



ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВО АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Монографія

ОЛДІ
ПЛЮС

**Міністерство освіти і науки України
Національний авіаційний університет**

ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВО АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Монографія

За загальною редакцією Карпова В. В.

ОЛДІПІУС

2022

УДК 625.717

П11

Колектив авторів:

Агеєва Галина Миколаївна, *Гуртіна* Лілія Григорівна, *Дубик* Олександр Миколайович, *Карпов* Віктор Васильович, *Краюшкіна* Катерина Вікторівна, *Кушнір* Олександр Сергійович, *Лапенко* Олександр Іванович, *Павленко* Микола Васильович, *Родченко* Олександр Васильович, *Скрєбнева* Світлана Миколаївна, *Скрипченко* Олександра В'ячеславівна, *Степанчук* Олександр Васильович, *Тімкіна* Світлана Юріївна, *Химерик* Тетяна Юріївна, *Черевко* Людмила Миколаївна

Рецензенти:

О. І. Голоднов – д-р техн. наук, професор (Український інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського);

О. В. Нижник – д-р техн. наук, професор (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного авіаційного університету
Міністерства освіти і науки України
(протокол № 2 від 16 лютого 2022 року)

Проектування та будівництво аеродромних комплексів :
П11 монографія / За заг. ред. Карпова В. В. — Херсон : Олді+,
2022. — 336 с.

ISBN 978-966-289-620-6

У монографії викладено теоретичні та практичні основи проектування, будівництва аеродромних комплексів, а також науково-технічного супроводу цих робіт. Наводяться приклади складних науково-технічних задач розвитку аеродромів Києва, Одеси та Вінниці, вирішених науково-педагогічним персоналом факультету архітектури, будівництва та дизайну Національного авіаційного університету.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, зайнятих проектуванням і будівництвом аеродромів, а також для викладачів і здобувачів вищої освіти спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування», 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 193 «Геодезія та землеустрій».

УДК 625.717

ISBN 978-966-289-620-6

© Національний авіаційний університет, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1.	
ПРОЄКТУВАННЯ АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ	13
1.1. Інженерні вишукування для будівництва аеродромів	13
1.2. Вимоги до приаеродромної території	15
1.3. Елементи та розміри приаеродромної території	18
1.4. Просторово-планувальна організація земель аеропорту та аеродрому	20
1.5. Елементи аеродромів	25
1.5.1. Кодове позначення аеродромів	25
1.5.2. Льотні смуги	27
1.5.3. Руліжні доріжки	34
1.5.4. Площадки очікування, місця очікування біля ЗПС, проміжні місця очікування і місця очікування на маршруті руління	42
1.5.5. Перони, місця стоянки літаків і площадки спеціального призначення	44
1.5.6. Злітно-посадкові майданчики (ЗПМ) на аеродромах	50
1.5.7. Інженерне обладнання аеродромів цивільної авіації	51
1.5.8. Огорожа аеродрому	53
1.5.9. Вплив перспективи розвитку та характеристик нових повітряних суден на планування аеродромів	55
1.6. Вертикальне планування	56
1.7. Агротехнічні роботи	68
1.8. Маркування аеродромів	69
1.9. Перелік обов'язкових креслень проекту планування аеродрому	70
1.10. Ґрунтові основи	71
1.10.1. Загальні положення	71
1.10.2. Основи на набухаючих ґрунтах	85
1.10.3. Основи на просідних ґрунтах	86
1.10.4. Основи на торфах, заторфованих і слабих глинистих ґрунтах	88
1.10.5. Основи на засолених ґрунтах	89
1.10.6. Основи на ґрунтах, що здимаються	90
1.11. Аеродромні конструкції	91
1.11.1. Загальні відомості	91

1.11.2.	Вимоги до матеріалів для покриттів та штучних основ	92
1.11.3.	Області застосування аеродромних покриттів	94
1.11.4.	Матеріали для заповнення швів	95
1.11.5.	Стикові з'єднання в жорстких аеродромних покриттях	97
1.12.	Конструювання покриттів та штучних основ	99
1.12.1.	Основні положення розрахунку аеродромних покриттів	99
1.12.2.	Розрахунок жорстких аеродромних конструкцій	103
1.12.3.	Розрахунок нежорстких аеродромних конструкцій	110
1.12.4.	Розрахунок шарів посилення існуючих покриттів під час реконструкції аеродромів	114
1.12.5.	Розрахунок штучної основи під аеродромні покриття із матеріалів, оброблених в'язучим	120
1.12.6.	Розрахунок аеродромного покриття із застосуванням геосинтетичних матеріалів	120
1.12.7.	Розрахунок на міцність труб, що укладаються в шарах аеродромного покриття	128
1.12.8.	Особливості проектування аеродромних покриттів та основ у складних інженерно-геологічних умовах	130
1.12.9.	Розрахунок армування ґрунтової основи аеродромних покриттів георатками для підвищення коефіцієнта постелі	134
1.12.10.	Оцінка несучої спроможності аеродромних покриттів методом ACN/PCN	135
1.12.11.	Проектування нежорсткого покриття за допомогою програми FAARFIELD	141
1.12.12.	Проектування жорстких покриттів за допомогою програми FAARFIELD	143
1.12.13.	Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів за допомогою програмного комплексу «ЛИРА-САПР»	147
1.12.14.	Підходи до вдосконалення методів розрахунку та проектування жорстких аеродромних покриттів	159
1.13.	Водовідведення та дренаж аеродромів	168
1.13.1.	Загальні положення	168
1.13.2.	Гідравлічні розрахунки водовідвідних систем на аеродромах	169

1.13.3.	Особливості проектування водовідвідних систем	174
1.13.4.	Дренажні системи на аеродромах	181
1.13.5.	Розрахунок полімерних труб на міцність	183
1.13.6.	Розрахунок бетонних та залізобетонних труб на міцність	183
1.13.7.	Розрахунок керамічних труб на міцність	184
1.13.8.	Розрахунок на міцність дощеприймальних, тальвежних та оглядових колодязів	184
1.13.9.	Очищення поверхневих стоків з аеродромів	185
1.13.10.	Перелік основних креслень проекту водовідведення аеродрому	187
1.14.	Охорона навколишнього середовища	187
1.14.1.	Розміщення аеродромів відносно міст та населених пунктів	187
1.14.2.	Заходи з охорони навколишнього середовища	189
1.14.3.	Захист від впливу надвисоких радіочастот	191
1.14.4.	Захист від забруднення поверхневими стічними водами	192
1.15.	Інтеграція аеропорту до інфраструктури міського електричного, автомобільного та залізничного транспорту	193
1.16.	Запобігання ураженню електричним струмом в аеропортах шляхом екранування, поглинання та зменшення струму витоку	193

РОЗДІЛ 2.

БУДІВНИЦТВО АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ	195	
2.1.	Підготовчі роботи	195
2.2.	Земляні роботи	197
2.3.	Створення дернового покриття	201
2.4.	Влаштування системи водовідведення і дренажу	205
2.5.	Влаштування основ	208
2.5.1.	Влаштування основ із піщано-гравійних (щебенивих) сумішей	209
2.5.2.	Влаштування щебенивих основ методом розклинювання	209
2.5.3.	Влаштування щебенивих (гравійних) основ, оброблених на неповну глибину піщано-цементною сумішшю методом змішування	211

2.5.4.	Влаштування щебневих (гравійних) основ, оброблених на неповну глибину піщано-цементною сумішшю методом просочення (втиснення)	212
2.5.5.	Особливості виконання робіт у зимовий час	212
2.6.	Влаштування основ із ґрунтів, укріплених органічними і неорганічними в'язучими	213
2.6.1.	Виконання робіт при застосуванні неорганічних в'язучих	214
2.6.2.	Виконання робіт при застосуванні органічних в'язучих	216
2.7.	Влаштування основ із щебневих, гравійних і піщаних матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими	218
2.8.	Особливості виконання робіт при понижених і мінусових температурах повітря	219
2.9.	Влаштування шарів аеродромного одягу за технологією гарячого та холодного ресайклінгу	220
2.9.1.	Посилення існуючих покриттів	221
2.9.2.	Посилення асфальтобетонним тонкошаровим покриттям	222
2.9.3.	Посилення дисперсно-армованою цементною сумішшю	226
2.9.4.	Посилення комбінованим прошарком із геосинтетичної сітки і шару асфальтобетону	228
2.10.	Влаштування монолітних бетонних основ та монолітних бетонних, армобетонних і залізобетонних покриттів	232
2.10.1.	Приготування та транспортування бетонної суміші	232
2.10.2.	Установка копірних струн, рейко-форм та інвентарної опалубки	234
2.10.3.	Арматурні роботи	237
2.10.4.	Укладання бетонної суміші	239
2.10.5.	Догляд за бетоном	243
2.10.6.	Влаштування деформаційних швів	245
2.11.	Влаштування асфальтобетонних покриттів	257
2.11.1.	Приготування сумішей	257
2.11.2.	Укладання асфальтобетонних сумішей	258
2.12.	Влаштування покриттів і основ із щебеню способом просочення	261

2.13. Влаштування покриттів і основ із щебеню, обробленого бітумом в установці	264
2.14. Влаштування тонкошарових покриттів із литих асфальтобетонних сумішей	265
2.15. Застосування геосинтетичних матеріалів	266
2.16. Приймання виконаних робіт	275

РОЗДІЛ 3.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД	280
3.1. Зміст робіт з НТС об'єктів	281
3.2. Роботи з НТС на етапі проектування	281
3.3. Роботи з НТС на етапі будівництва, реконструкції, ремонтів	282
3.4. Роботи з НТС при експлуатаційному утриманні	283
3.5. Порядок виконання робіт	284
3.6. Джерела фінансування та розрахунки сторін	285
3.7. Використання результатів науково-технічного супроводу	286

ДОДАТКИ

Додаток А

Науково-технічний супровід «Обґрунтування зміни конструктивів штучної злітно-посадкової смуги та руліжної доріжки міжнародного аеропорту «Одеса» згідно з діючою нормативною базою»	287
--	-----

Додаток Б

Науково-технічний супровід будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця» на території Вінницької міської територіальної громади	303
---	-----

Додаток В

Науково-технічна робота: «Послуги з виготовлення передпроектних пропозицій по об'єкту «Реконструкція аеродрому Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) на проспекті Повітрофлотському, 79 у Солом'янському районі міста Києва»	309
---	-----

ЛІТЕРАТУРА

323

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БСБ	–	бічна смуга безпеки
ЗПС	–	злітно-посадкова смуга
ШЗПС	–	злітно-посадкова смуга зі штучним покриттям
ГЗПС	–	грунтова злітно-посадкова смуга
КЗБ	–	кінцева зона безпеки ЗПС
КСГ	–	кінцева смуга гальмування
КТА	–	контрольна точка аеродрому
ЛП	–	льотне поле
ЛС	–	льотна смуга
МС	–	місце стоянки
НДР	–	наявна дистанція розбігу
НДЗ	–	наявна дистанція зльоту
НДПЗ	–	наявна дистанція перерваного зльоту
НПД	–	наявна посадкова дистанція
ВМУ	–	опис візуальних метеорологічних умов
ПС	–	повітряне судно
РД	–	руліжна доріжка
АСN	–	класифікаційне число повітряного судна
АСR	–	класифікаційний параметр повітряного судна
РСN	–	класифікаційне число покриття
РСR	–	класифікаційний параметр покриття

ВСТУП

Україна із підписанням з Європейським Союзом 12 жовтня 2021 року Угоди про Спільний авіаційний простір доєдналася до Авіаційної стратегії ЄС. Метою Авіаційної стратегії Європейського Союзу є забезпечення надійного сполучення для пасажирів та підприємців за одночасної підтримки високих стандартів безпеки, чесної конкуренції, захисту навколишнього середовища та соціальних питань.

Угода про Спільний авіаційний простір – це «авіаційний безвіз». Вона замінить двосторонні авіаційні угоди держав-членів ЄС з Україною і створить Спільний авіаційний простір між Україною та ЄС. Україна поступово приводитиме своє авіаційне законодавство у відповідність до правил ЄС в таких сферах як безпека польотів, авіаційна безпека, управління повітряним рухом, економічне регулювання та навколишнє середовище. Угода також поступово забезпечить доступ до ринку в інтересах споживачів, надасть нові можливості для реалізації бізнесу європейськими та українськими компаніями та сформує справедливі і прозорі ринкові умови на основі чіткої нормативної бази. Це призведе до розширення географії польотів і вигідніших цін для пасажирів. Глобальне авіасполучення – це рушійна сила для розвитку торгівлі і туризму, що безпосередньо сприяє економічному зростанню і створенню робочих місць.

Успішна реалізація Угоди залежить від комплексного розв'язання проблем розвитку авіації та транспортної інфраструктури держави в цілому під час проведення робіт з будівництва, реконструкції та модернізації інфраструктури аеропортів.

Розвиток авіаційної техніки висуває нові вимоги до проектування та будівництва аеродромів. Це зумовлює необхідність постійного вдосконалення методів проектування, будівництва, ремонту, утримання та експлуатації. Значна частина аеродромів України була побудована у другій половині ХХ ст. Як наслідок, штучні покриття аеродромів мають високий рівень зносу.

Підвищення транспортного потенціалу та розвиток мережі регіональних аеропортів – ключові напрямки Державної цільової програми розвитку аеропортів України, прийнятої Урядом України 16 лютого 2016 року.

Метою Програми є задоволення потреб держави у забезпеченні стабільного розвитку авіаційної галузі, приведення інфраструктури авіаційного транспорту у відповідність з міжнародними стандартами, забезпечення набуття Україною статусу транзитної держави з урахуванням її унікального географічного розташування, підвищення ефективності управління державним майном.

Досягнення мети гарантується проведенням будівництва, реконструкції та модернізації аеродромів та аеродромних об'єктів (поверхні, призначені для посадки, зльоту, руху, стоянки повітряних суден, руху наземного транспорту на території аеродрому, ґрунтові елементи аеродрому, об'єкти обслуговування повітряного руху, засоби зв'язку, навігації та спостереження, візуальні засоби забезпечення польотів, об'єкти та засоби аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення, забезпечення авіаційної безпеки, метеорологічного обслуговування, електрозабезпечення аеродрому, споруди та мережі інженерних комунікацій, що забезпечують роботу аеродромних об'єктів).

До 2030 року планується проведення комплексних досліджень стану регіональних аеродромів з наступною їх модернізацією для експлуатації повітряних суден сучасних класів. Аеродромна мережа, яка добре функціонує дозволяє забезпечити розвиток економічного потенціалу країни.

Масштабність планів проектування та будівництва об'єктів інфраструктури авіаційного транспорту вимагають виконання наукових робіт з вивчення та поширення світового та вітчизняного досвіду розв'язання містобудівних, санітарно-гігієнічних, соціальних, екологічних, економічних завдань розвитку аеропортів та опрацювання нових нормативних документів, що відповідають нормам ЄС.

Особливості експлуатації аеродромів потребують розглядати їх як системоутворюючі об'єкти, що сприяють розвитку міських агломерацій. Просторово-планувальна організація аеродрому та приаеродромних територій залежить від розмірів площі маневрування та площі перонів і інтенсивності діяльності на ньому.

Існуюча мережа аеродромів цивільної авіації більшою мірою представлена штучними аеродромними покриттями. Основною перевагою такої конструкції покриттів є висока несуча здатність, що дозволяє забезпечити експлуатацію будь-яких типів літаків і значний ресурс, який до капітального ремонту становить 20 років. Враховуючи, що більшість аеродромів знаходяться в експлуатації більше 20 років, постає найбільш гостро питання підтримки технічного стану штучних покриттів. Невідповідність технічного стану аеродромного покриття встановленим нормам знижує безпеку польотів.

З метою виправлення ситуації запропоновані заходи, спрямовані на удосконалення технічного стану штучних покриттів існуючої мережі аеродромів. Згідно програми Президента України «Велике будівництво», до 2025 року намічено відновити штучні покриття на всіх аеродромах, які мають жорстке покриття.

Вирішення завдань забезпечення відповідності стану елементів аеродромів вимогам руху сучасних типів повітряних суден та продовження міжремонтних термінів служби нерозривно пов'язані з удосконаленням методів оцінки стану та резерву жорстких аеродромних конструкцій в процесі експлуатації. Науково-технічний супровід пов'язаний із систематичним спостереженням за умовами жорстких аеродромних конструкцій з метою контролю їх якості, оцінки відповідності проектним рішенням і нормативним вимогам, прогнозу фактичної несучої здатності і прогнозування на цій основі залишкового ресурсу споруди, прийняття обґрунтованих рішень про продовження строку безпечного користування.

Запропонована монографія має практичний характер та узагальнює існуючий досвід проектування, будівництва та реконструкції аеродромних комплексів і науково-технічного супроводу на усіх етапах їх життєвого циклу. До монографії включені результати теоретичних та експериментальних наукових досліджень; науково-технічного супроводу проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд аеропортів, аеродромних покриттів; результати проектування та будівництва аеродромних комплексів в Україні та за її межами.

Автори сподіваються, що монографія буде корисною широкому колу спеціалістів, причетних до проведення робіт із проектування, будівництва та науково-технічного супроводу складових та аеродромних комплексів в цілому, а також здобувачам першого, другого, третього рівнів вищої освіти спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування», 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 193 «Геодезія та землеустрій».

РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

1.1. Інженерні вишукування для будівництва аеродромів

Особливу роль для успішної розробки проекту аеродрому відіграють матеріали інженерних вишукувань, які виконуються відповідно до вимог ДБН А.2.1-1-2008.

Строки використання матеріалів усіх видів вишукувань (крім інженерно-геодезичних) без проведення додаткових або контрольних робіт становлять до 5 років за збереження цільового призначення вишукувань, а також за відсутності змін інженерно-геологічних умов території (ділянки). Після закінчення зазначеного строку обов'язковими є контрольні вишукування. Склад і обсяги контрольних вишукувань залежать від особливостей території, що вивчається, та мети цих вишукувань.

Строки використання матеріалів інженерно-геодезичних вишукувань становить 1 рік. Можливість використання матеріалів інженерно-геодезичних вишукувань минулих років вишуквальні організації визначають після обов'язкового польового обстеження території.

Якщо проектною документацією передбачається будівництво окремих елементів аеродрому та/або будівель і споруд службово-технічної території аеропорту, а також термінальних комплексів (пасажирських, вантажних, ангарних, бізнес-авіації, офіційних делегацій тощо), розміщених на різних ділянках, матеріали інженерно-геодезичного знімання для кожного об'єкта надаються в єдиній системі координат та висот, прийнятих для аеродрому.

Матеріали інженерно-геодезичних вишукувань надаються проектувальнику у вигляді інженерної цифрової моделі місцевості, що складається із двох компонентів – цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та цифрової моделі ситуації (ЦМС), про що обов'язково зазначається у завданні на виконання вишукувань.

Для виконання проектною документації для будівництва аеродрому на стадіях техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) та проект (П) використовується інженерно-геодезичні вишукування масштабів 1:5000 або 1:2000. Для розробки креслень робочої документації використовується знімання масштабу 1:1000. Для

креслень реконструкції існуючих елементів аеродрому або будівництва нових елементів на примиканні до існуючих покриттів використовується знімання масштабу 1:500. Зміст, точність, наповненість планів та перетин горизонталей по кожному масштабу знімання приймається відповідно до вимог основних положень інструкції з топографічного знімання та створення топографічних планів.

В матеріалах інженерної геології для проекту аеродрому повинні міститися результати геологічних, гідрогеологічних вишукувань, дані про кліматичні умови району будівництва, а також обстеження стану ґрунтової основи існуючих аеродромних покриттів, з обов'язковим визначенням:

- геологічної структури території будівництва, літологічного складу, потужності та межі залягання ґрунтових пластів;
- потужності, типу, механічного та хімічного складу, структури та агротехнічних властивостей рослинного ґрунту;
- рівня ґрунтових вод та верховодки і його коливання, гідравлічного зв'язку горизонтів підземних вод між собою та найближчими відкритими водоймами, хімічного складу та агресивності підземних вод до бетонів та арматури; можливості підтоплення території поверхневими водами;
- номенклатурних видів та основних фізико-механічних характеристик ґрунтів аеродрому для оцінки їх будівельних властивостей;
- наявності кар'єрів (резервів) мінерального ґрунту та його придатності для відсіпання у насип на аеродромі;
- дорожньо-кліматичного району розміщення ділянки будівництва;
- температурних режимів району (середньомісячної температури зовнішнього повітря найбільш холодного та найбільш жаркого місяця; середньої максимальної температури найбільш жаркого місяця; середнього з абсолютним максимумом температури повітря з врахуванням сумарної (прямої та розсіяної) сонячної радіації, що потрапляє опівдні (12-00 – 13-00) на горизонтальну поверхню при безхмарному

небі; середньої температури літніх місяців; середньомісячної температури повітря о 13 годині тощо);

- вітрового режиму;
- кількості, характеристик та закономірностей атмосферних опадів;
- глибини промерзання ґрунтів ділянки будівництва.

За потреби, у завданні на виконання інженерних вишукувань зазначається потреба у проведенні спеціальних видів вишукувань – агрохімічного обстеження ґрунтів, визначення гранично допустимої концентрації забруднювальних речовин, динамічного зондування тощо.

Відповідальність за якість інженерних вишукувань несе виконавець та замовник після прийняття виконаних робіт згідно діючого законодавства.

Для визначення розрахункових характеристик ґрунтів, які використовуються у якості природної основи аеродромних покриттів, а також матеріалів для конструювання штучних основ і покриттів елементів аеродрому в залежності від кліматичних умов розміщення конкретного аеродрому територія України поділена на кліматичні райони, для яких можливе застосування узагальнювальних показників умов роботи аеродромного одягу. Географічні межі, картографічний матеріал та описання районів наведені у Додатку Г ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги».

1.2. Вимоги до приаеродромної території

Відповідно до Повітряного кодексу України навколо аеродромів, вертодромів та постійних злітно-посадкових майданчиків визначається повітряний простір та місцевість, до якої встановлені спеціальні вимоги щодо розміщення різних об'єктів, а їх висота контролюється з урахуванням умов безпеки маневрування, зльоту та заходу на посадку повітряних суден.

Забезпечення безпеки польотів досягається шляхом встановлення поверхонь обмеження перешкод, за допомогою яких визначається допустима висота перешкод у повітряному просторі.

На приаеродромній території запроваджується особливий порядок здійснення діяльності, яка може вплинути на безпеку авіації та створити перешкоди для роботи наземних засобів зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів. До такої діяльності належать:

- будівництво;
- вибухові роботи;
- діяльність, що сприяє скупченню птахів;
- установлення радіовипромінювальних пристроїв;
- роботи, пов'язані з використанням лазерних пристроїв, що можуть випромінювати у повітряний простір;
- роботи, пов'язані із запуском ракет, метеорологічних радіозондів та куль-пілотів;
- діяльність, пов'язана з польотами літальних апаратів, з викидами диму та газів, що можуть погіршувати видимість у районі аеродрому;
- будівництво високовольтних повітряних ліній;
- висадка та вирощування дерев або зелених насаджень.

Визначення умов забудови (здійснення будівництва) та використання землі на приаеродромній території здійснюється під час розроблення та затвердження містобудівної документації відповідно до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» з урахуванням поверхонь обмеження перешкод, зон обмежень забудови щодо умов авіаційного шуму, захисних зон аеронавігаційного обладнання, а також обмежень, пов'язаних із заходом на посадку та зльотом ПС, використанням зон для виконання навчально-тренувальних та інших видів польотів.

Контролю на приаеродромній території підлягають:

- будівництво будівель, споруд, повітряних ліній зв'язку та електропередачі, вибухонебезпечних об'єктів, радіо випромінювальних пристроїв, а також залізничних колій, автомобільних шляхів, об'єктів, що сприяють масовому скупченню птахів, та інших об'єктів, наявність яких може погіршити умови, які забезпечують безпеку польотів;
- існуючі перешкоди, висота яких може перевищити допустимі норми;

- виконання обмежень використання приаеродромної території, стосовно місця розташування, висоти споруд, які будуються, будівельних кранів, їх маркування, світло огороження та інших вимог;
- стан маркування, світло огороження (їх відповідність діючим вимогам) існуючих перешкод.

Порядок погодження місця розташування та висоти об'єктів на при аеродромній території визначається постановою Кабінету Міністрів України від 06.12.2017 р. № 954 «Про затвердження Положення про використання повітряного простору України», наказом Міністерства інфраструктури України від 30.11.2012 р. № 721 «Про затвердження Порядку погодження місця розташування та висоти об'єктів на при аеродромних територіях та об'єктів, діяльність яких може вплинути на безпеку польотів і роботу радіотехнічних приладів цивільної авіації».

Погодження місця розташування та висоти об'єктів на приаеродромній території та об'єктів, діяльність яких може вплинути на безпеку польотів і роботу радіотехнічного обладнання цивільної авіації здійснює Державіаслужба України з урахуванням висновків експлуатанта аеродрому та провайдера аеронавігаційного обслуговування.

Погодженню підлягають місця розташування і висота таких об'єктів проектування, будівництва, реконструкції і технічного переобладнання:

- об'єктів, що перетинають поверхні обмеження перешкод аеродромів, вертодромів, постійних злітно-посадкових майданчиків;
- об'єктів заввишки 45 і більше метрів відносно контрольної точки аеродрому в радіусі 55 кілометрів;
- повітряних ліній електрозв'язку та електропостачання, вибухонебезпечних, радіотехнічних, світлотехнічних та інших об'єктів (залізничних колій, автомобільних шляхів, об'єктів з викидом відкритого полум'я, газів та диму, діяльність яких може призвести до погіршення видимості в районах аеродромів, тощо), які можуть створити загрозу безпеці повітряного руху або перешкоджати роботі аеродрому чи засобів

- зв'язку, навігації та спостереження (радіотехнічного забезпечення), незалежно від їх розміщення;
- об'єктів незалежно від їх розміщення заввишки 100 і більше метрів над землею поверхнею;
 - об'єктів, розташованих в межах смуг повітряних підходів.

1.3. Елементи та розміри приаеродромної території

На аеродромах цивільної авіації залежно від установлених схем польотів визначені наступні поверхні обмеження перешкод:

- зовнішня горизонтальна поверхня;
- конічна поверхня;
- внутрішня горизонтальна поверхня;
- поверхня заходу на посадку;
- внутрішня поверхня заходу на посадку (за приладами);
- перехідна поверхня;
- внутрішня перехідна поверхня;
- поверхня заходу на друге коло при перерваній посадці;
- поверхня набору висоти при зльоті.

Перешкоди, які перетинають поверхні обмеження перешкод, можуть впливати на збільшення абсолютної/відносної висоти прольоту перешкод при заході на посадку за приладами або візуальному польоті по колу (ОСА/ОСН), або впливати на розробку схем польотів.

Обстеження та виявлення перешкод на приаеродромній території виконується у межах зони обліку перешкод, яка являє собою коло радіусом 55 км з центром у КТА.

Об'єкти за межами поверхонь обмеження перешкод, висота яких становить 150 м та більше відносно рівня землі, підлягають маркуванню незалежно від місця їх розташування, якщо тільки за результатами аеронавігаційного дослідження не буде виявлено, що зазначені об'єкти не впливають на безпеку польотів.

Об'єкти, які не виступають за поверхню заходу на посадку чи зльоту, але впливають на роботу радіонавігаційних засобів, необхідно, наскільки це можливо, усувати.

Усі об'єкти у межах робочої площі аеродрому або у межах внутрішньої горизонтальної і конічної поверхонь, які за результатами проведеного авіаційного дослідження впливають на безпеку польотів ПС, необхідно, наскільки це можливо, усувати.

Всі дороги та автомагістралі вважаються перешкодою з об'єктами, що на 4,8 м перевищують відмітку верху проїзної частини дороги, за винятком службових доріг на аеродромі, де рух автотранспортних засобів контролюється аеродромними службами та координується аеродромно-диспетчерською вежею.

Залізниці, незалежно від інтенсивності руху, вважаються перешкодою з об'єктами, що на 5,4 м перевищують відмітку верхньої крайки рейок.

При аналізі можливості розширення та реконструкції існуючих цивільних аеродромів України, можна дійти висновку, що для більшості аеродромів не залишилося території, яка була зарезервована на перспективу їх розвитку ще в минулому столітті, але у зв'язку з тим, що авіаційна галузь донедавна була в дуже занедбаному стані, резервні землі аеропортів (аеродромів) не використовувалися та через зміну цільового призначення поступово відчужувалися на користь приватних землевласників для ведення різних видів господарювання. Ще гірша ситуація склалася, коли через постійну зміну містобудівної документації та детальних планів територій прилегли до аеродромів землі використовуються на потреби розбудови і розширення границь населених пунктів та промислових підприємств, незважаючи на в цілому негативний вплив авіаційного шуму і емісії авіаційних двигунів на навколишнє середовище.

Для обмеження висоти забудови у поверхні зльоту до нахилу даної поверхні застосовується параметричний метод нормування у будівництві – приймаються більш жорсткі вітчизняні вимоги, а саме:

- для ЗПС з кодовим номером 3 або 4 замість рекомендованого ІКАО нахилу поверхні зльоту 2% (Приложение 14, том 1, розділ 4, таблиця 4-2, рядок «Нахил», колонка 4) залишається існуючий нахил 1,6%;

- висота нових об'єктів, що розміщатимуться під поверхнею зльоту, замість рекомендованого ІКАО нахилу поверхні зльоту 1,6% (Приложение 14, том 1, розділ 4, п. 4.2.26) обмежується інформаційною поверхнею з нахилом 1,2% до висоти 100 м над перевищенням аеродрому.

Таке рішення виправдовується та обґрунтовується підвищенням рівня безпеки авіації, безпеки польотів, оптимізації використання повітряного простору України та убезпечення розміщених під поверхнями зльоту територій, в тому числі, житлової забудови населених пунктів, при можливих аварійних ситуаціях та зльоту ПС з відмовою одного із двигунів.

1.4. Просторово-планувальна організація земель аеропорту та аеродрому

Головними об'єктами просторово-планувальної організації під час проектування та будівництва аеродромів є землі аеродромів та при аеродромна територія.

Просторово-планувальна організація земель аеродрому є складовою генерального планування земель аеропорту.

Схема генерального плану аеропорту та/або аеродрому є концептуальним документом, що призначений та використовується для:

- проектування та/або розширення елементів та об'єктів аеродрому; будівель та споруд авіаційного та неавіаційного призначення аеропорту;
- розробки заходів по регулюванню землекористування в околицях аеропорту та/або аеродрому;
- визначення та оцінки впливів будівництва та експлуатації аеропорту та/або аеродрому на довкілля;
- встановлення вимог авіаційної безпеки та контроль доступу до контрольованої та неконтрольованої зон аеропорту та/або аеродрому;
- планування розвитку аеропорту та/або аеродрому на довгостроковий період;

- виявлення потенційних проблем та можливостей;
- обґрунтування отримання коштів на розширення, реконструкцію, оновлення, модернізацію тощо;
- переговорів між авіаційною адміністрацією і потенційними концесіонерами;
- підвищення зацікавленості та підтримки місцевого населення.

Генеральний план для розміщення елементів аеропорту та/або аеродрому розробляється в декілька етапів:

- прогнозування з визначенням пропускну́ї спроможності аеропорту на розрахунковий період та перспективу розвитку;
- планування контрольованої зони – аеродрому з об'єктами радіотехнічного забезпечення, світлосигнального обладнання, аварійно-рятувального забезпечення та інженерного обладнання;
- планування неконтрольованої зони – пасажирського терміналу, вантажного терміналу, сектору авіакомпаній, сектору сервісного обслуговування повітряних суден, складу паливомастильних матеріалів, експлуатаційних та допоміжних служб, сектору об'єктів інфраструктури аеропорту, сектору неавіаційної діяльності, відкритих стоянок та/або підземного паркінгу тощо.

На основі розмірів передбачених зон аеропорту та/або аеродрому визначається площа земельної ділянки, необхідної для розміщення об'єктів проектування.

За необхідності для створення концепції будівництва нових та/або реконструкції існуючих аеропортів/аеродромів відповідно до чинного законодавства України замовником залучаються консультанти, в тому числі й іноземні.

Схема генерального плану враховується при плануванні і забудові територій населених пунктів та територій між ними на державному, регіональному та місцевому рівнях.

Визначення потреб у землях для розміщення аеродромів/аеропортів; вибір, відвід та користування землями для розміщення аеродрому; зміна початкового призначення обраних земельних ділянок здійснюється у відповідності до Земельного кодексу

України, Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», Закону України «Про охорону земель», Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища».

Просторово-планувальна організація земель аеродрому та приаеродромної території регламентує вибір та планування земель аеропорту, особливості розміщення будівель, споруд та обладнання, зокрема, на при аеродромних територіях.

Розміри земельних ділянок для будівництва та експлуатації аеродромів повинні:

- забезпечувати просторове розташування та функціонування усіх складових аеродрому, об'єктів керування повітряним рухом, навігації, очисних споруд, внутрішніх аеропортових доріг;
- враховувати технологічні зв'язки зі службово-технічною територією та під'їзними дорогами.

Процедура визначення в містобудівних умовах та обмеженнях граничної висоти і планувальних обмежень забудови земельних ділянок на приаеродромній території та механізм взаємодії з цією метою між відповідним уповноваженим органом містобудування та архітектури та експлуатантом аеродрому, державіаслужбою та/або Міноборони України, регламентується Постановою Кабінету Міністрів України «Питання використання приаеродромної території» від 23 грудня 2021 року № 1427.

Складовими аеродромів є льотні смуги, злітно-посадкові смуги (ЗПС) зі штучним покриттям (ШЗПС) та (або) ґрунтові ЗПС, бічні та кінцеві смуги безпеки, система руліжних доріжок (РД), перони, місця стоянки (МС) повітряних суден (ПС), майданчики спеціального призначення.

При плануванні для спрощення визначення відповідності характеристик аеродромів до характеристик тих типів ПС, що призначені для експлуатації на даному аеродромі, використовується кодове позначення аеродромів.

На конфігурацію та розміри земель аеропорту впливають географічна орієнтація ЗПС, її призначення та кількості ЗПС з урахуванням:

- пропускної спроможності, особливостей вітрового навантаження та рельєфу;

- наявності висотних перешкод на приаеродромній території;
- лінійних розмірів та функціонально-технологічних зв'язків складових аеродрому;
- кліматичних, інженерно-геологічних, гідрологічних умов району будівництва.

Для попередньої оцінки можливості розміщення нового аеродрому за умов авіаційного шуму та впливу електромагнітного випромінювання при визначенні відстаней від огорожі льотного поля, трас прольоту літаків до межі існуючої або перспективної житлової забудови та зон масового відпочинку слід враховувати вимоги ДБН Б.2.2-12:2019 щодо забезпечення на цих територіях нормативних показників рівня відповідного забруднення.

Мінімальна відстань між межами летовища аеродрому і територією населених пунктів залежить від коду аеродрому, положення ЗПС аеродрому та трас польотів ПС відносно житлової забудови.

Зони обмеження забудови в околицях аеродрому із умов авіаційного шуму визначаються на основі оцінки шумового впливу на навколишнє середовище, яку виконують спеціалізовані організації за узгодженою в Україні методикою.

Зони обмеження висоти будівель, споруд, механізмів, обладнання тощо в околицях аеродрому визначаються виходячи із конфігурації та висоти поверхонь обмеження перешкод на приаеродромній території, які визначені для кожного існуючого аеродрому та розраховуються для нових аеродромів.

До транспортної мережі аеродрому слід включати дороги, рух якими контролюється аеродромними та диспетчерськими службами:

- під'їзні автомобільні дороги, які забезпечують зв'язок аеродрома з відокремленими ділянками розміщення об'єктів радіотехнічного забезпечення;
- службово-виробничі автомобільні дороги, які розташовані по периметру огороження і далі навколо аеродрому.

Автомобільні дороги повинні забезпечувати рух спецавтотранспорту, засобів механізації на аеродромі.

Категорію доріг та типи дорожнього одягу визначають у залежності від розрахункових параметрів навантаження транспортних засобів відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015.

Проектування службових автомобільних доріг на землях аеропорту та під'їзних доріг до аеропорту слід здійснювати відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015.

На аеродромі на основі нормативів з організації руху ПС, спецавтотранспорту та засобів механізації з урахуванням місцевих умов повинні бути розроблені:

- схема розташування й організації руху ПС, спецавтотранспорту та засобів механізації на аеродромі;
- схема під'їзду, від'їзду і маневрування спецмашин і механізмів при обслуговуванні ПС.

У випадках, коли будівництво нового або реконструкція існуючого аеродрому вимагає перетинання ЗПС та РД з автомобільної дорогою загального користування у двох рівнях, влаштування автомобільних тунелів повинно виконуватися з дотриманням Правил дорожнього руху, зокрема, вимог обмеження швидкості автівок, регулювання режимом руху (світлофор).

Кількісний склад та розміщення об'єктів керування ПС на аеродромі та відокремлених ділянках регламентується.

На стадії проектування та будівництва аеродромів повинні бути передбачені заходи, спрямовані на зниження рівня загроз, зокрема, несанкціонованих виїздів на ЗПС, некерованого руху в контрольованій та неконтрольованій зонах аеропорту, для попередження випадкового або зумисного доступу на робочу площу сторонніх осіб, а також тварин, які можуть створювати загрозу для ПС. Попереджувачі заходи передбачаються також і для відокремлених ділянок розміщення наземного обладнання та радіотехнічних засобів, що забезпечують безпеку польотів.

Межа між контрольованою і неконтрольованою зонами аеропорту повинна бути чітко визначена шляхом спорудження огорожі.

Огородженню підлягають склади паливно-мастильних матеріалів, склади різного призначення, аеродромні бази, авіаційно-технічні бази, спецавтобази та ремонтно-будівельні ділянки, стоянки

спецавтотранспорту, об'єкти КТР, радіонавігації та засоби посадки, а також оглядові колодязі, водопропускні та водовідвідні труби, оголовки, тунелі тощо.

Для попередження несанкціонованого виїзду на ЗПС, якщо це вказано в завданні на проєктування, на аеродромі може встановлюватися автономна система попередження (ARIWS).

1.5. Елементи аеродромів

1.5.1. Кодове позначення аеродромів

У складі проєкту аеродромного комплексу першочерговим завданням є визначення розмірів і конфігурації аеродрому та кількості його елементів.

Тип повітряного судна та інтенсивність його експлуатації є основою для планувальних рішень аеродрому. Для розрахунків ПС групуються у відповідності з їх класифікацією, дальністю польоту та максимальною злітною масою.

Льотно-технічні характеристики та геометричні розміри ПС, необхідні для проєктування як аеродромів в цілому, так і окремих його елементів, слід приймати згідно з керівництвом по льотній експлуатації конкретних типів ПС.

Функціональне призначення аеродромів та їх елементів зазначається у завданні на проєктування.

Проєкт планування аеродромного комплексу (як планового положення аеродрому, так і його вертикального планування) є основою всієї проєктно-кошторисної документації на будівництво.

На підставі планувальних рішень аеродрому визначається планове положення аварійно-рятувальної станції (АРС); курсових (КРМ) і глісадних (ГРМ) радіомаяків, метеобладнання та інших засобів зв'язку, навігації та спостереження (РТЗ); об'єктів світлосигнального обладнання (ССО) та освітлення перонів, МС та площадок спецпризначення, трансформаторних підстанцій; мереж водовідведення та очисних споруд; будівель та споруд службово-технічної території (СТТ) аеропорту, патрульної дороги та огорожі аеродрому тощо.

