулярних сполук та масел [93, 96]. Як правило, капсули мають кулясту або еліпсоїдну форму, що полегшує їх використання у процес змішування з іншими компонентами асфальтобетонної суміші. Технологія, в якій носіями відновлювального агента є волокна фібри, має суттєвий недолік: передчасним руйнуванням у процесі змішування та в процесі експлуатації. Найбільший вміст відновлювального агента в капсулах досягається в оболонках з альгінату кальцію, що пояснюється простотою технології приготування і широким діапазоном дозувань компонентів, що варіюються. Капсули, що одержуються за допомогою різних технологій, відрізняються як розмірами, так і фізико-механічними властивостями, які повинні задовольняти вимоги щодо міцності, що забезпечує їх цілісність під час приготування асфальтобетонної суміші та її ущільнення. Якість технології самовідновлення складається з технологічних властивостей капсул та відновлювальних властивостей інкапсульованого агента. На даний момент не існує єдиної методології контролю здатності матеріалу до самовідновлення. Це зумовлено відсутністю критеріїв, що характеризують здатність матеріалу контрольованим чином самостійно реагувати на умови та вживати заходів щодо ліквідації несприятливого ефекту для властивостей або структури матеріалу.

Запропоновані критерії якості, що відбивають ефективність матеріалу із самовідновлюючою здатністю: ступінь відновлення стану структури; швидкість відновлення стану структури; довговічність відновленої структури та своєчасність ініціювання відновлювального процесу. Однак для вибору показників властивостей, які характеризували б кожен із критеріїв якості, необхідно проведення більшої кількості емпіричних досліджень. Цей коефіцієнт може бути віднесено до категорії показників, які відтворюють критерій ступеня відновлення станів структури, що є недостатнім для об'єктивну оцінку технологічних рішень. При цьому т як показник для оцінки самовідновлювального ефекту матеріалу використовуються значення втомної довговічності, яка більшою мірою відображає динамічну схему навантаження у дорожній конструкції. В інших випадках визначаються показники властивостей, що характеризують експлуатаційний стан матеріалу у момент відмови,

коли дефектність структури є граничною, структура зруйнована. Однак у дорожній конструкції ініціювання процесу самовідновлення в матеріалі повинно відбуватися на стадії, що передують руйнуванню структури. Відсутність єдиної системи оцінки не дозволяє об'єктивно порівнювати ефективність різних технологічних рішень щодо виробництва мікрокапсул з відновлюючим агентом, а також проводити оцінку впливу керуючих рецептурно-технологічних факторів на процес самовідновлення та її результат.

Таким чином, в перспективі необхідно удосконалити не тільки технологічні аспекти, що дозволяють одержувати капсули з максимальним вмістом відновлювального агента, а також розробляти методики оцінки ефективності розроблених рішень, що відображають ступінь зміни дефектності структури та швидкість її зміни під час відновлення, та кінетику утворення дефектів у структурі після процесу самозалікування. Варто відмітити що встановлення кількісного показника, що відображає рівень дефектності, за якого ініціювання самовідновлення дозволяє досягти максимальної ефективності, є однією із ключових завдань у галузі технології самовідновлення.

3.3. Технологія процесу відновлення аеродромних покриттів

Реалізація технології самовідновлення асфальтобетону можлива за рахунок використання різного роду інкапсульованих модифікаторів, які можуть сприяти відновленню завдяки інтенсифікації власного потенціалу в'язучого до відновлення шляхом омолоджувального впливу або за рахунок створення нових адгезійних зв'язків у процесі перетворення відновлюючого агента. Процес формування нових адгезійних зв'язків можна розділити на два етапи: транспортний та структуроутворюючий. На першому етапі відбувається переміщення аналізованого модифікатора, що виступає як адгезія, дифузія всередину матриці, яка є субстратом, та орієнтація молекул у визначеному порядку у граничному шарі.

На другому етапі під дією хімічних або сил Ван-дер-Ваальса відбувається взаємодія адгезиву та субстрату. При цьому відстані між молекулами, що не

перевищує 0,5 нм, діють ковалентні зв'язки, на відстані від 1 до 100 нм проявляється дія сили іонних зв'язків та сил Ван-дер-Ваальса [102].

Мікрокапсулювання – це процес включення твердих частинок мікронного розміру, краплі рідин або газів в інертній оболонці, яка, у свою чергу, ізолює та захищає їх від зовнішньої середовища. Інертність пов'язана з реакційною здатністю оболонки та матеріалу ядра. Кінцевий продукт мікрокапсулювання – це мікрокапсули. Вони складаються з двох частин: ядра та оболонки. Вони можуть мати сферичну або неправильну форму і можуть відрізнятися за розміру від нано-до мікромасштабу.

Залікувальні агенти або каталізатори, що містять мікрокапсули використовуються для отримання самовідновлюваних полімерних композиційних матеріалів. Рання література передбачає використання мікрокапсульованих агентів у полієфірній матриці для досягнення ефект самовідновлення. Але ефект самовідновлення не був досягнутий. На початку ХХІ були представлені перші самовідновлювальні матеріали [103]. Самовідновлення було досягнуто шляхом вбудовування інкапсульованих агентів у полімерну матрицю, що містить дисперсні каталізатори. Використовуваний спосіб самовідновлення показаний у рис. 3.7 [103].

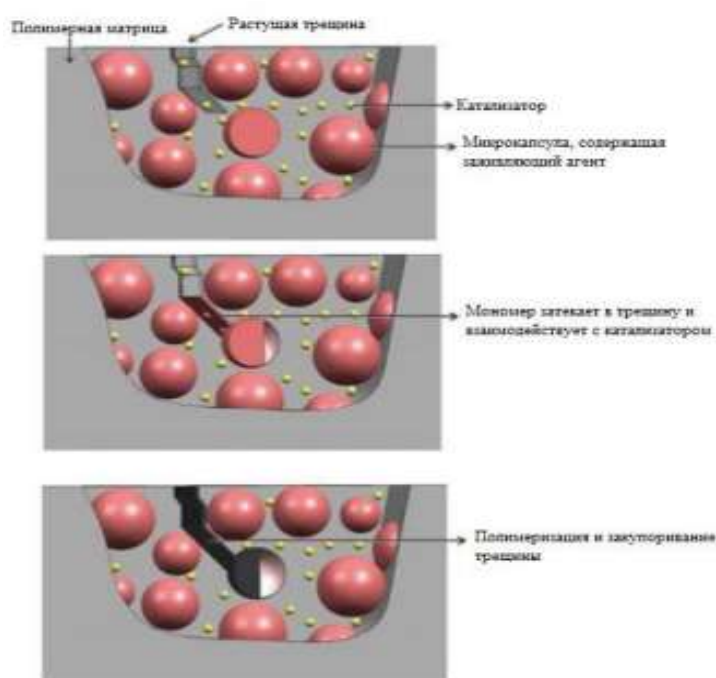


Рис 3.7. Схематичне представлення концепції самовідновлення з використанням вбудованих мікрокапсул

Подібна схема дозволяє реалізувати різні варіанти будови капсульованого композитного матеріалу [104-105]:

- капсули з рідкою (в'язкою) «залікувальною» речовиною без каталізатора обсягом матриці; коли «заліковує» речовина взаємодіє безпосередньо з матеріалом матриці або б) зовнішніми факторами довкілля, наприклад, атмосферою, де використовується композит (рис. 3.8, а);
- капсули з рідкою (в'язкою) «залікувальною» речовиною двох типів, які тверднуть при змішуванні без додаткового каталізатора в тілі матриці (рис. 3.8, б);
- капсули з рідкою (в'язкою) «залікувальною» речовиною та розподіленим за обсягом каталізатором, який при контакті з «заліковує» речовиною викликає його затвердіння (рис. 3.8, в);

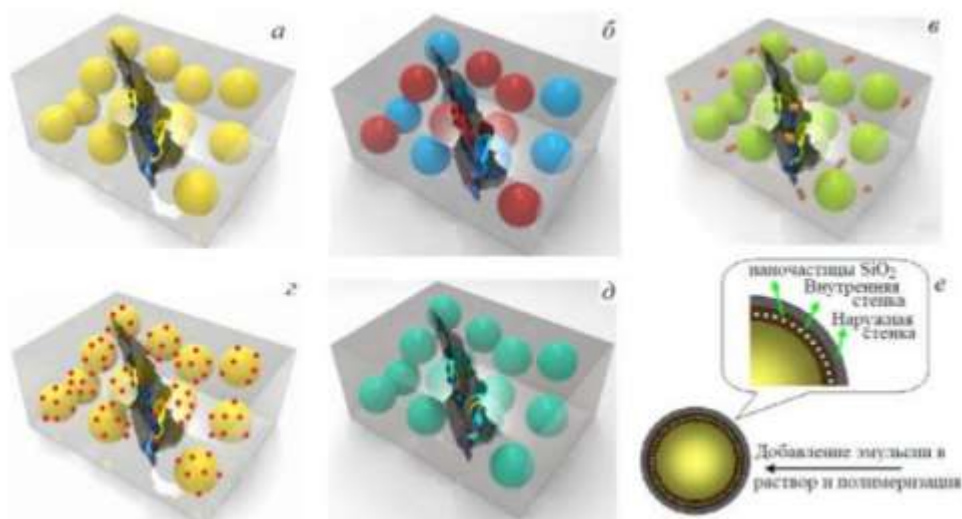


Рис.3.8. Схематичне зображення варіантів «самозаліковується» капсульного композитного матеріалу (а-д), схематичне зображення багат шарової капсули з «заліковує» речовиною (е)

- каталізатор, що викликає затвердіння «заліковує» речовини, що розташовується на зовнішній стороні оболонки капсули; при порушенні оболонки «заліковує» речовину відразу взаємодіє з каталізатором (рис. 3.8, г);
- багат шарові капсули з «заліковує» речовиною в захисній оболонці, в якій знаходяться також шари затверджувача, каталізатора та ін (рис. 3.8, д, е).