Від розмірів аеродрому залежить площа земельної ділянки, що відводиться у постійне користування і є основною складовою земель аеропорту. Наприклад, якщо площа землевідведення для аеродрому 4Е складає ≈ 255 га, то площа окремих ділянок для розміщення об'єктів РТЗ ≈ 32 га, площа СТТ – ≈ 66 га.

Від просторового положення аеродрому залежить і розміщення аеропорту. На основі плану аеродрому з усіма його складовими розробляється в подальшому схема генерального плану аеропорту.

Тому при виготовленні проектної документації планування аеродромного комплексу таку важливу роль відіграє особистість проектувальника, його професіоналізм, навички, вміння орієнтуватися в нормативній базі, аналізувати, раціонально та правильно застосовувати вимоги, стандарти і рекомендації.

Для класифікації аеродромів цивільної авіації застосовується кодове позначення, що складається із двох елементів, які відносяться до льотно-технічних характеристик та розмірів повітряного судна.

Елемент перший є номером, що базується на довжині ШЗПС у стандартних умовах, а елемент другий є літерою, що визначається розмахом крила (шириною) критичного ПС, для обслуговування якого призначені аеродромний комплекс, обладнання, будівлі та споруди аеродрому. Кодові номери та літери позначення аеродрому наведені в табл. 1.1 (див. с. 27).

У випадку, якщо аеродром обслуговує ПС з характеристиками, що перевищують сертифіковані характеристики даного аеродрому, виконується оцінка сумісності експлуатації цього ПС з аеродромною інфраструктурою та операціями, розробляються і впроваджуються заходи по забезпеченню належного рівня безпеки польотів.

Вибір напрямку та розміщення ЛС залежить від метеорологічних факторів, наявності перешкод на приаеродромній території, напрямку та розміщення ЛС сусідніх аеродромів, перспективи розвитку аеродрому, перспективи розвитку прилеглих до аеродрому населених пунктів, рельєфу місцевості, тощо.

Особливу увагу необхідно приділяти впливу авіаційного шуму в околицях аеродрому і вибрати напрямок осі ЛС поза межами

житлової та іншої чутливої до впливів шуму забудови з тим, щоб уникнути проблем від зашумлення у майбутньому.

Наявність на прилеглаї території промислових підприємств з викидами пилу та пари в повітря може погіршувати видимість в районі аеродрома.

Таблиця 1.1 – Кодове позначення аеродрома

Кодовий елемент 1	
Кодовий номер	Довжина ЗПС у стандартних умовах
1	менше 800 м
2	від 800 м до 1200 м, не включаючи 1200 м
3	від 1200 м до 1800 м, не включаючи 1800 м
4	1800 м та більше
Кодовий елемент 2	
Кодова літера	Розмах крила
A	до 15 м, але не включаючи 15 м
B	від 15 до 24 м, але не включаючи 24 м
C	від 24 до 36 м, але не включаючи 36 м
D	від 36 до 52 м, але не включаючи 52 м
E	від 52 до 65 м, але не включаючи 65 м
F	від 65 до 80 м, але не включаючи 80 м

Близьке до аеродрома розташування відкритої водної поверхні, лісових масивів, звалищ побутових відходів, відстійників очисних споруд та інших подібних об'єктів може призвести до скупчення зграй птахів, особливо крупних, зіткнення з якими під час виконання злітно-посадкових операцій може загрожувати безпеці ПС.

1.5.2. Льотні смуги

Кількість та напрямок ЗПС на аеродромі визначається за умови забезпечення коефіцієнту використання аеродрома повітряними суднами, для яких призначений аеродром, не менше 98%.

Якщо забезпечується коефіцієнт використання 98%, на аеродромі передбачається розміщення однієї ЗПС.

Якщо коефіцієнт використання менший за 98%, на аеродромі розміщується крім головної ще й допоміжна ЗПС під кутом,

який забезпечить сумарно нормативне значення коефіцієнта використання.

Пропускна спроможність ЗПС повинна забезпечувати проектну інтенсивність руху ПС на аеродромі. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається передбачати будівництво двох та більше ЗПС. Значення пропускної спроможності ЗПС або вказується у завданні на проектування, виходячи із пропускної спроможності аеропорту, або визначається для різних схем розміщення ЗПС відповідно до технічних вимог розділу 6.3 частини 1 «Руководства по проектированию аэропортов» (Дос 9184) та рекомендацій розділу С «Справочного руководства по развитию аэропортов».

При розміщенні на аеродромі двох паралельних ЗПС, відстані між ними визначаються в залежності від характеристик ПС, правил та процедур виконання польотів, обладнання аеродрому засобами інструментального заходу на посадку за приладами, тощо, відповідно до рекомендацій розділу 3 тому 1 «Приложения 14» [54].

У тих випадках, коли дві необладнані ЗПС призначені для одночасної експлуатації, мінімальна відстань між їх осьовими лініями повинна бути:

- 210 м, якщо більшим кодовим номером є 3 чи 4;
- 150 м, якщо більшим кодовим номером є 2;
- 120 м, якщо більшим кодовим номером є 1.

У тих випадках, коли паралельні обладнані ЗПС призначені для одночасної експлуатації в умовах, наведених в PANS-ATM (Дос 4444) [107] та томі I PANS-OPS (Дос 8168) [108], мінімальна відстань між їх осьовими лініями повинна бути:

- 1035 м для незалежних паралельних заходів на посадку;
- 915 м для залежних паралельних заходів на посадку;
- 760 м для незалежних паралельних вильотів;
- 760 м для роздільних паралельних операцій.

Виятковими є випадки, коли при виконанні роздільних паралельних операцій вищевказана мінімальна відстань:

- може скорочуватися на 30 м на кожні 150 м зміщення посадочного порогу ЗПС в напрямку прибуваючим ПС, до мінімального значення 300 м;

- повинна збільшуватися на 30 м на кожні 150 м зміщення посадочного порогу ЗПС в напрямку, протилежному прибуваючим ПС.

Також, при виконанні незалежних паралельних заходів на посадку, можуть застосовуватися поєднання мінімальних відстаней та відповідних умов, не вказаних в PANS-ATM (Doc 4444) [107], якщо встановлено, що застосування таких поєднань не призведе до негативних наслідків для безпеки польотів повітряних суден.

Відстань між осьовими лініями паралельних залежних ЗПС, коли одна із них обладнана, а інша необладнана, слід приймати не менше ніж 500 м.

Коефіцієнт використання необхідно розраховувати для середніх вітрів по 8 або 16 румбам з обробкою даних спостережень найближчої до аеродрому метеостанції за якомога довший період, але не менше 5 років та при швидкості бічної складової вітру не більше:

- 37 км/год для ПС, для яких довжина ШЗПС в стандартних умовах складає 1500 м та вище, за винятком випадків, коли за даними спостережень через низьку ефективність гальмування на ШЗПС через недостатньо високий коефіцієнт зчеплення, за величину бічної складової вітру слід приймати швидкість, що не перевищує 24 км/год;
- 24 км/год для ПС, для яких довжина ШЗПС в стандартних умовах складає від 1200 м до 1500 м (не включаючи);
- 19 км/год для ПС, для яких довжина ШЗПС в стандартних умовах складає менше 1200 м.

Ширина несучого покриття ШЗПС повинна бути не менше відповідної величини, вказаної в табл. 1.2 (див. с. 30).

Ширину ШЗПС при влаштуванні верхнього шару покриття із бетону та армобетону рекомендується приймати кратною ширині плити при умові її укладання механізованим способом, виключаючи наявність на ШЗПС ділянок покриття, що влаштовується засобами малої механізації та/або вручну. Виключенням є окремі ремонтні ділянки та ділянки влаштування залізобетонних монолітних плит над водовідвідними колекторами, що перетинають ШЗПС.

Таблиця 1.2 – Ширина ЗПС

Кодовий номер	Відстань між зовнішніми колесами основного шасі (OMGWS)			
	до 4,5 м, але не включаючи 4,5 м	від 4,5 м до 6 м, але не включаючи 6 м	від 6 м до 9 м, але не включаючи 9 м	від 9 м до 15 м, але не включаючи 15 м
1 ^a	18 м	18 м	23 м	–
2 ^a	23 м	23 м	30 м	–
3	30 м	30 м	30 м	45 м
4	–	–	45 м	45 м

Фактична довжина головної ЗПС визначається згідно з технічними вимогами, наведеними у частинах 3 та 4 частини 1 «Руководства по проектированию аэродромов» (Дос 9157). Вона повинна бути достатньою для типів ПС, що експлуатуються та складати не менше найбільшої довжини, визначеної з урахуванням поправок на місцеві умови до злітно-посадкових характеристик заявлених типів ПС.

Коли в кінці ЗПС передбачена кінцева смуга гальмування або смуга, вільна від перешкод, фактична довжина ЗПС може бути менше фактичної довжини, але необхідно враховувати експлуатаційні вимоги для зльоту і посадки ПС, для яких передбачена ЗПС.

Якщо на аеродромі відсутня з'єднувальна руліжна доріжка, що примикає до кінцевих ділянок ЗПС, то на кінцевій ділянці передбачається розширення для безпечного розвороту ПС на 180° з виїздом на вісь ЗПС (рис. 1.1, див. с. 31). Навколо площадки розвороту необхідно влаштувати бічні смуги безпеки шириною, що відповідає ширині бічних смуг безпеки РД в залежності від критичного типу ПС, для якого призначена ЗПС.

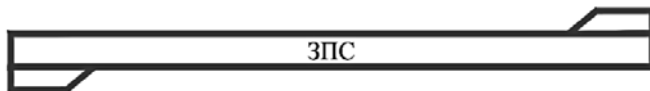
Біля кожного кінця льотної смуги слід передбачати кінцеві зони безпеки ЗПС:

- коли вказаний кодівий номер 3 або 4;
- коли вказаний кодівий номер 1 або 2 і ЗПС є обладною.

Кінцева зона безпеки ЗПС, за можливістю, повинна бути розташована біля кожного кінця ЛС у тих випадках коли вказаний кодівий номер 1 та 2 та ЗПС є необладною.

Кінцева зона безпеки ЗПС, простягається за межею ЛС на відстань не менше 90 м:

- коли вказаний кодовий номер 3 або 4;
- коли вказаний кодовий номер 1 або 2 і ЗПС є обладнаною.



Типова схема площадки розвороту для аеродрому без з'єднувальної РД

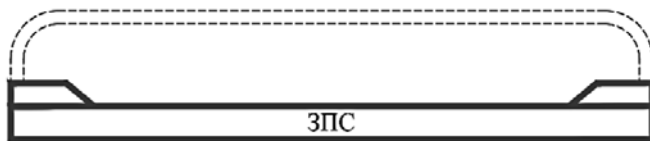


Схема площадки розвороту для аеродрому з перспективою з'єднувальної РД

Рисунок 1.1 – Схеми площадки розвороту на ЗПС

При наявності системи аварійного гальмування вказана вище довжина може бути зменшена при умові наявності відповідного обґрунтування.

Кінцева зона безпеки ЗПС, за можливості, розташовується за межею АС на відстань принаймні:

- 240 м, коли вказаний кодовий номер 3 або 4 або на меншу відстань в разі встановлення системи аварійного гальмування (рис. 1.2, див. с. 32);
- 120 м, коли вказаний кодовий номер 1 або 2 та ЗПС обладнана або на меншу відстань в разі встановлення системи аварійного гальмування;
- 30 м, коли вказаний кодовий номер 1 або 2 та ЗПС необладнана.

Ширина кінцевої зони безпеки ЗПС повинна принаймні в два рази перевищувати ширину пов'язаної з нею ЗПС. Розміри КЗБ наведені на рис. 1.2.

Ширина кінцевої зони безпеки ЗПС повинна, за можливості, відповідати ширині спланованої частини АС або загальній ширині АС.



Рисунок 1.2 – Кінцева зона безпеки ЗПС з кодовим номером 3 чи 4

У стислих умовах розміщення аеродрому, коли за умовами існуючого рельєфу неможливо спланувати поверхню ЛС повністю, слід передбачати (як мінімум) сплановану частину ЛС.

Спланована частина ЛС – це ділянка загальної ЛС, спланована на випадок викочування за межі ЗПС літаків тих типів, які її використовують. Для ЗПС, обладнаної для точного заходу на посадку, коли вказаний номер 3 або 4, розміри спланованої частини ЛС наведені на рис. 1.3.

Смуга, вільна від перешкод, повинна починатися від кінця наявної довжини розбігу.

Довжина смуги, вільної від перешкод, не повинна перевищувати половину наявної довжини розбігу.

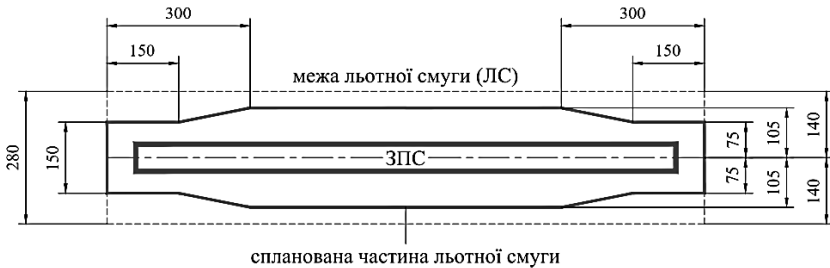


Рисунок 1.3 – Спланована частина ЛС, що включає ЗПС з кодовим номером 3 або 4, обладнану для точного заходу на посадку

Смуга, вільна від перешкод, простягається в кожну сторону від продовженої осьової лінії ЗПС на відстань як мінімум:

- 75 м для обладнаних ЗПС;
- рівну половині ширини льотної смуги для необладнаних ЗПС.

Оскільки для кінцевої смуги гальмування рекомендовано передбачати влаштування штучного покриття, питання спорудження КГС або збільшення довжини ЗПС у кожному конкретному випадку вирішується окремо. КСГ має ту ж ширину, що і ЗПС, до якої вона примикає.

Розміщення або відсутність на аеродромі смуг, вільних від перешкод, та КСГ впливає на розрахунок наявних дистанцій:

- наявна дистанція розбігу (НДР, TORA) – довжина ЗПС, яка є наявною і придатною для розбігу ПС, що виконує зліт;
- наявна дистанція зльоту (НДЗ, TODA) – сума наявної довжини розбігу (НДР) та довжини зони вільної від перешкод, якщо вона передбачена;
- наявна дистанція перерваного зльоту (НДПЗ, ASDA) – сума наявної дистанції розбігу і довжини кінцевої смуги гальмування, якщо вона передбачена;
- наявна посадкова дистанція (НПД, LDA) – довжина ЗПС, яка є наявною і придатною для пробігу ПС після посадки.

Робоча зона радіовисотоміра повинна встановлюватися перед порогом ЗПС, обладнаної для точного заходу на посадку.

Робоча зона радіовисотоміра повинна простягатися на відстань принаймні 300 м від порогу ЗПС.

Робоча зона радіовисотоміра повинна простягатись з кожного боку від продовження осьової лінії ЗПС на відстань 60 м, за виключенням випадків, коли у зв'язку з особливими обставинами ця відстань може бути зменшена до 30 м, якщо за результатами авіаційних досліджень, таке скорочення негативно не впливатиме на безпеку польотів ПС.

Перевірка висотоміра перед польотом зазвичай виконується на пероні, до отримання дозволу на руління.

1.5.3. Руліжні доріжки

Максимальна пропускна спроможність та ефективність аеродрома досягається виключно шляхом забезпечення балансу між потребами у ЗПС, пасажирськими та вантажними терміналами, перонами, місцями стоянки ПС та площадками спецпризначення. Ці функціональні елементи аеродрому з'єднує між собою система руліжних доріжок.

Система РД повинна бути запроєктована таким чином, щоб мінімізувати обмеження руху ПС з ЗПС по РД на інші елементи аеродрому. Система РД повинна забезпечувати безперешкодний, безперервний потік наземного руху ПС з максимальною практично можливою швидкістю та з мінімальним прискоренням або гальмуванням. Система РД повинна в першу чергу забезпечувати якнайшвидше звільнення ЗПС повітряними суднами після приземлення та виведення їх на ЗПС безпосередньо перед зльотом. Виконання цих вимог забезпечує експлуатацію РД і аеродрома в цілому з найвищими показниками безпеки та ефективності.

В залежності від функціонального призначення, на аеродромі передбачається одночасне або поетапне спорудження наступних типів РД:

- магістральна РД (МРД) – розміщена паралельно ЗПС та з'єднує обидва торця ЗПС з перонами, МС та площадками спецпризначення;
- з'єднувальні РД – розміщуються між ЗПС та МРД, між паралельними МРД, між МРД і перонами, МС та площадками спецпризначення;
- вивідні РД швидкісного сходу – розміщуються між ЗПС та МРД;
- перонні РД;
- смуга руління ПС на стоянку – розміщується на перонах, МС та площадках спецпризначення.

Планове розміщення всіх типів РД повинно виключати зустрічний рух ПС та спеціальних транспортних засобів та, по можливості, не перетинати критичну та чутливу зони глісадного і курсового радіомаяків та враховувати розміщення вогнів наближення світло-сигнального обладнання аеродрому.

Також, всі ділянки РД мають добре оглядатися з аеродромної диспетчерської вежі.

Вплив газоповітряних струменів авіадвигунів на зони, що примикають до РД, повинен бути зведений до мінімуму шляхом недопущення вивітрювання ґрунту і там, де необхідно захистити людей та/або будівлі, шляхом спорудження струменевідхиляючих щитів.

Якщо для аеродромів вказана кодова літера F, E та D, магістральну руліжну доріжку, яка з'єднає торці ЗПС з перонами, місцями стоянки ПС та площадками спецпризначення забороняється об'єднувати з перонами, МС та площадками.

РД проєктуються таким чином, щоб під час перебування кабіни екіпажу літака, для якого призначена РД, над маркуванням осьової лінії РД зовнішнє колесо основного шасі було віддалене від краю РД на відстань не менше зазначеного в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Мінімальне віддалення зовнішнього колеса від краю РД

	Відстань між зовнішніми колесами основного шасі (OMGWS)			
	до 4,5 м, але не включаючи 4,5 м	від 4,5 м до 6 м, але не включаючи 6 м	від 6 м до 9 м, але не включаючи 9 м	від 9 м до 15 м, але не включаючи 15 м
Мінімальне віддалення від краю РД	1,50 м	2,25 м	3 м ^{a, b} або 4 м ^c	4 м
<i>a</i> – на прямолінійних ділянках; <i>b</i> – на криволінійних ділянках, якщо РД призначена для використання ПС з базою колісного шасі менше 18 м; <i>c</i> – на криволінійних ділянках, якщо РД призначена для використання ПС з базою колісного шасі 18 м або більше				

Для прискорення виведення ПС на ЗПС та сходу ПС з ЗПС необхідно передбачати вивідні і вивідні РД, а при великій інтенсивності руху ПС необхідно споруджувати швидкісні вивідні РД.

Ширина прямолінійної ділянки РД повинна бути не менше вказаної у табл. 1.4 (див. с. 36).

З врахуванням ширини бетоноукладального комплексу для більш якісного укладання цементобетонного покриття без ділянок малої механізації, ширина РД на прямолінійних ділянках може або несуттєво зменшуватись (22,5 м замість 23 м), або

збільшуватись (30 м замість 23 м). Ширина РД з двома бічними смугами безпеки при цьому не може бути меншою за значення, вказані нижче.

На прямолінійних ділянках РД, коли вказана кодова літера С, D, E або F, необхідно влаштовувати бічні смуги безпеки з обох боків від РД таким чином, щоб загальна ширина РД з бічними смугами безпеки на прямолінійних ділянках була не менше:

- 44 м, коли вказана кодова літера F;
- 38 м, коли вказана кодова літера E;
- 34 м, коли вказана кодова літера D;
- 25 м, коли вказана кодова літера С.

Таблиця 1.4 – Мінімальна ширина РД

	Відстань між зовнішніми колесами основного шасі (OMGWS)			
	до 4,5 м, але не включаючи 4,5 м	від 4,5 м до 6 м, але не включаючи 6 м	від 6 м до 9 м, але не включаючи 9 м	від 9 м до 15 м, але не включаючи 15 м
Ширина РД	7,5 м	10,5 м	15 м	23 м
Примітка. Інструктивний матеріал щодо ширини РД, міститься в частині 2 «Руководства по проектированию аэродромов» (Doc 9157).				

Вздовж РД, коли вказана кодова літера В або А, влаштовуються укріплені вимощення шириною не більше 1,5 м.

У місцях повороту, примикання або перетину РД, де ділянки зі штучним покриттям мають більшу площу, ширина бічних смуг безпеки повинна бути не менше ширини бічних смуг безпеки вздовж суміжних прямолінійних ділянок РД.

Коли РД призначена для використання ПС з газотурбінними двигунами, поверхню бічних смуг безпеки РД слід підготувати таким чином, щоб запобігти ерозії та всмоктуванню матеріалу поверхні двигунами літаків.

Мінімальні розділові відстані між осью ліній РД та осью ліній ЗПС, осью ліній паралельної РД або нерухомою перешкодою повинні бути не менше значень, вказаних у табл. 1.5 (див. с. 37).

Таблиця 1.5 – Мінімальні розділові відстані РД

Кодова літера	Відстань між осью лінією РД та осью лінією ЗПС (м)								Від осьової лінії РД, до осьової лінії РД, (м)	Від осьової лінії РД, яка не є смугою руління на МС, до об'єкту (м)	Від осьової лінії смуги руління на МС до осьової лінії смуги руління на МС (м)	Від осьової лінії смуги руління на МС до об'єкту, м
	обладнані ЗПС. Кодовий номер				необладнані ЗПС. Кодовий номер							
	1	2	3	4	1	2	3	4				
A	77,5	77,5	–	–	37,5	47,5	–	–	23	15,5	19,5	12
B	82	82	152	–	42	52	87	-	32	20	28,5	16,5
C	88	88	158	158	48	58	93	93	44	26	40,5	22,5
D	–	–	166	166	–	–	101	101	63	37	59,5	33,5
E	–	–	172,5	172,5	–	–	107,5	107,5	76	43,5	72,5	40
F	–	–	180	180	–	–	115	115	91	51	87,5	47,5

Примітка 1. Відстані, наведені у колонках 2–9, застосовуються при звичайному поєднанні ЗПС і РД. Принципи розрахунку таких відстаней приводяться у частині 2 «Руководства по проектированию аэродромов» (Doc 9157).
Примітка 2. Вказані у колонках 2–9 значення не гарантують достатню безпечну відстань з боку хвостової частини ПС, що знаходиться на місці очікування, для проходження іншого ПС по паралельній РД. Рекомендації наведені в частині 2 «Руководства по проектированию аэродромов» (Doc 9157).

Захисна смуга РД повинна розміщуватися симетрично по обидві сторони від осьової лінії РД по всій довжині на ширину не менше відстані, вказаній у колонці 11 табл. 1.5.

Зменшення мінімальних розділових відстаней можливе, якщо за результатами авіаційних досліджень встановлено, що це не буде впливати на безпеку польотів ПС.

Зміна напрямку РД повинна мати місце якомога рідше і бути мінімальною. Радіуси поворотів повинні відповідати типам ПС, які експлуатують РД, та забезпечувати швидкість руління ПС по РД.

Повороти слід проектувати таким чином, щоб при знаходженні кабіни літака над маркуванням осьової лінії РД, відстань, на яку віддалене зовнішнє колесо основного шасі ПС від краю РД, було не менше відстаней, зазначених в табл. 1.3.

Для полегшення руху ПС у місцях примикання РД до ЗПС, перонів та інших РД, а також в місцях їх перетину слід передбачити розширення (рис. 1.4). Форма розширення або перетину повинна бути такою, щоб при проходженні ПС через місця примикання або перетину зберігалася мінімальне віддалення коліс від краю РД, вказане у табл. 1.3.

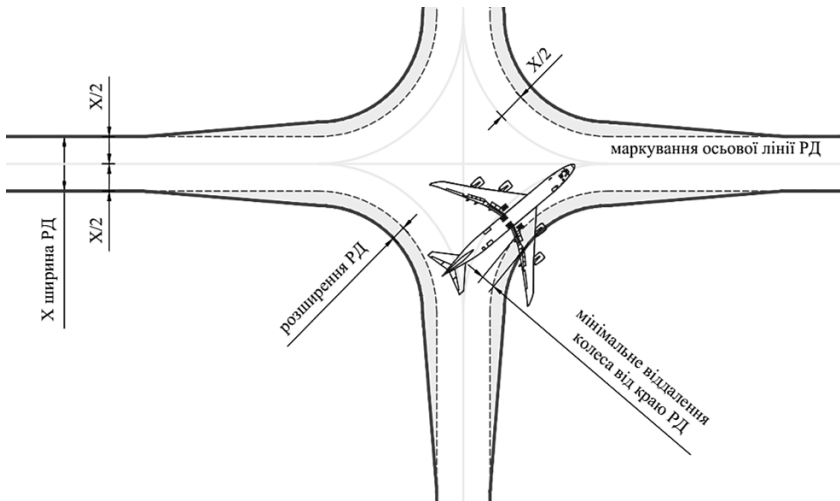


Рисунок 1.4 – Схема розширення РД

Для визначення планового положення швидкісних вивідних РД використовується методика «трьохділянок», яка базується на аналітичних висновках практичної експлуатації ПС та дозволяє встановити типові вимоги до відстані від посадкового порога ЗПС до точки повороту ПС на РД.

В залежності від швидкості перетину порогу ЗПС повітряні судна умовно поділяються на чотири групи:

- А – менше 169 км/год;
- В – від 169 км/год до 222 км/год;
- С – від 224 км/год до 259 км/год;
- D – від 261 км/год до 306 км/год.

Використовуючи даний метод можна визначити загальну відстань від посадкового порогу ЗПС до точки повороту з осі ЗПС на вісь РД. Загальна відстань являє собою суму трьох різних ділянок (рис. 1.5), які для кожної групи ПС розраховуються окремо:

S_1 – відстань від порогу до точки торкання основного шасі (ділянка вирівнювання);

S_2 – відстань від точки торкання основного шасі до переходу в установлену конфігурацію гальмування (ділянка переходу);

S_3 – відстань для уповільнення в нормальному режимі гальмування до досягнення номінальної швидкості повороту (ділянка гальмування).

На основі аналізу світового досвіду використання вивідних РД, спеціалізованою нарадою ІКАО по аеродромам, повітряним трасам і наземним засобам (1981 рік) було узагальнено сумарне використання швидкісних сходів в залежності від їх розміщення відносно посадкового порогу ЗПС. Дані зведені в табл. 1.6 (див. с. 40).

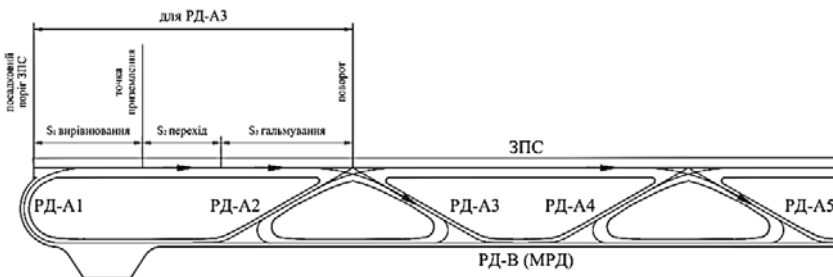


Рисунок 1.5 – Схема «трьох ділянок» для розрахунку вивідних РД та приклад найменування РД

Швидкісна вивідна РД повинна бути запроектована з радіусом повороту при сході принаймні:

- 550 м при кодовому номері 3 або 4;
- 275 м при кодовому номері 1 або 2;

для забезпечення в умовах мокрої поверхні покриття швидкостей сходу:

- 93 км/ч при кодовому номері 3 або 4;
- 65 км/ч при кодовому номері 1 або 2.

Таблиця 1.6 – Сумарне використання швидкісних сходів

Група ПС	Сумарне використання (в%) швидкісних сходів залежно від їх розміщення відносно посадочного порогу ЗПС (в метрах)						
	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100%
A	1170	1320	1440	1600	1950	2200	2900
B	1370	1480	1590	1770	2070	2300	3000
C	1740	1850	1970	2150	2340	2670	3100
D	2040	2190	2290	2480	2750	2950	4000

Кут перетину осі швидкісної вивідної РД з віссю ЗПС повинен знаходитися в діапазоні від 45° до 25° , оптимальною є величина 30° .

Радіус розширення внутрішньої сторони повороту на швидкісній вивідній РД повинен бути достатнім для забезпечення завчасного розпізнавання входу та повороту ПС на РД.

Швидкісна вивідна РД (рис. 1.6, див. с. 41) повинна включати прямолінійну ділянку після кривої повороту, достатню для того, щоб ПС при сході після повороту змогло повністю зупинитися, не заходячи в захисну смугу іншої РД. Довжина цієї ділянки повинна бути не менше наступних значень при куті перетину 30° :

- кодовий номер 1 або 2 – 35 м;
- кодовий номер 3 або 4 – 75 м.

При розміщенні аеродрому в стислих умовах існуючого рельєфу, ландшафту, забудови, тощо може виникнути необхідність будівництва РД на мосту над іншими трасами наземних транспортних споруд – автомобільними дорогами, залізницями, каналами, або над відкритим водним простором – річкою, морською затокою. Мости в таких випадках слід проектувати таким чином, щоб мостові конструкції не створювали труднощів та небезпеки для руління ПС та забезпечували вільний доступ аварійно-рятувальних розрахунків

та медичної допомоги до ПС при можливих аварійних ситуаціях. Міцність, розміри та безпечні розділові відстані конструкцій повинні сприяти необмеженій цілодобовій експлуатації ПС в будь-яких метеорологічних умовах на протязі року та можливості технічного обслуговування та очищення РД.

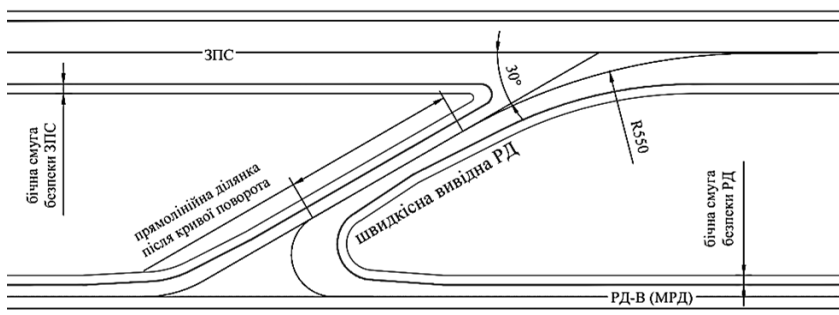


Рисунок 1.6 – Схема швидкісної вивідної РД

Перпендикулярна осьовій лінії РД ширина ділянки мосту, що може забезпечити опорну поверхню для літаків, встановлюється не менше ширини спланованої ділянки смуги, передбаченої для цієї РД, за винятком випадків, коли використовується перевірений метод бічного обмеження, що не представляє небезпеки для літаків, для яких призначена дана руліжна доріжка.

У виключних випадках, коли по мосту проходить РД з поворотом, на внутрішній стороні РД треба передбачати додаткове розширення.

Якщо тип ПС, що використовують аеродром, чітко не визначений, ширина мосту визначається більш високою кодовою літерою. Це убезпечить експлуатацію РД на перспективу, без додаткових надмірних витрат на розширення мостових конструкцій за потреби експлуатації більших ПС.

На відміну від наземних РД, руліжна доріжка на мосту споруджується із боковими смугами безпеки та захисними смугами РД, які мають конструкцію, аналогічну несучій.

Міст слід будувати на прямій ділянці РД, з прямою ділянкою на обох кінцях мосту для полегшення вирівнювання ПС, що наближаються до мосту.

Довжина прямої ділянки на підході до мосту повинна бути не менше:

- 15 м для кодової літери А;
- 20 м для кодової літери В;
- 50 м для кодової літери С, D або Е;
- 70 м для кодової літери F.

Слід зазначити, що нові типи ПС можуть мати ширину бази 35 м і більше, що вимагатиме довжину прямолінійної ділянки більше 70 м.

1.5.4. Площини очікування, місця очікування біля ЗПС, проміжні місця очікування і місця очікування на маршруті руління

При середній або значній інтенсивності руху на аеродромі слід передбачати обхідні шляхи для очікування ПС, які за непередбачуваним збігом обставин або планово не можуть завершити операцію зльоту та/або руління.

Основними типами обхідних шляхів є:

- площини очікування;
- подвійні РД;
- подвійні РД при вході на ЗПС.

Для конкретного аеродрому найкращий вибір одного або декількох типів залежить від геометричних розмірів існуючої системи ЗПС/РД та інтенсивності руху ПС.

Розділові відстані для всіх типів обхідних шляхів приймаються аналогічно до розділових відстаней РД.

Обхідні шляхи дозволяють:

- відтермінувати виліт деяких ПС у зв'язку з непередбачуваними обставинами, не затримуючи наступні ПС (додаткове завантаження в останню мить, перевірка та/або заміна обладнання, тощо);
- виконати передполітну перевірку висотоміра ПС, регулювання і програмування бортових навігаційних систем, якщо цього не довелося зробити на пероні;

- випробувати поршньові двигуни ПС;
- використати їх в якості контрольної точки VOR на аеродромі.

Місце або місця очікування біля ЗПС встановлюють на РД, на перетині РД та ЗПС і на перетині ЗПС з іншою ЗПС, коли перша ЗПС є частиною стандартного маршруту руління.

Місце очікування біля ЗПС встановлюється на РД в тому випадку, якщо її розташування або орієнтація такі, що ПС або транспортні засоби, які рулять, можуть перетнути поверхні обмеження перешкод або створити перешкоди роботі радіонавігаційних засобів.

Проміжне місце очікування слід встановлювати на РД в будь-якій точці, яка не є місцем очікування біля ЗПС.

Місце очікування на маршруті руління встановлюється на перетині маршруту руління із ЗПС.

Відстань між площадкою очікування, місцем очікування біля ЗПС, встановленим на перетині РД та ЗПС або місцем очікування на маршруті руління та осью лінією ЗПС повинна відповідати значенням табл. 1.7, а для ЗПС обладнаної для точного заходу на посадку відстань повинна бути такою, щоб ПС або транспортні засоби не перешкождали роботі радіонавігаційних засобів або не перетинали внутрішню перехідну поверхню.

Розташування місця очікування біля ЗПС повинне бути таким, щоб ПС або транспортний засіб, які знаходяться на ньому, не порушували зону, вільну від перешкод, поверхню заходу на посадку, поверхню набору висоти при зльоті або критичну зону ILS/MLS та не створювали перешкод роботі радіонавігаційних засобів.

Таблиця 1.7 – Мінімальна відстань від осьової лінії ЗПС до площадки очікування, місця очікування у ЗПС або місця очікування на маршруті руху

Тип ЗПС	Кодовий номер ЗПС			
	1	2	3	4
Необладнана ЗПС	30 м	40 м	75 м	75 м
ЗПС неточного заходу на посадку	40 м	40 м	75 м	75 м
ЗПС точного заходу на посадку по категорії I	60 м	60 м	90 м	90 м
ЗПС точного заходу на посадку по категоріях II та III	–	–	90 м	90 м
ЗПС для зльоту	30 м	40 м	75 м	75 м

1.5.5. Перони, місця стоянки літаків і площадки спеціального призначення

За функціональним призначенням місця стоянки ПС на аеродромі поділяються на:

- перон пасажирського терміналу;
- перон вантажного терміналу;
- місця зберігання ПС;
- ізоляційне МС;
- МС для обробки ПС протикриговою рідиною;
- площадка очікування;
- перон офіційних делегацій;
- перон авіації спецпризначення;
- перони авіації загального призначення – транзитний перон, перон авіакомпанії;
- перед ангарний перон;
- перон для технічного обслуговування ПС;
- площадка мийки ПС;
- площадка гонки авіадвигунів;
- площадка для усунення девіації тощо.

Планувальні рішення перонів, МС та площадок спецпризначення повинні повністю відповідати концепції терміналу, ангара, будівлі авіаційно-технічної бази та іншим об'ємним аеродромним спорудам, до яких вони примикають і навпаки, зазначені будівлі мають відповідати плануванню перонів, МС та площадок.

При проектуванні пасажирських перонів необхідно враховувати методи посадки пасажирів у літак, вид посадкових трапів, їх рухомих частин та стаціонарних конструкцій, розміри транспортних засобів для доставки пасажирів та бортових трапів ПС, засобів обслуговування ПС, можливості транзитного проїзду аеродромного автотранспорту між пероном та терміналом без заїзду на службові дороги на пероні, розміщення щогл освітлення перону та іншого стаціонарного обладнання.

При проектуванні вантажних перонів враховуються всі ті ж самі фактори, що і для пасажирських перонів, враховуючи те, що обслуговувати потрібно не пасажирів, а вантажі.

Планувальні рішення інших типів перонів, МС та площадок спецпризначення визначаються технологічними процесами, що відбуваються на даних об'єктах.

Кількість місць стоянки ПС на перонах повинна забезпечувати достатню пропускну спроможність для обслуговування руху на аеродромі при максимальній розрахунковій інтенсивності. Є різні методики розрахунку, ІСАО рекомендує наступні підходи.

Кількість місць стоянки ПС біля пасажирського терміналу повинно відповідати об'єму обслуговування пасажирів в годину пік для усереднених показників протягом одного дня в місяць з максимальними перевезеннями.

Період максимальної кількості вантажних перевезень значно перевищує одну годину, але менше одного дня. Тому вантажний перон повинен обслуговувати середню кількість вантажних ПС в день протягом місяця найбільшої активності.

Інші типи перонів та МС повинні мати достатню кількість місць стоянки для обслуговування ПС при відповідних пікових періодах активності.

Слід зазначити, що при плануванні перонів необхідно передбачати почергове будівництво, виділяючи зони їх поступового розширення для задоволення зростаючого попиту, а не будувати всю площу одразу.

Площадки спецпризначення, як правило, передбачають облаштування одного місця стоянки найбільшого типу ПС, яке обслуговується на конкретному аеродромі.

У завданні на проектування повинно бути вказано про необхідність виконання розрахунків кількості стоянок, або зазначена їх необхідна кількість.

Розміри перонів, МС та площадок спецпризначення повинні забезпечувати:

- розміщення розрахункової кількості ПС та їх безпечне маневрування як на тязі власних двигунів, так і при транспортуванні за допомогою буксирувальників;
- достатню кількість службових доріг для проїзду автотранспортних засобів та засобів перонної механізації, а також місце їх розміщення та зберігання;

- оснащення місць стоянки заземлюючими пристроями, якірними кріпленнями (за потреби, для легких ПС), шумозахисними щитами та іншим необхідним стаціонарним обладнанням;
- щогл освітлення можливість їх обслуговування;
- можливість механізованого очищення покриття;
- можливість перспективного розширення.

Місце стоянки повинне забезпечувати наступні мінімальні безпечні відстані між ПС, що зарулює на нього або вирулює з нього, ПС та будь-якою розташованою поряд будівлею, ПС на іншому місці стоянки і іншими об'єктами. Ці значення мінімальні і можуть бути збільшені проєктувальником для забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування ПС на перонах (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Мінімальні безпечні відстані між ПС на місці стоянки

Кодова літера	Безпечна відстань
A	3,0 м
B	3,0 м
C	4,5 м
D	7,5 м
E	7,5 м
F	7,5 м

Розміщення смуг руління ПС на стоянку та перонних РД повинно забезпечувати мінімальні безпечні відстані між осьювою лінією цих РД та об'єктом на пероні (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Мінімальні безпечні відстані між осьювою лінією смуг руління ПС на стоянку і перонних РД та об'єктом на пероні

Кодова літера	Осьова лінія смуги руління ПС на стоянку – об'єкт	Осьова лінія перонної РД – об'єкт
A	12,0 м	15,5 м
B	16,5 м	20,0 м
C	22,5 м	26,0 м
D	33,5 м	37,0 м
E	40,0 м	43,5 м
F	47,5 м	51,0 м

При розміщенні ПС на перонах, МС та площадках спецпризначення перевага віддається маневруванню ПС на тязі власних двигунів. При проектуванні тупикових стоянок – перед терміналами, ангарами, тощо – передбачається установка ПС на місце стоянки на тязі власних двигунів, вирулювання за допомогою буксирвальників хвостом вперед.