При виконанні аналізу дослідження, стало зрозуміло, що слід використовувати дициклопентадієн (ДЦПД) в як рідкий загоювальний агент і каталізатор Граббса [біс(трициклогексилфосфін) бензиліден рутеній (IV) дихлорид] як внутрішнього хімічного ініціатора, які диспергували в епоксидній матриці. Мономер є відносно менш дорогим і має високу довговічність та низьку в'язкість. Коли ДЦПД вступає в контакт із каталізатором Граббса, диспергованим в епоксидній смолі, починається полімеризація та утворюється сильно зшитий жорсткий полімер, який герметизує тріщину (рис. 3.9). Низька в'язкість мономера допомагає йому текти в площину тріщини.

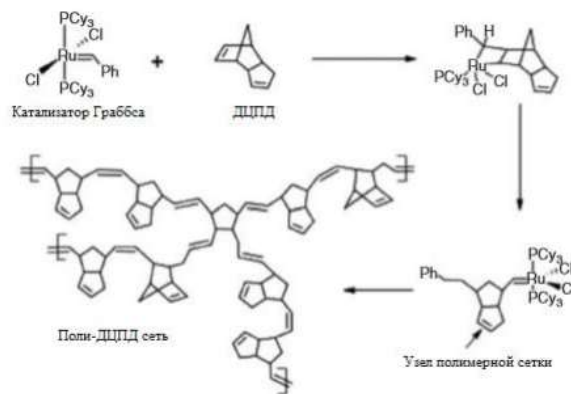


Рис.3.9. Полімеризація ДЦПД

Висновки по розділу

Виходячи з аналізу результатів досліджень за тематикою кваліфікаційної роботи, можна зробити наступні висновки:

- 1) Виконано математичне моделювання процесів самовідновлення аеродромних покриттів. Представлено схему відновлювального процесу під дією навколишнього середовища. Проведено розрахунок зміни структурно-чутливого параметру для звичайного матеріалу та матеріалу, що відновлюється. Наведено рішення, які спрямовані на самовідновлення аеродромних покриттів при різних методиках.
- 2) Проаналізовано результати експериментальних досліджень щодо використання самовідновлюючих матеріалів. Наведена технологія самовідновлення, проаналізовано основні властивості самовідновлюючих

матеріалів, визначено рішення проблеми продовження терміну служби бетонних аеродромних покриттів. Рекомендовано розглянутий метод самовідновлення для впровадження в експлуатацію аеродромів, а також процес отримання капсул та їх складу.

3) Визначено технологію процесу відновлення та засоби процесу відновлення аеродромних покриттів, наведено процес отримання самовідновлюючих капсул, реагентів, які виступають як основний елемент у відновленні аеродромних покриттів.

РОЗДІЛ IV

ОХОРОНА ПРАЦІ

Суб'єктом праці є людина, яка за допомогою відповідних інструментів діє на предмет праці в навколишньому середовищі. Відповідно до законів фізики ці дії людини спричинені відповідними протидіями предмету праці та знаряддям праці у конкретних умовах навколишнього виробничого середовища. Очевидно, що процес праці слід розглядати не лише як однобічну дію людини на решту складових праці, а як їх складну взаємодію. В результаті цього процесу на людину можуть діяти різні виробничі фактори (ШНВФ) : фізичні, механічні, хімічні, біологічні, електричні, електромагнітні, психофізіологічні та ін.

Ступінь впливу та наслідки дії ШНВФ на працівників залежать від часу впливу, експозиції.

Пошкодження може статися відразу після дії або через певний час після неї (наприклад, після радіоактивного впливу). Відповідно до ДСТУ 2293:2012 серед різних виробничих факторів виділяють небезпечний (виробничий) фактор, вплив якого на працівника за певних умов призводить до травм, гострих отруєнь чи інших раптових погіршень стану здоров'я або смерті, а також шкідливий (продуктивний) фактор, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності та / або негативного впливу на здоров'я нащадків.

4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів при відновленні аеродромних покриттів

Робоче місце виконання робіт по відновленню аеродромних покриттів знаходиться на відкритому просторі.

При виконанні робіт слід вжити запобіжні заходи задля забезпечення комфортних умов праці, а саме захист від підвищених та низьких температур повітря, дотримання правил пересування на аеродромі та інше.

4.1.1. Аналіз параметрів мікроклімату

Мікроклімат середовища суттєво впливає на стан організму людини, її працездатність протягом робочого дня. Показники температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання нагрітих поверхонь характеризують клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення. В процесі трудової діяльності людина постійно перебуває у тепловій взаємодії з виробничим середовищем.

Параметри мікроклімату виробничих приміщень нормуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [106].

Робітник виконує роботи на відкритому повітрі і знаходиться в зоні постійного впливу мінливих параметрів температури, вологості та швидкості руху повітря.

4.1.2. Аналіз природного та штучного освітлення

Можливість людини орієнтуватися у просторі, здійснювати фізіологічні функції, виконувати різні види робіт залежить від виду і якості освітлення навколишнього середовища.

До освітлення ставляться певні гігієнічні вимоги. Освітлення повинно бути рівномірним і достатнім для швидкого й легкого розрізнення об'єктів, забезпечувати деяку контрастність між об'єктом і фоном. Джерело світла не повинно засліплювати людину і створювати бліків на об'єкті, що розглядається.

Раціональне освітлення робочих місць і приміщень створює у працівників певний психологічний тонус, попереджає зорову і загальну втому, сприяє високопродуктивній праці. Недостатня освітленість робочих місць може бути непрямою причиною нещасних випадків на виробництві.

Освітлення буває природне, штучне і суміщене (одночасно використовується природне і штучне світло).

4.1.3. Аналіз шуму та вібрації

Виробничий шум – це сукупність різних за гучністю і тоном звуків, які виникають у повітряному середовищі. Розрізняють шуми:

- механічний (під час роботи конвеєра, виконання завантажувально-розвантажувальних робіт);
- електромагнітний (під час роботи електромагнітних пристроїв змінного струму);
- аеродинамічний (у разі витоку газів, руху повітря у вентиляційних камерах);
- гідродинамічний (під час руху води і різноманітних рідин);
- повітряний (розповсюджується в повітряному середовищі);
- структурний (внаслідок коливання конструкцій стін, перекриттів, перегородок будівлі).

Під дією шуму можливе зниження у працівників слуху аж до повної його втрати, а також виникнення шумової хвороби, яка проявляється в загальному захворюванні всього організму. Шум нерідко є непрямою причиною виробничого травматизму.

При роботі на аеродромі існує безліч джерел шуму та вібрації, які якимось чином впливають на персонал. Такими джерелами виступає аеродромно-ремонтна техніка, прилади для ручної праці (перфоратори, відбійні молотки та інше).

Для вимірювання постійного шуму і оцінки впливу його на людину використовується як показник рівень звукового тиску, який вимірюється в логарифмічних одиницях – децибелах (дБ). Згідно ГОСТ 12.1.003-83 «ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», норми рівня звукового тиску встановлюються для восьми октанових смуг із середньгеометричними значеннями частот (Гц): 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000.

Так, на постійних робочих місцях і в робочих зонах виробничих приміщень, на території підприємств для граничних значень середньгеометричних частот від 31,5 до 8000 Гц встановлені норми рівня звукового тиску відповідно 104 і 74 дБ.

Нормування непостійного шуму, а також орієнтовна оцінка загального рівня

постійного шуму здійснюється скоректованим за частотою загальним рівнем звукового тиску – так званим рівнем звуку, який вимірюється в дБА за шкалою «А» шумоміра.

Непостійний шум характеризується еквівалентним рівнем звуку $L_{A \text{ екв.}}$, що являє собою середньоквадратичний рівень звуку непостійного шуму, який має такий самий вплив на людину, як і постійний шум.

На постійних робочих місцях і в робочих зонах виробничих приміщень, на території підприємств рівень звуку і еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 85 дБА.

Вібрація – процес розповсюдження в пружних тілах механічних коливань з амплітудою 0,003...0,5 мм. Вібрація приводить в коливальний рух тіло людини. Особливо шкідливими для людини є коливання з резонансними частотами 6 ... 9 Гц.

Систематична дія на людину загальних вібрацій може бути причиною вібраційної хвороби. Локальні вібрації викликають деформацію та зменшення рухливості суглобів.

Вібрації в огорожувальних конструкціях приміщень і на робочих місцях виникають внаслідок роботи технологічного устаткування. Локальні вібрації створюються, наприклад, під час роботи з ручним віброінструментом.

Вібрація характеризується:

- частотою коливань,
- амплітудою зміщення (вібропереміщенням),
- коливальною швидкістю (віброшвидкістю),
- коливальним прискоренням (віброприскоренням).

Показник вібраційного навантаження на робітника формується із таких параметрів:

- віброприскорення чи віброшвидкість,
- діапазон частот,
- час дії вібрації.

Для санітарного нормування і контролю вібраційного навантаження використовують середньоквадратичні значення віброприскорення чи

віброшвидкості, а також їх логарифмічні рівні в децибелах (дБ).

Контроль вібрації на робочих місцях здійснюється під час їх атестації, періодично, за вказівкою (вимогою) санітарних служб. Вібраційні характеристики ручних машин контролюють не рідше одного разу на рік.

Вібрації вимірюють вібрографами відповідно до ДСТУ CEN/TR 15172-1:2017 Загальна вібрація. Настанови щодо зниження вібраційної небезпеки. Частина 1. Технічні методи проектування машин (CEN/TR 15172-1:2005, IDT) [106].

4.1.4. Аналіз електробезпеки

Організація безпечної експлуатації електроустановок передбачає утримання, експлуатування та обслуговування електроустановок відповідно до вимог галузевих нормативних документів. Питання безпечної експлуатації електроустановок регулює державний нормативний акт про охорону праці – НПАОП 0.00–1.21–98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”.

Причинами електротравматизму є:

1. Недосконалість конструкції електроустановок і засобів захисту.
2. Недоліки при виготовленні, монтажі і ремонті електроустановок.
3. Несправності електроустановок і захисних засобів, що виникли в процесі експлуатації установок.
4. Використання електрозахисних засобів з простроченим терміном чергових випробувань.

Електротравми умовно поділяють на місцеві, загальні та змішані [106].

4.2. Розробка заходів з поліпшення умов праці

Для успішної діяльності підприємства необхідно розробити заходи з охорони праці. Заходи з охорони праці визначаються, виходячи із загальних завдань.

Розрізняють три види: перспективне, річне, оперативне.

- Планування перспективне – розробка комплексних заходів щодо поліпшення умов виконання завдань виробництва. Попередньо аналізується стан робочого місця, умови для виконання завдань виробництва.

- Річне планування – базовою основою є комплексне перспективне планування.
- Оперативне планування проводиться в міру виникнення тих чи інших завдань.

Заходи з охорони праці.

- Відповідальність за забезпечення необхідних безпечних умов на робочому місці повністю лежить на керівниках підприємств. Розроблені заходи щодо безпеки включають такі питання:
 - Визначення списку професій і робіт, що вимагають медичного (попереднього та періодичного) огляду персоналу.
 - Визначення переліку робіт з важкими умовами праці, які заборонені особам, які не досягли 21 року і жінкам дітородного періоду.
 - Ознайомлення співробітника на робочому місці з умовами праці, можливим ризиком для його здоров'я.
 - Ознайомлення працюючого з посадовою інструкцією, вимогами по охорони праці, можливими пільгами і компенсаціями.
 - Визначення списку професій, робіт, що не вимагають проведення інструктажу (первинного).
 - Визначення діяльності, пов'язаної з підвищеним вимогою трудової безпеки.
 - Ознайомлення спеціалізованих службовців з умовами праці на об'єкті, засобами індивідуального захисту, посадовими обов'язками.
 - Розробка інструкцій (виробничих та з охорони праці), ознайомлення з ними персоналу.
 - Розробка списку професій, робіт із застосуванням засобів індивідуального захисту, мийних засобів. Здійснення контролю над виконанням.
 - Розробка заходів профілактики виникнення нещасних випадків. Поліпшення умов праці.
- Заходи з охорони праці дозволяють підприємству організувати безпечні умови своїм працівникам [107].

4.2.1. Безпека праці при проведенні відновлення аеродромних покриттів

Організація охорони праці під час будівництва аеродромів і аеропортів є надзвичайно складною через специфіку виконуваних робіт, особливо в умовах діючого аеропорту.

Профілактика таких небезпечних і шкідливих факторів, як значна висота над рівнем землі, підвищений рівень шуму, електромагнітні випромінювання, знижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони, дуже ускладнюється через нестаціонарність робочих місць.

Весь будівельний майданчик – це робоче місце, яке складається з цілого комплексу пересувних робочих місць. Говорити про стаціонарні робочі місця під час будівництва можна лише умовно, оскільки залежно від етапів будівництва умови і в більшості випадків місця роботи змінюються постійно.. Протяжність ЗПС становить 4000-4500 м. Для спорудження такої смуги потрібно приготувати й укласти приблизно 300000 м³ бетону, організувати для забезпечення виробничо-технологічних і господарських потреб будівництва, гасіння пожеж, пиття і санітарно-гігієнічних потреб подачу 500-1000 м³ води на добу. Для цього доводиться прокладати тимчасові та постійні водопроводи. Оскільки будівельні роботи зазвичай не ведуть одночасно на всій протяжності смуги, необхідно організовувати місця відпочинку працівників в міру видовження споруджуваної смуги.

Електропостачання потребує підведення тимчасових ліній електропередач, що істотно знижує електробезпеку. І якщо будівництво ведуть в умовах діючого аеропорту, при постійному впливові на працівників шуму авіаційних двигунів, електромагнітних випромінювань і продуктів згорання авіаційного пального, то доводиться вживати додаткові профілактичні заходи щодо убезпечення праці.

Розглянемо характерні заходи з безпеки праці під час будівництва, утримання і ремонту аеродромів. Земляні роботи в зоні діючих підземних комунікацій слід виконувати тільки за допомогою і під безпосереднім керівництвом виконроба або майстра, а в охоронній зоні електричних кабелів, які знаходяться під напругою, або

діючого газопроводу, крім того, – під наглядом працівників електро- або газового господарства. При виявленні вибухонебезпечних матеріалів земляні роботи в цих місцях слід негайно припинити до одержання дозволу відповідних органів.

Риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплення в наскельних і незамерзлих ґрунтах вище рівня ґрунтових вод і при відсутності поблизу підземних споруд допускається на глибину не більше 1 м – в насипних, піщаних і крупноуламкових ґрунтах; 1,25 м – в супісках; 1,5 м – в суглинках і глинах.

Перед початком виконання земляних робіт на ділянках з можливим патогенним зараженням ґрунту (звалища, скотомогильники, кладовища тощо) необхідно мати дозвіл відповідних органів. У разі улаштування неінвентарних кріплень стояки слід забивати в ґрунт на відстань не меншу за 1,5 м і застосовувати дошки товщиною не менше 50 мм, розпірки по вертикалі ставити не рідше ніж через 1 м.

Під час установа кріплень їхня верхня частина має виступати над бровкою виїмки не менше ніж на 15 см. Установлювати кріплення необхідно в напрямку зверху вниз в міру розробки виїмки на глибину не більше 0,5 м.

Розробку кріплень слід виконувати в напрямку знизу вверх в міру зворотного засипання виїмки.

Розробка роторними або траншейними екскаваторами в зв'язних ґрунтах (суглинках, глинах) траншеї з вертикальними стінками без кріплення допускається на глибину не більше 3 м. В місцях, де потрібне перебування робітників, належить влаштувати кріплення траншей або схилів. У разі механічного ударного підпушування ґрунту не допускається знаходження людей на відстані ближче 5 м від місць підтрушування. Розробляти ґрунт способом "підкоп" забороняється [108].

4.2.2. Розробка заходів з нормалізації параметрів шуму та вібрації.

Розрахунок впливу шуму в робочій зоні

Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби індивідуального захисту: навушники,

вушні вкладки, шлемофони, каски.

Засоби колективного захисту стосовно джерела шуму діляться на: понижуючі шум у джерелі виникнення (найбільш ефективний) та знижуючі шум на шляхах його поширення. За способом реалізації – на акустичні: ґрунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування глушників шуму.

Найбільш ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з опилок деревини, соломи і т.д. Звуковбирні матеріали: мармур, бетон, граніт, цегла, войлок, мінераловата, матеріали з щільною перфорацією.

Гігієнічною характеристикою вібрації є нормовані параметри, підібрані в залежності від застосовуваного методу її гігієнічної оцінки. При частотному (спектральному) аналізі нормованими параметрами є середні квадратичні значення віброшвидкості, їх логарифмічні рівні або віброприскорення для локальної вібрації в октавних смугах частот, а для загальної вібрації – в октавних або 1/3 октавних смугах частот.

Загальні методи боротьби з вібрацією базуються на аналізі рівнянь, котрі описують коливання машин у виробничих умовах і класифікуються наступним чином:

- зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил;
- відлагодження від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, котра коливається;
- вібродемпферування за рахунок сили тертя демпферного пристрою, тобто переведення коливної енергії в тепло;
- динамічне гасіння в результаті введення в коливну систему додаткових мас або збільшення жорсткості системи;
- віброізоляція досягається введенням в коливну систему додаткового пружного зв'язку, з метою послаблення передавання вібрацій, суміжному елементу конструкції або робочому місцю;

- використання індивідуальних засобів захисту [111].

Акустична екологія стала сьогодні одним з головних проблемних напрямків, у рамках яких відстежується вплив негативних факторів на людський організм. При цьому саме транспортний рух, в конкретному випадку автомобільний навантажувач авіаконтейнерів, створює найбільші проблеми для захисту людини від надмірного впливу високих рівнів звуку.

Октавні рівні звукового тиску L (дБ) у розрахункових точках необхідно визначати за формулою:

$$L = LP - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \beta_{ar} 1000 - 10 \lg \Omega \quad (4.1)$$

де LP – октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ; Φ – фактор направленості джерела шуму, безрозмірний, визначається дослідним шляхом (для джерел шуму з рівномірним випромінюванням звуку слід приймати $\Phi = 1$); r – відстань від джерела шуму до розрахункової точки, м; Ω – просторовий кут випромінювання звуку (для джерел звуку що розташовані у просторі $\Omega = 4\pi$, а на поверхні території – 2π); β_a – згасання звуку в атмосфері.

$$L = 85 - 15 * \lg 3 + 10 \lg 1 - 0,0001 * 3 * 1000 - 10 \lg 4\pi = 67,395 \text{ дБ}$$

Максимальний рівень шуму при одиничному впливі становить 85 дБ вдень та 75 дБ вночі.

Отже, рівень шуму гранично допустимий, але при інтенсивній праці на робочому місці має вагоме значення та може створювати значне навантаження на нервову систему людини, надаючи на нього психологічний вплив. Необхідно провести ряд процесів задля звукоізоляції СМ. Шум виробничого походження міняється по інтенсивності, частоті й часу залежно від типу й кількості машин і механізмів, задіяних у технологічному процесі. Тому оцінку шумового забруднення середовища і його дій на людину доцільно проводити, використовуючи поняття еквівалентного рівня енергії шуму [112].

4.2.3. Розробка заходів з нормалізації параметрів зорової роботи.

Розрахунок системи штучного освітлення

Робоче освітлення слід передбачати для всіх приміщень будинків, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей та руху транспорту. Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення та різними режимами роботи, повинно передбачатись окреме керування освітленням таких зон. За необхідності частина світильників робочого або аварійного освітлення може бути використана для чергового освітлення. Нормовані характеристики освітлення в приміщеннях і зовні будинків може забезпечуватись як світильниками робочого освітлення, так і спільним з ним освітленням світильниками безпеки і (або) евакуаційного освітлення.

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку). Метод дозволяє визначити оптимальну кількість ламп та потужність освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення.

На прикладі розрахунку приміщення, де перебувають працівники у вільний від роботи час (їдальня, роздягальня) перевіримо метод світлового потоку.