Відповідно до концепції терміналів, ангарів, інших будівель та споруд, до яких примикає перон, ПС можуть розміщуватися перед ними поздовжньою віссю перпендикулярно фасаду, під кутом або паралельно фасаду.

Розміщення ПС перед будівлями та спорудами повинно передбачати службові проїзди між ПС та будівлею чи спорудою. Ширина двосторонніх службових доріг на перонах за рекомендаціями ІАТА має бути мінімум 10 м, оптимально – 12 м та залежить від типів автотранспортних засобів, для яких призначені дороги. Ширина односторонніх проїздів відповідно від 5 м до 6 м. Але, в будь-якому випадку, ширина двосторонніх доріг має бути не менше 7 м, односторонніх – 3,5 м.

Службові проїзди на пероні, МС та площадках спецпризначення переважно мають бути двосторонніми, кільцевими навколо групи ПС; окремими типами перонів, МС та площадок спецпризначення; по можливості, не перетинати пероні РД та не допускати зустрічного руху. Між окремими місцями стоянки ПС можуть передбачатися наскрізні односторонні проїзди.

Розмір місця стоянки визначається таким чином, щоб маркувальна лінія зони обслуговування ПС проходила не ближче 4,5 м від проекції крайнього елемента хвоста та не ближче 2 м від крайніх точок крила та носа літака.

Геометричні розміри місць стоянки відповідно до кодової літери ПС за рекомендаціями ІАТА мають бути не менше вказаних в табл. 1.10 (див. с. 48).

Вздовж кромки перонів, МС та площадок спецпризначення, на ділянках, де відсутні перонні РД, необхідно передбачати укріплені вимощення шириною не більше 1,5 м та ґрунтові узбіччя шириною не менше 10 м.

Вздовж кромek перонних РД влаштовуються такі ж смуги безпеки та смуги РД, як і на звичайних РД.

Таблиця 1.10 – Рекомендовані розміри місця стоянки

Кодова літера	Розмах крил, м	Ширина службового проїзду до носа ПС для буксирування хвостом вперед, м	Глибина стоянки, м	Ширина службового проїзду до носа ПС для буксирування хвостом вперед та зона розширення галереї терміналу, м	Ширина галереї терміналу, м
B	до 24	20	30	30	25–35
C	до 36	20	45	30	25–35
D	до 52	20	55	30	25–35
E	до 65	20	80	30	25–35
F	до 80	20	85	30	25–35

При проектуванні вантажних перонів, крім зазначених вище вимог, повинно враховуватися наступне:

- вантажний перон має бути продовженням вантажного терміналу;
- вантажний перон має забезпечувати достатню площу зберігання та маневрування обладнання наземного обслуговування вантажних ПС;
- перспективу збільшення вантажопотоку має забезпечувати можливість розширення вантажного перону;
- на кожному місці стоянки ПС має бути передбачена прилегла зона складування для обладнання, необхідного для навантаження та транспортування засобів пакетування вантажу;
- навколо зовнішніх меж вантажного перону та/або між службовою дорогою контрольованої зони та вантажним пероном повинна бути передбачена зона паркування навантажувально-розвантажувального обладнання;
- освітлення вантажного перону має бути достатнім для прочитання вантажних документів та маркування вантажу на місці стоянки ПС, при цьому освітлення не має негативно впливати на видимість пілотів при рулінні (не засліплювати).

Переважною схемою установки ПС на місце стоянки вантажного перону має бути схема зарулювання на тязі власних двигунів – відбуксирування з стоянки.

Місця стоянки на вантажному пероні мають бути передбачені універсальними.

Для захисту працівників, будівель та мобільного вантажопідйомного обладнання в місцях газування ПС повинні бути встановлені шумозахисні щити.

На аеродромі передбачається ізольоване місце стоянки (ІМС) або виділяється існуюча ділянка, придатна для стоянки ПС, про яке відомо або припускається, що воно зазнало незаконного втручання, або яке необхідно по інших причинах ізолювати та виключити із звичайної діяльності аеродрома.

ІМС необхідно розміщувати якомога далі, ні в якому разі не ближче 100 м від інших МС, будівель, суспільних місць, тощо. ІМС також не слід розміщувати над підземними газосховищами, газо- та гасопроводами, колекторами, станціями паливо-мастильних матеріалів, електрокабелями та кабелями зв'язку та іншими інженерними мережами.

При проектуванні зони протикригової обробки ПС основна увага приділяється забезпеченню безпеки та ефективності експлуатації ПС.

Зона протиожеледного захисту ПС повинна розміщуватись або на МС, або на визначених віддалених майданчиках вздовж РД, яка виводить на ЗПС, за умови, що на них влаштована дренажна система для збору та безпечної утилізації зайвої протиожеледної рідини для попередження забруднення ґрунтових вод. Необхідно також враховувати вплив обсягів повітряного руху та кількість злітно-посадкових операцій ПС.

Віддалена зона протиожеледного захисту повинна розташовуватися за межами поверхонь обмеження перешкод, не створювати перешкоди роботі радіонавігаційних засобів та повністю проглядатися з аеродромного диспетчерського пункту для видачі дозволу обробленому літаку для руління та зльоту.

Віддалена зона протиожеледного захисту повинна розташовуватися таким чином, щоб забезпечувався прискорений потік руху

з можливістю обходу і не потрібно було виконання незвичайних маневрів для зарулювання на площадку і виїзду з неї.

Розмір площадки протижеледного захисту ПС повинен відповідати розміру місця стоянки найбільшого ПС, яке експлуатується на аеродромі, при цьому з кожного боку ПС повинно бути не менше 3,8 м відкритого простору з штучним покриттям для пересування засобів протижеледного захисту.

Необхідну кількість площадок протижеледного захисту ПС визначають з урахуванням метеоумов, типу ПС, методу обробки, типу обладнання для протикригової обробки та частоти злітно-посадкових операцій ПС.

Площадки мийки ПС, перед ангарну, доводочних робіт, усунення девіації передбачаються на аеродромах, де базуються авіакомпанії. Розміщення площадок рекомендується приймати відповідно до проєктів авіаційно-технічних баз аеропортів.

Площадки для запуску та випробовування авіадвигунів являють собою окремі місця стоянки на шляху руління від перону до ЗПС та оснащені стаціонарним або пересувним обладнанням для захисту від шуму.

1.5.6. Злітно-посадкові майданчики (ЗПМ) на аеродромах

При розміщенні ЗПМ на аеродромах доцільно виділяти окремий сектор та виключати, по можливості руління вертольотів вздовж ПС, що стоять на перонах, МС та площадках.

Відстань між межею льотної смуги аеродрому та границею ЗПМ повинно бути не менше ніж 100 м.

Віддалення ЗПМ чи МС вертольотів від МС літаків чи ПС, яке рулить по РД, повинно бути не менше 50 м.

Всі вказані відстані повинні бути уточнені розрахунками з врахуванням рози вітрів та швидкості повітряного потоку, утвореного несучим гвинтом вертольота, за умови, щоб сумарна швидкість вітру, перпендикулярного ЗПС аеродрому не перевищувала бічну швидкість вітру, дозволена для всіх типів ПС, що експлуатуються на аеродромі.

1.5.7. Інженерне обладнання аеродромів цивільної авіації

До складу інженерного обладнання цивільних аеродромів включаються наступні об'єкти:

- засоби аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення;
- засоби зв'язку, навігації та спостереження (радіотехнічного забезпечення);
- світлосигнальне обладнання та електричні системи;
- засоби освітлення перонів, МС та площадок спецпризначення;
- стаціонарні пристрої та засоби для технічного обслуговування ПС;
- струменевідхиляючі щити;
- заземлюючі пристрої;
- якірні кріплення;
- водовідвідні та дренажні системи;
- візуальні аеронавігаційні засоби (вказівники, маркування, вогні, знаки, маркери, загороджувальні вогні);
- огорожа аеродрому.

Розміщення стаціонарного обладнання не повинно перешкоджати обслуговуванню ПС пересувними засобами та не заважати руху повітряних суден і наземної техніки.

В робочій зоні телескопічного трапу з рухомою опорою розміщення стаціонарного обладнання не допускається.

На перонах, МС та площадках спецпризначення для захисту від статичного струму та забезпечення безпеки виконання робіт по обслуговуванню ПС (заправка паливом, запуск силових установок, тощо) необхідно передбачати стаціонарні заземлюючі пристрої.

На МС відкритого (безангарного) зберігання легких ПС та площадках доводочних робіт необхідно передбачати якірні кріплення для попередження зміщення та пошкодження літаків під впливом вітрових навантажень або зусиль, що виникають при випробовуванні авіадвигунів. В залежності від ПС вибір типу кріплення, розрахункові навантаження та схеми і способи кріплення приймати згідно з «Наставлением по аэродромной службе в гражданской авиации».

При розміщенні щогл освітлення необхідно враховувати вимоги до обмеження висоти перешкод на приаеродромній території та нормативні розділові відстані від елементів аеродрома та ПС до щогл. Крім загального освітлення об'єктів, слід передбачати місцеве освітлення від пересувних освітлювальних установок, а також аварійне освітлення.

Струменевідхиляючі та шумозахисні щити встановлюються для захисту літаків, наземної техніки, будівель та споруд, а також людей від впливу газоповітряних струменів авіадвигунів, зниження рівня шуму та запилення території аеродрома.

Якщо це не обумовлено функціями, пов'язаними з аеронавігаційним забезпеченням, ніяке обладнання або установка не розташовується:

- на льотній смузі, у кінцевій зоні безпеки, на руліжній смузі або в межах відстаней, вказаних у колонці 11 таблиці 1.5, якщо це створює небезпеку для повітряного судна;
- на смузі, вільній від перешкод, якщо це створює небезпеку для повітряного судна, яке знаходиться у повітрі.

Будь-яке обладнання або установка, необхідні для аеронавігаційного забезпечення, які повинні розміщуватися:

- на тій частині льотної смуги, яка знаходиться в межах 75 м від осьової лінії ЗПС з кодovими номером 3 або 4, 45 м від осьової лінії ЗПС з кодovими номером 1 або 2;
- у кінцевій зоні безпеки, на руліжній смузі або в межах відстаней, вказаних у табл. 1.5;
- на смузі, вільній від перешкод, якщо це створює небезпеку для повітряного судна, яке знаходиться у повітрі, є ламкими та встановлюються якомога нижче.

Інструктивний матеріал щодо розміщення навігаційних засобів, міститься у частині 6 «Руководства по проектированию аэродромов» (Дос 9157).

Будь-яке обладнання або установка, окрім необхідного для аеронавігаційного забезпечення, не розташовується в межах 240 м від кінця льотної смуги та в межах:

- 60 м від продовження осьової лінії ЗПС з кодovим номером 3 або 4;

- 45 м від продовження осьової лінії ЗПС з кодовим номером 1 або 2, обладнаної для точного заходу на посадку по категоріям I, II або III.

Будь-яке обладнання або установка, які необхідні для аеронавігаційного забезпечення та повинні розташовуватися на льотній смузі або поблизу цієї смуги ЗПС, обладнаної для точного заходу на посадку по категоріям I, II або III, та які:

- розташовуються в межах 240 м від кінця смуги або в межах 60 м від продовження осьової лінії ЗПС з кодовим номером 3 або 4; 45 м від продовження осьової лінії ЗПС з кодовим номером 1 або 2;
- виступають за межі внутрішньої поверхні заходу на посадку, внутрішньої перехідної поверхні або поверхні заходу на друге коло при перерваному заході на посадку,
- є ламкими та встановлюються якомога нижче.

1.5.8. Огорожа аеродрому

Територія аеродрому повинна бути огорожена по периметру для забезпечення безпеки зльоту, посадки та руління повітряного судна, збереження обладнання аеродрому від пошкодження та для запобігання несанкціонованого доступу до контрольованої зони транспортних засобів, людей і тварин. Межа між контрольованою і неконтрольованою зонами аеродрому повинна бути чітко визначена шляхом спорудження огорожі. Контрольована зона аеродрому повинна мати безперервне огороження по периметру льотного поля з включенням до неї зон робочих секторів курсових та глісадних радіомаяків.

Огорожа повинна мати відповідну висоту, міцність, достатню для того, щоб на неї було важко збиратися, не допускала прогиначь, була виключена можливість проникнення осіб під огорожу. Огорожа розміщується таким чином, щоб вона перешкождала вільному перекиданню пристроїв або речовин, що можуть використовуватись для скоєння актів незаконного втручання та інших протиправних посягань як на повітряне судно, так і на територію поблизу нього.

Ступінь захисту, який забезпечується огорожею, залежить від її висоти, конструкції, матеріалу, з якого вона виготовлена, а так само додаткових засобів забезпечення безпеки, що використовуються для підвищення надійності і ефективності, таких, як колючого дроту зверху огорожі. Перевага віддається прозорим, а не глухим огорожам, оскільки вони дають можливість здійснювати спостереження за простором, що знаходиться з зовнішньої сторони захищеної зони. Прозорі огорожі можуть виготовлятися із зв'язаних між собою ланок металевих листів, сталевих стрижнів або зварної сітки. Для спорудження огорожі застосовуються залізобетонні плити, вертикальні металеві стержні, металева сітка, колючий дріт, неметалеві матеріали, комбінована система з вищевказаних елементів.

Огорожа зверху обладнується козирками у відповідності з пред'явленими вимогами. Для створення додаткових перешкод можливим порушникам, зверху огорожі встановлюється 3–5 рядів колючого дроту, який утримується за допомогою кутових консолей з нахилом у сторону можливого проникнення, а також можуть встановлюватись концентричні смуги з колючого дроту.

Загальна висота захисної огорожі з врахуванням декількох рядів колючого дроту повинна бути не менш ніж 2,44 метри. Мінімальна висота огорожі може бути не менше 2,13 метра від поверхні землі для аеродромів, розташованих на відкритих територіях.

Глибина протипідкопного захисту повинна бути не менше 50 см від поверхні планування.

Вибраний тип огорожі повинен бути сумісний з рельєфом навколишньої місцевості. Уздовж огорожі з внутрішнього її боку влаштовується патрульна дорога шириною від 3,5 м для проїзду автомобілів служби охорони периметру, а з зовнішнього боку – передбачається захисна смуга вільна від перешкод, шириною 3 м, яка включається до земель аеродрому (землевідведення).

Огородженню підлягають склади різного призначення, в тому числі ПММ, аеродромні бази, АТБ, спецавтобази та ремонтно-будівельні ділянки, стоянки спецавтотранспорту, об'єкти ОПР, радіонавігації та засоби посадки.

Аеродроми з кодовим номером 1 (злітно-посадкові майданчики), відведені для польотів авіації загального призначення повинні мати по периметру визначені (помітні та зрозумілі) межі території із попереджувальними знаками. Під час виконання польотів на таких аеродромах (злітно-посадкових майданчиках) авіації загального призначення, необхідно виділяти відповідні людські ресурси для запобігання несанкціонованому доступу до зазначеної території транспортних засобів, людей і тварин. Огородженню підлягають не тільки місця стоянки ПС, а також приміщення та інші будівлі, де зберігається майно та засоби обслуговування польотів та авіаційної техніки.

Встановлені в аеропорту огорожі та інші бар'єри необхідно оснащувати системою охоронного освітлення території з обох сторін огорожі або бар'єру, зокрема, у місцях проходу та системою охоронної сигналізації. За необхідності, якщо це зазначено в завданні на проектування, додатково вздовж огорожі влаштовується система відеонагляду.

1.5.9. Вплив перспективи розвитку та характеристик нових повітряних суден на планування аеродромів

На початку проектування нового аеродромного комплексу та/або реконструкції існуючого вкрай важливо на основі узагальнення світового досвіду враховувати появу нових типів ПС, які за габаритами та навантаженнями переважатимуть існуючі, стандартів та рекомендованої практики ICAO та IATA до проектування та експлуатації аеродромів.

Після аналізу можливості модернізації та розширення існуючих аеродромів для забезпечення безпечної експлуатації ПС нового покоління, визначити сумісність існуючої інфраструктури аеродрому з експлуатацією нових типів літаків, навантаження та фізичні характеристики яких перевищують сертифіковані характеристики аеродрому, необхідно за правилами, наведеними в «Правилах аеронавігаційного обслуговування (PANS)» Doc 9981.

Інформація про тенденції розвитку та характеристики ПС для цілей планування аеродромів можуть бути отримані у виробника.

Для цілей перспективного планування ІСАО рекомендує використовувати наступні характеристики майбутніх ПС:

- розмах крила – до 90 м;
- відстань між зовнішніми колесами основного шасі – до 20 м;
- довжина – 80 м і більше;
- висота хвоста – до 24 м;
- максимальна вага – 650 000 кг і більше.

Головним завданням проектувальника є необхідність забезпечення нормативних розділових відстаней, що застосовуються відповідно до всіх елементів аеродрому – ЗПС, РД та перонів – для безпечної експлуатації ПС нового покоління. У випадку неможливості їх забезпечення, необхідно провести авіаційне дослідження для введення можливих експлуатаційних обмежень для збереження заявленого рівня безпеки на аеродромі. Стосовно зростаючих навантажень від ПС на існуючі аеродромні покриття – для них виконується оцінка можливості експлуатації з перевантаженням.

1.6. Вертикальне планування

Головне завдання проекту організації рельєфу аеродрому полягає в тому, щоб надати поверхні планування такого нахилу, при якому поверхневі стоки збиралися та швидко відводилися за межі аеродромних покриттів, льотної смуги, смуг безпеки руліжних доріжок, критичних та чуттєвих зон ILS у понижені точки планування, а далі на очисні споруди.

В основі проектування вертикального планування аеродрому лежать наступні принципи, які необхідно виконувати:

- безпека та зручність виконання злітно-посадкових операцій;
- комплексний підхід до рішення вертикального планування, конструкцій штучних покриттів, системи водовідведення, дренажу та агротехнічних заходів;
- економічність проектних рішень.

Основа для виконання проекту вертикального планування аеродрому – це матеріали інженерно-геодезичних вишукувань

у вигляді інженерної цифрової моделі місцевості – цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та цифрової моделі ситуації (ЦМС).

Крок проектування по аеродрому (відстань між точками зміни ухилу) приймається не більше 30 м.

Процес планування аеродрому починається з вертикального планування штучних покриттів. Поверхню аеродромних покриттів проєктують як сполучення окремих нахилених в просторі площин, на відміну від проектування автодоріг. Поздовжні та поперечні ухили аеродромних покриттів ЗПС, РД, перонів та площадок спецпризначення необхідно приймати відповідно до вимог, наведених нижче.

В будь-якому випадку, для забезпечення надійного поверхневого водовідведення на аеродромних покриттях бажано уникати ділянок з поздовжніми ухилами меншими ніж 0,3%. За неможливості виконання умови, наприклад в місцях, де поздовжній ухил міняється на протилежний, протяжність ділянок з мінімальними ухилами повинна бути якомога меншою.

Друга причина скорочення довжини ділянок з мінімальними ухилами полягає в тому, що готові елементи закритої лінійної системи водовідведення влаштовуються без ухилу, з горизонтальною поверхнею дна і стік води з них забезпечується тільки за рахунок ухилу аеродромного покриття, вздовж якого вони розміщуються. При мінімальних ухилах покриття необхідно збільшувати пропускну спроможність лотків за рахунок збільшення їх розмірів або виготовлення індивідуальних елементів з ухилом по дну, що при високій вартості лотків призводить до значного зростання ціни водовідвідної системи в цілому.

Третьою причиною є необхідність забезпечення швидкого відведення поверхневих стоків від аеродромних покриттів шляхом надання ґрунтовим поверхням ЛС та смуг РД достатніх значень поздовжніх ухилів в залежності від виду ґрунтів – від 0,5% до 0,7%. Перейти від нульового поздовжнього ухилу аеродромного покриття до нормативних ухилів ґрунтових лотків без ділянок з такими ж мінімальними ухилами є потенційно проблематичним завданням.

Величина зміни ухилів (зламу) суміжних поверхонь аеродрома визначається співвідношенням кроку проектування (S , м) до радіуса кривизни вертикальної кривої (R , м):

$$\Delta_{i, max} = \frac{S}{R}. \quad (1.1)$$

У випадку, якщо зміни напрямку ухилів неминучі, величина зламу двох суміжних поверхонь штучних покриттів не повинна перевищувати:

- 1,5% для ЗПС, коли вказаний кодовий номер 3 або 4;
- 2% для ЗПС, коли вказаний кодовий номер 1 або 2.

При застосуванні хвилеподібного профілю (в місцях переходу через тальвеги та водорозділи) відстань між двома суміжними переломами поздовжніх ухилів ЗПС L , м повинна задовольняти вимозі:

$$L = R \times (\Delta_1 + \Delta_2), \quad (1.2)$$

де Δ_1 та Δ_2 – алгебраїчна різниця поздовжніх ухилів в суміжних переломах ділянок ЗПС.

Середній поздовжній ухил, що визначається як відношення різниці між максимальною і мінімальною відмітками осьової лінії ЗПС до довжини ЗПС, не повинен перевищувати:

- 1%, коли вказаний кодовий номер 3 або 4,
- 2%, коли вказаний кодовий номер 1 або 2.

Поздовжній ухил будь-якої частини ЗПС не повинен перевищувати:

- 1,25% для середньої частини ЗПС, коли вказаний кодовий номер 4;
- 0,8% для першої та останньої чверті довжини ЗПС, коли вказаний кодовий номер 4;
- 1,5% для середньої частини ЗПС, коли вказаний кодовий номер 3;
- 0,8% для першої та останньої чверті довжини ЗПС, коли вказаний кодовий номер 3, обладнаної для точного заходу на посадку за II та III категорією;
- 2%, коли вказаний кодовий номер 1 або 2.

Поздовжній ухил на кінцевих ділянках ЗПС (на першій і останній чверті довжини) повинні бути одного напрямку – тільки висхідні, або тільки низхідні.

Зміна ухилу на суміжних ділянках повинна здійснюватися по криволінійній поверхні з показником зміни (зламу поверхні) що не перевищує:

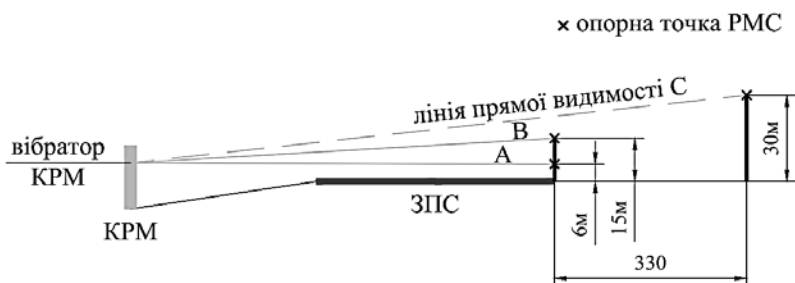
- 0,1% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 30 000 м), коли вказаний кодовий номер 4;
- 0,15% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 20 000 м), коли вказаний кодовий номер 3;
- 0,3% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 10 000 м), коли вказаний кодовий номер 2;
- 0,4% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 7500 м), коли вказаний кодовий номер 1.

У випадку, коли зміни ухилів неможливо уникнути, вони повинні забезпечувати повну видимість з:

- будь-якої точки, розташованої на висоті 3 м над ЗПС, до всіх інших точок, що знаходяться на висоті 3 м над ЗПС, на відстані, яка складає, принаймні, половину довжини ЗПС, коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- будь-якої точки, розташованої на висоті 2 м над ЗПС, до всіх інших точок, що знаходяться на висоті 2 м над ЗПС, на відстані, яка складає, принаймні, половину довжини ЗПС, коли вказана кодова літера В;
- будь-якої точки, розташованої на висоті 1,5 м над ЗПС, до всіх інших точок, що знаходяться на висоті 1,5 м над ЗПС, на відстані, яка складає, принаймні, половину довжини ЗПС, коли вказана кодова літера А.

Поздовжній профіль ЗПС повинен забезпечувати видимість антени курсового радіомаяка з опорної точки РМС в залежності від його категорії.

Якщо виробником обладнання не вказано інше, пряма видимість перед антеною КРМ повинна відповідати значенням, наведеним на рис. 1.7 (див. с. 60).



- для КРМ I та II категорії забезпечується пряма видимість по лінії В
- для КРМ III категорії забезпечується пряма видимість по лінії А
- для КРМ I категорії на існуючих аеродромах забезпечується пряма видимість по лінії С,
за неможливості забезпечити по місцевим умовам - по лінії В

Рисунок 1.7 – Побудова лінії прямої видимості перед антеною КРМ

Слід уникати хвилястих поверхонь або значних змін ухилів, які розташовані близько один від іншого уздовж ЗПС. Відстань між точками перетину двох послідовних викривлень має бути не менше:

- суми абсолютних числових значень відповідних змін ухилу, помноженої на наступні відповідні значення мінімального радіуса вертикальної кривої:
 - 30 000 м, коли вказаний кодівий номер 4;
 - 20 000 м, коли вказаний кодівий номер 3;
 - 10 000 м, коли вказаний кодівий номер 2;
 - 7500 м, коли вказаний кодівий номер 1.

З метою забезпечення стоку води з поверхні, ЗПС повинна мати, по можливості, симетричний двосхилий поперечний профіль. Як виключення, допускається односхилий поперечний профіль ЗПС у випадку, коли ухил її поверхні співпадає з напрямком вітру, який найчастіше буває під час дощу, що пришвидшує стікання води.

Поперечний ухил повинен складати:

- 1,5 %, коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 2 %, коли вказана кодова літера А або В;

але у будь-якому випадку не повинен перевищувати відповідно 1,5% або 2%, а також не повинен бути менше 1%, за винятком місць перетинів з іншими ЗПС або РД, де зміну ухилів необхідно передбачити плавно з врахуванням забезпечення стоку води.

Поперечний ухил повинен бути незмінним по всій довжині ЗПС, крім перетину з іншою ЗПС або РД, де зміну ухилів необхідно передбачити плавно з врахуванням забезпечення стоку води.

Поздовжні та поперечні ухили площадок розвороту на ЗПС повинні бути такими, як і на ЗПС, до якої вони примикають, та забезпечувати швидкий стік води.

Поперечні ухили бічних смуг безпеки ЗПС та площадок розвороту на ЗПС повинні бути не менше поперечного ухилу покриття ЗПС, до якого вони примикають. У виключних випадках, вони можуть зменшуватись з врахуванням планування вузлів перетину та примикання декількох елементів аеродрома, але в будь-якому випадку, не повинні бути менші ніж 0,7%.

На КСГ нема потреби виконувати умову як для першої і останньої чверті довжини ЗПС. В місці примикання КСГ до ЗПС максимальний показник зміни ухилу може бути 0,3% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 10 000 м) для ЗПС, коли вказаний номер 3 або 4.

Поздовжній ухил РД не повинен перевищувати:

- 1,5% коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 3% коли вказана кодова літера А або В.

У випадках, коли змін ухилу РД не уникнути, зміни величини ухилу повинні здійснюватися по криволінійній поверхні з показниками зміни (зламу поверхні) що не перевищуватиме:

- 0,50% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 6000 м), коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 0,75% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 4000 м), коли вказана кодова літера В;
- 1,00% на 30 м (мінімальний радіус кривизни 3000 м), коли вказана кодова літера А.

При зміні ухилів РД необхідно з будь-якої точки, розташованої на висоті:

- 3 м над РД, бачити всю поверхню РД на відстані принаймні 300 м від цієї точки коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 2 м над РД, бачити всю поверхню РД на відстані принаймні 200 м від цієї точки коли вказана кодова літера В;
- 1,5 м над РД, бачити всю поверхню РД на відстані принаймні 150 м від цієї точки коли вказана кодова літера А.

Поперечні ухили РД, повинні запобігати накопиченню води на поверхні РД, але не повинні перевищувати:

- 1,5 % коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 2 % коли вказана кодова літера А або В.

Мінімальний поперечний ухил РД не повинен бути менше 0,5%; оптимально мінімальний поперечний ухил РД має бути 0,7%.

Поперечний профіль РД в залежності від рельєфа місцевості, прийнятої схеми водовідведення та характеристик будівельної техніки проектується як двосхилим, так і односхилим.

На ділянках повороту магістральних РД необхідно передбачати влаштування віражу – односхилого поперечного профілю з ухилом до центру кривої повороту, поперечний ухил якого не повинен перевищувати 2,5%.

Висхідний поперечний ухил бічних смуг безпеки РД не повинен перевищувати:

- 2,5% для смуг РД, коли вказана кодова літера С, D, E або F;
- 3% для смуг РД, коли вказана кодова літера А або В, при цьому величина висхідного поперечного ухилу визначається відносно поперечного ухилу РД, а не відносно горизонтальної площини.

Мінімальні поперечні ухили бічних смуг безпеки РД не повинні бути менші ніж 0,7%.

Низхідний поперечний ухил, що визначається відносно горизонтальної площини, не повинен перевищувати 5%.

При проектуванні необхідно особливу увагу приділяти тому, що на перонах виконується заправка ПС паливом. Для попередження розливу та поширенню палаючого палива при можливих аварійних ситуаціях ухили перонів повинні бути низхідними від будівель та споруд, до яких примикає перон.

Крім того, заправка ПС паливом для забезпечення балансу паливної маси в протилежних паливних баках вимагає практично горизонтальної поверхні в місці стоянки ПС. Для забезпечення компромісу між вимогами скорішого водовідведення з перону з одного боку та маневруванням та заправки паливом з іншого, ухили перонів в зоні стоянок ПС мають бути в межах 0,5–1% та не перевищувати 1,5% в інших зонах.

Максимальний ухил місця стоянки на пероні в будь-якому напрямку не повинен перевищувати 1%.

Площадки протиожеледного захисту повинні мати відповідні ухили для забезпечення задовільного дренажу зони та збору всієї зайвої протикригової рідини, що стікає з поверхні літака. Поздовжній ухил повинен бути, по можливості, мінімальним, а поперечний ухил не повинен перевищувати 1%.

До ухилів МС та інших площадок спецпризначення застосовуються такі ж вимоги, як і для перонів.

Поперечний профіль льотної смуги необхідно проектувати без влаштування ґрунтових лотків в межах спланованої частини ЛС.

Поздовжні та поперечні ухили ґрунтових ділянок (а не результуючий ухил) льотної смуги, льотного поля, критичних та чутливих зон ILS повинні бути залежно від виду ґрунтів не менше:

- 0,7% при глинистих та суглинистих ґрунтах;
- 0,5% при супіщаних, піщаних, гравійних, щебенистих ґрунтах.

При неможливості забезпечити відповідний поздовжній ухил для влаштування ґрунтового лотку (0,7% в глинистих ґрунтах або 0,5% в піщаних), влаштовується відкрита ґрунтова канава з поздовжнім ухилом по дну не менше 0,2%.

Укіс сполучення поверхні планування аеродрому з існуючим рельєфом прилеглої території, включаючи укоси патрульної автодороги, повинен бути в діапазоні від 1:10 до 1:5.

Слід звернути увагу на розташування та конструкцію водовідвідної системи та оглядових колодязів (ОК) інших інженерних мережна ЛС, щоб запобігти пошкодженню літака при випадковому викочуванні за межі ЗПС. Елементи водовідвідної системи та ОК повинні витримувати відповідне навантаження

від ПС. Конструкція елементів водовідвідної системи та ОК не повинна підвищуватися над поверхнею ЛС та не повинна бути перешкодою.

На всій площі смуги, що примикає до ЗПС, слід вжити заходів для запобігання удару коліс літака при зануренні в ґрунт об вертикальну грань твердого покриття. Особливі проблеми можуть створювати арматура вогнів ЗПС або інші пристрої, встановлені на смузі або на перетинах з РД або з іншою ЗПС. При будівництві, наприклад ЗПС або РД, поверхня яких повинна бути сполучена з поверхнею смуги, вертикальну грань можна усунути, знявши фаску на об'єкті (елементі системи водовідведення або ОК інших інженерних мереж) щонайменше на 30 см нижче рівня поверхні смуги або влаштувати укріплене вимощення навколо об'єкта не з вертикальною кромкою, а з такою ж фаскою. Інші об'єкти, які за їх функціональним призначенням не потрібно встановлювати на поверхні ЛС, слід заглибити не менш ніж на 30 см.

Поздовжній ухил спланованої частини ЛС не повинен перевищувати:

- 1,5%, коли вказаний кодовий номер 4;
- 1,75%, коли вказаний кодовий номер 3;
- 2%, коли вказаний кодовий номер 1 або 2.

Зміни ухилів спланованої частини ЛС повинні бути по можливості плавними, при цьому слід уникати різких перепадів або крутих зворотних ухилів.

Поперечні ухили спланованої частини ЛС повинні бути такими, щоб запобігти накопиченню води на її поверхні, але вони не повинні перевищувати:

- 2,5%, коли вказаний кодовий номер 3 або 4;
- 3%, коли вказаний кодовий номер 1 або 2, за винятком тих випадків, коли для покращення стоку води ухил у межах перших 3 м за межею ЗПС, бічної смуги безпеки або КСТ повинен бути від'ємним в напрямку від ЗПС і може складати 5%.

Поперечні ухили будь-якої частини ЛС за межами її спланованої ділянки у напрямку від ЗПС не повинні перевищувати висхідний ухил 5%.

Ухили кінцевої зони безпеки ЗПС повинні бути такими, щоб жодна з частин кінцевої зони безпеки ЗПС не перевищувала поверхню заходу на посадку або набору висоти при зльоті.

Поздовжні низхідні ухили кінцевої зони безпеки ЗПС не повинні перевищувати 5%. Зміна поздовжніх ухилів, по можливості, повинна бути плавною. Слід уникати різких змін ухилів або крутих ухилів в протилежному напрямку.

Поперечні висхідні або низхідні ухили кінцевої зони безпеки не повинні перевищувати 5%.

Переходи між різними ухилами повинні бути, по можливості, максимально плавними.

Поверхня смуги, вільної від перешкод, не повинна виступати над площиною, що має висхідний ухил 1,25%; нижньою межею цієї площини є горизонтальна лінія:

- перпендикулярна вертикальній площині, що проходить через осьову лінію ЗПС;
- проходить через точку, розташовану на осьовій лінії ЗПС у кінці наявної дистанції розбігу.

Коли ухил поверхні смуги, вільної від перешкод, порівняно невеликий або коли середній ухил є висхідним, слід уникати різких змін висхідного напрямку ухилу. Ухили, зміни напрямку ухилів, а також перехід від ЗПС до смуги, вільної від перешкод, повинні в цілому відповідати характеристикам ухилів ЗПС, до якої примикає смуга, вільна від перешкод.

Необхідно уникати або дотримуватись мінімальних значень зміни ухилів робочої зони радіовисотоміра. Якщо зміни ухилів неминучі, вони повинні бути, по можливості, плавними, при цьому слід уникати різких змін ухилів та крутих зустрічних ухилів. Значення зміни суміжних ухилів не повинно перевищувати 2% на 30 м.

Поверхня смуги РД повинна знаходитися на одному рівні з крайкою РД або бічною смугою безпеки, якщо вона є, і висхідний поперечний ухил її спланованої частини не повинен перевищувати:

- 2,5% для смуг РД, коли вказана кодова літера С, D, E або F,
- 3% для смуг РД, коли вказана кодова літера А або В,

при цьому величина висхідного поперечного ухилу визначається

відносно поперечного ухилу РД, а не відносно горизонтальної площини. Низхідний поперечний ухил, що визначається відносно горизонтальної площини, не повинен перевищувати 5 %.

Поперечні ухили (висхідний або низхідний) будь-якої не спланованої частини смуги РД в напрямку від РД, не повинні перевищувати 5 %.

Система ILS складається із курсового радіомаяка, глісадного радіомаяка, засобів контролю та перевірки.

Великі радіо непрозорі об'єкти в зоні випромінювання ILS як нерухомі, так і рухомі (транспортні засоби, в тому числі повітряні судна) можуть викликати викривлення сигналу у просторі внаслідок блокування або його розсіювання. В робочих секторах ILS для захисту сигналу встановлюються і контролюються критичні та чутливі зони.

В критичній зоні під час виконання польотів заборонено наявність будь-яких перешкод, рухомих та нерухомих. В чутливій зоні наявність нерухомих перешкод заборонена, а рухомі контролюються диспетчерською вежею.

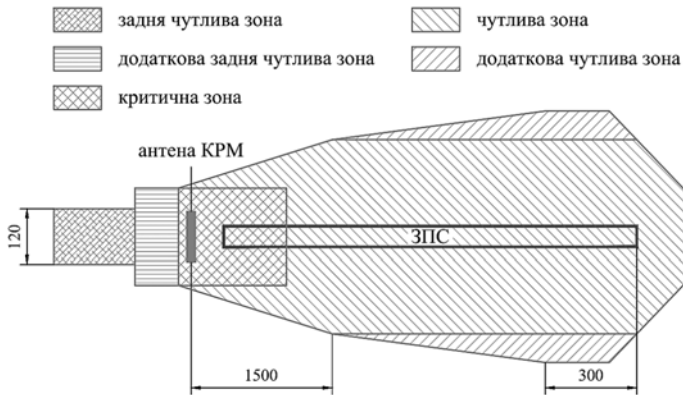
При плануванні льотного поля зазвичай забезпечується розміщення патрульної дороги та огорожі аеродрому поза межами критичних та чутливих зон.

Приклад зон ILS наведено на рис. 1.8–1.9 (див. с. 67). Розміри зон для кожного конкретного аеродрому визначаються розробником відповідно до характеристик обладнання та натурних випробувань.

Якщо на існуючих аеродромах під час реконструкції не можливо забезпечити розміщення зон ILS в межах існуючої огорожі, може знадобитися придбання більш потужного обладнання, але це впливатиме на кошторисну вартість будівництва.

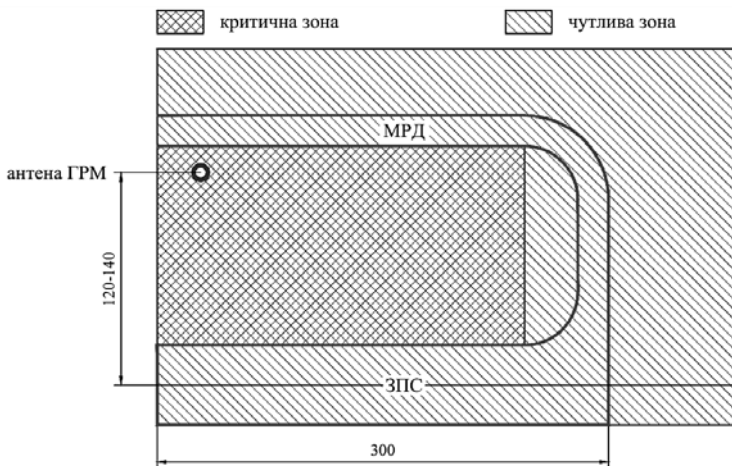
При проектуванні вертикального планування ЛС та ЛП необхідно враховувати вимоги виробника обладнання ILS до його критичних і чутливих зон.

Якщо не визначено інше, ухили поверхні в критичних та чутливих зонах ILS в будь-якому напрямку не повинні перевищувати 1,5 %.