Розміри площадки роботи: довжина $A=12$ м; ширина $B=5$ м; висота $H=3,2$ м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнти відбиття r стелі = 70%, r стін = 50%. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p=0,8$ м. Відстань від світильника до стелі $h_c=0,5$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_o = H - h_c = 3,2 - 0,5 = 2,7 \text{ м (4.2)}$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h_p = h_o - h_1 = 2,7 - 0,8 = 1,9 \text{ м (4.3)}$$

Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 1,45 * h_p = 1,45 * 1,9 = 2,755, \text{ приймаємо } 2,76 \text{ м (4.4)}$$

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = \frac{A * B}{L^2} = \frac{12 * 5}{2,76^2} = 7,88 \text{ шт.} \quad (4.5)$$

Приймаємо 8 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у два ряди по 4 штуки.

Показник приміщення і становить:

$$i = \frac{A * B}{h_p(A + B)} = \frac{12 * 5}{1,9 * (12 + 5)} = 1,86 \quad (4.6)$$

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику встановлюється лише одна лампа, дорівнює:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_n * S * K_z * Z}{N * n * \eta} = \frac{200(12 * 5) * 1,4 * 1,15}{8 * 1 * 0,59} = 4093,2 \text{ лм} \quad (4.7)$$

Вибираємо лампу Г– 300 потужністю 300 Вт, світловий потік якої становить 4600 лм. Хоча це значення на 13,1% перевищує розрахункове, однак не перевищує встановлену норму – $10\% < F_{\text{п}} < +20\%$.

Сумарна електрична потужність всіх світильників, встановлених у приміщенні, становить:

$$\sum P_{\text{св.}} = P_{\text{св.}} * N = 300 * 8 = 2400 \text{ Вт} = 2,4 \text{ Вт} \quad (4.8)$$

4.3. Пожежна безпека

4.3.1. Аналіз умов та факторів, що характеризують пожежний стан об'єкту

Пожежна безпека забезпечується системами попередження пожежі, протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами (рис. 4.1). Для розробки комплексу конкретних технічних і організаційних рішень та заходів, які здатні забезпечити необхідну ступінь безпеки, необхідно попередньо визначити рівень пожежної небезпеки об'єкту. Законодавча та нормативна база ПБ є нормативною і методичною основою для аналізу стану пожежної небезпеки і формування системи забезпечення ПБ об'єкту. Методика аналізу

вибухопожежонебезпеки зводиться до виявлення і оцінки умов формування горючого середовища, потенційних і фактичних джерел запалювання, умов виникнення контакту горючого середовища з джерелом запалювання, умов і причин розповсюдження вогню у випадку виникнення пожежі, масштабу можливої пожежі, наявності загрози життю людей, навколишньому середовищу, матеріальним цінностям.

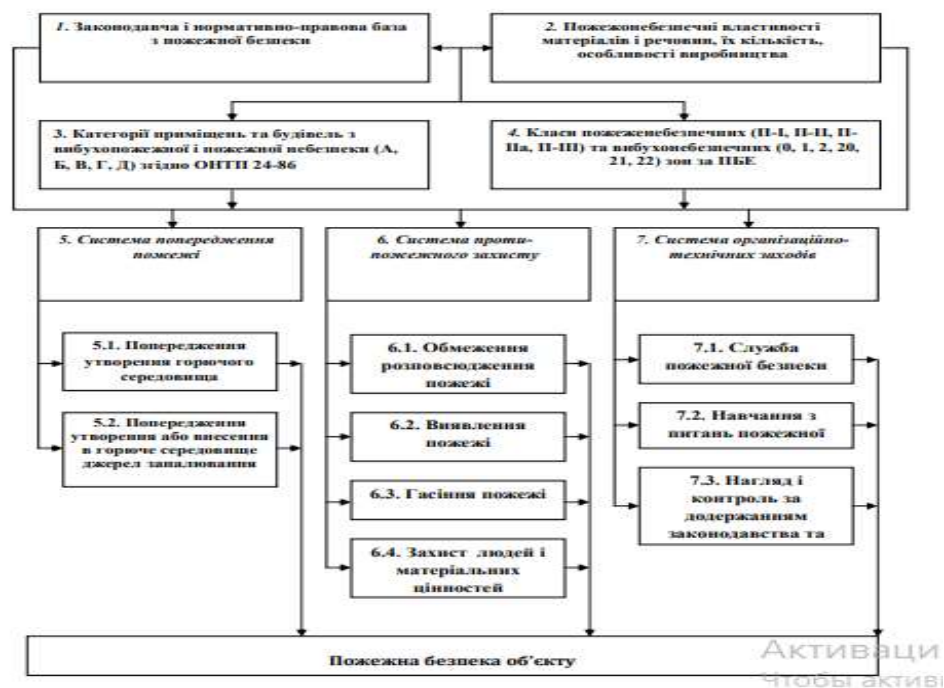


Рис.4.1. Системи попередження пожежі, протипожежного захисту та організаційно-технічні заходи [113]

Всі виробничі приміщення поділяються за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки на 5 категорій (А,Б,В,Г,Д) в залежності від того, які матеріали, в якій кількості і для чого використовуються в даному приміщенні [113].

4.3.2. Заходи протипожежного захисту

Система протипожежного та противибухового захисту спрямована на створення умов обмеження розповсюдження і розвитку пожеж і вибухів за межі осередку при їх виникненні, на виявлення та ліквідацію пожежі, на захист людей та

матеріальних цінностей від дії шкідливих та небезпечних факторів пожеж і вибухів. Обмеження розповсюдження та розвитку пожежі, загалом, забезпечується: – потрібною вогнестійкістю будівель та споруд; (Вогнестійкість конструкції – це здатність конструкції зберігати несучі та (або) огорожувальні функції в умовах пожежі. Ступінь вогнестійкості будівель та споруд залежить від меж вогнестійкості будівельних конструкцій та меж поширення вогню по них.

Межа вогнестійкості конструкції – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до втрати несучої здатності, цілісності або теплоізолювальної здатності). – використанням негорючих матеріалів для внутрішнього оздоблення приміщень; – використанням антипіренів і вогнегасних сумішей; – улаштуванням протипожежних відстаней між будівлями та спорудами; – улаштуванням протипожежних перешкод; – встановленням гранично допустимих за техніко-економічними розрахунками площ і поверхів виробничих будівель та поверховості будівель та споруд, улаштуванням протипожежних відсіків та секцій; – улаштуванням аварійного відключення та перемикання установок та комунікацій; – використанням засобів, що запобігають або обмежують розлив і розтікання пожежонебезпечної рідини під час пожежі; – використанням вогнеперешкоджуючих пристроїв в устаткуванні; – локалізацією пожежі вогнегасними речовинами, автоматичними установками пожежогасіння, а також шляхом утворення розривів горючого середовища випалюванням вибуховими речовинами, розбиранням (видаленням) горючого матеріалу. Вимушений процес руху людей з метою рятування називається евакуацією. Евакуація людей із будівель та споруд здійснюється через евакуаційні виходи. Шляхом евакуації є безпечний для руху людей шлях, який веде до евакуаційного виходу. Виходи вважаються евакуаційними якщо вони ведуть із приміщень: – першого поверху безпосередньо назовні або через вестибюль, коридор, сходову клітку; – будь-якого поверху, крім першого у коридор, що веде на внутрішню сходову клітку або сходову клітку, що має вихід безпосередньо назовні або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками із дверима; – у сусіднє приміщення на тому ж поверсі, яке забезпечене виходами. Кількість

евакуаційних виходів із приміщень та з кожного поверху будівель потрібно приймати не менше двох. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менша 1 м, висота проходу – не менша 2 м.

Улаштування гвинтових сходів на шляхах евакуації не допускається. Між маршами сходів необхідно передбачати горизонтальний зазор не менше 50 мм. Двері на шляху евакуації повинні відкриватися за напрямком виходу з приміщення. Двері на балкони та площадки, призначені для евакуації з приміщень із одночасним перебуванням не більше 15 людей, а також із комор з площею не більше 200 м² та санітарних вузлів, допускається проектувати такими, що відкриваються в середину приміщення. Улаштування розсувних та в'їзних дверей на шляхах евакуації не допускається. Мінімальна ширина дверей на шляхах евакуації повинна бути 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не менша ширини маршу сходів.

Виконання нормативних вимог до шляхів евакуації ще не гарантує повного успіху евакуації людей у разі пожежі. Для забезпечення організованого руху під час евакуації та попередження паніки технічні рішення повинні бути доповнені організаційними заходами, до яких, передусім, відносяться інструктаж та навчання персоналу. З цією ж метою розробляють плани евакуації з будівель та місць з масовим перебуванням людей. План евакуації вивішується на видному місці, а його положення повинні систематично відпрацьовуватись на практиці. Дуже важливо для безпеки людей створити протидимний захист приміщень і особливо шляхів евакуації. Протидимний захист забезпечується обмеженням розповсюдження продуктів горіння по будівлях та приміщеннях, ізоляцією можливих місць виникнення пожежі, примусовим видаленням диму. Ці задачі вирішуються за допомогою об'ємно-планувальних та конструктивних рішень при проектуванні об'єктів, деякими технологічними прийомами в процесі будівництва, завдяки використанню спеціальних пристроїв і вентиляційних систем, які призначені для видалення диму, зниження температури і конденсації продуктів горіння. Для своєчасного здійснення заходів з евакуації людей, включення стаціонарних установок пожежогасіння,

виклику пожежних, тощо, вибухопожежонебезпечні об'єкти обладнуються системами пожежної сигналізації, запуск яких може здійснюватись автоматично або вручну.

Система пожежної сигналізації повинна швидко виявляти місця виникнення пожежі, надійно передавати сигнал на приймально-контрольний прилад і до пункту прийому сигналів про пожежу, перетворювати сигнал про пожежу у сприятливу для персоналу захищеного об'єкта форму, вмикати існуючі стаціонарні системи пожежогасіння, забезпечувати самоконтроль функціонування. До складу будь-якої системи пожежної сигналізації входять пожежні сповіщувачі, приймальний прилад та автономне джерело електроживлення. В залежності від способу формування сигнали ПС бувають ручні та автоматичні [114].