- без масштабу, розміри в метрах
- розміри зон, не вказаних на схемі, визначаються за вимогами Доповнення С тому 1 "Приложения 10"

Рисунок 1.8 – Приклад критичних та чутливих зон КРМ



- без масштабу, розміри в метрах
- розміри зон, не вказаних на схемі, визначаються за вимогами Доповнення С тому 1 "Приложения 10"

Рисунок 1.9 – Приклад критичних та чутливих зон ГРМ

1.7. Агротехнічні роботи

Роль благоустрою аеродрому виконують агротехнічні роботи по створенню дернового покриття ґрунтових ділянок льотного поля. Густий трав'яний покрив зменшує запиленість аеродрому, зменшує рознесення пилу, попереджує вітрову ерозію пилуватих ґрунтів в суху погоду, а під час дощу – попереджає утворення грязюки і тим самим уберігає аеродромні покриття від забруднення. Дернина має шумопоглинальні та газопоглинальні властивості, дещо послаблює вібрації, що виникають при русі ПС.

Дернове покриття ґрунтових частин аеродрому служить також для захисту носового шасі повітряного судна від пошкодження при можливому викочуванні ПС за межі штучних аеродромних покриттів; для захисту авіадвигунів від всмоктування грудок землі при рулінні ПС по робочій площі аеродрому; для захисту робочої площі аеродрому від ерозії під впливом реактивних струменів авіадвигунів.

У створенні дернового покриву провідну роль відіграють рослини. Для найкращого проростання і функціонування дернини потрібно створити оптимальні ґрунтові умови, мати однорідний по структурі і потужності родючий шар землі товщиною не менше 15 см та рівну, добре сплановану для цілей водовідведення поверхню.

Для стійкої дернини використовуються багаторічні, переважно місцеві, трави, що утворюють рівний, однотонний зелений покрив з добре розвинутою кореневою системою. Родючий шар повинен мати пухку структуру та добре дреновати. Правильне планування території аеродрому сприяє встановленню оптимального водно-повітряного режиму ґрунтів.

Для хорошого росту трави вміст гумусу у родючому шарі повинен бути не менше 3–5%. Кількість трав у травосуміші має бути 3–5 видів.

Після закінчення усіх видів земляних та планувальних робіт на аеродромі у зручні агрономічні терміни виконуються агротехнічні роботи, які складаються із передпосівної обробки площ, внесення мінеральних добрив і посіву насіння травосуміші.

Для існуючих аеродромів в проектній документації використовуються відомості експлуатаційних служб аеродрому про склад травосуміші та мінеральних добрив, що застосовуються для підтримання належного стану дернових покриттів. При будівництві нових аеродромів підбір складу травосуміші, виду мінеральних добрив залежно від кліматичних районів розміщення аеродрому і агротехнічних властивостей ґрунтів, виконується або на основі аналізу наявної агрономічної літератури, або на стадії виконання інженерно-геологічних робіт, про що має бути зазначено в завданні на проектування.

1.8. Маркування аеродромів

Аеродромне маркування призначене для забезпечення безпеки польотів при виконанні злітно-посадкових операцій, рулінні, стоянці та обслуговуванні ПС на перонах, МС та площадках спецпризначення. Маркування наноситься на аеродромах всіх кодових позначень, з усіма видами покриття.

На аеродромах зі штучним покриттям маркування наноситься емалями або фарбами, призначеними для маркування аеродромних покриттів.

При перетині ЗПС та РД наноситься маркування ЗПС, а маркування РД переривається.

При наявності на ЗПС площадки розвороту, між ЗПМ та площадкою розвороту рекомендується наносити маркування країв ЗПС.

Для покращення експлуатаційної якості та видимості маркування в темний час доби та у вологий період, рекомендується додавання скляних гранул до емалі для отримання ефекту зворотного відображення. Кращі експлуатаційні характеристики забезпечуються при безпосередньому насипанні гранул на свіжо нанесену вологу емаль.

До початку нанесення маркування поверхня покриттів ретельно очищається від пилу та інших сторонніх матеріалів, що можуть зменшити зчеплення між емаллю та поверхнею покриття.

При механізованому маркуванні емаль наноситься в один шар. Для отримання вологого шару товщиною 0,4 мм достатня витрата емалі 0,4 кг/м²; витрата скляних гранул при цьому становить 0,7–1,2 кг на літр емалі.

Нанесення емалі вручну проводиться в два шари. Другий шар наноситься після повного висихання першого. Витрата емалі при цьому складає 0,5 кг/м².

Для маркування аеродромних покриттів використовуються емалі з наступними основними характеристиками:

- в'язкість по віскозиметру ВЗ-4 при температурі 20 °С 40–120 с;
- час висихання при температурі (20 + 2) °С не більше $3,6 \times 10^3$ с (60 хв).

Емалі наносять на покриття при температурі не нижче +10 °С.

У випадку згущення емалей, їх перед застосуванням розбавляють розчинниками. Емалі та розчинники є легкозаймистими, пожежонебезпечними та токсичними матеріалами, тому працювати з ними потрібно дотримуючись правил пожежної безпеки та промислової санітарії.

На ґрунтових аеродромах замість маркування використовують маркувальні знаки. Знаки розміщуються таким чином, щоб забезпечити їх якнайкращу видимість та не збити транспортними засобами. Конструкція маркувальних знаків повинна бути легкою та ламкою, крім тих, які виконуються із легких бетонів, щебню чи гравію як покриття, в одному рівні з льотною смугою.

1.9. Перелік обов'язкових креслень проекту планування аеродрому

Для успішної реалізації проекту будівництва аеродрому у складі технічної документації повинні бути розроблені наступні основні креслення, але не обмежуючись:

- креслення розпланування;
- план розміщення ПС на пероні, МС, площадках спецпризначення;

- поздовжній профіль по осі ЗПС та МРД;
- поздовжні профілі по осі з'єднувальних РД;
- план організації рельєфу;
- картограми земляних робіт (окремо в кориті та на ґрунтових ділянках);
- схема переміщення земляних мас (стадія Р);
- баланс земляних мас (стадія ПП, ТЕО, П);
- план агротехнічних робіт;
- план покриттів (стадія ПП, ТЕО, П);
- план розкладання плит у нижньому та верхньому шарах покриття (стадія Р);
- план покриттів у відмітках (стадія Р);
- конструктивні вузли та деталі аеродромних покриттів;
- відомості обсягів робіт по будівництву аеродрому;
- маркування аеродромних покриттів (якщо вказано у завданні на проектування).

1.10. Ґрунтові основи

1.10.1. Загальні положення

Ґрунтові основи (сплановані і ущільнені місцеві або привізні ґрунти, що сприймають розподілені навантаження через багатшарову конструкцію аеродромної одягу, розташовану вище) проєктуються виходячи із умов забезпечення міцності і стійкості аеродромного одягу незалежно від погодних умов і пори року з урахуванням:

- складу і властивостей ґрунтів в межах стискаємої товщі та зони дії на ґрунти природних факторів;
- типу гідрогеологічних умов, наведених в табл. 1.11 (див. с. 72);
- поділу території України на кліматичні райони відповідно до обов'язкового Додатку Г ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги»;
- сейсмічного впливу при підвищеному рівні відповідальності;
- навантаження від ПС, яке надає максимальний силовий вплив на покриття, або категорії нормативного навантаження;

- використання передових методів поліпшення властивостей ґрунтів;
- досвіду проектування, будівництва та експлуатації аеродромів, розташованих в аналогічних інженерно-геологічних, гідрогеологічних та кліматичних умовах.

Таблиця 1.11 – Тип гідрогеологічних умов

Тип гідрогеологічних умов	Глибина горизонту підземних вод до початку промерзання ґрунту
1	Більше глибини промерзання на: 2,0 м – у глинах, суглинках пилуватих; 1,5 м – у суглинках, супісках пилуватих; 1,0 м – у супісках, піску, піску пилуватому
2	Більше глибини промерзання, але менше, ніж для 1-го типу
3	Менше глибини промерзання
<p>Примітка 1. Глибина промерзання визначається розрахунком для відкритої очищеної від снігу поверхні покриття та обчислюється від його верху з урахуванням вертикального планування поверхні аеродрому та теплотехнічних характеристик матеріалів основ та покриття.</p> <p>Примітка 2. Глибина горизонту підземних вод до початку промерзання ґрунту обчислюється від верху покриття до рівня підземних вод, встановленого вишукуваннями, а за наявності глибинного дренажу або інших водознижувальних пристроїв – до верху депресійної кривої.</p>	

Номенклатура ґрунтів, які використовують для ґрунтової основи, за генезисом, складом, станом у природному заляганні, здимистості, набухання і просідання повинна встановлюватися відповідно до ДСТУ Б В.2.1-2-96.

Глинисті ґрунти в залежності від їх зернового складу і числа пластичності додатково підрозділяються на різновиди згідно з табл. 1.12 (див. с. 73).

Характеристики ґрунтів природного залягання, а також штучного походження повинні визначатися, як правило, на основі їх безпосередніх випробувань в польових або лабораторних умовах з урахуванням можливої зміни вологості ґрунтів в процесі будівництва і експлуатації аеродромних споруд.

Для багат шарових ґрунтових основ або коли верхній шар ґрунту ущільнений, а нижній залишається неущільнений і має коефіцієнт пористості $e > 0,8$ або при наявності в природній основі суцільних

скельних ґрунтів з тимчасовим опором одноосьовому стиску не менше 5 МПа (50 кгс/см²), коефіцієнтом розмягчаємості в воді не більше 0,75 і нездатних до розчинення у воді слід використовувати еквівалентний коефіцієнт постелі K_{se} всієї основи (враховуючи підстилаючий скельний ґрунт).

Таблиця 1.12 – Номенклатура глинистих ґрунтів

Ґрунт	Різновид ґрунту	Вміст частинок ґрунту розміром від 0,05 до 2 мм, % до маси сухого ґрунту	Число пластичності I_p , %
Супісок	Легкий крупний	Понад 50	$1 \leq I_p \leq 7$
	Легкий	Понад 50	
	Пилуватий	Від 20 до 50	
	Важкий пилуватий	Менше 20	
Суглинок	Легкий	Понад 40	$7 < I_p \leq 12$
	Легкий пилуватий	40 та менше	
	Важкий	Понад 40	$12 < I_p \leq 17$
	Важкий пилуватий	40 та менше	
Глина	Пісчана	Понад 40	$17 < I_p \leq 27$
	Пилувата	Менше, ніж частинок розміром від 0,05 до 0,005 мм	
	Жирна	Не нормується	$I_p > 27$
Примітка. Для супісків легких крупних враховується вміст частинок розміром від 0,25 до 2 мм.			

Проектування ґрунтових основ без відповідного інженерно-геологічного та гідро-геологічного обґрунтування або при його недостатності не допускається.

Різноманіття параметрів основних опор сучасних повітряних суден вимагає їхнього врахування при розрахунку та проектуванні аеродромних покриттів сучасних аеродромів.

Виявлено недоліки чинних норм проектування [95] при розрахунку жорстких покриттів під надважкі широкофюзеляжні повітряні судна:

- у табл. 28 чинних норм [95] не передбачено нормативне навантаження на основну опору літака більше 850 кН та тиск

- у пневматиках коліс шасі більше 10 кг/см^2 (1 МПа), хоча навантаження на основну опору та тиск у пневматиках коліс шасі у нових широкофюзеляжних повітряних суден значно перевищує ці значення;
- у табл. 15 чинних норм [95] не передбачено навантаження на одне колесо основної опори більше 250 кН, хоча цей параметр у нових надважких літаків значно перевищує наведене значення.

Зазначені недоліки в свою чергу призводять до неможливості точного визначення глибини стискаємої товщі ґрунтової основи від верху покриття за табл. 14 чинних норм [95] та умовний діаметр передачі навантаження від аеродромного покриття на основу за додатком 5 [95].

Для надважких нових та перспективних повітряних суден пропонується введення трьох підкатегорій позакатегорійного нормативного навантаження [64]:

П/к-15 – позакатегорійне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа,

П/к-960-15 – позакатегорійне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа та величиною навантаження 960 кН,

П/к-1500-6 – позакатегорійне шестиколісне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа та величиною навантаження 1500 кН, відстані між пневматиками шестиколісної опори прийняті рівними 120 см між суміжними колесами та 130 см – між рядами коліс.

Визначення глибини ґрунтової основи, що стискається, в межах якої враховуються склад і властивості ґрунтів та умовного діаметру передачі навантаження на основу для запропонованих додаткових підкатегорій позакатегорійного нормативного навантаження виконано за допомогою парної квазілінійної регресії.

Розглянемо модель квазілінійної регресії. Припустимо, що маємо результати n пар незалежних спостережень, зображених у вигляді множини точок у Декартовій системі координат. Суть задачі полягає в тому, щоб у Декартовій системі координат знайти згладжувальну лінію, яка «найкращим» чином проходить через задану множину

точок. Найпоширенішим методом при розв'язанні подібних задач є метод найменших квадратів (МНК) [99]. Основоположниками методу найменших квадратів є К. Гаусс та П. Лаплас.

Регресії нелінійні за факторами, але лінійні за оцінюваними параметрами називаються квазілінійними [99].

Парну квазілінійну регресію можна записати у загальному вигляді [99]:

$$\hat{y} = a\phi(x) + b,$$

де \hat{y} – відгук (показник);

a, b – невідомі параметри;

$\phi(x)$ – фактор.

Шляхом заміни $z_i = \phi(x_i)$ ($i = \overline{1, n}$) нелінійна парна регресія приводиться до лінійної

$$\hat{y} = az + b.$$

Принцип методу найменших квадратів для квазілінійної регресії полягає в знаходженні таких оцінок параметрів регресії a та b , для яких сума квадратів відхилень дослідних значень показника від згладжувальних буде мінімальною [99]:

$$Q(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - az - b)^2 \rightarrow \min.$$

Якщо сума квадратів відхилень приймає в деякій точці (a, b) екстремальне значення, то в цій точці частинні похідні від суми квадратів відхилень за оцінками параметрів дорівнюють нулю [99]:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - az - b)^2 z_i = 0; \\ \frac{\partial Q}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - az - b)^2 = 0. \end{cases}$$

Невідомі параметри a, b визначаються за формулами [99]:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n z_i y_i - \sum_{i=1}^n z_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2};$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n z_i}{n}.$$

Для оцінки адекватності парної лінійної регресії спостережуваним даним можна використати критерій Фішера [99].

Розрахункове значення критерію Фішера знаходиться за формулою [99]

$$F_p = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot (n-2),$$

де n – кількість значень фактора;

R – коефіцієнт кореляції.

Коефіцієнт кореляції визначається за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{1 - \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

де y_i – дослідне значення показника;

\hat{y}_i – розрахункове значення показника, що визначається за емпіричною формулою $\hat{y}_i = a\phi(x_i) + b$;

\bar{y} – середнє значення показника [99].

Для даної надійної ймовірності $p=0,95$ і числа ступенів свободи $k_1=1; k_2=n-1$ знаходиться табличне значення критерію Фішера F_T [99]. Отримане розрахункове значення порівнюється з табличним при цьому, якщо $F_p > F_T$, то з надійністю $p=0,95$ можна вважати, що розглянута математична модель адекватна статистичним даним у протилежному випадку з надійністю p розглянута парну квазілінійну регресію не можна вважати адекватною [99].

При визначенні глибини ґрунтової основи, що стискається, в межах якої враховуються склад і властивості ґрунтів та умовного діаметру передачі навантаження від покриття на основу у якості фактора було прийнято нормативне навантаження на умовну опору F_n , а відгука – глибину ґрунтової основи, що стикається H_c . Було використано парну квазілінійну регресію виду

$$H_C = a \ln F_n + b ,$$

де a та b – параметри регресії, значення яких становлять $a = 1,33$; $b = -2,76$ [64].

Невідомі параметри регресії a та b визначалися у програмі Microsoft Excel [99].

На основі підібраної математичної моделі, що відображає залежність між категорійним нормативним навантаженням та глибиною стискаємої ґрунтової товщі [95], було визначено прогностичні значення глибини стискаємої товщі ґрунтової основи H_C для підкатегорій позакатегорійного нормативного навантаження. Графік регресії наведено на рис. 1.10.

Глибина ґрунтової основи, що стискається, для значень навантаження на колесо основної опори конкретного повітряного судна більше ніж 250 кН (300, 350, 400, 450 кН) визначалася за допомогою математичної моделі, параметри якої визначені методом найменших квадратів.

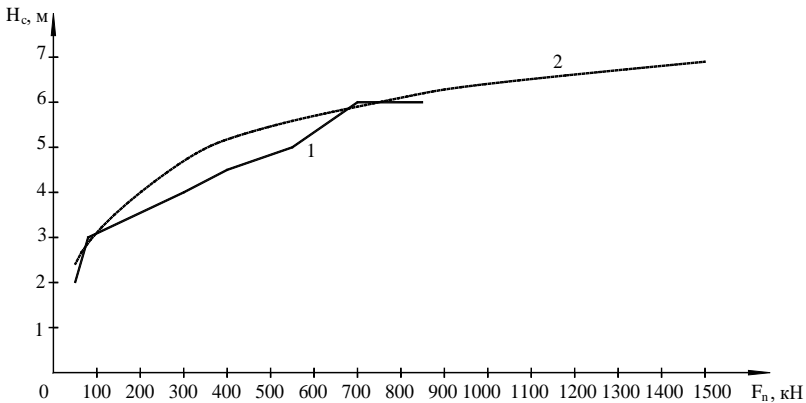


Рисунок 1.10 – Графік регресії:

1 – графік фактичних даних відповідно до чинних норм [95];

2 – графік базисних даних та прогнозу.

У якості фактора було прийнято розрахункове навантаження на одне колесо F_d , а відгук – глибину стискаємої товщі ґрунтової

основи H . Було використано парну квазілінійну регресію виду $H = a \ln F_d + b$ для одноколійної опори та $H = a\sqrt{F_d} + b$ для двоколійної та чотириколійної опори. Для одноколійної опори значення параметрів регресії становлять $a = 1,89$; $b = -5,06$; для двоколійної – $a = 1,34$; $b = -1,17$; для чотириколійної – $a = 0,76$; $b = 2,07$. Графіки регресій відповідно наведено на рис. 1.11–1.13 (див. с. 78–79) [64].

Глибина товщі ґрунтової основи, що стискається, в межах якої враховуються склад і властивості ґрунтів, приймається за табл. 1.13 (див. с. 79) в залежності від категорії нормативного навантаження і за табл. 1.14 (див. с. 79) – в залежності від навантаження на одне колесо основної опори конкретного повітряного судна.

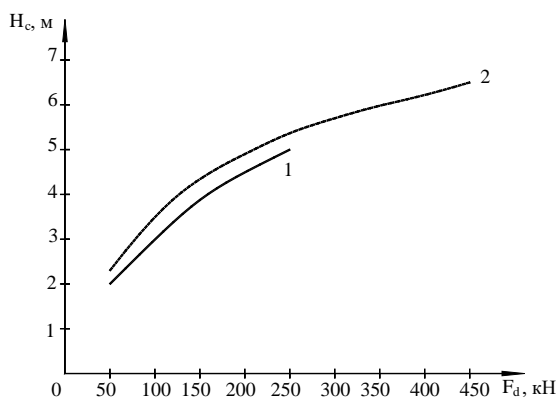


Рисунок 1.11 –
Графіки фактичних
даних (1) та базисних
даних і прогнозу (2)
для одноколійної
опори

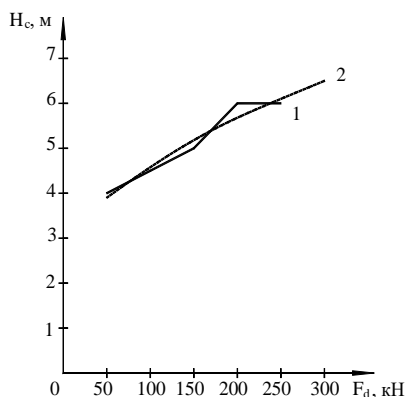


Рисунок 1.12 –
Графіки фактичних
даних (1) та базисних
даних і прогнозу (2)
для двоколійної опори

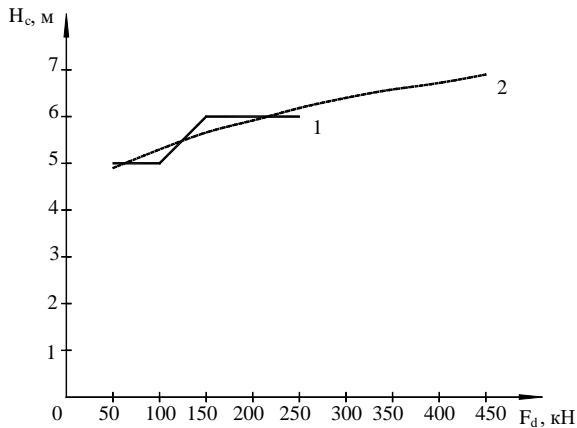


Рисунок 1.13 – Графік регресії для чотири- і більше колісної опори:
1 – графік фактичних даних відповідно до чинних норм [95],
2 – графік базисних даних та прогнозу

Таблиця 1.13 – Глибина товщі ґрунтової основи, що стискається

Категорія нормативного навантаження	П/к-1500-6	П/к-960-15	П/к-15	П/к, I	II	III	IV	V	VI
Глибина товщі ґрунтової основи, що стискається, від верху покриття, м	7,0	6,5	6,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0

Таблиця 1.14 – Глибина товщі ґрунтової основи, що стискається, та число коліс на основній опорі ПС

Число коліс на основній опорі повітряного судна	Глибина товщі ґрунтової основи, що стискається, від верху покриття, м, при навантаженні на одне колесо основної опори, кН (тс)								
	450 (45)	400 (40)	350 (35)	300 (30)	250 (25)	200 (20)	150 (15)	100 (10)	50 (5)
1	–	–	–	–	5	4,5	4	3	2
2	–	–	–	6,5	6	6	5	4,5	4
4 і більше	7	7	6,5	6,5	6	6	6	5	5

Відсутність значень глибини стискаємої товщі ґрунтової основи для двоколійної опори повітряного судна при навантаженні на одне колесо 350, 400, 450 кН (див. табл. 1.14) пояснюється тим, що у сучасних літаків з двоколійним шасі навантаження на одне колесо не перевищує 300 кН.

При визначенні еквівалентного коефіцієнту постелі ґрунтової основи ще враховується умовний діаметр кола передачі навантаження на основу [95].

Для запропонованих підкатегорій позакатегорійного нормативного навантаження умовний діаметр було визначено за допомогою парної квазілінійної регресії виду $D = a\sqrt[3]{F_n^2} + b$. Параметри регресії становлять $a = 0,02$; $b = 1,90$ [64]. Результати дослідження наведено на рис. 1.14.

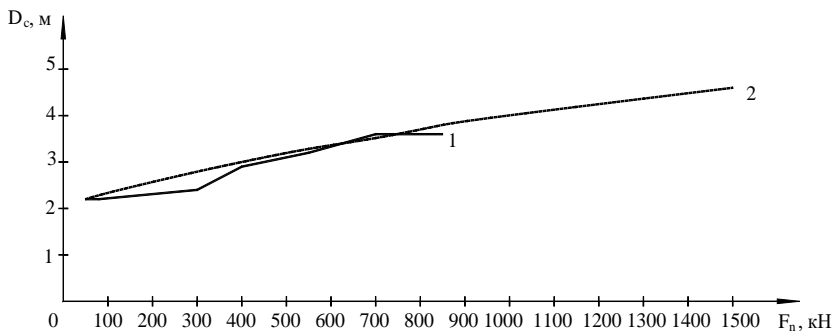


Рисунок 1.14 – Графік парної квазілінійної регресії:
1 – графік фактичних даних відповідно до чинних норм [95];
2 – графік базисних даних та прогнозу

Скориговані значення глибини ґрунтової товщі, що стискається, та умовного діаметру передачі навантаження від покриття на основу для надважких літаків рекомендуються при проектуванні жорстких аеродромних покриттів на природній ґрунтовій основі із кодом міцності C, D.

Глибину сезонного промерзання d_f слід визначати на основі розрахунку для відкритої, очищеної від снігу поверхні покриття

і обчислюється від його верху з урахуванням вертикального планування поверхні аеродрому і теплотехнічних характеристик матеріалів основи і покриття.

Осідання (просадки) ґрунтів основи, що відбуваються при виконанні земляних робіт, а також при подальшій консолідації ґрунтів основи в період експлуатації покриття під впливом природно-кліматичних факторів, необхідно враховувати, якщо в ґрунтовій основі знаходяться слабкі ґрунти (водонасичені глинисті, заторфовані, торф, мул, сапропель), лесові, засолені та інші просадочні різновиди. До слабких ґрунтів відносяться ґрунти, модуль пружності яких менше 5 МПа (50 кгс/см²).

Розрахункові значення очікуваних вертикальних деформацій основи s_d в період експлуатації покриття не повинні перевищувати граничних значень s_{gr} , зазначених в табл. 1.15.

Таблиця 1.15 – Граничні значення вертикальних деформацій ґрунтової основи

Аеродромне покриття	Граничні значення вертикальних деформацій основи s_{gr} , м, для		
	ШЗПС	магістральних РД	МС, РД та інші
Капітальне з твердим покриттям: бетонним, армобетонним, залізобетонним монолітним, залізобетонним збірним	0,02	0,03	0,04
	0,03	0,04	0,06
	0,03	0,04	0,06
	0,04	0,05	0,08
капітальне з нежорстким покриттям			
полегшене з нежорстким покриттям			

При проектуванні ґрунтових основ слід передбачати заходи щодо виключення або зменшення шкідливого впливу природних і експлуатаційних факторів, усунення несприятливих властивостей ґрунту під аеродромним одягом:

- влаштування спеціальних шарів штучної основи (гідроізолюючих, капіляророзривних, термоізоляційних);
- водозахисні заходи на майданчиках, складених ґрунтами, чутливими до зміни вологості (відповідне горизонтальне і вертикальне планування території

аеродрому, що забезпечує стік поверхневих вод; влаштування водостічно-дренажної мережі);

- перетворення будівельних властивостей ґрунтів основи (ущільнення трамбуванням, попереднім замочуванням ґрунтів; повну або часткову заміну ґрунтів з незадовільними властивостями, армування ґрунтів і стабілізація основи та ін.) на глибину, яка визначається розрахунком за умови зниження можливої вертикальної деформації основи до допустимої величини;
- зміцнення ґрунтів (хімічним, електрохімічним, термічним і іншими способами).

Межі спеціальних шарів основи або ґрунту з усуненими несприятливими властивостями повинні відстояти від кромки покриття смуг безпеки та укріпленого вимощення не менше ніж на 3 м.

Піднесення дна корита аеродромного покриття над розрахунковим рівнем підземних вод слід приймати не менше встановленого в табл. 1.16.

При реконструкції існуючих аеродромних покриттів у випадках, коли їх фактичні вертикальні деформації (за результатами спостережень) перевищують граничні значення, зазначені в табл. 1.17 (див. с. 83), допустимість перевищення деформацій після реконструкції (посилення) повинна вирішуватися з урахуванням спостережень за існуючим покриттям.

Таблиця 1.16 – Піднесення дна корита аеродромного покриття над розрахунковим рівнем підземних вод

Ґрунт основи (наспу)	Мінімальне піднесення дна корита аеродромного покриття над рівнем підземних вод, м, в кліматичних районах			
	II	III	IV	V
Пісок середньої крупності	1,1	0,9	0,8	0,7
Пісок дрібний, супісок	1,6	1,2	1,1	1,0
Глина, суглинок, пісок і супісок пилуваті	2,3	1,8	1,5	1,3

З метою недопущення перевищення граничних вертикальних деформацій ґрунтових основ слід передбачати заходи щодо

виключення або зменшення шкідливого впливу природних і експлуатаційних факторів, усунення несприятливих властивостей ґрунту під аеродромних покриттям:

- влаштування спеціальних шарів штучної основи і прошарків (гідроізолюючих, капіляронериваючих, термоізоляційних, протизамулюючих, армуючих тощо);
- водозахисні заходи на майданчиках, складених аргиллітами і іншими ґрунтами, чутливими до зміни вологості (відповідну горизонтальне і вертикальну планування території аеродрому, що забезпечує стік поверхневих вод, влаштування водостічно-дренажної мережі);
- поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунтів основи (ущільнення трамбуванням, попереднім замочуванням просідних ґрунтів, повну або часткову заміну ґрунтів з незадовільними властивостями та ін.) на глибину, яка визначається розрахунком за умови зниження можливої вертикальної деформації основи до допустимого значення;
- зміцнення ґрунтів хімічним, електрохімічним, термічним і іншими способами;
- застосування геосинтетичних матеріалів.

Таблиця 1.17 – Граничні значення вертикальних деформацій основи при реконструкції існуючих аеродромних покриттів

Аеродромні покриття	Граничні значення вертикальних деформацій основи s_{gr} , м, для		
	ШЗПС	магістральні РД	МС, РД та інші
Капітальні з жорстким покриттям:			
бетонним, армобетонним, залізобетонним монолітним	0,02	0,03	0,04
залізобетонним збірним	0,03	0,04	0,06
Капітальні з нежорстким покриттям	0,03	0,04	0,06
Полегшені з нежорстким покриттям	0,04	0,05	0,08

Модуль пружності укріпленого ґрунту визначається за формулою $E_d = kE$, де k – коефіцієнт збільшення модуля пружності, отриманий в результаті випробувань фрагментів конструкцій покриттів

з армуванням і без армування основи. При відсутності даних випробувань коефіцієнт k приймається рівним 1.

Межі спеціальних шарів основи або ґрунту з усуненими несприятливими властивостями повинні відстояти від кромки покриття смуг безпеки та укріпленого вимощення не менше ніж на 3 м.

Піднесення дна корита аеродромного покриття над розрахунковим рівнем підземних вод слід приймати не менше встановленого в табл. 1.16.

У випадках, коли виконання цих вимог техніко-економічно недоцільно, в ґрунтовій основі, що споруджується в II і III дорожно-кліматичних зонах, слід передбачати влаштування капіляронериваючих, а в IV і V дорожньо-кліматичних зонах – гідроізолюючих прошарків, верх яких повинен розташовуватися на відстані від поверхні покриття 0,9 м – для II і III зон і 0,75 м – для IV і V зон. Низ прошарків повинен відстояти від горизонту підземних вод не менше ніж на 0,2 м.

За розрахунковий рівень підземних вод належить приймати максимально можливий осінній (перед замерзанням) рівень, а в районах, де спостерігаються часті тривалі відлиги, – максимально можливий весняний рівень підземних вод. При відсутності необхідних даних за розрахунковий допускається приймати рівень, який визначається по верхній лінії оглеєння ґрунтів.

При реконструкції (посиленні) покриття в випадках, коли фактичне піднесення дна корита існуючого аеродромного покриття над рівнем підземних вод менше встановлених в табл. 1.16 або щільність ґрунту під аеродромним покриттям нижче встановленого в табл. 1.18 (див. с. 85), допустимість збереження такого положення після реконструкції повинна вирішуватися з урахуванням досвіду експлуатації існуючого покриття і результатів інструментального обстеження.

Необхідний ступінь ущільнення ґрунтів насипу слід передбачати виходячи з коефіцієнта ущільнення (відношення найменшої потрібної щільності до максимальної при стандартному ущільненні), значення якого наведені в табл. 1.18.

Якщо в виїмках або місцях нульових робіт природна щільність ґрунту нижче необхідної, слід передбачати ущільнення ґрунту

до норм, наведених в табл. 1.18, на глибину 1,2 м від дна корита аеродромних покриттів.

Таблиця 1.18 – Необхідний ступінь ущільнення ґрунтів насипу

Ґрунт	Коефіцієнт ущільнення ґрунту основи		
	при аеродромному одязі		ґрунтової частини льотного поля і смуг безпеки
	капітального типу	полегшеного типу	
Пісок, супісок	0,98 / 0,95	0,95 / 0,95	0,90
Суглинок	1,00 / 0,95	0,98 / 0,95	0,95
Глина	1,00 / 0,98	0,98 / 0,95	0,95

Примітка. Перед ризикою наведені значення коефіцієнта ущільнення ґрунту в зоні сезонного промерзання, після ризику – нижче межі сезонного промерзання, а також для насипів, що зводяться в IV і V кліматичних районах.

Найбільша крутизна укосів насипу повинна призначатися з умови забезпечення їх стійкості в залежності від висоти насипу, виду ґрунту, а також використання армування ґрунту геоматеріалами.

1.10.2. Основи на набухаючих ґрунтах

Властивості набухання глинистих ґрунтів, які використовують для основи, слід враховувати, якщо при замочуванні водою або хімічними розчинами значення їх відносного вільного (без навантаження) набухання $e_{sw} \geq 0,04$.

Значення відносного набухання (відношення збільшення висоти зразка ґрунту в результаті його замочування водою або іншою рідиною до початкової висоти зразка ґрунту природної вологості) визначається за ДСТУ Б В.2.1-11:2009.

При проектуванні основ на набухаючих ґрунтах слід передбачити конструктивні заходи, що запобігають зволоженню природного ґрунту, а також заміну набухаючого ґрунту ненабухаючим або влаштування насипу з ненабухаючих ґрунтів таким чином, щоб верхня межа набухаючих ґрунтів перебувала на глибині від верху аеродромного покриття, м, не менше:

- 1,3 – для слабонабухаючих ґрунтів ($0,04 \leq e_{sw} \leq 0,08$);
- 1,8 – середньонабухаючих ($0,08 < e_{sw} \leq 0,12$);
- 2,3 – сильнабухаючих ($e_{sw} > 0,12$).

1.10.3. Основи на просідних ґрунтах

Просідні властивості ґрунтів, які використовують в якості основи, слід враховувати в межах товщі ґрунту, де:

- сумарне стискаюче напруження від власної ваги ґрунту і аеродромної одягу і експлуатаційного навантаження перевищує початковий просідний тиск p_{sc} ;
- вологість ґрунту вище (або може стати вище) початкової просідної вологості w_{sc} (мінімальної вологості, при якій виявляються просідні властивості ґрунту);
- відносне просідання під дією зовнішнього навантаження $e_c \geq 0,01$.

При проектуванні основ, складених із просідних ґрунтів, слід враховувати можливість підвищення вологості ґрунтів, що мають ступінь вологості $S_r \leq 0,5$, через порушення природних умов випаровування внаслідок влаштування аеродромного покриття (екранування поверхні). Кінцеву вологість ґрунтів слід приймати рівній вологості на межі розкочування w_p .

Характеристики просідних властивостей ґрунтів визначають за ДСТУ Б В.2.1-22:2009.

Усунення просідних властивостей ґрунту на ділянках насипу можливо методами:

- механічним ущільненням ґрунтів як в межах деформованої зони основи, так і в межах всієї товщини просідного ґрунту;
- хімічного закріплення ґрунту;
- термічної обробки ґрунту;
- ущільненням ґрунту фізико-механічними способами (глінізація та інші).

Ґрунтові умови майданчиків, складених із просідних ґрунтів, в залежності від можливості прояву просідання поділяються на два типи:

I – просадка відбувається в межах стиснутої товщі ґрунту (в основному в межах її верхньої частини) від дії експлуатаційного навантаження, а осідання ґрунту від власної ваги відсутня або не перевищує 0,05 м;

II – крім просадки ґрунту від експлуатаційного навантаження можлива просадка (переважно в нижній частині просідаючої товщі) від власної ваги ґрунту, і розмір її перевищує 0,05 м.

Заходи щодо усунення просідних властивостей ґрунту повинні передбачатися в залежності від виконання умови

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq p_{sc}. \quad (1.3)$$

де σ_{zp} – вертикальна стискаюча напруга в ґрунті від експлуатаційного навантаження;

σ_{zg} – вертикальна стискаюча напруга від власної ваги ґрунту і аеродромного одягу;

p_{sc} – початковий просідний тиск (мінімальний тиск, при якому проявляються просідні властивості ґрунту при його повному водонасиченні), яке визначається за ДСТУ Б В.2.1-22:2009.

Якщо умова (1.3) задовільняється, слід передбачати ущільнення верхнього шару просідного ґрунту.

Якщо $\sigma_{zp} + \sigma_{zg} > p_{sc}$, необхідно крім ущільнення верхнього шару передбачати заходи щодо усунення просідних властивостей ґрунту (попереднє замочування, повну або часткову заміну ґрунту подушками з піску, гравію, щебеню та інших непросідних матеріалів), використання технології механічної стабілізації на глибину, що забезпечує задовільненню умови

$$s_{sc} \leq s_{ul}, \quad (1.4)$$

де s_{sc} – значення вертикальної деформації основи, викликані просіданням ґрунту, що визначається при вологості w_p на межі розкочування;

s_{ul} – граничне значення вертикальної деформації, що приймається за табл. 1.15.

При проектуванні елементів аеродрому, що знаходиться на ділянках з ґрунтовими умовами II типу по просіданню, поряд з усуненням просідних властивостей ґрунтів основи слід передбачати влаштування гідроізоляційного шару під аеродромним одягом і на відстані 3 м в обидва боки від кромки покриття, влаштування водонепроникних відмосток шириною не менше 2 м, а якщо початкова просідна вологість w_{sc} менше вологості на межі

розкочування w_p – усунення просідних властивостей ґрунту попередніми його замочуванням

Для зведення низьких насипів (висотою до 1 м) на ділянках з ґрунтовими умовами II типу по просіданню слід передбачати застосування недренуючих ґрунтів. Дренуючі ґрунти допускається застосовувати при техніко-економічному обґрунтуванні тільки на ділянках з ґрунтовими умовами I типу по просіданню.

Для зведення насипів висотою понад 1 м дозволяється застосовувати дренуючі ґрунти, однак природний ґрунт під насипом і на відстані не менше 5 м в обидва боки від неї повинен бути ущільнений на глибину не менше 0,5 м до щільності сухого ґрунту $\rho_d = 1,7 \text{ т/м}^3$ або нижня частина насипу (висотою 0,5 м) повинна бути виконана з недренуючих ґрунтів.

1.10.4. Основи на торфах, заторфованих і слабких глинистих ґрунтах

При проектуванні ґрунтових основ під аеродромні одяги, що знаходяться на торфах, заторфованих і слабких глинистих ґрунтах, слід передбачати:

- для основ під аеродромні одяги, що розраховуються на нормативні навантаження п/к-1500-6, п/к-960-15, п/к-15, п/к, I, II і III категорій, а під аеродромні одяги з асфальтобетонним покриттям, що розраховуються і на нормативні навантаження IV, V і VI категорій, заміну торфу і заторфованих ґрунтів на всю глибину їх залягання і заміну слабких глинистих ґрунтів на глибину стиснутої товщини (див. табл. 1.13 та 1.15);
- для основ під аеродромні одяги полегшеного типу, а також під аеродромні одягу з покриттям зі збірних залізобетонних плит, що розраховуються на нормативне навантаження IV категорії, дозволяється використовувати торф, заторфованні та слабкі ґрунти в межах стискаємої товщі ґрунтової основи, при цьому влаштування аеродромної одягу слід передбачати після попереднього обтиску торфу, заторфованими або слабого ґрунту вагою насипу до умовної стабілізації осідання s_s , м, яка визначається за формулою:

$$s_s = s_{tot} - s_u \quad (1.5)$$

де s_{tot} – повне осідання, м, вираховується відповідно до вимог ДБН В.2.1-10-2009;

s_u – граничне осідання аеродромного покриття, м, яке приймається за табл. 1.15.

Для підвищення несучої здатності насипу, що зводиться на природній основі з торфу, заторфованного і слабого ґрунтів, стійкості її до дії експлуатаційних навантажень, виключення місцевих просідань і проникнення цих ґрунтів в тіло насипу, а також забезпечення можливості виконання робіт по влаштуванню насипу в період перезволоження природного ґрунту необхідно передбачати укладення рулонних синтетичних матеріалів на поверхню торфу, заторфованного або слабого глинистого ґрунту.