Висновки по розділу

У результаті проведеного аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів у приміщенні аеропорту та прилеглої території, встановлено небезпечну дію факторів виробничого середовища та психофізіологічних факторів. Для зменшення несприятливого впливу на персонал, який виконує роботи з відновлення аеродромних покриттів та при подальшій експлуатації будівлі/виробничих приміщень, де розташовані зазначені робочі місця розроблені заходи з нормалізації мікроклімату, параметрів зорової роботи, параметрів шуму та вібрації та заходи з електробезпеки. Також проведено проектний розрахунок впливу шуму та кондиціонування приміщень.

Запропоновані заходи дозволять зменшити ризик виникнення професійних захворювань та травмування на зазначеному об'єкті дослідження.

РОЗДІЛ V

ВПЛИВ ЗАСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Оцінка впливу на довкілля при будівництві та ремонті аеродромів

Будівництво аеродромів відноситься до видів діяльностей, що становлять підвищену екологічну небезпеку для навколишнього середовища та, відповідно, можуть мати значний вплив на довкілля. Тому, діяльність, що пов'язана з будівництвом чи реконструкцією аеродромів а також автомобільних шляхів потребує вивчення з екологічної точки зору щодо впливу на здоров'я населення та навколишнє середовище. В статті 3 закону України «Про оцінку впливу на довкілля» виділені види діяльності, котрі підпадають під обов'язкове проведення ОВД, а саме будівництво, розширення чи реконструкція:

- аеродромів;
- автомобільних доріг загального користування державного та місцевого значення, що мають чотири або більше смуг руху (а також, в разі розширення чи реконструкції до чотирьох смуг), за умови їхньої протяжності від 10 км та більше;
- автомагістралей;
- автомобільних доріг першої категорії.

Вищезазначені види діяльності належать до першої категорії видів діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля через що, документи в процесі ОВД будуть направлятися до центрального уповноваженого органу – Міністерства екології та природних ресурсів України.

Аеродроми розглядаються як об'єкт, що виконують функцію руху ПС, АНТ та впливає на довкілля під час будівництва та реконструкції. При будівництві аеродромів порушується ґрунт для прокладання самої дороги та для розміщення тимчасових/постійних споруд та будівельної техніки. Якщо агрохімічні дослідження свідчать про наявність родючого шару ґрунту на земельній ділянці, де планується

будівництво аеродрому, то його необхідно зняти та перенести у спеціально відведене місце для зберігання. Порушені землі від будівельних робіт зазнають значного впливу від запилення, порушення ґрунтових чи підземних вод. Після завершення будівельних робіт аеродромом рухатимуться транспортні засоби, які будуть джерелом забруднення атмосферного повітря.

Оцінка впливу на довкілля при будівництві чи реконструкції аеродромів починається з:

1. Підготовки повідомлення про планову діяльність, яка підлягає оцінці впливу на довкілля. Повідомлення завантажується реєстр ОВД та публікується щонайменше в двох друкованих виданнях для ознайомлення місцевими жителями про плановану діяльність суб'єкта господарювання.
2. Проведення агрохімічних досліджень визначення наявності родючого шару ґрунту та, в разі необхідності, іхтіологічних досліджень з метою визначення впливу на основні групи іхтіофауни.
3. Складання звіту з оцінки впливу на довкілля з урахуванням зауважень та пропозицій, що надійшли від громадськості, та результатів проведених досліджень. Звіт з оцінки впливу на довкілля також розміщується в реєстрі ОВД;
4. Підготовки оголошення про проведення громадського обговорення звіту з оцінки впливу на довкілля та його публікація в реєстрі ОВД та друкованих виданнях;
5. Проведення громадського обговорення звіту з ОВД. За організацію та проведення громадського обговорення суб'єкт господарювання сплачує офіційну плату до центрального уповноваженого органу (ЦУО). За результатами громадського обговорення звіту з ОВД ЦУО готує та завантажує в реєстр ОВД звіт про громадське обговорення.
6. Одночасно зі звітом про громадське обговорення в реєстрі ОВД публікується висновок з оцінки впливу на довкілля. Отримання висновку з оцінки впливу на довкілля є завершальним етапом процедури ОВД [115].

Оцінка впливу на довкілля здійснюється з дотриманням вимог законодавства

про охорону навколишнього природного середовища, з урахуванням стану довкілля в місці, де планується провадити плановану діяльність, екологічних ризиків і прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу (прямого та опосередкованого) на довкілля, у тому числі з урахуванням впливу наявних об'єктів, планованої діяльності та об'єктів, щодо яких отримано рішення про провадження планованої діяльності або розглядається питання про прийняття таких рішень[116].

Основне завдання щодо охорони навколишнього середовища під час експлуатації аеродромів – виключення або зниження шкідливого впливу на нього в районі розташування аеродрому.

Під час будівництва (реконструкції) та експлуатації аеродромів охорона навколишнього середовища включає проведення заходів, спрямованих на:

- захисту людей (авіаційного персоналу та місцевого населення) від впливу надвисоких радіочастот, що виникають під час роботи радіолокаційних станцій і інших радіотехнічних засобів як стаціонарних, так і пересувних;
- зменшення забруднення атмосферного повітря, рослинного шару та ґрунтів;
- зберігання, раціональне використання та своєчасне відновлення рослинного шару на території аеродрому;
- запобігання забрудненню поверхневих та підземних вод стоками дощових та талих вод з поверхні штучних покриттів і території СТЗ;
- запобігання шкідливому впливу на об'єкти тваринного світу.

Відведення та використання земель на аеродромі здійснюється з дотриманням вимог Земельного кодексу України та інших нормативно-правових актів у галузі землекористування. У процесі експлуатації аеродромів забороняється самовільне збільшення розмірів відведених земельних ділянок, видобування природних ресурсів.

Для запобігання забрудненню атмосферного повітря:

- котельні комплектуються обладнанням для очищення від шкідливих речовин;
- контролюються викиди в атмосферу пилу та газів;
- вживаються заходи щодо зниження токсичності вихлопних газів

транспортних засобів;

- своєчасно відновлюється дерновий покрив, здійснюються заходи із запобігання утворенню пилу на ґрунтовій частині льотного поля;
- видаляється пил з аеродромних покриттів, під'їзних та внутрішньоаеродромних доріг;
- зберігати речовини для просочування та герметизації тільки в герметичній тарі або ємностях на відстані не менше 1,5 км від житлових районів.

Для запобігання шкідливого впливу на об'єкти тваринного світу:

- територія аеродрому по периметру обладнується огорожею;
- обладнуються майданчики з контейнерами для збирання відходів, вживаються заходи щодо запобігання утворенню несанкціонованих і неконтрольованих звалищ відходів;
- встановлюються засоби для відлякування птахів та усуваються умови, що сприяють їх скупченню на аеродромі[117].

При будівництві аеродромів необхідно враховувати вимоги ст.51 Закону України „Про охорону навколишнього природного середовища” – при проектуванні, розміщенні, будівництві, введенні в дію нових і реконструкції діючих підприємств, споруд та інших об'єктів, удосконаленні існуючих і впровадженні нових технологічних процесів та устаткування, а також в процесі експлуатації цих об'єктів забезпечується екологічна безпека людей, раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище [118]. При цьому повинні передбачатися вловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повна їх ліквідація, виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища і здоров'я людей. Підприємства, установи й організації, діяльність яких пов'язана з шкідливим впливом на навколишнє природне середовище, незалежно від часу введення їх у дію повинні бути обладнані спорудами, устаткуванням і пристроями для очищення викидів і скидів або їх знешкодження, зменшення впливу шкідливих факторів, а також приладами контролю за кількістю і складом забруднюючих речовин та за характеристиками шкідливих факторів. Проекти господарської та іншої діяльності

повинні мати матеріали оцінки її впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людей. Оцінка здійснюється з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємності даної території, стану навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення об'єктів, екологічних прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

Авіаційна техніка є джерелом теплового забруднення природного середовища, електромагнітного випромінювання (використання радіостанцій, радіонавігаційного устаткування), а також акустичного забруднення. Тому використання повітряних суден передбачає обов'язкове дотримання вимог ст.56 закону, в якій закріплено, що підприємства, установи, організації, що здійснюють проектування, виробництво, експлуатацію та обслуговування автомобілів, літаків, суден, інших пересувних засобів, установок та виробництво і постачання пального, зобов'язані розробляти і здійснювати комплекс заходів щодо зниження токсичності та знешкодження шкідливих речовин, що містяться у відпрацьованих газах та скидах транспортних засобів, переходу на менш токсичні види енергії й пального, додержання режиму експлуатації транспортних засобів та інші заходи, спрямовані на запобігання й зменшення викидів та скидів у навколишнє природне середовище забруднюючих речовин та додержання встановлених рівнів фізичних впливів.

На виконання вимог ст.19 Закону України Про охорону навколишнього природного середовища», підприємства, установи та організації погоджують з органами місцевого самоврядування поточні та перспективні плани роботи з питань охорони навколишнього природного середовища і використання природних ресурсів.

До головних завдань в організації природоохоронної діяльності підприємств відноситься :

- аналіз кількісних і якісних показників діяльності підприємства, які здійснюють вплив на довкілля, ефективності запровадження заходів з охорони довкілля і раціонального використання природних ресурсів за відповідний період;

- розробка перспективних та поточних заходів природоохоронної діяльності з обґрунтуванням потреби щодо обсягів їх фінансування, визначення термінів виконання.

Природоохоронні заходи, що запроваджуються підприємством, повинні повністю компенсувати шкідливий вплив виробництва на навколишнє природне середовище і відповідати за напрямками постанові Кабінету міністрів України від 17 вересня 1996 року № 1147 (зі змінами) «Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів».

План підприємств з питань охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів складається з таких розділів:

- охорона і раціональне використання водних ресурсів;
- охорона повітряного басейну;
- охорона і раціональне використання земель;
- охорона і раціональне використання мінеральних ресурсів;
- організаційно-просвітницькі заходи.