1.10.5. Основи на засолених ґрунтах

При проектуванні основ, що передбачаються в районах поширення засолених ґрунтів, особливі властивості їх слід враховувати, якщо сольовий горизонт знаходиться в межах стиснутої товщі ґрунту (див. табл. 1.13 та 1.15).

Можливість використання ґрунтів різного ступеня засолення в якості природної основи і в насипу повинна встановлюватися відповідно до табл. 1.19 (див. с. 90). При цьому в разі нерівномірного по глибині змісту солей ступінь засолення ґрунтової основи слід приймати за середньозваженим вмісту солей.

Ґрунти, що містять гіпс, допускається використовувати в якості природної основи без обмеження, а в насипах, що зводяться в II–IV дорожньо-кліматичних зонах, – при вмісті гіпсу не більше 30 % маси сухого ґрунту, в V зоні – не більше 40 %.

Для аеродромів, розташованих в зоні штучного зрошення, або при глибині рівня підземних вод менше глибини промерзання використання сильно засолених ґрунтів в якості основи аеродромних покриттів не допускається, а граничний вміст гіпсу в ґрунтах насипів необхідно знижувати на 10 %.

Піднесення дна корита аеродромного покриття над розрахованим рівнем підземних вод слід приймати на 20 % більше, ніж

вказано в табл. 1.16, а по поверхні основи, складеної середньо- і сильно засоленими ґрунтами, необхідно передбачати влаштування гідроізоляційного шару.

Таблиця 1.19 – Використання ґрунтів різного ступеня засолення

Ґрунт за ступенем засолення	Середній вміст легкорозчинних солей, % до маси сухого ґрунту, при співвідношенні змісту іонів Cl' і SO_4''		Можливість використання в якості основи
	хлоридне і сульфатно-хлоридне засолення $Cl' / SO_4'' > 1$	сульфатне, хлоридно-сульфатне і содове засолення $0,3 \leq Cl' / SO_4'' \leq 1$	
Слабо засолений	від 0,3 до 1,0	від 0,3 до 0,5	Придатний
Засолений	понад 1,0 до 5,0	понад 0,5 до 2,0	„
Сильно засолений	понад 5,0 до 8,0	понад 2,0 до 5,0	„
Надмірно засолений	понад 8,0	понад 5,0	Не придатний

Коефіцієнт ущільнення насипів, що зводяться з засолених ґрунтів, слід приймати не менше 0,98 при аеродромному одязі полегшеного типу і для ґрунтової частини льотного поля, 1,00 – при аеродромному одязі капітального типу.

1.10.6. Основи на ґрунтах, що здимаються

Властивості ґрунтів, що здимаються слід враховувати, якщо глинисті ґрунти до початку промерзання мають показник плинності $I_L > 0$ або якщо рівень підземних вод знаходиться нижче розрахункової глибини промерзання, м, менш ніж на:

- 1,0 – для пісків дрібних;
- 1,5 – для пісків пилюватих, супісків та супісків пилюватих;
- 2,5 – для суглинків, суглинків пилюватих, великоуламкових ґрунтів з глинистим заповнювачем;
- 3,0 – для глин.

Основи на ґрунтах, що здимаються повинні задовольняти умові

$$s_f \leq s_w, \quad (1.6)$$

де s_f – рівномірна деформація здимання поверхні ґрунтової основи;

s_u – граничне значення вертикальної деформації здимання, що приймається за табл. 1.13.

Для виконання умови (1.6) слід передбачати:

- зниження рівня підземних вод;
- влаштування в основі стабільного шару з матеріалів, що не здимаються, із застосуванням в окремих випадках теплоізоляційних матеріалів для зменшення глибини промерзання ґрунту, що здимається;
- заходи щодо зменшення здимання ґрунтів основи шляхом обробки їх на розрахункову глибину солями (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2), що знижують температуру замерзання, органічними і мінеральними в'язкими, а також шляхом електрохімічної обробки.

1.11. Аеродромні конструкції

1.11.1. Загальні відомості

Штучне покриття – верхній шар аеродромної поверхні, що безпосередньо сприймає навантаження і впливи від повітряних суден, експлуатаційних та природних факторів.

Аеродромний одяг, що сприймає навантаження та впливи від повітряних суден, експлуатаційних і природних факторів, повинен включати:

- покриття – верхній несучий шар (шари), що безпосередньо сприймає навантаження від коліс повітряних суден, впливу природних факторів (змінного температурно-вологісного режиму, багаторазового заморожування і відтавання, впливу сонячної радіації, вітрової ерозії), теплові та механічні впливи газоповітряних струменів авіаційних двигунів та механізмів, призначених для експлуатації аеродрому, а також впливу антижеледних хімічних засобів;
- штучна основа – несуча частина аеродромного одягу, що забезпечує спільно з покриттям передачу навантажень на ґрунтову основу і складається з окремих конструктивних шарів, які можуть виконувати також дренажні,

протизамулюючі, термоізолюючі, протипучинні, гідроізолюючі та інші функції.

Аеродромні покриття слід підрозділяти за характером опору дії навантажень від повітряних суден на:

- жорсткі (з бетонним, армобетонним, залізобетонним покриттями, а також з асфальтобетонним покриттям на цементобетонній основі);
- нежорсткі (з покриттям з асфальтобетону; міцних кам'яних матеріалів підібраного складу, оброблених органічними в'язучими);
- щебневих та гравійних матеріалів, ґрунтів та місцевих матеріалів, оброблених мінеральними або органічними в'язкими).

Аеродромний одяг слід підрозділяти за терміном служби та ступенем досконалості на:

- капітальні (з жорстким та асфальтобетонним покриттями);
- полегшені (з нежорстким покриттям, крім покриття з асфальтобетону).

1.11.2. Вимоги до матеріалів для покриттів та штучних основ

Для жорстких аеродромних покриттів слід передбачати важкий бетон, який відповідає вимогам відповідних стандартів та норм. При техніко-економічному обґрунтуванні допускається застосовувати дрібнозернистий (піщаний) бетон. Вимоги до матеріалів та штучних основ аеродромних покриттів наведені в табл. 1.20 (див. с. 93).

Проектні класи бетону за міцністю необхідно приймати не нижче зазначених у табл. 1.20.

Вид і клас арматури, характеристики арматурних сталей слід встановлювати відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009, залежно від виду покриття, призначення арматури, температурних умов, технології приготування арматурних елементів і способів їх використання (напружена і ненапружена арматура).

Морозостійкість бетону повинна бути не нижче зазначеної в табл. 1.21 (див. с. 93).

Таблиця 1.20 – Вимоги до матеріалів та штучних основ аеродромних покриттів

Аеродромне покриття	Мінімальний клас бетону за міцністю на	
	розтягування при згинанні	стиснення
Одношарове монолітне покриття з бетону, армобетону, залізобетону (з ненапруженою арматурою)	$B_{tb}4,0$	B30
Верхній шар двошарового монолітного покриття з бетону, армобетону, залізобетону (з ненапруженою арматурою)	$B_{tb}4,0$	B30
Нижній шар двошарового покриття	$B_{tb}2,8$	B20
Збірне із залізобетонних попередньо напружених плит, армованих: дротяною арматурою або арматурними канатами стрижневою арматурою	$B_{tb}4,0$	B30
	$B_{tb}3,6$	B25
<p>Примітка 1. Для покриттів, розрахованих на п/к-1500-6 нормативне навантаження, необхідно застосовувати бетон класів не нижче ніж 4,8 та не нижче ніж B40.</p> <p>Примітка 2. Для покриттів, розрахованих на п/к-960-15, п/к-15, п/к нормативне навантаження, необхідно застосовувати бетон класів не нижче ніж 4,4 та не нижче ніж B35.</p> <p>Примітка 3. Для покриттів, розрахованих на навантаження з розрахунковим тиском у пневматику колеса не більше ніж 0,60 МПа, допускається при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні застосовувати бетон класів 3,2 та B25.</p>		

Таблиця 1.21 – Класи бетонів за морозостійкістю

Кліматичні умови	Морозостійкість бетону не нижче	
	для одношарового та верхнього шару двошарового покриттів	для нижнього шару двошарового покриття
М'які	F_{100}	F_{50}
Помірні	F_{150}	F_{75}
Суворі	F_{200}	F_{100}
<p>Примітка 1. М'які кліматичні умови характеризуються середньомісячною температурою зовнішнього повітря найхолоднішого місяця від 0 до мінус 5 °С, помірні – мінус 5 до мінус 15 °С, суворі – мінус 15 °С.</p> <p>Примітка 2. Розрахункова середньомісячна температура зовнішнього повітря приймається відповідно до вимог.</p>		

Вид і клас арматури, характеристики арматурних сталей слід встановлювати відповідно до вимог ДСТУ В.2.6-156:2011, залежно від виду покриття, призначення арматури, температурних умов,

технології приготування арматурних елементів і способів їх використання (напружена і ненапружена арматура).

1.11.3. Області застосування аеродромних покриттів

Аеродромні покриття за характером опору дії навантажень від повітряних суден поділяються на:

- жорсткі (бетонні; армобетонні; залізобетонні);
- нежорсткі (з асфальтобетону; міцних кам'яних матеріалів підібраного складу, оброблених органічними в'язучими; із щебеневих та гравійних матеріалів, ґрунтів та місцевих матеріалів, оброблених неорганічними або органічними в'язучими; збірних металевих елементів).

Армобетонним вважається покриття із цементобетону, армованого металевою сіткою, призначеною для сприйняття температурного напруження.

Залізобетонним вважається армоване цементобетонне покриття, в якому необхідну площу перерізу арматури визначають розрахунком на міцність та ширину розкриття тріщин.

Покриття поділяються за рівнем капітальності на:

- капітальні (з жорстким та асфальтобетонним покриттями);
- полегшені (з нежорстким покриттям, крім покриття з асфальтобетону).

Аеродромні покриття повинні відповідати вимогам:

- безпеки та регулярності виконання злітно-посадкових операцій повітряних суден;
- міцності, надійності та довговічності конструкції в цілому та складових її елементів (забезпечуються розрахунком міцності та виконанням вимог до будівельних матеріалів);
- охорони навколишнього середовища.

Проектний термін служби капітальних покриттів, які забезпечують експлуатацію повітряних суден із заданою інтенсивністю, має бути не менше 20 років для жорстких покриттів та 10 років для нежорстких покриттів. Існуючі жорсткі покриття, посилені асфальтобетоном, та покриття полегшеного типу мають проектуватися на термін служби щонайменше 5 років.

Покриття аеродромів, включаючи шари штучних основ, належить розраховувати за методом граничних станів на багаторазовий вплив вертикальних навантажень від повітряних суден як багатощарові конструкції, що лежать на пружній основі.

Асфальтобетонні покриття, крім того, слід розраховувати на сприйняття аеродинамічних навантажень від газоповітряних струменів авіадвигунів, якщо швидкість струменя в зоні контакту з покриттям дорівнює або більше 100 м/с.

Покриття смуг безпеки та укріплених вимощень ШЗПС, РД, МС, перонів, КЗБ, що примикають до торців ШЗПС, і покриття кінцевих смуг гальмування слід передбачати стійкими до впливу газоповітряних струменів від авіадвигунів, а також можливі навантаження від транспортних та експлуатаційних засобів.

Товщину покриття на ділянках, що зміцнюються, слід приймати по розрахунку, але не менше мінімально допустимої товщини конструктивного шару з даного матеріалу.

1.11.4. Матеріали для заповнення швів

За технологією застосування герметики підрозділяють на:

- герметики гарячого застосування;
- герметики холодного застосування.

За видом основного компонента герметики підрозділяють на:

- бітумні – Б;
- бітумно-полімерні – БП;
- бітумно-гумові – БГ;
- полімерні – П.

За гнучкістю герметики підрозділяють на марки: Г25, Г35, Г50.

Умовне позначення герметиків повинно складатись із скороченого позначення матеріалу за видом основного компонента, марки за гнучкістю та позначення стандарту.

Для більш повної ідентифікації герметизуючого матеріалу умовне позначення може бути уточненим або доповненим у нормативному або технічному документі на конкретний герметик.

Герметики повинні виготовлятися за технологічною документацією, затвердженою підприємством-виготовлявачем, і відповідати

вимогам даного стандарту і нормативних або технічних документів на конкретні герметики (табл. 1.22 та 1.23).

Таблиця 1.22 – Використання герметизуючих матеріалів для швів аеродромних покриттів

Температура повітря найбільш холодної п'ятиденки району розташування аеродрому, °С (забезпеченість 0,98)	Марка герметизуючого матеріалу
Вище мінус 25	Г25, Г35, Г50
Від мінус 25 до мінус 35	Г35, Г50
Нижче мінус 35	Г50

Таблиця 1.23 – Застосування показників якості герметизуючих матеріалів для швів аеродромних покриттів

Вид герметизуючого матеріалу	Найменування показника
1. Бітумні, бітумно-полімерні, бітумно-гумові	Гнучкість
	Температура липкості
	Відносне подовження у момент розриву
	Старіння під впливом ультрафіолетового випромінювання
	Витривалість
	Водопоглинання
	Густина
2. Полімерні	Гнучкість
	Температура липкості
	Відносне подовження у момент розриву
	Старіння під впливом ультрафіолетового випромінювання
	Витривалість
	Водопоглинання
	Життєздатність
	Час з моменту заповнення швів герметиком до початку можливої експлуатації покриття
Густина	

Відносне подовження герметиків у момент розриву повинно бути не менше 75 % при температурі мінус 20 °С.

Температура, що характеризує гнучкість герметиків, повинна бути не вище:

- мінус 25 °С для герметиків марки Г25;
- мінус 35 °С " " " Г35;
- мінус 50 °С " " " Г50.

Температура липкості герметиків повинна бути не нижче +50 °С.

На покриттях, що експлуатуються, проміжок часу з моменту заповнення швів герметиками холодного застосування до початку можливої експлуатації покриття при температурі +20 °С повинен бути не більше 6 год.

При виконанні робіт слід використовувати спецодяг та індивідуальні засоби захисту відповідно до діючих норм і ДСТУ 7239:2011.

Герметики повинні виготовлятися за технологічною документацією, затвердженою підприємством-виготовлявачем, і відповідати ДСТУ Б В.2.7-116-2002.

1.11.5. Стикові з'єднання в жорстких аеродромних покриттях

У покритті влаштовують поздовжні і поперечні шви (стискання і розширення), що ділять покриття на плити визначеної довжини і ширини.

Поперечні шви стискання влаштовуються між швами розширення.

Для запобігання тріщиноутворення та забезпечення температурноусадочної тріщиностійкості при твердінні, в ранньому віці в затверділому бетоні частину поперечних швів стискання влаштовують першочергово як контрольні, через кожні 2–3 плити.

Глибина нарізання поперечних швів становить 1/4 товщини плити, поздовжніх 1/3 товщини плити. Ширина шва 3–4 мм. У швах передбачають штирбові з'єднання різного профілю:

- поперечні шви – арматура гладкого профілю класу А240К довжиною 500 мм, оброблена нанесенням полімерних матеріалів, фарб тощо;
- повздовжні шви – арматура поперечного профілю класу А400К довжиною 800 мм.

Виготовлення прокладок, штирів та підтримуючих каркасів для деформаційних швів необхідно здійснювати заздалегідь – до початку укладання бетонної суміші.

Прокладки для швів розширення повинні виготовлятися з обрізних дощок (або інших матеріалів) товщиною 30 мм, довжиною 3500 мм (для покриттів шириною 7 м), або 3750 мм (для покриттів шириною 7,5 м).

Отвори в прокладках для вставлення штирів повинні бути меншими від їх діаметра на 0,8–1,0 мм. Прокладки повинні бути підібрані, підготовлені та оброблені так, щоб забезпечити прямолинійність шва розширення.

З метою утворення в бетоні простору для безперепонного ковзання в швах розширення штирів при температурних деформаціях плит на їх кінець перед укладанням бетонної суміші необхідно одягати гільзи-ковпачки.

Повітряний зазор між торцем штиря і дном гільзи-ковпачка повинен бути рівним товщині прокладки. Вказаний зазор слід утворювати шляхом влаштування в середині гільз потовщення стінки у вигляді одного чи двох наростів перерізом 3 мм та довжиною, що дорівнює товщині прокладки-дощки.

Гільзу-ковпачок необхідно одягти на штир до упору у вказаний наріст.

Внутрішній діаметр гільзи повинен дорівнювати діаметру штиря, щоб виключити попадання цементного розчину всередину гільзи-ковпачка.

Прокладки разом зі штирями і підтримуючим каркасом слід встановлювати на поверхню остаточно ущільненої і спрофільованої основи або вирівнюючого шару.

При встановленні зазор між суміжними дерев'яними прокладками по вісі покриття не допускається. Для попередження утворення цементобетонних дробок в швах по осі покриття прокладки необхідно підігнати, зробивши косий зріз (при двосхилому профілі), для утворення щільного примикання по всій площині стикування. По вісі покриття суміжні прокладки повинні з'єднуватись металевими скобами з дроту діаметром 5–6 мм.

Прокладки повинні бути закріплені металевими штирями, які забивають в шар основи з двох сторін через 0,8–1,0 м. Прокладки слід розташовувати у вертикальному положенні, перпендикулярно вісі покриття.

Зварні сітки з робочою арматурою діаметром не більше ніж 8 мм допускається вкладати на бетонну суміш, розподілену по основі, з припуском на ущільнення і з врахуванням проектного положення, а також встановлювати в проектне положення в процесі бетонування методом віброзанурення. Зварні сітки з поздовжніми стержнями діаметром більше ніж 8 мм слід встановлювати в проектне положення на приварені сітки-підставки до бетонування. Відстань між підставками приймають в межах 0,8–1,2 м.

1.12. Конструювання покриттів та штучних основ

1.12.1. Основні положення розрахунку аеродромних покриттів

Аеродромне покриття слід розраховувати на вплив навантажень від ПС конкретного типу або категорію нормативного навантаження. Покриття аеродрому слід розраховувати за допомогою методу граничного стану. Розрахункові граничні стани жорстких покриттів:

- бетон і армобетон – максимальний стан міцності;
- залізобетон з ненапруженим армуванням – граничні стани міцності, розтріскування і тиску на наземну основу;
- залізобетон з протягнутою арматурою – граничний стан розтріскування і тиску на наземну основу.

Розрахункові граничні стани нежорстких покриттів:

- для покриттів капітального типу – граничні стани на відносному прогині всієї конструкції і на міцність шарів асфальтобетону;
- для покриттів полегшеного типу – граничний стан на відносному прогині всієї конструкції.

Аеродромне покриття, як правило, слід розраховувати на вплив навантажень від ПС конкретного типу. Допускається розрахунок стандартних навантажень, категорії і параметри яких наведені в табл. 1.24 (для літаків) і 1.25 (для гелікоптерів) (див. с. 100).

Таблиця 1.24 – Значення нормативних навантажень на основну (умовну) опору літака

Категорія нормативного навантаження для аеродромів	Нормативне навантаження на основну (умовну) опору літака, кН	Внутрішній тиск повітря у пневматиках коліс, P , МПа	Основна опора
Позакатегорійне-1500-6	1500	1,52	Шестиколісна
Позакатегорійне-960-15	960	1,5	Чотириколісна
Позакатегорійне-15	850	1,5	Чотириколісна
Позакатегорійне	850	1,0	Чотириколісна
I	700		
II	550		
III	400		
IV	300		
V	80	0,6	Одноколісна
VI	50	0,4	

Примітка 1. Відстані між пневматиками чотириколісної опори прийняті рівними 0,7 м між суміжними колесами та 1,3 м між рядами коліс.
Примітка 2. Нормативні навантаження III та IV категорій допускається замінювати навантаженням на одноколісну основну опору та приймати відповідно 170 та 120 кН, а тиск у пневматиках коліс для нормативних навантажень V та VI категорій – рівними 0,8 МПа.
Примітка 3. Відстані між пневматиками шестиколісної опори прийняті рівними 1,2 м між суміжними колесами та 1,3 м між рядами коліс.
Примітка 4. Позакатегорійне-15 (П/к-15) – позакатегорійне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа.
Примітка 5. Позакатегорійне-960-15 (П/к-960-15) – позакатегорійне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа та величиною навантаження 960 кН.
Примітка 6. Позакатегорійне-1500-6 (П/к-1500-6) – позакатегорійне шестиколісне нормативне навантаження з тиском у пневматиках 1,5 МПа та величиною навантаження 1500 кН.

Таблиця 1.25 – Значення нормативних навантажень на основну (умовну) опору гелікоптера

Категорія вертольотів за злітною масою	Нормативне навантаження F на основну (умовну) опору, кН	Внутрішній тиск повітря у пневматиках коліс p_a , МПа
Важкі	170	0,7
Середні	60	0,6
Легкі	20	0,4

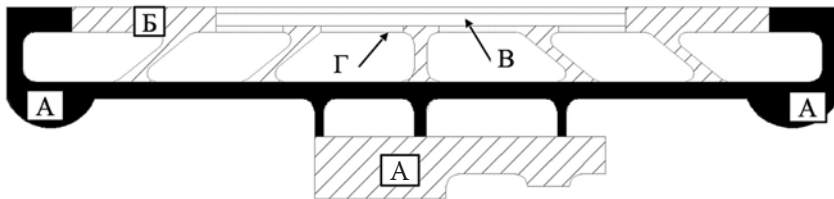
Примітка 1. Основна опора – одноколісна.
Примітка 2. При призначенні конструктивних вимог до вертодромів та їх елементів навантаження важких гелікоптерів (зі злітною масою понад 15 т) порівнюються до III категорії нормативного навантаження, середніх (від 5 до 15 т) – до V категорії, легкі (менше 5 т) – до VI категорії.

При розрахунку міцності покриттів вплив навантажень від різних типів ПС слід приводити до еквівалентного впливу розрахункового навантаження. Як розрахункове навантаження має прийматися ПС (категорія нормативного навантаження), що має максимальну силову дію на покриття.

Покриття аеродромів за ступенем впливу навантажень від повітряних суден та несучою здатністю поділяються на групи ділянок. Розрахунок покриттів вертодромів слід виконувати відповідно до вимог ділянок групи А (рис. 1.15).

Товщини шарів покриття смуг безпеки, укріплених вимощень, КЗБ, що примикають до торців ЗПС, слід розраховувати як для ділянок групи Г з мінімальною повторюваністю застосування розрахункового навантаження ($k_d - 2$ або $N - 5$), але приймати не менше мінімально допустимих значень для матеріалів конструктивних шарів.

При розрахунку аеродромних покриттів на міцність коефіцієнти динамічності k_d та розвантаження f (що враховує рух з покриття повітряних суден з великими швидкостями) для всіх груп ділянок аеродрому слід приймати відповідно до табл. 1.26 (див. с. 102).



А – магістральні руліжні доріжки (МРД); кінцеві ділянки ШЗПС;
перон; Б – ділянки ШЗПС, що примикають до кінцевих її ділянок;
допоміжні та сполучні РД, МС та інші аналогічні майданчики
для стоянки повітряних суден; В – середня частина ШЗПС;
Г – крайові по ширині ділянки в середній частині ШЗПС

за винятком прилеглих до сполучних РД

Рисунок 1.15 – Групи ділянок аеродромних покриттів

Таблиця 1.26 – Значення коефіцієнтів динамічності k_d та розвантаження γ_f

Група ділянок аеродромних покриттів	Коефіцієнт розвантаження γ_f	Коефіцієнт динамічності k_d при внутрішньому тиску повітря в пневматиках коліс, МПа		
		1,0 і менше	від 1,0 до 1,5	від 1,5
А	1	1,2	1,25	1,3
Б	1	1,1	1,15	1,2
В і Г	0,85	1,1	1,1	1,1

Примітка 1. При розрахунку нежорстких покриттів для всіх ділянок та тисків повітря у пневматиках коліс коефіцієнт динамічності приймають рівним 1,1.
Примітка 2. Для штучних покриттів узбіччя та зміцнюваних ділянок, що примикають до торців ЗПС, коефіцієнти динамічності та розвантаження приймають рівним 1.

Динамічні навантаження досягають найбільшого значення при русі повітряних суден із швидкістю 30–50 км/год. При подальшому збільшенні швидкості динамічні навантаження на аеродромне покриття зменшуються, що пов'язано із характером взаємодії пневматиків коліс із покриттям.

Під дією посадочних ударів коліс шасі повітряних суден динамічні коефіцієнти невеликі та не перевищують одиницю. Це пояснюється короткочасністю прикладання навантаження та сповільненням розповсюдження деформацій. Тому посадочний удар не є розрахунковим випадком при проектуванні аеродромних покриттів. Вплив високої посадочної швидкості на формування напружено-деформованого стану незначний і не вимагає врахування при розрахунках. Максимальні коефіцієнти динамічності на тих ділянках покриттів аеродромів, де швидкість руху порівняно невелика. До ділянок з найбільшим динамічним впливом повітряних суден відносяться руліжні доріжки та кінцеві ділянки злітно-посадкових смуг. Відповідно до чинних норм коефіцієнт динамічності залежить від груп ділянок аеродромних покриттів (рис. 1.15) та тиску у пневматиках коліс шасі повітряного судна [95].

Для коригування коефіцієнту динамічності було використано апроксимуючу функцію виду $k_d = p_a^A \cdot B$. Параметри А та В апроксимуючої функції було визначено за допомогою методу найменших квадратів у програмі Excel.

Коефіцієнт динамічності k_d для груп ділянок А та Б можна визначати за емпіричними формулами:

$$k_{d,A} = p_a^{0,11} \cdot 1,223 ;$$

$$k_{d,B} = p_a^{0,12} \cdot 1,123 ,$$

де p_a – тиск у пневматиках колеса ПС, МПа.

1.12.2. Розрахунок жорстких аеродромних конструкцій

Жорсткі монолітні покриття повинні бути законструйовані, як правило, одношаровими. Двошарові монолітні покриття дозволяється використовувати тільки в тому випадку, якщо технічно неможливо укласти шар бетону, необхідний при розрахунку товщини або зміцненні існуючих покриттів, розумних техніко-економічних розрахунків.

Конструкція жорстких покриттів повинна, як правило, виконуватися з важкого бетону, відповідного ДСТУ Б В.2.7-43-96 і цьому набору правил і підготовлених з бетонної суміші за ДСТУ Б В.2.7-96-2000. Допускається використання дрібнозернистого бетону в техніко-економічному обґрунтуванні за ДСТУ Б В.2.7-43-96 при цьому клас міцності на стиск при використанні його в одношаровому або верхньому шарі двошарового покриття не повинен бути нижче В30.

Необхідна товщина монолітного жорсткого шару повинна бути визначена розрахунком і прийнята не менше 0,16 м.

При зміцненні твердих покриттів бетоном або залізобетоном необхідна товщина арматурного шару повинна бути визначена розрахунком і зайняти не менше 0,2 м.

Вид та клас арматури слід встановлювати залежно від виду покриття, призначення арматури, технології виготовлення арматурних елементів та способів їх використання (ненапружена і напружена арматура).

Характеристики арматурних сталей наведені у ДБН В.2.6-98:2009.

Як ненапружену арматуру слід застосовувати звичайний арматурний дріт класів В500 (Вр-І) (у зварних сітках та каркасах) або гарячекатану арматуру сталь періодичного профілю класів А300 (А-ІІ)

та А400 (АІІ). В якості монтажної, розподільної та конструктивної арматури, а також для елементів стикових з'єднань слід використовувати гарячекатану арматурну сталь гладку класу А240 (А-І).

Товщина захисного шару в монолітних залізобетонних покриттях повинна бути не менше 40 мм для верхньої арматури та 30 мм – для нижньої.

Армобетонні покриття при товщині плит до 0,3 м слід армувати сітками зі стрижневої арматури діаметром від 10 до 14 мм, при товщині плити понад 0,3 м – діаметром від 14 до 18 мм. Відсоток поздовжнього армування плит (ступінь насичення бетону арматурою) слід приймати від 0,1 до 0,15, а крок стрижнів – від 0,15 до 0,4 м залежно від ширини плити та діаметру стрижнів арматури.

Поперечне армування – конструктивне; відстань між поперечними стрижнями слід приймати рівним 0,4 м.

Для армування залізобетонних покриттів з ненапруженою арматурою слід застосовувати арматуру діаметром від 12 до 18 мм.

Необхідну площу перерізу арматури слід визначати розрахунком, при цьому відсоток армування має бути не менше 0,25. Арматуру необхідно розмішувати в поздовжньому та поперечному напрямках у верхній та нижній зонах перерізу плити відповідно до величини згинальних моментів.

Відстань між стрижнями в залежності від необхідної площі арматури та прийнятого діаметра стрижнів слід приймати від 0,1 до 0,3 м.

Арматурні сітки та каркаси не повинні зміщуватись у процесі бетонування. Конструктивні елементи, що забезпечують їх стійкість, не повинні перешкоджати вільному температурному переміщенню плит у процесі експлуатації.

Збірні покриття з типових плит ПАГ-14 слід застосовувати для навантажень на колесо не більше 100 кН для багатоколісної опори та не більше 170 кН для одноколісної, ПАГ-18 – не більше 140 кН для багатоколісної опори та не більше 200 кН, для одноколісної опори, ПАГ-20 – не більше 180 кН та 250 кН відповідно. Плити повинні задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.6-135:2010 (ГОСТ 25912.0-91, MOD) – ДСТУ Б В.2.6-138:2010 (ГОСТ 25912.3-91, MOD).

Між плитами жорстких монолітних покриттів та штучними основами, а також між шарами двошарових монолітних покриттів необхідно передбачати конструктивні заходи, які забезпечують незалежність горизонтальних переміщень шарів (розподільні прошарки з пергаміну та плівкових полімерних матеріалів). У покриттях без швів розширення необхідно використовувати два шари плівкових матеріалів, при влаштуванні швів розширення дозволяється використовувати один шар. Застосування піскобітумного килимка не допускається.

При облаштуванні двошарових покриттів методом зрощування роздільний прошарок не влаштовується.

Збірні покриття із попередньо напружених залізобетонних плит, влаштовуються на основі всіх типів, крім піщаних, слід укласти по вирівнюючому прошарку з піскоцементної суміші товщиною 3–5 см.

Розділовий прошарок у цьому випадку не влаштовують.

При розрахунку жорстких аеродромних покриттів для міцності і розтріскування повинна бути виконана умова:

$$m_d \leq m_u, \quad (1.7)$$

де m_d – розрахунковий згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити;

m_u – граничний згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити.

Розрахункові значення згинальних моментів m_d , МН м/м, на одиницю поперечного перерізу ширини одношарових жорстких покриттів всіх типів становлять:

$$m_d = m_{c,\max} \cdot k \cdot k_N \cdot k_{x(y)}, \quad (1.8)$$

де $m_{c,\max}$ – максимальний згинальний момент при центральному завантаженні плити, МН м/м, який розраховується як найбільший загальний крутний момент, що генерується колесами підтримки літака в конструктивних секціях плити перпендикулярно осі або виключаючи при цьому колеса, що викликають негативне значення моменту згинання в конструктивній ділянці:

$$m_{c,\max} = m_1 + \sum_{i=2}^{n_k} m_{x(y)i} = F_d \cdot f(\alpha) + \sum_{i=2}^{n_k} \bar{m}_{x(y)i} \cdot F_d, \quad (1.9)$$

де $f(\alpha)$ приймається для $\alpha = \frac{R_e}{l}$ відповідно до вимог чинних норм [95];

\bar{m}_{x_i} та \bar{m}_{y_i} – беруть для кожного, починаючи з другого, колеса

основної опори залежно відзначень координат $\xi_i = \frac{y_i}{l}$ і $\eta_i = \frac{y_i}{l}$;

k – коефіцієнт, який передбачає застосування в плитах стикових з'єднань або крайового армування (для бетонних і залізобетонних покриттів з стиковими з'єднаннями або арматурою конструктивного краю – 1,2; для бетонних і залізобетонних покриттів, розташованих без стикових з'єднань і крайової арматури плит – 1,5; для збірних покриттів попередньо напружених залізобетонних плит – 1,0);

k_N – коефіцієнт, який враховує наявність штучної основи, не обробленої в'язучим;

$k_{x(y)}$ – коефіцієнт, який враховує жорсткість плити у напрямках X і Y .

Максимальний згинальний момент за центрального розташування основної двоколійної опори ПС (Ан-148, Ан-158, А318, А319, А320, А321, В737) можна визначати за емпіричною формулою [45]:

$$m_{c,\max} = F_d \left[0,1164 - 0,0902 \ln \left(\frac{R_e}{l} \right) - 0,0873 \ln \frac{a_T}{l} \right],$$

де F_d – проектне навантаження на колесо визначається за формулою (1.10), кН;

R_e – радіус відбитка пневматика, що визначається за формулою (1.11), м;

l – пружна характеристика плити, що визначається за формулою (1.12), м;

a_T – відстань між осями суміжних коліс, м.

Проектне навантаження на колесо визначається за формулою:

$$F_d = \frac{F_n}{n_k} \cdot k_d \cdot \gamma_f, \quad (1.10)$$

де k_d – коефіцієнт умов роботи;
 γ_f – коефіцієнт розвантаження;
 n_k – число коліс на основній опорі.

Радіус відбитка пневматика визначається за формулою:

$$R_e = \sqrt{\frac{F_d}{\pi \cdot p_a}}. \quad (1.11)$$

Пружна характеристика плити умовного одношарового покриття визначається за формулою:

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{K_{se}}}, \quad (1.12)$$

де B – жорсткість перерізів плит покриття;
 K_{se} – розрахунковий коефіцієнт постелі однорідної ґрунтової основи, МН/м³, визначений відповідно до дорожньо-кліматичних зон України.

Жорсткість перерізів плит покриття слід визначати на одиницю ширини перерізу за формулами:

– для перерізів бетонних, армобетонних та попередньо напружених залізобетонних плит:

$$B = 0,085 \cdot E_b \cdot t^3, \quad (1.13)$$

– для перерізів залізобетонних плит з ненапруженою арматурою:

$$B = \frac{E_s \cdot A_s}{\psi_b} \cdot \left(h_0 - \frac{x}{3}\right) \cdot (h_0 - x), \quad (1.14)$$

де E_b – початковий модуль пружності бетону;
 E_s – модуль пружності арматури, МПа;
 A_s – площа поперечного перерізу натягнутої арматури на одиницю ширини поперечного перерізу пластини, м/м;
 ψ_b – коефіцієнт з урахуванням роботи бетону між тріщинами в розтягнутій зоні і приймається рівним при розрахунку міцності – 0,2;

h_0 – робоча висота перерізу (відстань від стиснутої грані перерізу до центру тяжіння розтягнутої арматури), м;

x – висота стиснутої зони бетону в перерізі, м.

Максимальний згинальний момент за центрального розташування категорії нормативного навантаження (позакатегорійне-960-15, позакатегорійне-15, позакатегорійне, I, II, III, IV) (табл. 1.24) можна визначати за формулою [45]:

$$m_{c,max} = F_d \left[0,0871 - 0,0902 \ln \left(\frac{R_c}{l} \right) - 0,1588 \cdot \ln \frac{0,7}{l} \right] - F_d \left[0,0873 \ln \frac{1,3}{l} - 0,0044 \cdot e^{\frac{1,3}{l}} \right]. \quad (1.15)$$

Граничні моменти визначаються:

$$m_u = \gamma_c \cdot k_m \cdot R_{btb} \cdot \frac{t_{en}^2}{6} \cdot k_u, \quad (1.16)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи цементобетону [95];

k_m – коефіцієнт, який враховує сумарну товщину асфальтобетону або товщину верхнього шару цементобетонного покриття;

R_{btb} – розрахункова міцність цементобетону на розтяг при згинанні;

t_{en} – необхідна товщина для розрахункового навантаження одношарового цементобетонного покриття;

k_u – коефіцієнт, що враховує число прикладань колісних навантажень літаків за проектний строк служби покриття.

При розрахунку двошарових покриттів повинна виконуватися умова (1.7) для верхньої і нижньої плит.

Граничний згинальний момент m_u визначається за формулою (1.16), при цьому граничний згинальний момент в плитах нижнього шару, розрахований за цією формулою, слід помножити на коефіцієнт корекції k_m , визначається за чинними нормами [95].

Розрахункові згинальні моменти в плитах верхнього і нижнього шарів двошарового покриття $m_{d,sup(inf)}$, кН · м/м, варто визначати за формулами:

- в плитах верхнього шару покриттів з комбінованими швами

$$m_{d,\text{sup}} = \frac{k'm_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{inf}}}{B_{\text{sup}}}};$$

- в плитах нижнього шару покриттів з комбінованими швами

$$m_{d,\text{inf}} = k'm_{c,\text{max}} - m_{d,\text{sup}};$$

- у плитах верхнього шару покриттів із несуміщеними швами

$$m_{d,\text{sup}} = \frac{k_1 m_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{inf}}}{B_{\text{sup}}}};$$

- у плитах нижнього шару покриттів із несуміщеними швами

$$m_{d,\text{inf}} = \frac{m_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{sup}}}{B_{\text{inf}}}},$$

де $m_{c,\text{max}}$ – максимальний згинальний момент, кН · м/м, при центральному завантаженні одношарової плити $B_{\text{inf}} + B_{\text{sup}}$, обчислений за формулою (1.9);

B_{sup} , B_{inf} – жорсткість плит відповідно верхнього і нижнього шарів, віднесених до одиниць ширини їх перерізів;

k' – коефіцієнт, що дорівнює: 1,5 – при відсутності стикових з'єднань у верхньому і нижньому шарах; 1,4 – при з'єднаннях тільки в нижньому шарі; 1,2 – при з'єднаннях у верхньому і нижньому шарах або тільки у верхньому шарі, але з параметрами, прийнятими по товщині покриття, розрахованим на загальну жорсткість шарів;

k_1 – коефіцієнт, що враховує концентрацію згинальних моментів у верхньому шарі двохшарового покриття по краях і кутах плит нижнього шару (табл. 1.27, див. с. 110).

Таблиця 1.27 – Коефіцієнт з урахуванням концентрації згинальних моментів у верхньому шарі двошарового покриття по краях і кутах плит нижнього шару

$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1	$\frac{B_{inf}}{B_{sup}}$	k_1
0	1,20	4	2,00
0,15	1,04	5	2,25
1	1,25	6	2,50
2	1,50	7	2,75
3	1,75	8	3,00

1.12.3. Розрахунок нежорстких аеродромних конструкцій

Нежорсткі покриття влаштовують багат шаровими. Необхідну товщину шарів доводять розрахунком. Мінімально допустиму товщину конструктивного шару (в ущільненому стані) приймають згідно з табл. 1.28 (див. с. 111).

Загальна товщина шарів асфальтобетону на основі матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими речовинами, не повинна бути меншою, ніж показано в табл. 1.29 (див. с. 111). Верхні шари асфальтобетонних покриттів повинні розташовувати з щільних сумішей, нижні – з щільних або пористих сумішей. Використання пористих асфальтобетонних сумішей на підставах, які є водонепроникним шаром, не допускається.

Під навантаження III нормативної категорії і вище у верхніх шарах нежорстких покриттів повинні використовуватися щільні асфальтобетонні суміші I класу, під навантаженнями IV категорії – марки не нижче II, під навантаженнями V і VI категорій – не нижче III ступеня за міцністю.

Холодні асфальтобетонні суміші дозволяється використовувати з відповідним техніко-економічним обґрунтуванням тільки на РД, перонах і МС при навантаженнях категорій IV і нижче.

Тип асфальтобетонної суміші і відповідна марка бітуму повинні враховувати кліматичні умови відповідно до ДСТУ Б В.2.7-319:2016 і ДСТУ 4044-2001.