У розділі «Охорона і раціональне використання водних ресурсів», передбачається комплекс заходів, що забезпечує скорочення витрат питної води, припинення скидів неочищених стоків в поверхневі водні об'єкти, недопущення в скидах стічних вод перевищення нормативних показників забруднюючих речовин. Реалізація забезпечується розробкою заходів по вдосконаленню технологічних процесів виробництва та обладнання, будівництва споруд для очищення стічних вод, створення оборотних систем виробничого водопостачання, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій тощо. Крім того, у цьому розділі визначаються обсяги водоспоживання, водовідведення та скидів стічних вод всіх категорій, що використовуються підприємством.

Розділ «Охорона повітряного басейну», містить природоохоронні заходи, спрямовані на зниження обсягів шкідливих речовин, що викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення на підприємстві та забезпечення дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій викидів в санітарно-захисній зоні підприємства.

У розділі «Охорона і раціональне використання земель», відображаються напрями використання земельних ділянок, які знаходяться у користуванні підприємства під час здійснення господарської діяльності і включають заходи по створенню захисних зелених зон, будівництву та реконструкції протиерозійних, гідротехнічних, протикарстових споруд та інших. Передбачається розробка заходів, спрямованих на попередження (ліквідацію) забруднення ґрунтів відходами виробництва, проведення своєчасної рекультивації порушених земель та використання родючого шару ґрунту.

До показника, що характеризує площі порушених земель, відносять землі порушені під час добування корисних копалин, що перебувають під будівельними й іншими роботами, пов'язаними з порушенням ґрунтового покриву, гідрологічного режиму, зайняті під териконами, смітниками і т.п. [119].

Дані про використання земель відображаються в плані у зведеному вигляді за виключенням земель, що рекультивовані і передані землекористувачам для використання.

У розділі «Охорона і раціональне використання мінеральних ресурсів» згруповані заходи з удосконалення методів розробки родовищ корисних копалин і покращення використання сировини, що добувається. Цей розділ планується для запровадження на підприємствах добувних галузей промисловості.

Розділ «Організаційно-просвітницькі заходи» містить заходи, спрямовані на підвищення кваліфікації фахівців з охорони навколишнього природного середовища, рівня обізнаності працівників підприємств, установ, організацій з вимогами природоохоронного законодавства України, зокрема в сфері поводження з відходами, збереження ресурсів питної води, забезпечення належного санітарного стану територій населених пунктів.

Всі заходи з охорони природного середовища зводяться в єдиний документ, в якому вказується мета роботи, місце впровадження, головний виконавець і співвиконавці, строки виконання робіт, кошторисна вартість, планові затрати, очікуваний результат ефективності їх впровадження [119].

5.2. Методика розрахунку величини викидів від автотранспортних засобів при відновлюючих роботах на аеродромі

Відпрацьовані гази автомобільних двигунів містять велику кількість забруднюючих атмосфер у речовин, проте в даний час токсичність відпрацьованих газів прийнято оцінювати по п'яти основних забруднюючих речовин, що мають найбільшу питому вагу. До цих речовин відносяться: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CH), оксиди азоту (NO₅), тверді частинки (С) та діоксид сірки (S0₂).

Масовий викид забруднюючих речовин вантажними автомобілями з певною вантажопідйомністю та типом двигуна, т.

$$M_{\Gamma i} = m_{\Gamma i} L_{\Gamma i} K_{\Gamma i} K_{\Gamma i} K_{\Gamma i} \cdot 10^{-6}. \quad (5.1)$$

де $m_{\Gamma i}$ - пробіговий викид /-го забруднюючої речовини вантажними автомобілями під час руху територією населених пунктів залежно від вантажопідйомності та типу двигуна, г/км ;

$L_{\Gamma i}$ – сумарний пробіг вантажних автомобілів територією населених пунктів, км;

$K_{\Gamma i}$ – коефіцієнт, що враховує зміну викиду забруднюючих речовин вантажними автомобілями під час руху територією населених пунктів залежно від типу населеного пункту;

$K_{\Gamma i}$ – коефіцієнт, що враховує зміну пробігового викиду вантажних автомобілів від рівня використання вантажопідйомності та пробігу;

$K_{\Gamma i}$ – коефіцієнт, що враховує вплив технічного стану вантажних автомобілів на масовий викид/-го забруднюючої речовини залежно від типу двигуна; для вантажних автомобілів з бензиновими та газовими двигунами :

$$K_{\Gamma, \text{TCO}} = 2,00, K_{\Gamma, \text{TCH}} = 1,83, K_{\Gamma, \text{TNO}_x} = 1,00, K_{\Gamma, \text{TSO}_2} = 1,15$$

Для вантажних автомобілів з дизельними двигунами:

$$K_{\Gamma, \text{TCO}} = 1,60, K_{\Gamma, \text{TCH}} = 2,10, K_{\Gamma, \text{TNO}_x} = 1,00, K_{\Gamma, \text{TC}} = 1,90, K_{\Gamma, \text{TSO}_2} = 1,15.$$

$$M_{\Gamma i} = 12, 22 \text{ т.}$$

Річний пробіг для автомобілів, км, визначається за формулою:

$$L_{гi} = A_i \alpha_{гi} l_{cci} D_{p,гi} \quad (5.2)$$

де A_j – кількість автомобілів i -ї групи;

$\alpha_{гi}$ – коефіцієнт технічної готовності;

l_{cci} – середньодобовий пробіг автомобілів i -ї групи, км;

$D_{p,гi}$ – кількість робочих днів на рік.

$$L_{гi} = 103224 \text{ км.}$$

Висновки по розділу

Найбільш значимими факторами негативного впливу системи транспорту на людину і навколишнє середовище, є забруднення навколишнього середовища: шум, вібрація, виділенням тепла, небезпечними речовинами. Основна причина екологічних проблем полягає в використанні застарілих двигунів внутрішнього згорання, неекологічного чистого палива, зловживання терміном служби, помилки в містобудуванні.

Для вирішення даних проблем необхідна технічна модернізація системи транспорту:

- переведення системи транспорту на екологічно чисті (газотурбінні,
- електромобілі), використання палива на біооснові;
- модернізація застарілих технологій виробництва спецтранспорту;
- постійний контроль двигунів внутрішнього згорання.

Визнавши пріоритетність методів відновлення покриттів на основі екологічних оцінок, необхідно розробити і здійснити систему заходів, істотно підвищують його конкурентоспроможність.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи можна зробити наступні висновки:

1. Розглянуто сучасні технології щодо відновлення аеродромних покриттів, проаналізовано засоби механізації та автоматизації, що використовуються у процесі ремонту аеродромних покриттів та розглянуто перспективні методи відновлення та вдосконалення технологічних процесів аеродромних покриттів.

2. Розглянуто методи експертних оцінок, статистичного аналізу, математичної формалізації технологій відновлення аеродромних покриттів.

3. Виконано математичне моделювання процесів самовідновлення аеродромних покриттів.

4. Представлено схему відновлювального процесу під дією навколишнього середовища. Проведено розрахунок зміни структурно-чутливого параметру для звичайного матеріалу та матеріалу, що відновлюється.

5. Проаналізовано результати експериментальних досліджень щодо використання самовідновлюючих матеріалів. Розроблена технологія самовідновлення, проаналізовано основні властивості самовідновлюючих матеріалів.

6. Розроблено заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища в умовах проведення процесів самовідновлення аеродромних покриттів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нормы годности к эксплуатации аэродромов НГЭА – 90 – М.: Воздушный транспорт, 1992. – 136 с
2. Современные методы ремонта аэродромных покрытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46668/index.htm>
3. Bengisu M., Ferrara M. Designing with kinetic materials. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. 2018; 65-80. DOI: 10.1007/978-3-319-76889-2_5
4. Shahinpoor M., Schneider H.-J. Intelligent Materials. Royal Society of Chemistry, 2007. DOI: 10.1039/9781847558008
5. Ghosh S.K. Self-healing materials: fundamentals, design strategies, and applications. SelfHealing Materials. Weinheim, Wiley, 2009; 1-28. DOI: 10.1002/9783527625376.ch1
6. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1920. Vol. 221. Issue 582–593. Pp. 163–198. DOI: 10.1098/rsta.1921.0006.
7. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Альбакасов А.И. Радиационно-защитные и химически стойкие серные строительные материалы. Оренбург : ОГУ, 2010. – 364с.
8. Будстандарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=87119
9. Мир современных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://worldofmaterials.ru/spravochnik/special-materials/113-samovosstanavlivayushiesya-materialy>
10. Гамеляк І.П. Про ефективність використання високоміцного цементобетону для будівництва жорстких покриттів // Автомоб. дороги і дорожнє буд – во, № 85, 2012. – С. 45 – 54. .
11. Гамеляк І.П., Корецький А.С. Корецький С.С., Про необхідність будівництва в Україні автомобільних доріг з цементобетонним покриттям// Автошляховик України, 5201', Науково-технічний збірник, 2013 – С. 24 – 26
12. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг

жорсткий. Проектування. – К.: Укравтодор, 1997. – 218 с.

13. ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу. Київ. – ДП "УкрНДНЦ".- 2017. – 29 с.

14. Рекомендації по стандартизації влаштування верхніх шарів дорожнього одягу об'єктів транспортного будівництва БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ “СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МАТЕРІАЛИ І КОНСТРУКЦІЇ В БУДІВНИЦТВІ” 39 (РСВДО 01). – Дрезден, 2001. – 71 с

15. ACPA – American Concrete Pavement Association (2010) “Review of Caltrans Concrete Pavement and Unsealed Pavement Performance”.

16. D.S. BROWN CO., (2016) “Preformed Polychloroprene Compression Joint Seal Standard Specification”.

17. EVANS, L. (2013) “Arizona SPS-2 PCC Joint Seal Performance”. Applied Research Associates, Inc.

18. Теорія економічного аналізу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pidru4niki.com/1584072015160/ekonomika/teoriya_ekonomichnogo_analizu

19. Статистичні методи дослідження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journalib.univ.kiev.ua/navch/StatMetodyDoslid.pdf>

20. Чанг Н., Хауэс Ф. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи. – М.: Мир, 1988. – 247 с.

21 . Шишкин Г.И. Аппроксимация решений сингулярно возмущенных краевых задач с параболическим пограничным слоем // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1989. – Т.29, № 7. – С. 963 – 977.