Таблиця 1.28 – Мінімальна товщина шарів асфальтобетону в аеродромних конструкціях

Матеріал конструктивного шару нежорсткого покриття та штучної основи	Мінімальна товщина, що вкладається одним шаром, м
Асфальтобетон при внутрішньому тиску повітря в пневматиках коліс повітряних суден, МПа:	
менше 0,6	0,05
більше 0,6 до 0,7	0,07
більше 0,7 до 1,0	0,09
більше 1,0 до 1,25	0,12
Щебінь, гравій, ґрунти, оброблені органічними в'язучими	0,08
Щебінь, оброблений в'язким бітумом за способом просочення	0,08
Щебінь, не оброблений в'язучим і укладений на міцну (кам'яну або укріплену в'язучою, ґрунтовою) основу	0,08
Ґрунти та маломіцні кам'яні матеріали, оброблені мінеральними в'язучими	0,15
Щебінь або гравій, не оброблений в'язкими і укладений на піщану основу	0,15

Таблиця 1.29 – Загальна мінімальна товщина асфальтобетонних шарів

Середньомісячна температура повітря найхолоднішого місяця, °С	Загальна мінімальна товщина асфальтобетонних шарів, м, на основах з матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими, та покриття з цементобетону					
	на ШЗПС			на інших ділянках аеродрому		
	при категорії нормативних навантажень					
	п/к, I, II	III, IV	V, VI	п/к, I, II	III, IV	V, VI
Мінус 5 і вище	0,09	0,07	0,07	0,09	0,07	0,06
Нижче мінус 5 до мінус 15	0,12	0,09	0,07	0,09	0,07	0,06
Нижче мінус 15 або кількість переходів температури через 0 °С понад 50 разів на рік	0,16	0,13	0,07	0,12	0,09	0,07

Під навантаженнями IV нормативної категорії і вище асфальтобетонне покриття повинно бути влаштовано на штучних основах з матеріалів, оброблених в'язкими речовинами.

При будівництві асфальтобетонного покриття на основі важкого бетону маломіцних класів необхідно зрізати деформаційні шви.

Показник однорідності асфальтобетонних сумішей на бітумах модифікованих полімером, який оцінюють за коефіцієнтом варіації границі міцності при стисканні за температури 50 °С, повинен бути не більший ніж 0,18.

При розрахунку нежорстких аеродромних покриттів по граничному відносному прогину всієї конструкції має виконуватися умова:

$$\lambda_d \leq \gamma_c \lambda_u, \quad (1.17)$$

де λ_d – розрахунковий відносний прогин покриття від навантаження;
 γ_c – коефіцієнт умов роботи, який приймається для груп ділянок аеродромних покриттів: А – 1; Б та В – 1,05; Г – 1,1;

λ_u – граничний відносний прогин покриття.

Якщо в результаті розрахунку загальна товщина нежорсткої конструкції перевищує 0,5 м, модулі пружності зв'язкових ґрунтів, що дорівнюють 24 МПа і менше, слід підвищити: на 5% – при товщині конструкції від 0,51 до 0,75 м, 10 – при товщині від 0,76 до 1,0 м, 15 – при товщині від 1,01 до 1,25 м та на 20% – при товщині понад 1,25 м.

Розрахунковий відносний прогин покриття від навантаження визначають за формулою:

$$\lambda_d = 0,9 \frac{p_a}{E_{ed}}, \quad (1.18)$$

де p_a – внутрішній тиск повітря у пневматиках коліс, МПа;

E_{ed} – еквівалентний модуль пружності нежорсткої конструкції, включаючи ґрунтову основу, МПа:

$$E_{ed} = E_{mt} \cdot \psi_k, \quad (1.19)$$

де E_{mt} – середній модуль пружності, МПа, багат шарової конструкції (включаючи покриття, штучну основу та насип) з шарів у межах товщини, що стискається:

$$E_{mt} = \frac{E_1 \cdot t_1 + E_2 \cdot t_2 + \dots + E_n \cdot t_n}{t_{tot}} \quad (1.20)$$

Міцність асфальтобетонних шарів нежорсткої конструкції аеродромного покриття має відповідати умові:

$$\sigma_r \leq \gamma_c \cdot R_d, \quad (1.21)$$

де σ_r – найбільше розтягуюче напруження при згині в шарі від розрахункового навантаження, МПа, що визначається за формулою:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot P_d, \quad (1.22)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи для асфальтобетону, що приймається рівним для груп ділянок аеродромних покриттів: А – 1; Б та В – 1,1; Г – 1,2;

R_d – розрахунковий опір розтягуванню при згинанні асфальтобетону, МПа;

$\bar{\sigma}_r$ – питоме розтягуюче напруження, МПа.

При розрахунку міцності покриття вплив навантажень від різних типів повітряних суден слід призводити до еквівалентного впливу розрахункового навантаження через наведену повторюваність прикладання навантаження N_r .

При цьому слід враховувати тільки ті повітряні судна, у яких навантаження на головну опору більше або дорівнює половині значення навантаження на головну опору розрахункового повітряного судна.

Значення N_r визначають за формулою:

$$N_r = \sum_{i=1}^n N_i \cdot n_{ai} \cdot k_{ni}, \quad (1.23)$$

де n – кількість типів ПС, включаючи розрахункове;

N_i – середньодобова кількість зльотів ПС;

n_{ai} – число осей на опорі i -го ПС; у розрахунку міцності по граничному відносному прогину приймають $n_{ai} = 1$;

k_{ni} – коефіцієнт приведення навантажень:

$$k_{ni} = \left(\frac{p_{ai}}{p_d} \right)^{5,5} \left(\frac{D_{ei}}{D_{ed}} \right)^{7,66}, \quad (1.24)$$

де p_{ai} , p_d – внутрішній тиск повітря в пневматиках коліс відповідно i -го та розрахункового ПС;

D_{ei} , D_{ed} – діаметри кіл, рівновеликих площ відбитків еквівалентних одноколісних навантажень відповідно i -го та розрахункового ПС.

Діаметр кола, рівновеликого площі круга відбитка пневматика одноколісного еквівалентного навантаження обчислюють за формулою:

$$D_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_e}{\pi \cdot p_a}}, \quad (1.25)$$

де F_e – одноколісне еквівалентне навантаження, що замінює силовий вплив багатоколісного опорного навантаження.

1.12.4. Розрахунок шарів посилення існуючих покриттів під час реконструкції аеродромів

При розрахунку жорсткого шару посилення жорстких аеродромних покриттів має виконуватися умова

$$m_{d,\text{sup}} \leq m_{u,\text{sup}}, \quad (1.26)$$

де $m_{d,\text{sup}}$, $m_{u,\text{su}}$ – відповідно розрахунковий та граничний згинальні моменти у шарі посилення на одиницю ширини перерізу.

Розрахункові згинальні моменти у шарі посилення слід визначати за формулами:

- при посиленні монолітних бетонних або армобетонних покриттів на основі з неукріплених матеріалів шаром з монолітного бетону або армобетону

$$m_{d,\text{sup}} = \frac{k_{\text{max}} m_{c,\text{max}}}{1 + \frac{B_{\text{inf}}}{B_{\text{sup}}}}, \quad (1.27)$$

де k_{max} – коефіцієнт, що враховує концентрацію згинальних моментів у верхньому шарі двошарового покриття над краями та кутами плит нижнього шару, що приймається максимальним із значень коефіцієнтів k' і k_1 ;

$$k_{\max} = \max(k', k_1),$$

де $m_{c,\max}$ – максимальний згинальний момент, МН · м/м, при центральному завантаженні плити із сумарною жорсткістю

$$B_{\text{inf}} + B_{\text{sup}};$$

$B_{\text{inf}}, B_{\text{sup}}$ – жорсткість плит відповідно верхнього та нижнього шарів, віднесена до одиниць ширини їх перерізів.

При посиленні монолітного залізобетонного покриття шаром із монолітного бетону або армобетону існуюче залізобетонне покриття слід при розрахунку враховувати як армобетонне.

При визначенні жорсткості та граничного згинального моменту бетонних та армобетонних шарів існуючих покриттів, їх розрахункову товщину t_{pd} слід приймати в залежності від категорії руйнування, що встановлюється за табл. 1.30 (див. с. 116), та товщини t_{ex} існуючого покриття при категорії руйнування:

$$\text{I категорія руйнування } t_{pd} = t_{ex}$$

$$\text{II категорія руйнування } t_{pd} = 0,9 t_{ex}$$

$$\text{III категорія руйнування } t_{pd} = 0,9 t_{ex}.$$

Товщину шару асфальтобетону, необхідного для посилення існуючого жорсткого покриття, слід визначати за формулою

$$t_{ab} = \sqrt[3]{\frac{E_b}{E_{ab}}(t_{en} - t_{ed})} \geq t_{ab,\min}, \quad (1.28)$$

де t_{en} – потрібна для заданого розрахункового навантаження товщина одношарового бетонного покриття, м;

t_{ed} – товщина бетонного покриття, еквівалентного за несучою здатністю існуючого покриття, що приймається рівною для покриттів:

$$\text{бетонних } t_{ed} = t_{pd};$$

$$\text{армобетонних } t_{ed} = 1,1 t_{pd};$$

залізобетонних з ненапруженою арматурою при відсотку армування:

$$0,25 \quad t_{ed} = 1,1 t_{pd};$$

$$0,3 \quad t_{ed} = 1,21 t_{pd};$$

$$0,35 \quad t_{ed} = 1,32 t_{pd};$$

$$0,4 \quad t_{ed} = 1,41 t_{pd};$$

збірних та монолітних попередньо напружених $t_{ed} = 1,6t_{pd}$;
 $t_{ab,min}$ – мінімальна товщина шару посилення з асфальтобетону,
 яка приймається за табл. 1.29;
 E_b, E_{ab} – модулі пружності бетону та асфальтобетону.

Таблиця 1.30 – Категорії руйнування жорстких покриттів

Категорія руйнування плит існуючих жорстких покриттів	Число зруйнованих плит, %			
	з лущенням глибиною понад 1 см	з відколами кромок у місцях швів	з наскрізними тріщинами (подовжні або поперечні)	з відколами кутів, діагональними наскрізними тріщинами поряд з наскрізними подовжніми та поперечними
I	Менше 10	–	–	–
II	від 10 до 30	Менше 30	Менше 20	–
III	понад 30	30 і більше	від 20 до 30	Менше 20
IV	Не нормується		понад 30	20 і більше

Примітка 1. Категорію руйнування встановлюють за ознакою, що дає найвищу категорію руйнування.
Примітка 2. Наскрізні тріщини враховуються, якщо середня відстань між ними менше 5 м і вони не допускаються розрахунковим граничним станом.
Примітка 3. При визначенні відсотка зруйнованих плит слід приймати: для ШЗПС – середню смугу шириною, що дорівнює половині ширини ШЗПС по всій її довжині; для РД та інших елементів покриття – ряд плит, що зазнають впливу навантажень від основних опор повітряних суден; для МС та перонів – всю робочу площу.
Примітка 4. Перед посиленням асфальтобетонного покриття необхідно провести фрезерування існуючого покриття на 2 см або влаштуванням вирівнюючого шару.

Існуючі жорсткі покриття IV категорії руйнування для розрахунку слід враховувати як штучні основи з коефіцієнтом постелі 600 МН/м^3 .

При визначенні товщини одношарового бетонного покриття потрібно:

- характеристики матеріалів, типи швів та стикових з'єднань приймати як для існуючого покриття;
- значення коефіцієнта динамічності k_d зменшувати на 15% порівняно з наведеними у табл. 1.26, але приймати не менше ніж 1.

Розрахунок шарів посилення нежорстких покриттів слід виконувати як для покриттів, що знову проектуються, враховуючи конструктивні шари існуючих покриттів і основ і їх стан.

При посиленні нежорстких покриттів жорстким шаром існуюче покриття слід розглядати як штучну основу.

Необхідність і методи зміцнення існуючих покриттів при реконструкції аеродромів повинні встановлюватися з урахуванням прогнозованого складу і інтенсивності повітряного руху, а також в залежності від стану існуючого покриття, природних і штучних основ, дренажної і дренажної системи, місцевих гідрогеологічних умов, характеристик матеріалів існуючого покриття і основи, висотного положення поверхні покриття.

Необхідна товщина арматурного шару розраховується з урахуванням фактичного стану і несучої здатності існуючого покриття. При цьому конструктивні характеристики існуючого покриття і основи повинні, як правило, визначатися на основі результатів випробувань.

Там, де випробування неможливі, допустимо визначати конструктивні характеристики існуючого покриття з даних проекту з урахуванням категорії руйнування.

Проект армування покриття повинен передбачати попередню зйомку для виявлення і подальшого усунення причин дефектів, попередню корекцію підстави і відновлення зруйнованого покриття, в тому числі установку вирівнюючий шар для виступів, вибоїн та інших нерівностей існуючого покриття понад 2,5 см, а також відновлення і розвиток дренажної і дренажної системи, при відсутності дренажу – визначити необхідність його влаштування.

Жорсткі покриття можуть бути посилені всіма видами жорстких покриттів і асфальтобетону на основі найбільш ефективного використання несучої здатності існуючого покриття з урахуванням конкретних умов. Монолітні армобетонні покриття повинні бути посилені, як правило, монолітним армобетоном або асфальтобетоном, збірними покриттями з попередньо підкреслених плит – збірними покриттями попередньо напружених плит або асфальтобетону.

Верхній несучий шар(и) існуючих жорстких монолітних покриттів, що належать до III і IV категорій руйнування (табл. 1.30), як правило, повинен бути розібраний або фрагментований перед арматурою.

При підготовці твердих аеродромних покриттів для армування можливе заміна покриттів в зонах систематичного руління повітряних суден з одночасним усуненням дефектів і причин їх появи в інших районах за допомогою ремонтних робіт.

При зміцненні збірних покриттів збірними плитами шви армованого шару по відношенню до швів існуючого покриття повинні бути зміщені не менше 0,5 м для поздовжніх і 1 м для поперечних швів.

При зміцненні монолітних жорстких покриттів монолітним бетоном, армобетоном або залізобетоном необхідно дотримуватися вимог до двошарових покриттів. Якщо шарів більше двох, шар, розташований безпосередньо через верхній шар, слід вважати нижнім шаром, а інші шари слід розглядати як штучні основи.

Для забезпечення контакту плит з підставою при зміцненні жорстких покриттів попередньо підкресленими залізобетонними плитами між існуючим покриттям і збірними плитами обов'язковим, незалежно від рівності існуючого покриття, є обов'язковим влаштувати вирівнюючий шар піщаного цементу середньою товщиною не менше 3 см; роздільний шар в даному випадку не задовольняється.

Загальна мінімальна товщина шарів асфальтобетону при зміцненні твердих поверхонь повинна відповідати табл. 1.29. Для зміцнення твердих поверхонь асфальтобетоном у всіх шарах слід використовувати тільки щільні асфальтобетонні суміші.

Армування нежорстких покриттів може бути виконане з нежорсткими і жорсткими покриттями всіх типів.

Зміцнення нежорстких покриттів жорсткими слід проводити уздовж сепараційного шару з пристроєм, при необхідності вирівнюючим шаром.

При зміцненні існуючих жорстких покриттів асфальтобетоном слід використовувати арматуру, різання деформаційних швів в асфальтобетоні та інші заходи, спрямовані на зниження ймовірності утворення відбитих тріщин в арматурному шарі і вирівнюючому шарі. Допускається фрагментувати верхній шар існуючих жорстких покриттів.

Армування асфальтобетонного арматурного шару сітками (спеціально виготовленими для цього) має бути передбачено для аеродромів класів С, D, E і F на ділянках з великою кількістю наскрізних тріщин.

При зміцненні твердих поверхонь асфальтобетоном, незалежно від їх стану, слід забезпечити армування сітчастими армуючими шарами:

- в місцях систематичного пуску і випробувань авіаційних двигунів;
- на ділянках, прилеглих до злітно-посадкової смуги;
- в місцях попереднього пуску двигунів по всій ширині основної РД довжиною посиленої секції 20 м;
- по всій ширині торшних секцій злітно-посадкової смуги довжиною 150 м;
- по всій ширині групи МС по лінії розміщення основних опор і двигунів літаків, в тому числі і зони впливу газового струменя.

Різання деформаційних швів повинно проводитися по всіх розширювальних швах, по інших швах повинна бути забезпечена армування асфальтобетону. При відсутності розширювальних швів на існуючому жорсткому покритті відстань між деформаційними швами (крок різання швів) слід брати згідно з табл. 1.31.

Таблиця 1.31 – Відстань між деформаційними швами

Середньомісячна температура повітря найхолоднішого місяця, °С	Відстань між деформаційними швами, м
Мінус 5 і вище	25–35
Нижче мінус 5 до мінус 15	15–25
Нижче мінус 15 чи кількість переходів температури через 0 °С понад 50 на рік	10–15
Примітка. Відстань між деформаційними швами повинна бути кратною довжині плит існуючого покриття.	

При визначенні товщини необхідного одношарового бетонного покриття слід:

- характеристики матеріалу, види з'єднань і стикових з'єднань, які потрібно взяти як за існуюче покриття;

- значення коефіцієнта динамічності k_d зменшувати на 15 % порівняно з наведеними у табл. 1.26, але приймати не менше ніж 1.

Розрахунок арматурних шарів нежорстких покриттів повинен проводитися як для новозбудованих покриттів з урахуванням конструктивних шарів існуючих покриттів і основ, так і їх стану.

При зміцненні існуючих нежорстких покриттів жорстким шаром існуюче покриття слід розглядати як штучну основу.

1.12.5. Розрахунок штучної основи під аеродромні покриття із матеріалів, оброблених в'язким

Геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції: армування; дренажування; захищення; ізолювання; протиерозійний захист; розділення; фільтрування.

Класифікація геосинтетичних матеріалів та області їх застосування згідно із ГБН В.2.3-37641918-544:2014:

Вихідні дані для проектування дорожньої конструкції повинні включати:

- функціональні вимоги, проектний строк служби конструкції, рівеньнадійності і необхідний коефіцієнт запасу конструкції;
- умови навантаження конструкції під час будівництва і експлуатації;
- ґрунтово-геологічні, гідрогеологічні і погодно-кліматичні умови району будівництва;
- фізико-механічні та розрахункові характеристики матеріалів і ґрунтів, які будуть використані в конструкції;
- режим експлуатації конструкції і експлуатаційні обмеження;
- техногенно-геологічні чинники, що можуть мати місце з часом.

1.12.6. Розрахунок аеродромного покриття із застосуванням геосинтетичних матеріалів

Швидкість зростання тріщини в конструкції з армованого і неармованих асфальтобетонних шарів визначають за формулою:

$$\frac{dc}{dN} = A \cdot \Delta K^n, \quad (1.29)$$

де dc/dN – швидкість зростання тріщини довжиною c за один цикл навантаження N (див. табл. 1.32, с. 122);

ΔK – значення коефіцієнта інтенсивності напруження;

A, n – константи асфальтобетону (для неармованої конструкції $A_{\text{неарм.}}, n_{\text{неарм.}}$; для армованої – $A_{\text{арм.}}, n_{\text{арм.}}$).

Кількість циклів навантажень до руйнування, для заданої товщини шару підсилення h розраховують за формулою:

$$N = \frac{h}{\frac{dc}{dN}}. \quad (1.30)$$

Константу $A_{\text{неарм.}}$ для неармованої конструкції розраховують за формулою:

$$A_{\text{неарм.}} = 10^{a_0 + a_1 \times n}, \quad (1.31)$$

де $a_0 = -2,36$; $a_1 = -1,14$.

Константу $A_{\text{арм.}}$ для асфальтобетонних шарів підсилення АСМ розраховують за формулою:

$$A_{\text{арм.}} = k_{\text{арм.}} \cdot A_{\text{неарм.}}. \quad (1.32)$$

Значення коефіцієнта $k_{\text{арм.}}$ для різних типів ГМ наведено у табл. 1.32.

При індивідуальному проектуванні відповідальних конструкцій дорожнього одягу константу матеріалу, n , що характеризує зростання тріщини в асфальтобетоні, визначають експериментально або розраховують за формулою:

$$n = \frac{2}{m \cdot \gamma}, \quad (1.33)$$

де m – коефіцієнт приведення, визначають як кут нахилу m кривої, за відношенням логарифму часу навантаження $\log t_n$ до логарифму модуля пружності асфальтобетону $\log E_{ab}$ згідно з рис. 1.16 (див. с. 122);

γ – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$\gamma = e^{0,34-3,58 \cdot 10^{-4} \cdot E_{аб} - 6,67 \cdot 10^{-3} \cdot E_{бит} + 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot E_{аб} \cdot \ln E_{бит}}, \quad (1.34)$$

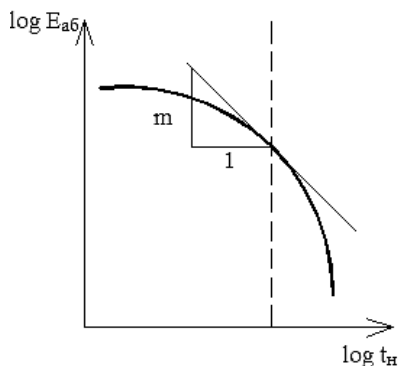
де $E_{бит}$ – модуль пружності бітуму, МПа;

$E_{аб}$ – модуль пружності асфальтобетону, МПа;

Примітка. $\exp(x) = e^x$, де $e = 2,71828$ (основа натурального логарифму).

Таблиця 1.32 – Значення коефіцієнта $k_{арм.}$

Матеріал для армування	$k_{арм.}$	Швидкість зростання тріщини, dN/dc , міліметрів за цикл
Без армування	1,00	$2,0 \times 10^{-4}$
АСМ з волокон: – поліетилентетрафталатових (поліефірні) з бітумним покритвом	0,33	$6,6 \times 10^{-5}$
– скляні та базальтові з бітумним покритвом	0,50	$1,0 \times 10^{-5}$
– полівінілспиртові з бітумним покритвом	0,35	$7,0 \times 10^{-5}$



Умовна позначка:
 m – коефіцієнт приведення

Рисунок 1.16 – Схема для визначення коефіцієнта приведення m за залежністю між логарифмом $\log E_{аб}$ модуля пружності асфальтобетону і логарифмом часу навантаження $\log t_n$, де t_n – тривалість одного циклу навантаження

Модуль пружності бітуму розраховують за формулою:

$$E_{\text{бит}} = 1,157 \cdot 10^{-7} \cdot m^{-0,368} \cdot \exp(-IP) \cdot (T_{\text{КіК}} - T)^5, \quad (1.35)$$

де IP – індекс пенетрації бітуму, що визначається відповідно до стандарту ДСТУ EN 12607-2;

$T_{\text{КіК}}$ – температура розм'якшення бітуму, °С;

T – температура випробування бітуму, °С.

Модуль пружності асфальтобетону $E_{\text{аб}}$, залежить від об'ємної частки (концентрації) мінеральних складових, $V_{\text{мс}}$, та бітуму $V_{\text{бит}}$, залишкової пористості асфальтобетону, типу суміші та інших чинників.

У розрахунках значення показника степені $n = n_{\text{арм}} = n_{\text{неаркм}}$ та константи матеріалу A , залежно від ДКЗ згідно з ДБН В.2.3-4, приймають рівним:

- $n = 3,5$; $A = 4,467 \times 10^{-7}$ для Південної ДКЗ (зони III);
- $n = 4,5$; $A = 3,236 \times 10^{-8}$ для Центральної, Південної та Гірської ДКЗ (зони II, III, IV);
- $n = 5,0$; $A = 4,571 \times 10^{-11}$ для Північної ДКЗ (зона I).

Армування конструкцій за допомогою АСМ не змінює значення n , тобто:

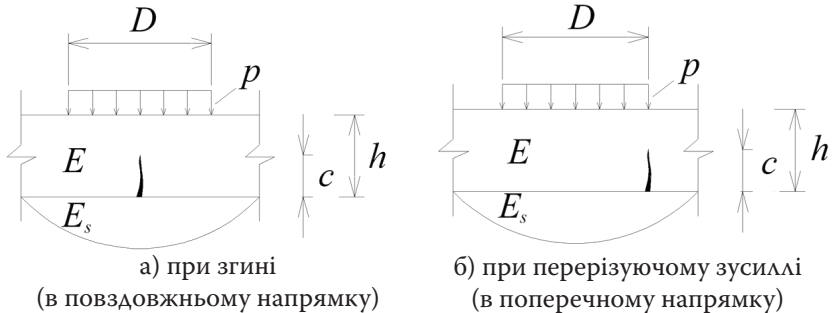
$$n_{\text{арм}} = n_{\text{неарм}}. \quad (1.36)$$

Схема розрахунку конструкції з АСМ при підсиленні: в якості розрахункової приймають двошарову конструкцію, шари якої зчеплені між собою: дорожнє покриття (товщиною h , з приведеним модулем пружності E) на основі (загальний модуль пружності на поверхні основи E_s). Навантаження від колеса, що діє на конструкцію, характеризується розрахунковим тиском p колеса на покриття і розрахунковим діаметром області контакту D . У зв'язаному шарі є тріщина, яка росте знизу до верху шару, й у даний момент довжина тріщини дорівнює s .

Розглядають два випадки прикладання навантаження згідно з рис. 1.17 (див. с. 124):

- а) навантаження розташоване над тріщиною довжиною s (рис. 1.17, а), яка поширюється через дію напруги розтягу при згині;

б) навантаження, розташоване з однієї сторони від тріщини. Причиною зростання тріщин є перерізуючі сили (рис. 1.17, б).



Умовні позначки:

h – товщина;

E – приведений модуль пружності матеріалу дорожнього покриття;

E_s – загальний модуль пружності на поверхні основи ;

p – розрахунковий тиск колеса на покриття;

D – розрахунковий діаметр області контакту;

c – довжина тріщини

Рисунок 1.17 – Схема розрахунку конструкції дорожнього одягу з тріщиною

Розрахунок полягає у визначенні швидкості зростання тріщини через монолітний шар. Напружений стан у вершині тріщини K описують за допомогою коефіцієнта інтенсивності напруги K_I , який залежить від напруги σ і довжини тріщини c :

$$K_I = f(\sigma\sqrt{c}). \quad (1.37)$$

Схематичний розподіл напружень у пластині з тріщиною наведено на рис. 1.18 (див. с. 125).

Навантаження відповідно до схем згідно з рис. 1.18 обчислюють з використанням коефіцієнтів інтенсивності напружень ΔK_b та ΔK_s .

Значення коефіцієнта інтенсивності напруги ΔK_b для розтягу при згині:

$$\Delta K_b = k_b \cdot p \cdot \exp\left(-\frac{\beta}{2}\right) \cdot \frac{\sin\left(\beta \frac{D}{2}\right)}{\beta^2 \cdot h^{\frac{2}{3}}}, \quad (1.38)$$

де k_b – безрозмірний коефіцієнт інтенсивності напружень;
 p – питомий тиск від колеса, МПа;
 $\exp(x) = e^x$, де $e = 2,71828$ (основа натурального логарифму);
 β – коефіцієнт приведення;
 D – діаметр відбитку колеса, м;
 h – товщина дорожнього покриття, м.

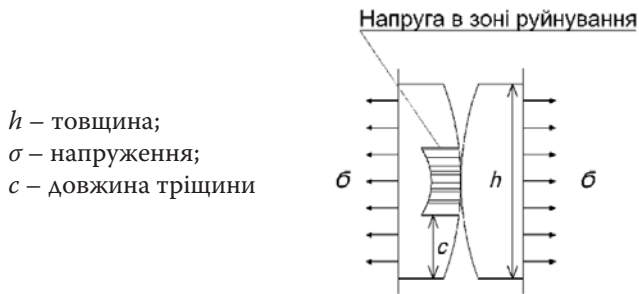


Рисунок 1.18 – Схема розподілу напруги у пластині з тріщиною

Значення коефіцієнта інтенсивності напруги ΔK_s для перерізуючого зусилля:

$$\Delta K_s = k_s \cdot p \cdot \frac{\left(1 + \exp\left(-\frac{\beta}{2}\right) \cdot \sin(\beta \cdot D)\right)}{4 \cdot \beta \cdot \sqrt{h}}, \quad (1.39)$$

де

$$\beta = \frac{1}{0,55 \cdot h} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_s}{E}}, \quad (1.40)$$

де k_s – безрозмірний коефіцієнт інтенсивності напруги, визначають за табл. 1.33 (див. с. 126);

E_s – загальний модуль пружності на поверхні основи, МПа (визначений за результатом штампових випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.3-42 чи за розрахунком згідно з ГБН В.2.3-37641918-559);

E – ефективний модуль пружності пакету шарів дорожнього одягу, МПа.

Таблиця 1.33 – Значення коефіцієнтів k_s та k_b для розрахунку коефіцієнта інтенсивності напружень

Відношення c/h	Зчеплення між блоками					
	$k_s^{1)}$			k_b		
	слабкому	середньому	великому	слабкому	середньому	великому
1	2	3	4	5	6	7
0	0,200	0,18	0,11	0,485	0,485	0,485
0,1	0,300	0,25	0,20	0,700	0,620	0,600
0,2	0,400	0,35	0,26	0,750	0,700	0,590
0,3	0,500	0,45	0,35	0,720	0,620	0,470
0,4	0,600	0,55	0,43	0,620	0,510	0,260
0,5	0,730	0,65	0,51	0,440	0,300	–
0,6	0,860	0,76	0,60	0,200	–	–
0,7	1,050	0,94	0,69	–	–	–
0,8	1,300	1,13	0,81	–	–	–
0,9	1,535	1,33	0,93	–	–	–
1,0	1,850	1,52	1,04	–	–	–

¹⁾ Ділянка асфальтобетонного покриття обмежена по контуру тріщинами або швами, в якій один із розмірів (довжина або ширина) менше ніж 2,5 м.

Примітка 1. Слабкому значенню відповідає зчеплення між суміжними блоками з шириною шва або розкриттям тріщини більше ніж 6 мм, середньому від 3 мм до 6 мм; великому менше ніж 3 мм.

Примітка 2. Зчеплення між блоками доцільно визначати за величиною зміни відношення прогину над тріщиною f_t до прогину f на відстані більше ніж 2,5 м від тріщини. Відношення f_t до f більше ніж 1,5 відповідає слабкому зчепленню між блоками, від 1,16 до 1,49 – середньому, а менше ніж 1,15 – великому.

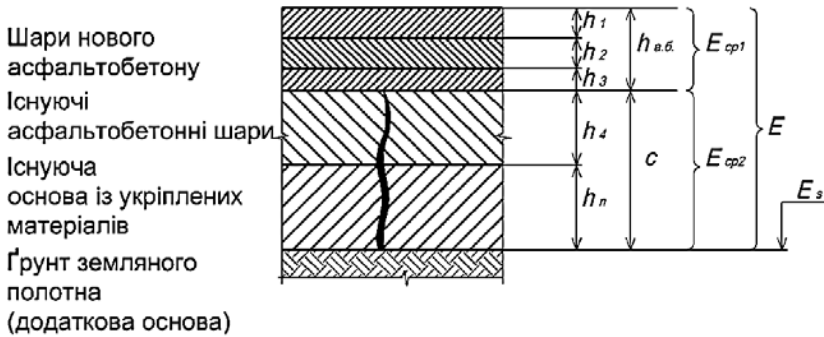
Примітка 3. У розрахунках коефіцієнта інтенсивності напруги приймається максимальне значення k_s або k_b для співвідношення c/h .

Швидкість зростання тріщини і кількість циклів до руйнування неармованого шару асфальтобетону розраховують з використанням

значень $A = A_{\text{неарм.}}$ та $n = n_{\text{неарм.}}$, а для армованого шару асфальтобетону – приймаючи $A = A_{\text{арм.}}$ та $n = n_{\text{арм.}}$.

Ефективність застосування АСМ оцінюють порівнянням розрахованих строків служби (кількості циклів до руйнування N) армованих і неармованих конструкцій.

Багат шарову конструкцію існуючого аеродромного покриття, яке підлягає підсиленню, приводять до більш простої двошарової моделі. При цьому всі шари із зв'язаних матеріалів приводять до одного шару, еквівалентного за жорсткістю. Ця схематизація відповідає зростанню тріщин у всіх монолітних шарах. В розрахунках модуль пружності шару підсилення, шару існуючого асфальтобетону і монолітної основи приводять до єдиного приведеного (ефективного) модуля пружності, E (рис. 1.19).



h_1, h_2, h_3, h_4, h_n – товщини шарів;

$h_{a.б.}$ – товщина асфальтобетонного шару;

c – довжина тріщини;

E – ефективний модуль пружності пакету шарів дорожнього одягу;

E_s – загальний модуль пружності на поверхні робочого шару;

E_{cp1} – ефективний модуль пружності шарів підсилення;

E_{cp2} – ефективний модуль пружності пакету шарів покриття і основи

Рисунок 1.19 – Схема конструкції дорожнього одягу з основою із укріплених матеріалів

1.12.7. Розрахунок на міцність труб, що укладаються в шарах аеродромного покриття

Водовідвідні та дренажні системи слід проектувати з урахуванням перспективи розвитку елементів аеродрому та дотриманням наступних правил:

- довжина лінійних споруд водовідведення та дренажу має бути мінімальною; прокладання колекторів під аеродромними покриттями допускається в окремих випадках при обов'язковому вжитті заходів запобігання осідання ґрунтової основи аеродромного покриття (засипання траншей піскоцементом, піщаним ґрунтом та ін.);
- при розрахунку споруд елементів водовідвідних систем льотного поля;
- міцність слід приймати коефіцієнт надійності за відповідальність 1,2 при особливо високому рівні відповідальності споруд згідно з ДБН В.1.2-14-2008 та ДБН В.2.5-75:2013 мінімальне заглиблення труб встановлювати розрахунком на міцність, а глибинних дрен, призначених зниження рівня підземних вод;
- гідрологічним розрахунком.

Відведення та збирання поверхневих стічних вод з поверхні майданчиків для обробки повітряних суден антижелезною рідиною (АОР) повинні здійснюватись спеціальною водовідвідною системою, оснащеною пристроями для вимірювання концентрацій речовин-забруднювачів та регулювання напрямку стоку таємності для збирання стічних вод.

Для аеродромів, що розташовуються на ділянках з пучинистими ґрунтами, слід проектувати водовідвідні, а за потреби – і дренажні системи.

При проектуванні водовідведення слід передбачати:

- будову закритих або відкритих лотків;
- укладання дренажного прошарку з синтетичного нетканого матеріалу на сплановану і ущільнену ґрунтова основа з випуском полотнищзакромочні дрени і обгортанням труб, а товщину дренажних шарів з пісків великих і середньої крупності, що влаштовуються на готовому дренажному прошарку

з синтетичного нетканого матеріалу, що слід приймати за розрахунком;

- дощеприймальні колодязі дрібного закладення у вигляді дощових лійок глибиною, що не перевищує товщину покриття та штучної основи;
- кришталеві колодязі з гладкими похилими стінками.

Для аеродромів, що розташовуються на ділянках з пучинистими ґрунтами, слід проектувати водовідвідні, а за потреби – і дренажні системи.

При проектуванні водовідведення слід передбачати:

- будову закритих або відкритих лотків;
- укладання дренаючого прошарку з синтетичного нетканого матеріалу на сплановану і ущільнену ґрунтова основа з випуском полотниць закрючені дрени і обгортанням труб, а товщину дренажних шарів з пісків великих і середньої крупності, що влаштовуються на готовому дренаючому прошарку з синтетичного нетканого матеріалу, що слід приймати за розрахунком;
- дощеприймальні колодязі дрібного закладення у вигляді дощових лійок глибиною, що не перевищує товщину покриття та штучної основи;
- кришталеві колодязі з гладкими похилими стінками.

У місцях перетину колекторами ШЗПС, РД та МС зворотне засипання труб слід виробляти піском, піщано-гравійною сумішшю, піскоцементом чи іншими непучинистими матеріалами, що виключають просідання та деформації покриття.

Водовідвідні та дренажні системи на просадних ґрунтах: для аеродромів, що розташовуються на ділянках з просадними ґрунтами, слід проектувати водовідвідні системи, що повністю попереджають проникнення дощових та талих вод в основу аеродромних покриттів. Для цього необхідно:

- розташовувати колектори на відстані не менше 15 м від країв покриттів узбіччя ШЗПС, РД та МС;
- гідроізолювати дно та стінки траншей перед укладанням у них труб колекторів;

- застосовувати дощеприймальні колодязі дрібного закладення у вигляді дощових воронок глибиною, що дорівнює товщині аеродромної конструкції;
- гідроізолювати оглядові та дощові колодязі, входи та виходи труб, колекторів та перепусків відповідно до вимог ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013;
- проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів.

Водовідвідні та дренажні системи на засолених ґрунтах: при агресивних до бетону та хризотилцементу засолених ґрунтах та підземних водах необхідно передбачати обмазувальну ізоляцію труб колекторів, зовнішніх поверхонь оглядових та тальвежних колодязів відповідно із вимогами ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013.

Для влаштування колекторів, перепусків слід використовувати полімерні труби відповідно до розрахунку на міцність.

При розрахунку на міцність споруд елементів водовідвідних систем льотного поля слід приймати коефіцієнт надійності щодо відповідальності 1,2 за особливо високого рівня відповідальності споруд згідно з ДБН В.1.2-14:2018.

1.12.8. Особливості проектування аеродромних покриттів та основ у складних інженерно-геологічних умовах

Ґрунтові основи повинні забезпечувати несучу здатність аеродромного покриття незалежно від погодних умов та пори року.

Проектувати ґрунтові основи слід з урахуванням:

- складу та властивостей ґрунтів;
- типів місцевості за гідрогеологічними умовами;
- розподілу території на дорожньо-кліматичні зони;
- сейсмічного впливу при підвищеному рівні відповідальності згідно з технічним регламентом про безпеку будівель та споруд;
- навантаження від повітряного судна, що надає максимальну силову дію на покриття, або категорію нормативного навантаження;

- досвіду будівництва та експлуатації аеродромів, розташованих в аналогічних інженерно-геологічних, гідрогеологічних та кліматичних умовах.

Номенклатура ґрунтів, що використовуються для ґрунтової основи, за генезою, складом, станом у природному заляганні, пучинистості, набухання та просадочності повинна встановлюватися відповідно до ДСТУ Б.В.2.1-2-96.

Характеристики ґрунтів природного залягання, а також штучного походження повинні визначатися, як правило, на основі їх безпосередніх випробувань у польових чи лабораторних умовах з урахуванням можливої зміни вологості ґрунтів у процесі будівництва та експлуатації аеродромних споруд.

Для багатопорових ґрунтових основ або коли верхній шар ґрунту ущільнений, а нижній залишається неуцільненим і має коефіцієнт пористості $e > 0,8$ або за наявності в природній підставі суцільних скельних ґрунтів з тимчасовим опором одновісного стиснення не менше 5 МПа, коефіцієнтом розм'якшення у воді не більше 0,75 і нездатних до розчинення у воді слід використовувати еквівалентний коефіцієнт постелі K_s всієї основи (враховуючи підстиляючий скельний ґрунт).

Проектування ґрунтових основ без відповідного інженерно-геологічного та гідрогеологічного обґрунтування або за його недостатності недопускається.

Глибина товщини ґрунту, що стискається, в межах якої враховуються склад і властивості ґрунтів, приймається за табл. 1.14 залежно від числа коліс на основній опорі повітряного судна і навантаження на одне колесо цієї опори.

Глибина сезонного промерзання ґрунтів – визначається розрахунком для відкритої очищеної від снігу поверхні покриття та обчислюється від його верху з урахуванням вертикального планування поверхні аеродрому та теплотехнічних характеристик матеріалів основи та покриття.

За наявності в ґрунтовій основі слабких ґрунтів (водонасичених глинистих, заторфованих, торфу, мулу, сапропелю), лесових, засоленних, набухають та інших просадних різновидів ґрунтів, а також

просадних при відтаванні ґрунтів необхідно враховувати опади (просадки) ґрунтів основи s_d виконання земляних робіт, а також при подальшій консолідації ґрунту основи в період експлуатації покриття під впливом природно-кліматичних факторів.

Примітка – До слабких ґрунтів відносяться ґрунти, модуль деформації яких дорівнює або менше 5 МПа.

Розрахункові значення вертикальних деформацій основи s_d у період експлуатації покриття не повинні перевищувати граничних значень s_{gr} .

При реконструкції або посиленні існуючих аеродромних покриттів у випадках, коли їх фактичні вертикальні деформації (за досвідом експлуатації) перевищують граничні значення, зазначені в табл. 1.34, допустимість перевищення деформацій після реконструкції (посилення) повинна вирішуватись з урахуванням досвіду експлуатації існуючого покриття.

Таблиця 1.34 – Розрахункові значення вертикальних деформацій основи

Аеродромні покриття	Елементи аеродрому	
	ШЗПС	МС, РД тощо
Капітальні з жорстким покриттям: бетонним, армобетонним, залізобетонним монолітним залізобетонним збірним	0,02	0,04
	0,03	0,06
Капітальні з нежорстким покриттям	0,03	0,06
Полегшені з нежорстким покриттям	0,04	0,08

З метою недопущення перевищення граничних вертикальних деформацій ґрунтових основ слід передбачати заходи щодо виключення або зменшення шкідливого впливу природних та експлуатаційних факторів, усунення несприятливих властивостей ґрунту під аеродромним покриттям:

- будову спеціальних шарів штучної основи та прошарків (гідроізолюючих, капілярпереривних, термоізоляційних, протизаливних, армуючих та ін);
- водозахисні заходи на майданчиках, складених ґрунтами, чутливими до зміни вологості (відповідне горизонтальне

та вертикальне планування території аеродрому, що забезпечує стік поверхневих вод, пристрій водосточно-дренажної мережі);

- поліпшення будівельних властивостей ґрунтів основи (ущільнення трамбуванням, попереднім замочуванням ґрунтів, повну або часткову заміну ґрунтів з незадовільними властивостями та ін.) на глибину, що визначається розрахунком з умови зниження можливої вертикальної деформації підстави до значення, що допускається; зміцнення ґрунтів хімічним, електрохімічним, термічним та іншими способами, а також геосинтетичними матеріалами.

Модуль пружності укріпленого ґрунту визначається за формулою $E_d = kE$, де k – коефіцієнт збільшення модуля пружності, отриманий в результаті випробувань фрагментів конструкцій покриттів з армуванням та без армування основи. За відсутності даних випробувань коефіцієнт приймається рівним 1.

Межі спеціальних шарів основи або ґрунту з усуненими несприятливими властивостями повинні відстояти від кромки покриття щонайменше ніж 3 м.

Підвищення поверхні аеродромного покриття над розрахунковим рівнем підземних вод слід приймати не менше, ніж встановлено у табл. 1.16.

За розрахунковий рівень підземних вод слід приймати максимально можливий осінній (перед замерзанням) рівень, а районах, де спостерігаються часті тривалі відлиги, – максимально можливий весняний рівень підземних вод. За відсутності необхідних даних за розрахунковий допускається приймати рівень, що визначається верхньою лінією огляду ґрунтів.

Необхідний ступінь ущільнення насипних ґрунтів слід передбачати, виходячи з коефіцієнта ущільнення (відносини найменшої необхідної щільності сухого ґрунту до максимальної щільності сухого ґрунту при стандартному ущільненні), значення якого наведено в табл. 1.35 (див. с. 134).

При реконструкції (посиленні) покриття у випадках, коли фактичне підвищення поверхні існуючого аеродромного покриття

над рівнем підземних вод менш встановлених у табл. 1.16 або щільність ґрунту під аеродромним покриттям нижче встановленої в табл. 1.35, допустимість збереження такого положення після реконструкції повинна вирішуватися з урахуванням досвіду експлуатації існуючого покриття та результатів інструментального обстеження.

Таблиця 1.35 – Необхідний ступінь ущільнення насипних ґрунтів

Ґрунт	Коефіцієнт ущільнення ґрунту основи покриттів	
	капітального типу	полегшеного типу
Пісок, супісь	0,98 / 0,95	0,95 / 0,95
Суглинок	1,00 / 0,98	0,98 / 0,95
Глина	1,00 / 0,98	0,98 / 0,95

У лівій частині наведено значення коефіцієнта ущільнення ґрунту в зоні сезонного промерзання, у правій – нижче за межу сезонного промерзання.

1.12.9. Розрахунок армування ґрунтової основи аеродромних покриттів геогратками для підвищення коефіцієнта постелі

Існують георешітки (геогратки) об'ємні, або геосоти та георешітки (геогратки) плоскі або геосітки для доріг.

Під час проектуванні чи будівництва доріг при виборі армуючого синтетичного матеріалу (АСМ) керуються галузевими будівельними нормами «Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях» – ГБН В.2.3-37641918-544:2014.

За сферою застосування: геосітки (геогратки для ґрунту (або під щербінь в дорогах) і геосітки для асфальтобетону.

За матеріалом виготовлення: поліефірні, поліпропіленові, зі скловолокна (для асфальтобетону), поліетиленові, поліамідні і т. д.

За способом виробництва: ткани, екструдовані і скріплені (термо- або ультразвукове зварювання поздовжніх і поперечних смуг).

У напрямку сприйняття навантаження: тривісні (сприйняття навантаження в трьох напрямках), двовісні (подвійного орієнтування) і одновісні (моноорієнтовані).

Геосітки (георешітки, геогратки) для асфальтобетону. Геосітка збільшує розподільну здатність асфальтобетону, в результаті

чого навантаження від колеса автомобіля розподіляються на велику площу, що сприяє зменшенню концентрації напружень і, отже, уповільнює процес утворення тріщин, збільшує міжремонтні періоди.

Георешітки (геосітки, геогратки) для ґрунту або під щебінь в дорожньому одязі. Використання плоскої георешітки для ґрунту збільшує міцність конструкції і, таким чином, збільшується її термін експлуатації в цілому і між ремонтні терміни зокрема.

Армування основи насипу виконують для підвищення стійкості конструкції проти бокового розповзання насипу, також для поліпшення тримкості слабкої основи і для рівномірності передачі навантаження на нерівномірно міцну основу. Найбільш придатними геосинтетиками для армування основи є геотекстилі і георешітки. Георешітки (геосітки, геогратки), при армуванні основи укладають в конструкцію у вигляді полотен, напівзамкннутих і замкннутих обойм, при чому використовують гнучку тканину георешітку, найчастіше поліефірну (поліестерову).

Організацію і технологію виконання робіт з влаштування прошарків з геосинтетичних матеріалів, контроль якості, техніку безпеки та охорону навколишнього середовища призначати згідно з вимогами ГБН В.2.3-37641918-544 та національними стандартами.

1.12.10. Оцінка несучої спроможності аеродромних покриттів методом ACN/PCN

Класифікаційне число повітряного судна (ACN) – число, що виражає відносний вплив повітряного судна на штучне покриття для встановленої категорії стандартної несучої спроможності основи.

PCN – це класифікаційне число штучного покриття аеродрому.

Класифікаційне число покриття (PCN) – число, що виражає несучу спроможність штучного покриття для експлуатації без обмежень.

Експлуатація аеродромних покриттів з перевантаженням або обмеженнями:

– навантаження, що перевищують розрахункові, скорочують розрахунковий термін служби, в той час як менші навантаження збільшують термін служби покриттів.

Покриття експлуатуються без обмежень, якщо виконується умова: $ACN \leq PCN$:

- у випадку невиконання умови $ACN \leq PCN$, необхідно ввести обмеження по масі ПС, або інтенсивності його руху по елементах аеродрому;
- для вирішення питання щодо експлуатації покриття з перевантаженням, необхідно проведення спеціальних досліджень, які враховують різноманітні фактори, що впливають на роботу покриття. До них можуть бути віднесені ознаки руйнування або погіршення стану покриттів, зміна характеристик міцності ґрунтової основи в період розмерзання ґрунту та ін.;
- якщо експлуатація з перевантаженням не є суттєвою, тоді до проведення спеціальних досліджень, можливо використовувати наступні критерії обмеження інтенсивності руху ПС з навантаженнями, які перевищують розрахункові.

В залежності від співвідношення PCN/ACN :

- для жорстких покриттів
 - $1 > PCN/ACN > 0,85$ – десять літако-вильотів на добу;
 - $0,85 > PCN/ACN > 0,8$ – два літако-вильоти на добу;
 - $0,8 > PCN/ACN > 0,75$ – один літако-виліт на добу;
- для нежорстких покриттів
 - $1 > PCN/ACN > 0,8$ – двадцять літако-вильотів на добу;
 - $0,8 > PCN/ACN > 0,7$ – п'ять літако-вильотів на добу.

Обмеження по масі визначається в результаті лінійної інтерполяції значень ACN між масою порожнього ПС та максимальною злітною масою. При цьому значення PCN прирівнюється до значення ACN при одній і тій же категорії міцності основи.

Маса, з якою допускається експлуатація ПС визначається за формулою:

$$m_{дон} = m_1 - \frac{(m_1 - m_2)(ACN_1 - PCN)}{ACN_1 - ACN_2}, \quad (1.41)$$

де $m_{\text{доп}}$ – маса, з якою допускається експлуатація ПС без обмеження інтенсивності його польотів, кг;

m_1 – максимальна маса ПС, кг;

m_2 – маса пустого ПС, кг;

ACN_2 – класифікаційне число пустого ПС (приймається з урахуванням кодів типу покриття і категорії міцності його основи).

Штучні покриття аеродрому повинні витримувати навантаження від ПС, що рухається.

Несуча спроможність штучних покриттів, які призначені для експлуатації повітряних суден масою більше 5700 кг, повинна бути визначена у вигляді класифікаційного показника покриття, що містить наступні дані:

- класифікаційне число покриття (PCN);
- тип покриття;
- категорія міцності ґрунтової основи (табл. 1.36);
- категорія максимально припустимого тиску у пневматику;
- метод оцінки.

Несуча спроможність штучних покриттів, призначених для експлуатації повітряних суден із масою 5700 кг і менше, повинна бути визначена й подана в наступному вигляді:

- максимально припустима маса повітряного судна;
- максимально припустимий тиск у пневматику.

Таблиця 1.36 – Коди міцності ґрунтової основи

Код основи	Категорія міцності	Коефіцієнт постелі для жорсткого покриття, МН/м ³		Значення числа CBR для нежорсткого покриття	
		стандарт	діапазон	стандарт	діапазон
A	Висока	150	Понад 120	15	Понад 13
B	Середня	80	Понад 60 до включно 120	10	Понад 8 до 13 включно
C	Низька	40	Понад 25 до 60 включно	6	Понад 4 до 8 включно
D	Дуже низька	20	Менше 25	3	Менше 4

Якщо несуча спроможність покриття піддається значним сезонним коливанням, можуть бути надані різні значення PCN.

Максимально припустимі маса і тиск у пневматику повітряного судна для покриттів, призначених для експлуатації ПС із масою 5700 кг і менш, та класифікаційне число покриття (PCN) для експлуатації ПС із масою більше 5700 кг, слід визначати відповідно до діючої в ЦА методики розрахунку міцності конструкцій елементів аеродромів із штучним покриттям (НАС-ГА) або шляхом експериментальних досліджень, включаючи використання досвіду експлуатації повітряних суден на конкретному покритті і його натурні випробування навантаженнями.

Класифікаційне число повітряного судна визначається для такої його центрівки, при якій виникає критичне навантаження на критичне шасі. Для визначення ACN враховується гранична задня центрівка, яка відповідає максимальній повній масі на пероні (стоянці). Гранична передня центрівка у виключних випадках може створити більш критичне навантаження на переднє шасі.

Класифікаційне число повітряного судна ACN розраховується у відповідності з методикою визначення ACN, наведеної в DOC 9157-AN/901 Частина 3, ICAO та указується виробником ПС в Керівництві з льотної експлуатації (КЛЕ).

Для позначення типу покриттів застосовуються два коди:

R – жорстке покриття, посилене та не посилене асфальтобетоном;

F – нежорстке покриття.

Для позначення максимально припустимого тиску у пневматиках застосовуються чотири коди у відповідності з табл. 1.37 (див. с. 139).

У виробничих ситуаціях, коли доводиться вирішувати питання дозволу експлуатації на покриттях ПС з підвищеними навантажувальними характеристиками (частіше всього з обмеженням термінів дозволу польотів таких ПС в аеропорту) при визначенні додаткових обмежень інтенсивності руху ПС допускається враховувати значення PCN/ACN_i, менші граничних, які були розглянуті вище:

- а) для жорстких покриттів в межах від 0,75 до 0,6;
- б) для нежорстких покриттів в межах від 0,7 до 0,55.

Таблиця 1.37 – Коди міцності тиску в пневматиках

Код	Категорія тиску	Максимально припустимий тиск у пневматиках, МПа	Жорстке покриття з класом бетону верхнього шару	Асфальбетонні покриття з сумарною товщиною шарів, см
W	Високий	Більше 1,75	4,8/60	Не застосовується
X	Середній	Не більше 1,75	4,4/55	Не застосовується
Y	Низький	Не більше 1,25	4,0/50	16–25
Z	Наднизький	Не більше 0,5	3,2/40	5–15

Тут потрібно пояснити, що при значеннях PCN/ACN для жорсткого покриття в інтервалі від 1,0 до 0,6, а для нежорсткого – в інтервалі від 1,0 до 0,55, покриття не перебуває в стані перевантаження від розрахункового ПС, а здатне нормально витримувати збільшене (до величини PCN=ACN) навантаження за рахунок відповідного зменшення кількості прикладання такого навантаження, що врегульовано чинною сьогодні нормативною методикою розрахунку міцності конструкцій аеродромних покриттів.

Разом з тим, інтенсивність руху розрахункового типу літака може бути більшою у разі скорочення проектного строку служби покриття. За методикою визначення впливу інтенсивності руху ПС на міцність і довготривалість збереження несучої здатності покриттів, викладеною нижче, можна обґрунтувати максимальний режим польотів літаків на ЗПС. При цьому повинні враховуватися такі параметри:

коефіцієнт k_w , що враховує число прикладань колісних навантажень ПС за проектний строк служби покриття:

$$k_w = 2 - 0,167 \lg U_d, \quad (1.42)$$

де U_d – розрахункове число прикладань навантажень на покриття за строк його служби;

число U_d визначається за формулами:

$$U_d = \sum U_{ei}, \quad (1.43)$$

$$U_{ei} = \text{antilg}\{m_{ci} m_{ci}^{-1} [\lg U_i + 12 (m_{ci} m_{ci}^{-1} - 1)]\}, \quad (1.44)$$

$$U_i = N_i T n_a, \quad (1.45)$$

де U_{ei} – еквівалентне число прикладань навантаження від опори i -го типу ПС на покриття, приведене до прикладань навантаження від опори розрахункового типу ПС;

m_{cd}, m_{ci} – центральні моменти від навантажень відповідно розрахункового та i -го типу ПС;

N_i – середньорічне число зльотів i -го типу ПС;

T – проектний строк служби покриття;

n_a – число осей на основній опорі ПС.

Оцінки можливості експлуатації літаків на аеродромних покриттях відповідно до викладених вище положень за своїм змістом можуть бути поділені на такі варіанти:

- експлуатація літака дозволяється без будь-яких обмежень його маси і інтенсивності руху;
- експлуатація літака дозволяється з максимальною масою з певними обмеженнями інтенсивності його руху;
- експлуатація літака дозволяється з обмеженою масою без будь-яких обмежень інтенсивності руху;
- експлуатація літака дозволяється з певним обмеженням інтенсивності руху залежно від його маси;
- експлуатація літака не дозволяється.

Для надання даних по методу оцінки міцності покриття застосовуються два коди:

T – технічна оцінка, отримана на підставі спеціальних досліджень характеристик міцності покриттів, в тому числі теоретичний метод.

U – використання досвіду експлуатації ПС, коли відомо, що це покриття при регулярних польотах задовільно витримує навантаження від ПС певного типу та маси.

Рекомендується, щоб класифікаційне число покриття було не нижче класифікаційного числа ПС ($PCN \geq ACN$).

Якщо значення PCN менше значення ACN , рекомендується вводити обмеження по масі та/або інтенсивності руху ПС.

При впровадженні на аеродромі обмежень по масі та/або інтенсивності руху ПС необхідно занести ці обмеження до ІВП та збірнику аеронавігаційної інформації.

Розрахунок міцності штучних покриттів елементів аеродрому проводиться при вводі в експлуатацію нових аеродромів та/або окремих його елементів або після реконструкції (посилення) аеродромних покриттів, але не рідше одного разу у шість років.

Несуча спроможність ґрунтових елементів, які призначені для експлуатації повітряних суден, повинна бути визначена у відповідності з експлуатаційними вимогами утримання ґрунтового льотного поля.

Класифікаційний параметр повітряного судна (ACR) – це число, що виражає відносний вплив ПС на штучне покриття для встановленої категорії стандартної міцності основи.

Класифікаційний параметр покриття (PCR) – це число, що виражає несучу спроможність штучного покриття.

ACR та PCR застосовуються з 28 листопада 2024 року.

1.12.11. Проектування нежорсткого покриття за допомогою програми FAARFIELD

Процедура розрахунку нежорсткого аеродромного покриття реалізована у програмі FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) (рис. 1.20, див. с. 142), що відповідає новій редакції стандарту Федеральної авіаційної адміністрації (ФАА) США [87]. Для проектування нежорстких аеродромних покриттів модель шаруватого пружного півпростору.

Розрахунковими критеріями для визначення товщини нежорсткого аеродромного покриття є вертикальна деформація поверхні ґрунтової основи та горизонтальна деформація нижньої поверхні шару асфальтобетону.

Для розрахунку товщини покриття використовують умову вичерпання ресурсу за проектний термін експлуатації нежорсткого покриття, що експлуатується заданим набором повітряних суден. При цьому концепцію «розрахункового повітряного судна» замінено концепцією руйнування від втоми, яка виражається коефіцієнтом CDF. Коефіцієнт CDF визначається як відношення кількості прикладених повторень навантаження до кількості допустимих повторень навантаження до відмови покриття.

Коефіцієнт $CDF_{\text{дл}} \text{ для заданого набору повітряних суден визначають за допомогою правила Майнера:$

$$CDF = CDF_1 + CDF_2 + \dots + CDF_i + \dots + CDF_N, \quad (1.46)$$

де CDF_i – CDF для i -го повітряного судна із розрахункового списку.

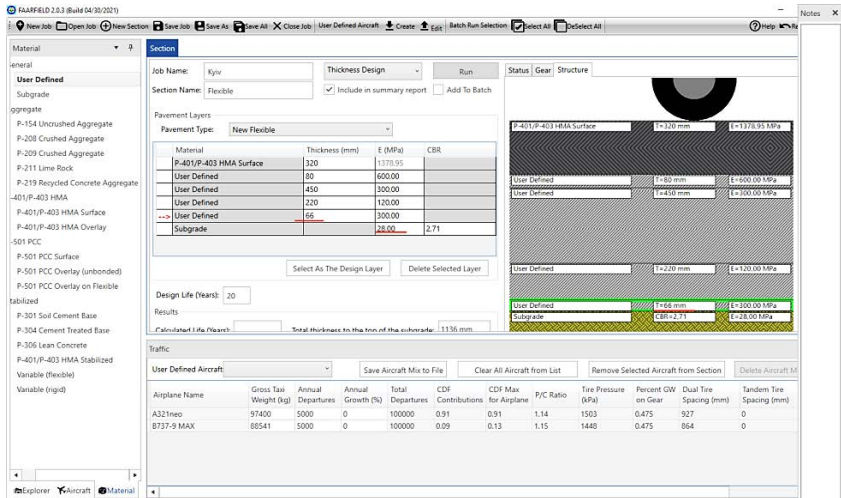


Рисунок 1.20 – Програма FAARFIELD

Кожний режим відмови покриття, включений у процедуру визначення його товщини, матиме власний CDF . У розрахунку нежорсткого покриття товщина нижнього шару штучної основи коригуються таким чином, щоб CDF для відмови ґрунтової основи дорівнював 1. Після цього виконуються додаткові обчислення для визначення CDF для відмови шару асфальтобетону. Якщо значення асфальтового CDF буде менше за 1, то можна передбачити, що асфальт не розтріскається раніше, ніж зруйнується ґрунтова основа. Але якщо асфальтовий CDF буде більшим від 1, то асфальт зруйнується раніше, ніж основа, і тому необхідно скоригувати товщину нижнього шару штучної основи таким чином, щоб асфальтовий CDF став меншим за 1.

У процедурі розрахунку коефіцієнта нагромадження руйнувань CDF розглядають смугу покриття загальною товщиною 21 м, яку, у свою чергу, поділяють на 82 смуги товщиною 25 см кожна. Коефіцієнт CDF визначають для кожної такої смуги. При цьому відношення PCR між кількістю вильотів та кількістю проходів по кожній смузі визначають на основі нормального розподілу руху повітряного судна за шириною смуги із середньоквадратичним відхиленням 78 см. Визначені таким чином CDF_i для кожного повітряного судна із розрахункового списку додаються з метою отримання значення коефіцієнта CDF для смуги від дії заданого набору повітряних суден. Для розрахунку загальної товщини покриття вибирають максимальне з усіх значень CDF_i , визначених для кожної із 82 смуг. Відповідно, повітряні судна з однією і тією ж геометрією основної опори, але з різною відстанню між стояками основних опор будуть мати різні коефіцієнти PCR у кожній із 25 смуг і тому чинитимуть різну дію на ефект нагромадження руйнувань від втоми.

1.12.12. Проєктування жорстких покриттів за допомогою програми FAARFIELD

Процедура розрахунку жорсткого аеродромного покриття реалізована у програмі FAARFIELD, що відповідає новій редакції стандарту FAA [105]. Вона враховує дію нових конфігурацій основних опор літаків та збільшення умов навантаження на покриття (рис. 1.21, див. с. 144). Унесені зміни враховують основну опору шасі з потрійним тандемом (шестиколісну опору), що є у літаків Boeing 777 та Airbus 380 [102; 103]. Для проєктування жорстких аеродромних покриттів використовується скінченноелементна модель, а для нежорстких – модель шаруватого пружного півпростору.

Передача навантаження від колеса на жорстке аеродромне покриття розподіляється за площею прямокутника, що забезпечує прийнятну апроксимацію передавання навантаження за площею еліпса. Властивість цементобетонної плити описується міцністю бетону на розтяг при згинанні, коефіцієнтом Пуассона і товщиною, властивості шарів штучної основи – модулем пружності, коефіцієнтом Пуассона та товщиною, властивості ґрунтової

основи – модулем пружності замість коефіцієнта постелі k , оскільки використовується модель пружного півпростору. У програму закладено можливість уведення коефіцієнта постелі, що автоматично перераховується у модуль пружності ґрунтової основи. Між значеннями коефіцієнта постелі k та модулем пружності E_{sg} існує наближена залежність [105]:

$$E_{sg} = 0,9546k^{1,284}. \quad (1.47)$$

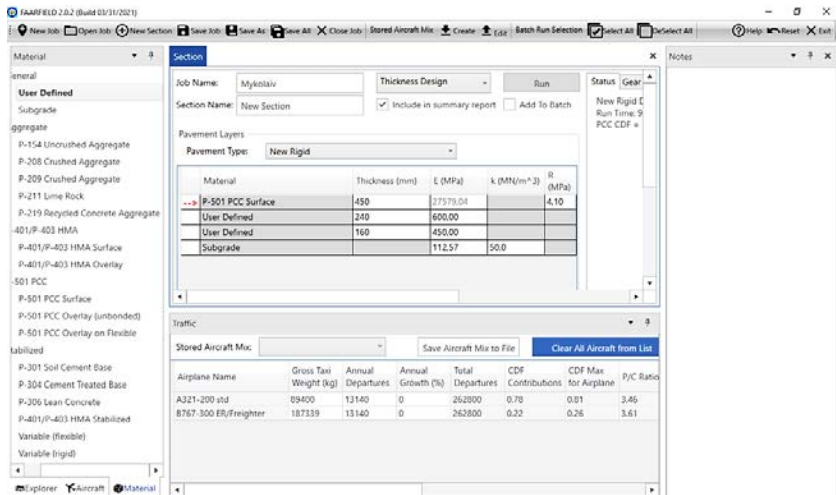


Рисунок 1.21 – Проектування жорсткого покриття в програмі FAARFIELD

Розрахунковим критерієм для визначення товщини цементобетонного покриття є максимальне горизонтальне розтягувальне напруження в нижній зоні плити. Розтягувальне напруження визначається для двох варіантів розташування основної опори літака: уздовж і перпендикулярно до краю. Найбільше з цих двох напружень зменшується на 25% для врахування передачі навантаження через штиркове з'єднання між плитами. У програмі FAARFIELD жорстке аеродромне покриття моделюється розмірами 9×9 м.

Модель відмови нового аеродромного покриття ґрунтується на двох рівняннях регресій, розроблених на підставі результатів повномасштабних досліджень, проведених Корпусом військових інженерів у 1945 і 1971 рр. і дослідженнями, проведеними у 2004 році на полігоні FAANARTF (National Airport Pavement Test Facility) [105]:

$$DF = 0,7409 + 0,2465 \lg C, \quad (1.48)$$

$$DF = 0,5878 + 0,2523 \lg C_F,$$

де DF (Design Factor) – проектний фактор, що визначається як відношення R/σ ;

R – міцність бетону на розтяг при згині;

σ – розрахункове розтягувальне напруження;

C_0 – кількість проходів по смузі охоплення до початку руйнування аеродромного покриття (коефіцієнт $SCI = 100$);

C_F – кількість проходів по смузі охоплення до повного руйнування аеродромного покриття (коефіцієнт $SCI = 0$);

SCI (Structural Condition Index) – індекс стану конструкції.

Кінцеве рівняння, що використовується у програмі FAARFIELD має такий вигляд [105]:

$$C = 10^a, \quad (1.49)$$

$$\alpha = \frac{DF - \left[\frac{-0,0084 + 0,1869 F_s'}{-0,0012 + 0,2523 F_s'} \right]}{\left[\frac{0,0622 \cdot F_s'}{-0,0012 + 0,2523 F_s'} \right]},$$

де C – кількість проходів по смузі охоплення до відмови покриття;
 $a = SCI/100$, для розрахунку нового покриття SCI приймається рівним 80;

F_s' – компенсувальний коефіцієнт для врахування жорсткості штучної основи зміцненої в'язучим.

Чим більший проектний фактор DF , тим більша допустима кількість проходів по смузі охоплення, що спричиняє відмову покриття.

У розрахунку товщини цементобетонного покриття використовується умова вичерпання ресурсу за прийнятий проектний термін експлуатації покриття (20 років), що експлуатується заданим

набором повітряних суден. При цьому концепція розрахункового повітряного судна замінена концепцією руйнування від втоми, що виражається терміном «коефіцієнт нагромадження руйнувань» (Cumulative Damage Factor – CDF). Цей коефіцієнт визначається як відношення кількості прикладених повторень навантажень до допустимої кількості їх повторень до моменту відмови покриття. Для одного повітряного судна та постійної кількості щорічних вильотів CDF визначається за формулою [105]

$$CDF = \frac{NT}{C \cdot PCR}, \quad (1.50)$$

де N – щорічна кількість вильотів;

T – проектний термін експлуатації;

C – кількість проходів по смузі охоплення до моменту відмови покриття;

PCR (pass-to-coverageratio) – коефіцієнт, що виражає відношення кількості вильотів до кількості проходів i -го повітряного судна по смузі охоплення.

Кількість проходів по смузі охоплення – це кількість повторень виникнення максимального напруження у нижній зоні цементобетонного покриття.

Кількість проходів по смузі охоплення літака певного типу є функцією від кількості вильотів, кількості і розташування коліс основної опори повітряного судна, ширини відбитка пневматика колеса, розподілу проходів коліс основної опори повітряного судна по ширині покриття відносно його осьової лінії.

Для визначення PCR використовується принцип ефективної ширини пневматика колеса основної опори літака. Для жорстких аеродромних покриттів ефективна ширина пневматика визначається на поверхні покриття і дорівнює номінальній ширині відбитка пневматика колеса.

Коефіцієнт PCR визначається за формулою [105]

$$PCR = 1/C_{xc} W_t, \quad (1.51)$$

де C_{xc} – кількість проходів на дюйм за один виліт літака; кількість проходів центральної осі колеса основної опори літака на дюйм

ширини за один виліт літака (ураховуються всі колеса основної опори літака), які нагромаджуються в точці, де відбувається їх максимальне нагромадження (максимальна ордината кривої розподілу за нормальним законом);

W_t – ширина відбитка пневматика колеса;

$C_{xc} W_t$ – прохід по смузі охоплення за 1 виліт літака.

Коефіцієнт PRC обчислюється з урахуванням стандартного середньоквадратичного відхилення, що становить 30,435 дюйма ($30,435 \times 25,4 \text{ мм} = 773 \text{ мм}$), що еквівалентно руху повітряного судна по рульовій доріжці.

Коефіцієнт нагромадження руйнувань CDF для заданого набору повітряних суден визначають за допомогою правила Майнера [105]:

$$CDF = \sum_{i=1}^N CDF_i, \quad (1.52)$$

де CDF_i – CDF для i -го літака із розрахункового списку;

N – кількість літаків у розрахунковому списку.

Розрахунок товщини жорсткого аеродромного покриття ґрунтується на умові, коли $CDF = 1$.

Якщо $CDF = 1$, то покриття вже використало весь свій ресурс.

Якщо $CDF < 1$, то покриття має ще деякий залишок ресурсу, а значення CDF показує частку використаного ресурсу утоми.

Якщо $CDF > 1$, то весь ресурс утоми вже використано.

1.12.13. Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів за допомогою програмного комплексу «ЛИРА-САПР»

У ПК «ЛИРА-САПР» при дослідженні впливу окремих опор ПС (під крилами чи під фюзеляжем) по краю плити, аеродромне покриття рекомендується моделювати дев'ятьма плитами (рис. 1.22, див. с. 148), з'єднаними між собою за допомогою штирів, що дозволяє більш точно врахувати вплив опор, ніж у випадку однієї шарнірнозакріпленої плити [69].

У ПК «ЛИРА-САПР» штирєві з'єднання моделювалися скінченними елементами (КЕ 55), що моделюють пружний зв'язок між

вузлами (рис. 1.23); моделювалася лінійна податливість зв'язку між плитами у вертикальному напрямку [69; 104; 139].

Жорсткість штирьового з'єднання виражається параметром k , що виражає силу, що передається на одиницю довжини вздовж з'єднання на одиницю різниці переміщення поперек з'єднання, тобто жорсткість стикового з'єднання вимірюється у МН/м/м [104].

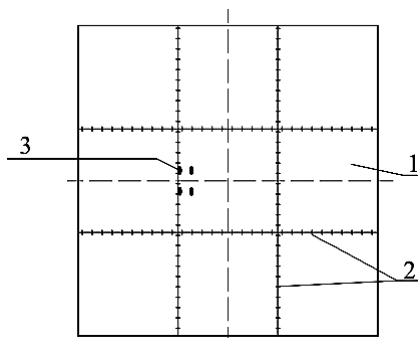


Рисунок 1.22 – Схема покриття із дев'яти плит:

- 1 – плита жорсткого аеродромного покриття;
- 2 – штирьові з'єднання між плитами;
- 3 – навантаження (опора повітряного судна)

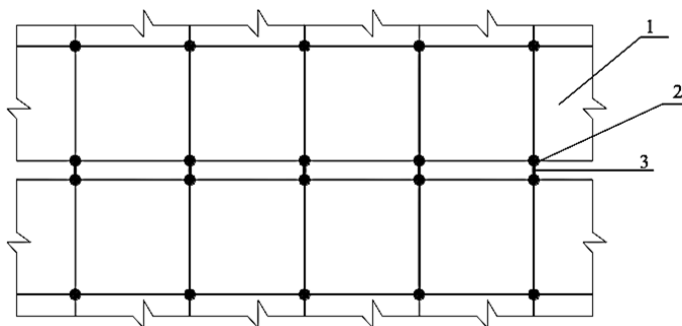


Рисунок 1.23 – Моделювання штирьових з'єднань між плитами:

- 1 – скінченний елемент пластина (КЭ пластина у ПК «ЛИРА-САПР»);
- 2 – вузол; 3 – скінченний елемент, що моделює пружний зв'язок між вузлами (КЭ 55 у ПК «ЛИРА-САПР»)

Жорсткість стикового з'єднання k визначається за формулою [104]:

$$k = \frac{D}{s}, \quad (1.53)$$

де s – відстань між штирями, м;

D – коефіцієнт, що залежить від вертикальної жорсткості, спричиненої зчіпленням штиря з бетоном та жорсткістю викликаною згином плити, визначається за формулою:

$$D = \frac{1}{\frac{1}{DCI} + \frac{1}{12C}}, \quad (1.54)$$

де DCI (dowel-concrete interaction) – взаємодія штиря та бетону, визначається за наступним співвідношенням [104]:

$$DCI = \frac{4\beta^3}{(2 + \beta\omega)} E_d I_d, \quad (1.55)$$

де ω – ширина шва, м;

E_d – модуль Юнга, Мпа (для сталі становить 2×10^5 МПа);

I_d – момент інерції штиря, м⁴;

β – змінна, м⁻¹, що визначається за формулою:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kd}{4E_d I_d}}, \quad (1.56)$$

де K – модуль зчіплення між штирем та бетоном, що залежить від способу влаштування штирьових з'єднань, МН/м³;

d – діаметр штиря, м [104].

Модуль зчіплення між штирем та бетоном K для штирів влаштованих зануренням у цементобетон становить $4,07 \times 10^5$ МН/м³ [104].

Параметр C визначається із співвідношення [104]:

$$C = \frac{E_d I_d}{\omega(1 + \varphi)}, \quad (1.57)$$

$$\text{де } \varphi = \frac{12E_d I_d}{G_d A_z \omega^2}, \quad (1.58)$$

де G_d – модуль зсуву штиря, Мпа, що визначається за формулою [104]:

$$G_d = \frac{E_d}{2(1 + \mu_d)}, \quad (1.59)$$

де μ_d – коефіцієнт Пуассона сталі ($\mu_d = 0,3$);

A_z – ефективна поперечна площа штиря, м².

$$A_z = 0,9 \frac{\pi d^2}{4}, \quad (1.60)$$

де d – діаметр штиря, м.

Підставляючи у формулу (1.57) з врахуванням чисельних значень модуля пружності штирів E_d та модуля зсуву G_d отримуємо

$$C = \frac{E_d \cdot I_d}{\omega \left(1 + \frac{12 \cdot E_d I_d}{G_d \cdot 0,9 \frac{\pi d^2}{4} \omega^2} \right)}, \quad (1.61)$$

виконуючи перетворення та замінюючи $\pi d^2 / 4$ на A_d (площа перерізу штиря), отримуємо

$$C = \frac{0,9 \cdot G_d A_d E_d I_d}{0,9 \cdot G_d A_d \omega^3 + 12 \cdot E_d I_d \omega}, \quad (1.62)$$

тоді з урахуванням виразів (1.55) та (1.62) формула (1.54) матиме вигляд

$$D = \frac{1}{\frac{1}{4\beta^3} + \frac{1}{(2 + \beta\omega) E_d I_d}} + \frac{1}{12 \frac{0,9 \cdot G_d A_d E_d I_d}{0,9 \cdot G_d A_d \omega^3 + 12 \cdot E_d I_d \omega}},$$

$$D = \frac{1}{\frac{2 + \beta\omega}{4\beta^3 E_d I_d} + \frac{\omega^3}{12 \cdot E_d I_d} + \frac{\omega}{0,9 \cdot G_d A_d}},$$

$$D = \frac{1}{\frac{\omega}{0,9 \cdot G_d A_d} + \frac{\omega^3}{12 \cdot E_d I_d} + \frac{2 + \beta\omega}{4\beta^3 E_d I_d}}. \quad (1.63)$$

Формула (1.53) з урахуванням виразу (1.63) набуде вигляду

$$k = \frac{1}{s \left(\frac{\omega}{0,9 \cdot G_d A_d} + \frac{\omega^3}{12 \cdot E_d I_d} + \frac{2 + \beta \omega}{4 \beta^3 E_d I_d} \right)}. \quad (1.64)$$

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють штиркове з'єднання між плитами покриття, при однаковій відстані між вузлами визначається за формулою відповідно до [104]

$$\bar{R}_z = \frac{kL}{(n-1)}, \quad (1.65)$$

де L – довжина з'єднання, м;
 n – кількість вузлів вздовж з'єднання.

Тоді

$$\bar{R}_z = \frac{L}{s(n-1) \cdot \left(\frac{\omega}{0,9 \cdot G_d A_d} + \frac{\omega^3}{12 \cdot E_d I_d} + \frac{2 + \beta \omega}{4 \beta^3 E_d I_d} \right)}. \quad (1.66)$$

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють пружний зв'язок між крайніми вузлами плит [104]

$$R_z^K = 0,5 \cdot \bar{R}_z. \quad (1.67)$$

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють пружний зв'язок між середніми вузлами плит [104]

$$R_z^C = \bar{R}_z. \quad (1.68)$$

Якщо відстань між деякими вузлами скінченних елементів плити різна, то жорсткість скінченного елемента, що моделює пружний зв'язок між середнім i -тим вузлом плити, визначається за формулою:

$$R_{z,i}^C = \frac{(a_{i-1} + a_{i+1})(n-1)}{2L} \cdot \bar{R}_z, \quad (1.69)$$

де a_{i-1} , a_{i+1} – відстані до сусідніх вузлів, м.

У табл. 1.39 (див. с. 158) наведено результати розрахунку класифікаційних чисел РСН для покриттів за допомогою нормативної методики [95], формули Вестергарда [149–152], FEAFAA та ПК «ЛИРА-САПР».

Формула Вестергарда для визначення максимального напруження в плиті при розташуванні навантаження розподіленого за площею кола по краю плити має наступний вигляд [151]:

$$\sigma = \frac{3(1+\nu)P}{\pi(3+\nu)h^2} \left\{ \ln \left(\frac{Eh^3}{100 \cdot ka^4} \right) + 1,84 - \frac{4}{3}\nu + \frac{1-\nu}{2} + 1,18(1+2\nu) \frac{a}{l} \right\}, \quad (1.70)$$

де σ – розтягуюче напруження при згині, МПа;

P – навантаження на одноколісну опору, МН;

ν – коефіцієнт Пуасона;

h – товщина плити, м;

E – модуль пружності бетону, МПа;

k – коефіцієнт постелі, МН/м³;

a – радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса опори ПС, м;

визначається за формулою:

$$a = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}, \quad (1.71)$$

де p – тиск у пневматику, Мпа;

l – радіус відносної жорсткості Вестергарда (пружна характеристика плити), м.

Розрахунковий згинальний момент визначається за формулою [104] з врахуванням понижуючого коефіцієнту, що враховує наявність стикових з'єднань між плитами, і дорівнює 0,75 [105]

$$M = \frac{0,75 \cdot \sigma \cdot h^2}{6}. \quad (1.72)$$

У ФЕАФАА навантаження моделювалося розподіленням за площею прямокутника. У ПК «ЛИРА-САПР» (рис. 1.24, див. с. 153) навантаження моделювалося у вигляді квадратного штампку з розмірами 0,57 × 0,57 м, 0,60 × 0,60 м, 0,63 × 0,63 м відповідно для 1-го, 2-го та 3-го типу покриття (табл. 1.38, див. с. 153). Жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють пружний зв'язок між крайніми вузлами плит становить 184,919 МН/м; жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють пружний зв'язок між середніми вузлами плит – 369,838 МН/м [69; 139].