22 . Shishkin G.I. Method of splitting for singularly perturbed parabolic equations // East-West J.Numer. Math. – 1993. – V.1, № 2. – P. 147 – 163.

23. Globalscience [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://globalscience.ru/article/read/21278/>

24.[Електронний ресурс] – режим доступу: <https://lenta.ru/news/2015/05/18/biobeton/>

25. Вокруг света [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.vokrugsveta.ru/news/226532/>

26. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Альбакасов А.И. Радиационно-защитные и химически стойкие серные строительные материалы. Оренбург : ОГУ, 2010. 364 с.
27. Zhuang X., Zhou S. The prediction of selfhealing capacity of bacteria-based concrete using machine learning approaches // *Computers, Materials & Continua*. 2019. Vol. 59. Issue 1. Pp. 57–77. DOI: 10.32604/cmc.2019.04589
28. Wiktor V., Jonkers H.M. Bacteria-based concrete: From concept to market // *Smart Materials and Structures*. 2016. Vol. 25. Issue 8. P. 084006. DOI: 10.1088/0964-1726/25/8/084006
29. De Belie N., Wang J. Bacteria-based repair and self-healing of concrete // *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*. 2016. Vol. 5. Issue 1–2. Pp. 35–56. DOI: 10.1080/21650373.2015.1077754
30. Nallanathel M., Needhidasan S., Ananya M. Self healing concrete — Facts and potentials // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. Issue 33. Pp. 24243–24246.
31. Li W., Dong B., Yang Z., Xu J., Chen Q., Li H. et al. Recent advances in intrinsic self-healing cementitious materials // *Advanced Materials*. 2018. Vol. 30. Issue 17. P. 1705679. DOI: 10.1002/adma.201705679
32. Breugel K. Self healing concepts in civil engineering for sustainable solutions: Potential and constraints // *Proceedings of the Second International Conference on Self-healing Materials*. Chicago, 2009. URL: <http://selfhealingconcrete.blogspot.com/p/literature-more.html>
33. Jonkers H.M. Self healing concrete: A biological approach. Springer Series in Materials Science, 2007. Pp. 195–204. DOI: 10.1007/978-1-4020-6250-6_9
34. Jonkers H.M., Schlange E. Development of a bacteria-based self healing concrete // *Tailor made concrete structures*. CRC Press, 2008. P. 109. DOI: 10.1201/9781439828410.ch72
35. Jonkers H.M., Schlangen E. Bacteriabased self-healing concrete // *International Journal of Restoration of Buildings and Monuments*. 2009. Vol. 15. Issue 4. Pp. 255–265.
36. Jonkers H.M., Thijssen A., Muijzer G., Copuroglu O., Schlangen E. Application of bacteria as selfhealing agent for the development of sustainable concrete // *Ecological*

Engineering. 2010. Vol. 36. Issue 2. Pp. 230–235. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2008.12.036

37. Zemskov S., Jonkers H.M., Vermolen F.J. An analytical model for the probability characteristics of a crack hitting an encapsulated self-healing agent in concrete // *Computer Algebra in Scientific Computing*. 2010. Pp. 280–292. DOI: 10.1007/978-3-642-15274-0_25

38. Jonkers H.M., Loosdrecht M. *BioGeoCivil Engineering // Ecological Engineering*. 2010. Vol. 36. Issue 2. Pp. 97–98. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2009.09.011

39. Zemskov S.V., Jonkers H.M., Vermolen F.J. Two analytical models for the probability characteristics of a crack hitting encapsulated particles: Application to self-healing materials // *Computational Materials Science*. 2011. DOI: 10.1016/j.commatsci.2011.06.024

40. Srinivasa Reddy V., Seshagiri Rao M.V., Sushma S. Feasibility study on bacterial concrete as an innovative self crack healing system // *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*. 2015. Vol. 2. Issue 7. Pp. 642–647.

41. Bansal S., Tamang R.K., Bansal P., Bhurtel P. Biological methods to achieve self-healing in concrete // *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020. Pp. 63–71. DOI: 10.1007/978-981-13-7615-3_5

42 . Joshi K.A., Kumthekar M.B., Ghodake V.P. Bacillus subtilis bacteria impregnation in concrete for enhancement in compressive strength // *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2016. Vol. 3. Issue 5. Pp. 1229–1234

43. Sarkar B.C., Sarkar M. Genetically modified Bacillus subtilis bacterial strain for self-healing and sustainable green bio-concrete // *Green Chemistry*. 2015. Vol. 5. Issue 3. P. 4172.

44 . Depaa R.A.B., Felix Kala T. Experimental investigation of self healing behavior of concrete using silica fume and ggbfs as mineral admixtures // *Indian Journal of Science and Technology*. 2015. Vol. 8. Issue 36. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i36/87644

45. Sakina Najmuddin Saifee, Divya Maheshbhai Lad, Jayesh Rameshbhai Juremalani. Critical appraisal on bacterial Concrete // *IJRDO-Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2015. Vol. 1. Issue 3. Pp. 10–14

46. Wang J., Snoeck D., Van Vlierberghe S., Verstraete W., De Belie N. Application

of hydrogel encapsulated carbonate precipitating bacteria for approaching a realistic self-healing in concrete // *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 68. Pp. 110–119. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.06.018

47. Feng X. Self-healing mechanism of a novel cementitious composite using microcapsules // *International Conference on Durability of Concrete Structures*. 2008. Pp. 195–204.

48. Mihashi H., Kaneko Y., Nishiwaki T., Otsuka K. Fundamental study on development of intelligent concrete characterized by self-healing capability for strength // *Concrete Research and Technology*. 2000. Vol. 11. Issue 2. Pp. 21–28. DOI: 10.3151/crt1990.11.2_21.

50. Van Tittelboom K., Wang J., Araújo M., Snoeck D., Gruyaert E., Debbaut B. et al. Comparison of different approaches for self-healing concrete in a large-scale lab test // *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 107. Pp. 125–137. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.12.186

51. Thao T.D.P., Johnson T.J.S., Tong Q.S., Dai P.S. Implementation of self-healing in concrete — Proof of concept // *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering*. 2009. Vol. 2. Issue 2. Pp. 116–125. DOI: 10.1080/19373260902843506

52. Han S., Choi E.K., Park W., Yi C., Chung N. Effectiveness of expanded clay as a bacteria carrier for self-healing concrete // *Applied Biological Chemistry*. 2019. Vol. 62. Issue 1. DOI: 10.1186/s13765-019-0426-4

53. Иноземцев С.С., Королев Е.В. Агрессивность эксплуатационных условий дорожно-климатических зон России // *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2019. № 3 (89). С. 22–26.

54. Inozemtcev S.S., Korolev E.V. Increasing the weathering resistance of asphalt by nanomodification // *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945. Pp. 147–157. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.147

55. Иноземцев С.С., Королев Е.В. Эксплуатационные свойства наномодифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонов // *Вестник МГСУ*. 2015. № 3. С. 29–39. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.3.29-39

56. Высоцкая М.А., Власова Е.А., Кузнецов Д.А., Курлыкина А.В., Шеховцова

С.Ю. Обзор состояния сегмента пропиточных материалов для покрытий автомобильных дорог // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 8. С. 6–12. DOI: 10.12737/article_5b6d5840311cc8.02258080

57. Меркулов В.В., Ибатов М.К., Измаилова Г.Г., Жаксыбаева Г.Ш., Мантлер С.Н. Применение модифицированной коксохимической смолы для обработки асфальтобетонных дорожных покрытий // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10–2. С. 267–270.

58. Муса С.С., Рудакова В.В. Перспективы применения дорожных битумных эмульсий // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2015. № 3 (5). 2015. С. 4.

59. Беляев Н.Н., Паневин Н.И. Новая роль пропиток // Автомобильные дороги. 2016. № 11. С. 82–86.

60. Шеховцова С.Ю., Королев Е.В. Обзор современного опыта использования реюнивателей для реверсинга асфальтобетонных покрытий // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 3 (36). С. 5–16.

61. Brownbridge J. The role of an asphalt rejuvenator in pavement preservation: use and need for asphalt rejuvenation // Compendium of Papers from the First International Conference on Pavement Preservation. Newport Beach CA, USA, 2010. Pp. 351–364.

62. Zaumanis M., Mallick R.B., Poulikakos L., Frank R. Influence of six rejuvenators on the performance properties of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) binder and 100% recycled asphalt mixtures // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 71. Pp. 538–550. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.08.073

63. Cong P., Wang J., Li K., Chen S. Physical and rheological properties of asphalt binders containing various antiaging agents // Fuel. 2012. Vol. 97. Pp. 678–684. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.02.028

64. Bergendahl J. Environmental effects of coal tar-based pavement rejuvenators. 2017. 76 p. Bergendahl J. Environmental effects of coal tar-based pavement rejuvenators. 2017. 76 p.

65. Zhang Y., van de Ven M.F.C., Molenaar A.A.A., Wu S.P. Assessment of effectiveness of rejuvenator on artificially aged porous asphalt concrete // Construction and Building Materials. 2016. Vol. 110. Pp. 286–292. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.042

66. Mazzoni G., Bocci E., Canestrari F. Influence of rejuvenators on bitumen ageing in hot recycled asphalt mixtures // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2018. Vol. 5. Issue 3. Pp. 157–168. DOI: 10.1016/j.jtte.2018.01.001
67. Xu G., Wang H., Sun W. Molecular dynamics study of rejuvenator effect on RAP binder: Diffusion behavior and molecular structure // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 158. Pp. 1046–1054. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.09.192
68. Moghaddam T.B., Baaj H. The use of rejuvenating agents in production of recycled hot mix asphalt: a systematic review // *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 114. Pp. 805–816.
69. Ongel A., Hugener M. Impact of rejuvenators on aging properties of bitumen // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 94. Pp. 467–474. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.030
70. Yu X.K., Zaumanisa M., Santos S.D., Poulidakos L.D. Rheological, microscopic, and chemical characterization of the rejuvenating effect on asphalt binders // *Fuel*. 2014. Vol. 135. Pp. 162–171. DOI: 10.1016/j.fuel.2014.06.038
71. Shen J., Amirkhanian S., Miller J.A. Effects of rejuvenating agents on superpave mixtures containing reclaimed asphalt pavement // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2007. Vol. 19. Issue 5. Pp. 376–384. DOI: 10.1061/(asce)0899-1561(2007)19:5(376)
72. Bhasin A., Palvadi S., Little D. Influence of aging and temperature on intrinsic healing of asphalt binders // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2011. Vol. 2207. Issue 1. Pp. 70–78. DOI: 10.3141/2207-10
73. Tang J., Liu Q., Wu Sh., Ye Q., Sun Y., Schlangenc E. Investigation of the optimal self-healing temperatures and healing time of asphalt binders // *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 113. Pp. 1029–1033. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.145
- 74 . Xie W., Castorena C., Wang Ch., Kim Y.R. A framework to characterize the healing potential of asphalt binder using the linear amplitude sweep test // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 154. Pp. 771–779. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.021
75. Tabaković A., Schlangen E. Self-healing technology for asphalt pavements // *Self-healing Materials*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. Pp. 285–306. DOI:

76. Fischer H. Self-repairing material systems — a dream or a reality? // *Natural Science*. 2010. Vol. 2. Issue 8. Pp. 873–901. DOI: 10.4236/ns.2010.28110

77. Qiu J., van de Ven M.F.C., Wu S., Yu J., Molenaar A.A.A. Investigating the self healing capability of bituminous binders // *Road Materials and Pavement Design*. 2009. Vol. 10. Issue sup1. Pp. 81–94. DOI: 10.1080/14680629.2009.9690237

78. Phillips M.C. Multi-step models for fatigue and healing, and binder properties involved in healing. Eurobitume workshop on performance related properties for bituminous binders, 1998. No. 115

79. Liu Q., Schlangen E., van de Ven M., García A. Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete // *Construction and Building Materials*. 2010. Vol. 24. Issue 7. Pp. 1207–1213. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2009.12.019

80. Tang J., Liu Q., Wu Sh., Ye Q., Sun Y., Schlangenc E. Investigation of the optimal self-healing temperatures and healing time of asphalt binders // *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 113. Pp. 1029–1033. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.145

81. Garcia A. Self-healing of open cracks in asphalt mastic // *Fuel*. 2012. Vol. 93. Pp. 264–272. DOI: 10.1016/j.fuel.2011.09.009

82. Sarsam S., Barakhas S.A. Influence of load repetitions and heating on micro crack healing of asphalt stabilized subgrade soil // *International Journal Materials Chemistry and Physics*. 2015. Vol. 1. Issue 3. Pp. 399–405

83. Xu Sh., García A., Su J., Liu Q., Tabaković A., Schlangen E. Self-healing asphalt review: from idea to practice // *Advanced Materials Interfaces*. 2018. Vol. 5. Issue 17. P. 1800536. DOI: 10.1002/admi.201800536

84. Su J.F., Wang Y.Y., Han N.X., Yang P., Han S. Experimental investigation and mechanism analysis of novel multi-self-healing behaviors of bitumen using microcapsules containing rejuvenator // *Construction and Building Material*. 2016. Vol. 106. Pp

85. Al-Mansoori T., Micaeloab R., Artamendi I., Norambuena-Contreras J., Garcia A. Microcapsules for self-healing of asphalt mixture without compromising mechanical performance // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 155. Pp. 1091–1100. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.137

86. Корячкина С.Я., Пригарина О.М. Научные основы производства продуктов питания: уч. пос. Орел : Госуниверситет УНПК, 2011. 376 с.

87. Tabaković A., Schlangen E. Self-healing technology for asphalt pavements // *Self-healing Materials*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. Pp. 285–306. DOI: 10.1007/12_2015_335

88. Fischer H. Self-repairing material systems — a dream or a reality? // *Natural Science*. 2010. Vol. 2. Issue 8. Pp. 873–901. DOI: 10.4236/ns.2010.28110

89. Qiu J., van de Ven M.F.C., Wu S., Yu J., Molenaar A.A.A. Investigating the self healing capability of bituminous binders // *Road Materials and Pavement Design*. 2009. Vol. 10. Issue sup1. Pp. 81–94. DOI: 10.1080/14680629.2009.9690237

90. Phillips M.C. Multi-step models for fatigue and healing, and binder properties involved in healing. Eurobitume workshop on performance related properties for bituminous binders, 1998. No. 115

91. Su J.F., Schlangen E., Qiu J. Design and construction of microcapsules containing rejuvenator for asphalt // *Powder Technology*. 2013. Vol. 235. Pp. 563–571. DOI: 10.1016/j.powtec.2012.11.013

92. Su J.F., Wang Y.Y., Han N.X., Yang P., Han S. Experimental investigation and mechanism analysis of novel multi-self-healing behaviors of bitumen using microcapsules containing rejuvenator // *Construction and Building Material*. 2016. Vol. 106. Pp

93. Xue B., Wang H., Pei J., Li R., Zhang J., Fan Z. Study on self-healing microcapsule containing rejuvenator for asphalt // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 135. Pp. 641–649. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.165

94. Al-Mansoori T., Micaeloab R., Artamendi I., Norambuena-Contreras J., Garcia A. Microcapsules for self-healing of asphalt mixture without compromising mechanical performance // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 155. Pp. 1091–1100. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.137

95. Корячкина С.Я., Пригарина О.М. Научные основы производства продуктов питания: уч. пос. Орел : Госуниверситет УНПК, 2011. 376 с.

96. Xu S., Tabaković A., Liua X., Schlangen E. Calcium alginate capsules encapsulating rejuvenator as healing system for asphalt mastic // *Construction and Building*

Materials. 2018. Vol. 169. Pp. 379–387. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.046

97. Al-Mansoori T., Norambuena-Contreras J., Garcia A. Effect of capsule addition and healing temperature on the self-healing potential of asphalt mixtures // Materials and Structures. 2018. Vol. 51. Issue 2. DOI: 10.1617/s11527-018-1172-5

98. Prajer M., Wu X., Garcia S.J., van der Zwaag S. Direct and indirect observation of multiple local healing events in successively loaded fibre reinforced polymer model composites using healing agent-filled compartmented fibres // Composites Science and Technology. 2015. Vol. 106. Pp. 127–133. DOI: 10.1016/j.compscitech.2014.11.013

99. Tabakovic A., Dirk B., van Gerwen M., Copuroglu O., Post W., Garcia S.J. et al. The compartmented alginate fibres optimisation for bitumen rejuvenator encapsulation // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2017. Vol. 4. Issue 4. Pp. 347–359. DOI: 10.1016/j.jtte.2017.01.004

100. Xu S., Tabakovic A., Liu X., Palin D., Schlangen E. Optimization of the calcium alginate capsules for self-healing asphalt // Applied Sciences. 2019. Vol. 9. Issue 3. P. 468. DOI: 10.3390/app9030468

101. Inozemtcev S.S., Korolev E.V. Technological features of production calcium-alginate microcapsules for self-healing asphalt // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 251. P. 01008. DOI: 10.1051/mateconf/201825101008.

102. Евдокимов Ю.М. Адгезия. От макро- и микроуровня к наносистемам. М. : Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2011. 208 с.

103. Jones, A.S., Rule, J.D., Moore, J.S., White, S.R. and Sottos, N.R. Chemistry of Materials, 2006, 18, 1312–17.

104. Bekas, D.G., Tsirka, K., Baltzis, D. et al. Self-healing materials: A review of advances in materials, evaluation, characterization and monitoring techniques. Composites Part B, 2016, № 87, pp. 92-119.

105 Yang, Y., Wei, Z.J., Wang, C.Y., Tong, Z. Versatile fabrication of nanocomposite microcapsules with controlled shell thickness and low permeability. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2013, no. 5, pp. 2495-2502.c.

106. Мікроклімат та його вплив на працездатність людини [Електронний ресурс] – режим доступу: [https://consumerhm.gov.ua/956-mikroklimat-ta-jogo-vpliv-na-](https://consumerhm.gov.ua/956-mikroklimat-ta-jogo-vpliv-na)

pratsezdatsnist-lyudini

107. Студентська бібліотека [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://buklib.net/books/35234/>

108. Забезпечення електротехнічної та пожежної безпеки у системі охорони праці [Електронний ресурс] – режим доступу: https://www.lnu.edu.ua/life-safety/wp-content/uploads/2018/10/OP-2018_Part-6.pdf

109. Необхідні засоби з охорони праці на виробництві [Електронний ресурс] – режим доступу: https://bmr.gov.ua/index.php?id=800000125&tx_news_pi1%5Bnews%5D=7408&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=cb807316f6df1c957b2cc70ca32b647d

110. Особливості безпеки праці під час будівельних робіт [Електронний ресурс] – режим доступу: https://pidru4niki.com/18540516/bzhd/osoblivosti_bezpeki_pratsi_pid_chas_budivelnih_robit

111. Вентиляція на кондиціонування повітря у робочій зоні виробничих приміщень [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://dsp.gov.ua/ventyliatsii-ta-kondytsiiuvannia-povitria-u-robochii-zoni-vyrobnychych-primishchen/>

112. Розрахунок системи кондиціонування [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://studfile.net/preview/5162828/page:3/>

113. Заходи нормалізації мікроклімату [Електронний ресурс] – режим доступу: https://life-prog.ru/2_32830_zahodi-normalizatsii-mikroklimatu-shumu-ta-vibratsii-virobnichih-primishchen-zasobi-zahistu.html.

114. Захист територій будинків [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/36.1.%20ДБН%20В.1.1-31~2013.%20Захист%20територій,%20будинків%20і%20сп.pdf>

115. Охорона середовища [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/Лекція-9.pdf> .<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/Лекція-9.pdf>

116. Оцінка впливу на навколишнє середовище [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://mcl.kiev.ua/uk/otsenka-vozdjstviya-na-okruzhayushhu-yu-sredu-ovd-pri-stroitelstve-avtomobilnyh-dorog/>

117. Про оцінку впливу на довкілля [Електронний ресурс] – режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>

118. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL:
<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення 7.04.2017).

119. Про затвердження Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України [Електронний ресурс] – режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1229-13#Text>