Програма ФЕАФАА та ПК «ЛИРА-САПР» занижують розрахунковий момент на 0,5–1,6% у порівнянні з нормативною методикою

(табл. 1.38). Ця тенденція зберігається в незалежності від величини еквівалентного одноколісного навантаження. Розходження розрахунку за допомогою ПК «ЛИРА-САПР» та FEAFAA становить до 1 %.

Верхній та нижній шар двошарового жорсткого аеродромного покриття пропонується моделювати прямокутними пластинами, піскоцементна штучна основа – прямокутними пластинами на пружній основі Вінклера. Пружний розділяючий прошарок між шарами моделювався стержньовими скінченними елементами, що моделюють односторонній зв'язок між вузлами [14] (рис. 1.25, див. с. 154).

Таблиця 1.38 – Результати розрахунку PCN

№ типу покриття	Одноколісне навантаження, кН/PCN	Розрахунковий момент, кН·м/м			
		СНиП	Вестергард	FEAFAA	ЛИРА
1	375 / PCN75/R/C/W/T	112,086	112,844	112,050	111,944
2	425 / PCN85/R/C/W/T	123,384	123,249	123,268	123,238
3	465 / PCN93/R/C/W/T	132,966	130,865	132,064	130,855

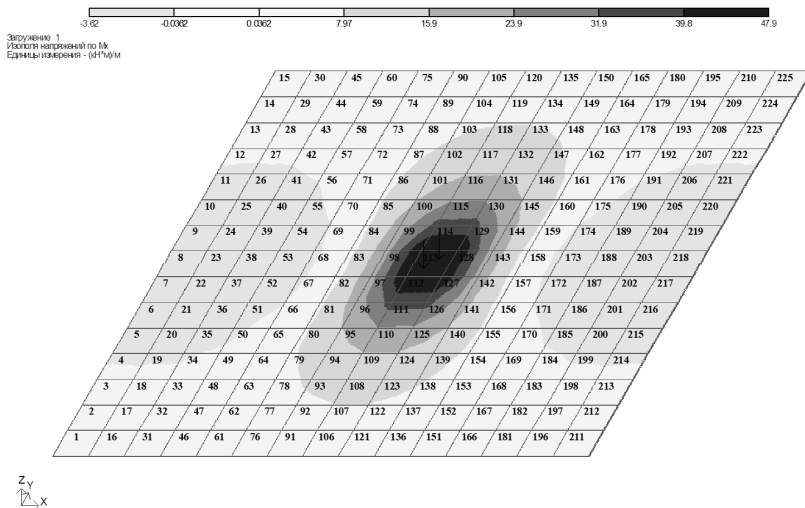


Рисунок 1.24 – Ізополі згинальних моментів при прикладанні навантаження по центру плити, визначені за допомогою ПК «ЛИРА-САПР»

Використання скінченного елемента, що моделює односторонній лінійний зв'язок між шарами, дозволяє врахувати обтиснення між шарами.

При наявності пружного прошарку між несучими шарами покриття їх стиснення характеризується коефіцієнтом стиснення (жорсткість скінченного елемента, що моделює односторонній лінійний зв'язок (рис. 1.25)).

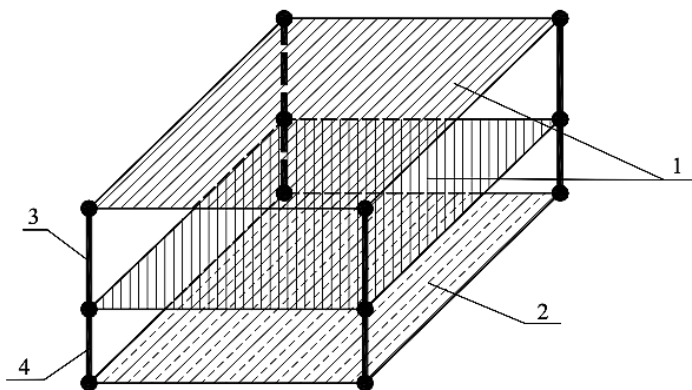


Рисунок 1.25 – Скінченно-елементна модель двошарового жорсткого аеродромного покриття на штучній основі укріпленій в'язучим:

1 – скінченний елемент пластина для моделювання верхнього та нижнього шару покриття (КЭ пластина у ПК «ЛИРА-САПР»);

2 – скінченний елемент пластина на пружній основі Вінклера для моделювання штучної основи укріпленої в'язучим (КЭ пластина у ПК «ЛИРА-САПР»);

3 – скінченний елемент для моделювання розділяючого прошарку між верхнім і нижнім шарами покриття (КЭ 262 у ПК «ЛИРА-САПР», моделює односторонній пружний зв'язок між вузлами);

4 – скінченний елемент для моделювання розділяючого прошарку між нижнім шаром покриття та штучною основою укріпленою в'язучим

В загальному вигляді коефіцієнт стиснення визначається за формулою [69; 139]:

$$c_i = \frac{2,4 \cdot E_i E_{i+1} E}{E \cdot (h_i E_{i+1} + h_{i+1} E_i) + 2,4 \cdot E_i E_{i+1} h \nu_1}, \quad (1.73)$$

де E_i, E_{i+1} – модуль пружності шарів покриття, для яких визначається коефіцієнт стиснення, МПа;

E – модуль пружності розділяючого прошарку між шарами, МПа;

h_i, h_{i+1} – товщини шарів покриття, м;

h – товщина розділяючого прошарку, м;

ν_1 – приведений коефіцієнт Пуассона розділяючого прошарку, що визначається за формулою:

$$\nu_1 = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu},$$

де ν – коефіцієнт Пуассона розділяючого прошарку.

Одиниця виміру коефіцієнту стиснення – МН/м³.

Коефіцієнт стиснення між взаємодіючими верхнім і нижнім шарами покриття, на основі формули (1.74) має наступний вигляд:

$$c_p = \frac{2,4 \cdot E_{\text{sup}} E_{\text{inf}} E}{E \cdot (h_{\text{sup}} E_{\text{inf}} + h_{\text{inf}} E_{\text{sup}}) + 2,4 \cdot E_{\text{sup}} E_{\text{inf}} h \nu_1}, \quad (1.74)$$

де E_{sup} – модуль пружності верхнього шару, МПа;

E_{inf} – модуль пружності нижнього шару, МПа;

h_{sup} – товщина верхнього шару, м;

h_{inf} – товщина нижнього шару, м.

Коефіцієнт стиснення між взаємодіючими нижнім шаром покриття та штучною основою укріпленою в'язучим, визначається за формулою:

$$c_f = \frac{2,4 \cdot E_{\text{inf}} E_f E}{E \cdot (h_{\text{inf}} E_f + h_f E_{\text{inf}}) + 2,4 \cdot E_{\text{inf}} E_f h \nu_1}, \quad (1.75)$$

де E_{inf} – модуль пружності нижнього шару, МПа;

E_f – модуль пружності штучної основи укріпленої в'язучим, МПа;

h_{sup} – товщина нижнього шару, м;

h_{inf} – товщина штучної основи укріпленої в'язучим, м.

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 262) (дискретні пружини), що моделюють розділяючий прошарок між шарами

та враховують ефект обтиснення, залежить від розмірів скінченних елементів плити, розташованих у зірці вузла, в який ставиться ця пружина.

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 262), що моделюють односторонній зв'язок між вузлами, при однакових розмірах скінченних елементів плити визначається за формулами [69; 139]:

$$R_p = \frac{c_p LB}{(n_p - 1)(n_k - 1)}; \quad (1.76)$$

$$R_f = \frac{c_f LB}{(n_p - 1)(n_k - 1)},$$

де R_p , R_f – жорсткість скінченних елементів (КЭ 262) для моделювання одностороннього зв'язку між вузлами відповідно верхнього та нижнього шару, нижнього шару покриття та штучної основи укріпленої в'язучим, кН/м;

L – довжина плити, м;

B – ширина плити, м;

n_p – кількість рядів вузлів у плиті;

n_k – кількість колонок вузлів у плиті.

Жорсткість скінченних елементів КЭ 262, розташованих між середніми вузлами взаємодіючих плит визначається за формулами:

$$R_{f,c} = R_f. \quad R_{f,c} = R_f. \quad (1.77)$$

Жорсткість скінченних елементів КЭ 262, розташованих між крайніми вузлами взаємодіючих плит

$$R_{p,k} = \frac{1}{2} R_p; \quad R_{f,k} = \frac{1}{2} R_f. \quad (1.78)$$

Жорсткість скінченних елементів КЭ 262, розташованих між кутовими вузлами взаємодіючих плит

$$R_{p,y} = \frac{1}{4} R_p; \quad R_{f,y} = \frac{1}{4} R_f. \quad (1.79)$$

Якщо сітка розбиття плити аеродромного покриття є нерегулярною, то жорсткість КЭ 262 визначається за формулою:

$$R_{p(f)} = \frac{C_{p(f)}(a_1b_1 + a_2b_1 + a_1b_2 + a_2b_2)}{4}, \quad (1.80)$$

де a_1, a_2, b_1, b_2 – розміри скінченних елементів плити розташованих у зірці вузла, в який ставиться КЭ 262 (рис. 1.26), м.

Штиркові з'єднання моделюються скінченними елементами, що моделюють пружний зв'язок між вузлами плит (КЭ 55 у ПК «ЛИРА-САПР»). Жорсткість КЭ 55 у вертикальному напрямку визначається за формулами (1.77)–(1.80).

У табл. 1.39 (див. с. 158) наведено результати тестового розрахунку при дії одноколісної опори із розрахунковим навантаженням на одне колесо літака В787-9, розташованої по краю плити, виконані за допомогою чинних норм [95] та ПК «ЛИРА-САПР» (рис. 1.27, див. с. 158).

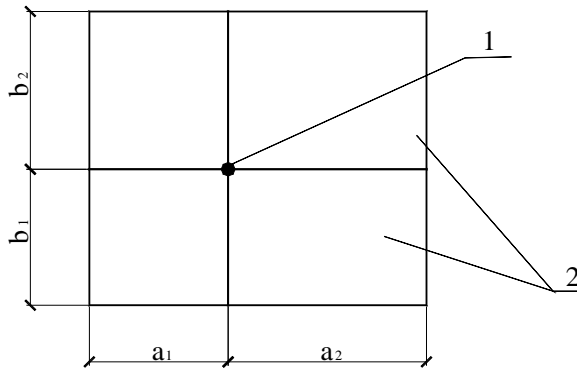


Рисунок 1.26 – Схема для визначення жорсткості скінченного елемента, що моделює односторонній зв'язок між вузлами взаємодіючих плит при неоднакових розмірах скінченних елементів плити:

1 – вузол, до якого приєднується скінченний елемент (КЭ 262),

що моделює односторонній зв'язок;

2 – скінченні елементи пластини

Жорсткість скінченних елементів (КЭ 55), що моделюють пружний зв'язок між крайніми вузлами плит становить 184,919 МН/м; між середніми вузлами плит – 369,838 МН/м. Жорсткість скінченного елемента (КЭ 262), що моделює односторонній лінійний зв'язок:

- між верхнім та нижнім шарами покриття
 $R_{p,c} = 12442,07$ МН/м; $R_{p,k} = 6221,03$ МН/м; $R_{p,y} = 3110,52$ МН/м;
- між нижнім шаром та піскоцементною штучною основою
 $R_{p,c} = 8885,35$ МН/м; $R_{p,k} = 4442,67$ МН/м; $R_{p,y} = 2221,34$ МН/м.

Зарулення 1

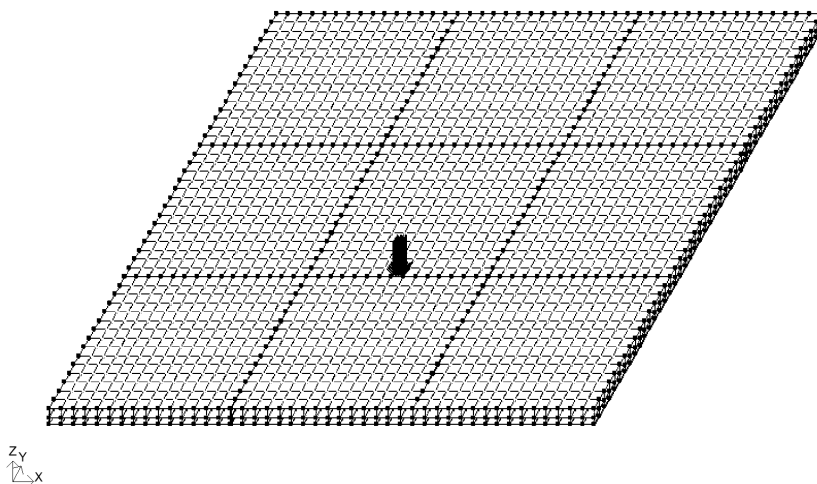


Рисунок 1.27 – Схема розбиття плит двохшарового жорсткого аеродромного покриття із штирьовими з’єднаннями на піскоцементній штучній основі на скінченні елементи у ПК «ЛИРА-САПР» при дії одноколісної опори

Таблиця 1.39 – Результати тестового розрахунку

Метод розрахунку	M_{sup} , кН·м/м	Δ_{sup} , %	M_{inf} , кН·м/м	Δ_{inf} , %
СНиП [95]	79,078	-11	11,280	6
ПК «ЛИРА-САПР»	87,823		10,601	

Значне розходження у значенні розрахункового моменту у верхньому шарі між розрахунком за чинними нормами [95] та ПК «ЛИРА-САПР», пояснюється врахуванням у чисельній моделі

покриття ефекту поперечного обтиснення. В результаті збільшується момент у верхньому шарі до 10%, а у нижньому зменшується приблизно на 10% за рахунок податливості поперечному зсуву розділяючого прошарку та врахуванням спільної роботи із верхнім шаром [69; 139].

1.12.14. Підходи до вдосконалення методів розрахунку та проєктування жорстких аеродромних покриттів

В Україні традиційними жорсткими аеродромними покриттями міжнародних аеропортів є двошарові монолітні цементобетонні покриття на штучній основі укріпленій в'язучим (рис. 1.28), ось чому удосконалення проєктування жорстких покриттів є важливим особливо для розрахунку аеродромних конструкцій на дію основних опор широкофюзеляжних повітряних суден, таких як А380-800 (вагові варіанти WV000-009) [102].

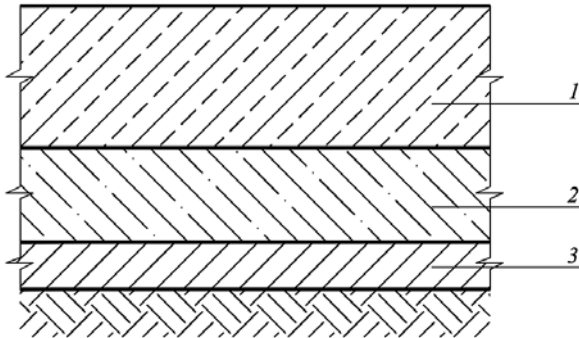


Рисунок 1.28 – Двошарове монолітне цементобетонне аеродромне покриття:

1 – верхній шар з монолітного цементобетону;
2 – нижній шар з пісного бетону; 3 – укріплена штучна основа

При дії на одну цементобетонну плиту двох шестиколісних опор ПС А380-800 виникає значне розтягувальне напруження на верхній поверхні плити, що призводить до появи повздовжніх тріщин в зоні між поперечними швами із штировими з'єднаннями [103].

Для проектування двошарових монолітних цементобетонних аеродромних покриттів на дію колісних навантажень від основних опор літака А380-800 було розроблено спеціалізовану комп'ютерну програму «Аеродром 380» (рис. 1.29–1.30, див. с. 165) [101].

У програмі «Аеродром 380» згинальний момент визначається при дії однієї чотириколісної опори повітряного судна А380-800 по центру плити [136]:

$$M_{\text{int}} = \frac{V_{wG} k_d \gamma_f}{4} \left[0,1154 - 0,0902 \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{V_{wG} k_d \gamma_f}{4000 \cdot \pi p_a}}}{l} \right) \right] -$$

$$- \frac{V_{wG} k_d \gamma_f}{4} \left[0,1506 \cdot \ln \frac{1,35}{l} + 0,0873 \cdot \ln \frac{1,7}{l} \right] +$$

$$+ \frac{0,0018 \cdot V_{wG} k_d \gamma_f e^{\frac{1,7}{l}}}{4},$$

де V_{wG} – максимальне вертикальне навантаження на основну опору під крилом, кН [95];

k_d – коефіцієнт динамічності [95];

γ_f – коефіцієнт розвантаження [95];

p_a – тиск у пневматиках, МПа [95];

l – пружна характеристика плити, м.

Розтягувальні напруження у крайовій зоні на верхній поверхні верхнього шару покриття, що виникають при дії всіх основних опор А380-800, визначаються за допомогою розробленої емпіричної формули:

$$\sigma_{T,up} = \sigma_{up} (0,048 \ln K_s + 0,457), \quad (1.81)$$

де σ_{up} – розтягувальні напруження на нижній поверхні цементобетонної плити, МПа,

K_s – коефіцієнт постелі природної основи, МН/м³.

Максимальне розтягувальне напруження у крайовій зоні на нижній поверхні цементобетонної плити при дії колісного навантаження по краю плити покриття [90; 144]:

$$\sigma_{up} = \frac{0,006E_{up}h_{up}}{E_{up}h_{up}^3 + E_{lw}h_{lw}^3 + E_{sb}h_{sb}^3} \cdot M_{int}k \times \left[1 - 0,167 \left(0,791 - 0,141 \ln \frac{E_{up}h_{up}^3 + E_{lw}h_{lw}^3}{E_{sb}h_{sb}^3} \right) \right],$$

де E_{up} – модуль пружності верхнього шару, МПа;
 E_{lw} – модуль пружності нижнього шару, МПа;
 E_{sb} – модуль пружності штучної основи, МПа;
 h_{up} – товщина верхнього шару, м;
 h_{lw} – товщина нижнього шару, м;
 h_{sb} – товщина штучної основи, м;
 M_{int} – центральний згинальний момент, кН · м/м;
 k – перехідний коефіцієнт.

Максимальне напруження у крайовій зоні на верхній поверхні нижнього шару аеродромного покриття визначається за формулою:

$$\sigma_{T,lw} = \sigma_{lw} (0,088 \ln K_s + 0,439),$$

де σ_{lw} – максимальне розтягувальне напруження у крайовій зоні на нижній поверхні нижнього шару покриття, МПа;
 K_s – коефіцієнт постелі, МН/м³.

Максимальне розтягувальне напруження у крайовій зоні на нижній поверхні нижнього шару двошарового покриття визначається за формулою [90; 144]:

$$\sigma_{lw} = \frac{0,006E_{lw}h_{lw}}{E_{up}h_{up}^3 + E_{lw}h_{lw}^3 + E_{sb}h_{sb}^3} \cdot M_{int}k \times \left[1 - 0,167 \left(0,791 - 0,141 \ln \frac{E_{lw}h_{lw}^3 + E_{up}h_{up}^3}{E_{sb}h_{sb}^3} \right) \right],$$

де E_{lw} – модуль пружності нижнього шару покриття, МПа;
 E_{up} – модуль пружності верхнього шару, МПа;
 E_{sb} – модуль пружності штучної основи, МПа;
 h_{lw} – товщина нижнього шару покриття, м;
 h_{up} – товщина верхнього шару, м;
 h_{sb} – товщина штучної основи, м;

M_{int} – центральний згинальний момент, кН · м/м;
 k – перехідний коефіцієнт.

Товщину цементобетонної плити аеродромного покриття при дії навантаження від основних опор надважкого широкофюзеляжного літака А380-800 з використанням у якості розрахункових критеріїв максимальних розтягувальних напружень на нижній та верхній її поверхні пропонується визначати в ході ітераційного процесу, в основу якого покладено концепцію руйнування від втоми [105]. Руйнування від втоми цементобетонного покриття (утворення розвитку тріщини у розрахунковому перерізі цементобетонної плити) відбувається, коли коефіцієнт накопичення руйнувань або сума пошкоджень дорівнює одиниці [145].

$$D_{B,up} = \frac{N \cdot T}{C_{B,up} \cdot P(V_{WG})},$$

$$D_{T,up} = \frac{N \cdot T}{C_{T,up} \cdot P_T},$$

$$D_{B,lw} = \frac{N \cdot T}{C_{B,lw} \cdot P(V_{WG})},$$

$$D_{T,lw} = \frac{N \cdot T}{C_{T,lw} \cdot P_T},$$

де $D_{B,up}$ – коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні верхнього шару двошарового жорсткого аеродромного покриття;

$D_{T,up}$ – коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на верхній поверхні верхнього шару;

$D_{B,lw}$ – коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні нижнього шару покриття;

$D_{T,lw}$ – коефіцієнт накопичення руйнувань від втоми при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на верхній поверхні нижнього шару;

N – кількість злітних операцій за рік;

T – розрахунковий термін експлуатації жорсткого аеродромного покриття (20 років);

$C_{B,up}$ – кількість допустимих проходів повітряного судна А380-800 до відмови покриття при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні верхнього шару двошарового покриття;

$C_{T,up}$ – кількість допустимих проходів повітряного судна А380-800 до відмови покриття при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на верхній поверхні верхнього шару;

$C_{B,lv}$ – кількість допустимих проходів повітряного судна А380-800 до відмови покриття при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні нижнього шару двошарового монолітного цементобетонного покриття;

$C_{T,lv}$ – кількість допустимих проходів повітряного судна А380-800 до відмови покриття при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на верхній поверхні нижнього шару;

$P(V_{wG})$ – коефіцієнт, що виражає відношення кількості зльотів повітряного судна А380-800 до кількості проходів за смугою охоплення при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на нижній поверхні верхнього шару, є аналогом коефіцієнта PCR , наведеного у чинних нормах ФАА по проектуванню аеродромних покриттів [105];

P_T – коефіцієнт, що виражає відношення кількості зльотів повітряного судна А380-800 до кількості проходів за смугою охоплення при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження у крайовій зоні на верхній поверхні верхнього шару, приймається рівним 4,15; як для двоколісного тандема умовної опори ($PCR = 4,15$ [105]).

Допустима кількість проходів за смугою охоплення (значення допустимого числа циклів прикладання навантаження) для покриття визначається за формулою [98]:

$$C = 10^{12[1-f]},$$

$$f = \frac{\sigma_{\max}}{\gamma_c R},$$

де f – рівень відносної напруженості розрахункового перерізу цементобетонного покриття при прикладенні навантаження від опори i -того повітряного судна;

σ_{\max} – максимальне розрахункове напруження, МПа;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, приймається відповідно до чинних норм [95];

\bar{R}_{28} – середнє значення міцності бетону на розтяг при вигині у віці 28 діб, МПа, приймається відповідно до чинних норм [95].

Проведено порівняльний розрахунок чотирьох варіантів конструктивного рішення двохшарового жорсткого аеродромного покриття:

1-й варіант: географічне положення 48° північної широти; аеродромне покриття руліжної доріжки (РД) – монолітне цементобетонне двохшарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згинанні $B_{cb}4,4$; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $B_{cb}1,6$ (M100), товщина – 0,30 м; штучна основа товщиною 0,25 м з ґрунтоцементу ($E_{sb} = 4810$ МПа); ґрунт природної основи покриття – суглинок природного залягання з коефіцієнтом постелі 60 МН/м³; розрахунковий тип літака А380-800 WV001 (вага 512 т) [102]; число операцій за рік 5000; порівнювалися прогнозовані термін служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» (два розрахункових критерії – розтягувальне напруження на нижній та верхній поверхні плити) та FAARFIELD (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити);

2-й варіант: географічне положення 48° північної широти; аеродромне покриття перону – монолітне цементобетонне двохшарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згинанні $B_{cb}4,0$; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $B_{cb}1,6$ (M100), товщина – 0,20 м; штучна основа товщиною 0,15 м з ґрунтоцементу ($E_{sb} = 1950$ МПа); ґрунт природної основи покриття – суглинок природного залягання з коефіцієнтом постелі

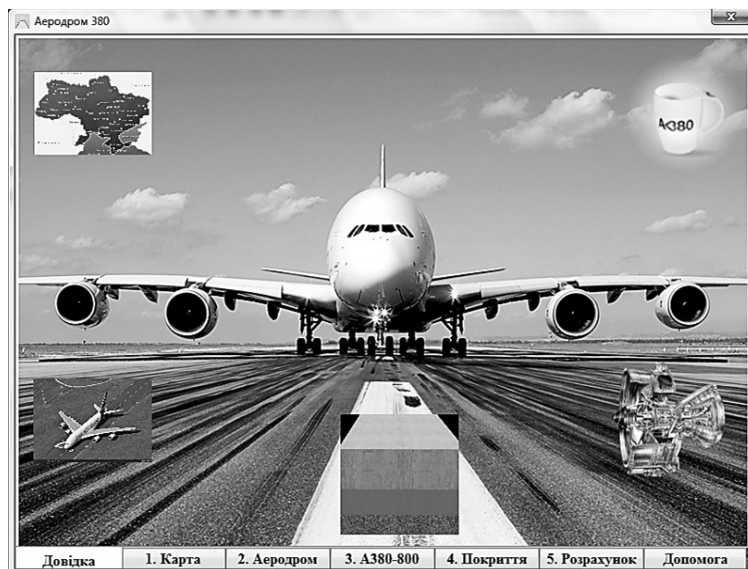


Рисунок 1.29 – Головне вікно комп'ютерної програми «Аеродром 380»

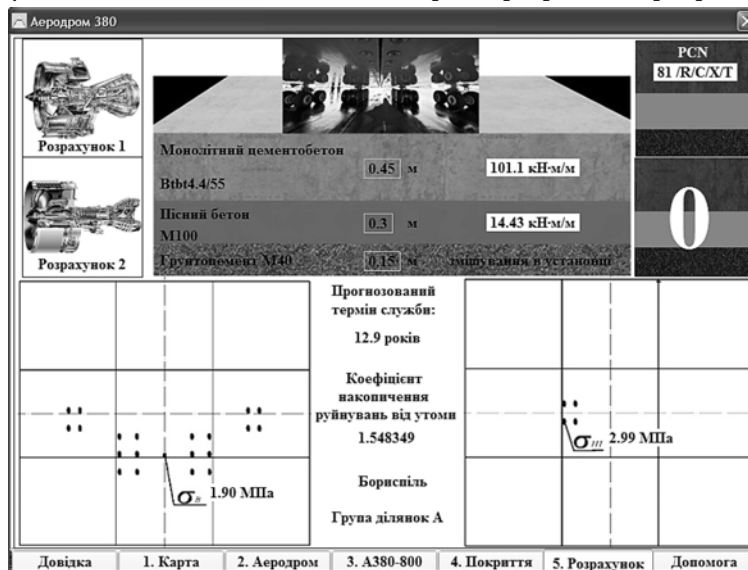


Рисунок 1.30 – Вкладка «5. Розрахунок»

60 МН/м³; розрахунковий тип літака А380-800 WV001 (вага 512 т) [102]; число операцій за рік 10000; порівнювалися прогнозований термін служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» (два розрахункових критерії – розтягувальне напруження на нижній та верхній поверхні плити) та FAARFIELD (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити);

3-й варіант: географічне положення 49° північної широти; аеродромне покриття перону – монолітне цементобетонне двошарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згинанні $B_{cb}4,0$; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $B_{cb}1,6$ (M100), товщина – 0,30 м; штучна основа товщиною 0,20 м з ґрунтоцементу ($E_{sb} = 4810$ МПа); ґрунт природної основи покриття – супісок пилуватий з коефіцієнтом постелі 50 МН/м³; розрахунковий тип літака А380-800 WV001 (вага 512 т) [95]; число операцій за рік 5000; порівнювалися прогнозований термін служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» [101] (один розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити) та FAARFIELD [105] (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити);

4-й варіант: географічне положення 50° північної широти; аеродромне покриття перону – монолітне цементобетонне двошарове; клас цементобетону верхнього шару за міцністю на розтяг при згинанні $B_{cb}4,0$; клас пісного бетону нижнього шару на розтяг при згині $B_{cb}1,6$ (M100), товщина – 0,25 м; штучна основа товщиною 0,20 м з ґрунтоцементу ($E_{sb} = 1950$ МПа); ґрунт природної основи – суглинок пилуватий природного залягання з коефіцієнтом постелі 40 МН/м³; розрахунковий тип літака А380-800 WV007 (вага 492 т) [95]; число операцій за рік 2000; порівнювалися прогнозований термін служби та товщина верхнього шару покриття, отримані в програмах «Аеродром 380» [101] (один розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити) та FAARFIELD (розрахунковий критерій – розтягувальне напруження на нижній поверхні плити) [105].

Результати розрахунку двошарового жорсткого аеродромного покриття наведено у табл. 1.40.

Таблиця 1.40 – Результати розрахунку, отримані за допомогою програм FAARFIELD та «Аеродром 380»

№	Прогнозований термін служби, рік		Визначення товщини цементобетонної плити, мм		
	Аеродром 380	FAARFIELD	Аеродром 380	FAARFIELD	
				розрахункова	проектна
1	22,9	22,7	430	408,4	410
2	24,7	26,7	440	424,6	430
3	26,1	29,2	390	390,9	400
4	23,0	24,7	390	385,1	390

В програмі «Аеродром 380» товщина верхнього шару аеродромного покриття визначається в межах 310–450 мм, влаштування плити товщиною понад 450 мм є технологічно неможливим. Товщина плити, визначена в програмі «Аеродром 380» є кратною 10 мм, а програма FAARFIELD визначає товщину з точністю до 0,1 мм, і вже інженер повинен округлити її в більшу сторону, щоб товщина була кратна 10 мм.

Розбіжність між результатами визначення товщини цементобетонної плити верхнього шару двошарового жорсткого аеродромного покриття, отриманими за допомогою FAARFIELD та розробленої програми «Аеродром 380» при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження на нижній поверхні плити, знаходиться в межах 1,3% (див. табл. 1.40), що свідчить про достовірність запропонованої методики. При використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження на верхній поверхні плити термін служби покриття менше, ніж при використанні у якості розрахункового критерію розтягувального напруження на нижній поверхні (див. табл. 1.40).

У табл. 1.41 (див. с. 168) наведено основні характеристики розробленої програми «Аеродром 380», програми FAARFIELD [105] та чинної нормативної методики [95].

Таблиця 1.41 – Порівняння методик проектування жорстких аеродромних покриттів

Методика	Розрахунковий критерій – розтягвальне напруження		Розрахункова концепція	
	на нижній поверхні плити	на верхній поверхні плити	розрахункове повітряне судно	руйнування від втоми
СНиП 2.05.08-85	Так	Ні	Так	Ні
FAARFIELD	Так	Ні	Ні	Так
Аеродром 380	Так	Так	Так	Так

1.13. Водовідведення та дренаж аеродромів

1.13.1. Загальні положення

Для захисту земляного полотна аеродромів від перезволоження поверхневими водами передбачають систему поверхневого водовідведення, яка складається із дощеприймальних, оглядових, перепадних і тальвежних колодязів, лотків, нагірних каналів, колекторів, піскоуловлювачів, труб перепусків.

Водовідвідні системи злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, місць стоянки і перонів, які приймають воду з аеродромних покриттів, ґрунтових смуг і ґрунтових водозбірних площ шириною до 300 м, необхідно розраховувати на стік дощових вод; водовідвідні системи, які приймають воду з покриттів, ґрунтових смуг шириною більше ніж 300 м необхідно розраховувати на стік талих вод; при ґрунтових водозбірних площах більше 15 га роботу водовідвідних систем потрібно перевіряти на обидва види стоку.

Рівень ґрунтових вод необхідно понижувати, використовуючи дренажну систему.

Дренажна система на аеродромах складається із закромочних, глибинних та екрануючих дрен.

Глибинні дрени закладаються нижче глибини промерзання ґрунту.

Геометричні параметри елементів водовідвідних та дренажних систем на аеродромах необхідно приймати за результатами гідравлічних розрахунків.

1.13.2. Гідрравлічні розрахунки водовідвідних систем на аеродромах

Розрахунок водовідвідних систем аеродромів виконується за методом граничних інтенсивностей з урахуванням формування максимальних об'ємів стоку:

$$Q_w \leq Q_c,$$

де Q_w – розрахункові витрати поверхні стічних вод, які потрапляють до споруди, м³/с;

Q_c – пропускна здатність водовідвідної споруди.

Розрахункові витрати дощових вод Q_w , л/с, в перерізах водовідвідних ліній визначаються за формулою:

$$Q_w = Q_s \cdot A_w, \quad (1.82)$$

де Q_s – модуль стоку, л/с на 1 га:

$$Q_s = \psi \cdot \phi = \frac{166,7 \cdot \Delta \cdot \phi}{t_j^n}, \quad (1.83)$$

де A_w – площа водозбору для розрахункового перерізу, га;

ψ – розрахункова інтенсивність дощу, л/с на 1 га;

Δ – параметр, який дорівнює максимальній інтенсивності дощу тривалістю 1 хв за прийнятою повторюваністю, мм/хв:

$$\Delta = 0,006 \cdot 20^n \cdot \psi_{20} \cdot (1 + C \lg T), \quad (1.84)$$

де ϕ – коефіцієнт стоку дощових вод, який визначається за табл. 1.42 (див. с. 170);

t_j – розрахункова тривалість протікання дощових вод до розрахункового перетину:

$$t_j = \tau_s + \tau_c + \tau_k, \quad (1.85)$$

де τ_s – час дотікання дощових вод по поверхні схилу до лотка, хв;

τ_c – час дотікання дощових вод по лотку до дощеприймального колодязя;

τ_k – час дотікання дощових вод по колектору до розрахункового перерізу, хв;

n – показник ступеня, який характеризує зміну розрахункової інтенсивності за часом;

ψ_{20} – інтенсивність дощу для даної місцевості тривалістю 20 хв при $T = 1$ год, л/с на 1 га;

C – коефіцієнт, який враховує кліматичні особливості районів України;

T – період повторюваності розрахункової інтенсивності дощу (табл. 1.43).

Таблиця 1.42 – Значення коефіцієнтів стоків дощових вод

Рід поверхні	Значення коефіцієнту стоку при ґрунтах на водозбірних площах		
	супіски	суглинки	глини
Покриття:			
асфальтобетонні	0,95	0,95	0,95
цементобетонні	0,85	0,85	0,85
Ґрунтові обочини:			
незадерновані	0,60	0,65	0,70
задерновані	0,55	0,60	0,65
Ґрунтові водозбірні площі:			
без дернового покриву	0,25	0,35	0,40
з дерновим покривом	0,15	0,25	0,30

Таблиця 1.43 – Значення періодів повторюваності розрахункової інтенсивності дощу T

Інтенсивність дощу ψ_{20} , л/с на 1 га	Період повторюваності розрахункової інтенсивності дощу T , год при розрахунковій площі водозбору A_w га		
	до 6	від 6 до 9	від 9 до 15
Менше 70	0,33/0,33	0,33/0,33	0,50/0,50
Від 70 до 115	0,50/0,33	0,50/0,50	0,50/0,50
Більше 115	0,50/0,50	0,75/0,50	0,75/0,50

Примітка 1. Перед ризикою наведені значення T для водовідвідних систем з лотками в кромках аеродромних покриттів, після ризику – без лотків в кромках покриттів.
Примітка 2. Для колекторів водовідвідних систем з ухилами лотків більше 0,005 вказані значення T потрібно знижувати на одну ступінь.

Час дотікання дощових вод по поверхні схилу до лотка визначається за формулою:

$$\tau_s = \left(\frac{2,41 \cdot n_c \cdot L_s}{\Delta^{0,72} \cdot \phi^{0,72} \cdot i_s^{0,5}} \right)^{\frac{1}{1,72-0,72n}} \quad (1.86)$$

де L_s – довжина схилу, яка бере участь у формуванні стоку, м;
 i_s – ухил схилу;

n_c – коефіцієнт шорсткості поверхні схилу, який приймається за табл. 1.44.

При співвідношенні поздовжніх і поперечних ухилів покриттів та обочин розрахунковий ухил та довжину схилу необхідно приймати по лінії найбільшого скату за формулами:

$$i_d = \sqrt{i_l^2 + i_c^2}; \quad (1.87)$$

$$L_d = \frac{L_s}{i_c} \cdot \sqrt{i_l^2 + i_c^2}. \quad (1.88)$$

Таблиця 1.44 – Значення коефіцієнтів шорсткості поверхні схилів

Вид поверхні схилу	Коефіцієнт шорсткості
Покриття: асфальтобетонне	0,011
цементобетонне	0,014
Ґрунтова поверхня: без дернового покриву	0,025
з дерновим покривом	0,050
Неукріплені земляні русла (канави)	0,025

Для поверхонь, які складаються з декількох матеріалів, час дотікання дощових вод по схилу необхідно визначати за формулою (1.86) при середньозважених значеннях ухилів, коефіцієнтів стоку та шорсткості.

Час дотікання дощових вод по лотку визначається за формулою:

$$\tau_c = \frac{L_c}{60 \cdot v_c}, \quad (1.89)$$

де L_c – довжина лотка, м;

v_c – швидкість руху дощових вод в кінці лотка, м/с:

$$v_c = \frac{1}{n_c} \cdot \left(\frac{d_w}{2} \right)^{0,5-y} \cdot i_b^{0,5}; \quad (1.90)$$

$$y = 4 \cdot \sqrt[4]{n_c^3}, \quad (1.91)$$

де d_w – глибина потоку в кінці лотка перед дощоприймальними чи тальвежними колодязями, м;

i_b – позовжній ухил dna лотка.

Пропускна здатність лотка визначається за формулою:

$$Q_c = \frac{d_w^2}{i_w} \cdot v, \quad (1.92)$$

де i_w – ухил бічних сторін лотка.

Час протікання дощових вод по колектору до розрахункового перерізу τ_k , хв, встановлюється сумуванням часу протікання по окремим ділянкам колектора, що визначається за формулою:

$$\tau_k = m_w \cdot \frac{L_k}{60 \cdot v_k}, \quad (1.93)$$

де L_k – розрахункова довжина ділянки колектора;

v_k – розрахункова швидкість руху дощових вод на відповідних ділянках колектора, м/с;

m_w – коефіцієнт, який враховує заповнення вільної ємності колектора та поступове наростання швидкості руху води по мірі наповнення труб при роботі водовідвідних систем:

$$m_w = \frac{2 - 1,75 \cdot \alpha}{1 - \alpha}, \quad (1.94)$$

де α – поправочний коефіцієнт до розрахунку часу течії води по колектору:

$$\alpha = \frac{\tau_s + \tau_c}{\tau_s + \tau_c + \sum \tau_k}. \quad (1.95)$$

Розрахункові витрати дощових вод для водовідвідних ліній з ґрунтовими водозборами необхідно визначати з урахуванням мінімальної стокоутворюючої інтенсивності дощів, при цьому тривалість стокоутворення t_{st} , хв, визначається за формулою:

$$t_{st} = \left[\frac{(1-n) \cdot \Delta}{\psi_{\min}} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (1.96)$$

де ψ_{\min} – мінімальне значення стокоутворюючої інтенсивності дощу, яка приймається не менше, ніж значення інтенсивності поглинання, U_f , мм/хв, яке вказано в табл. 1.45 (див. с. 173).

Для перерізів водовідвідних систем, віддалених за часом дотікання дощових вод на $\tau_w \leq t_{st}$, розрахункові витрати необхідно визначати для розрахункової площі одночасного максимального стоку дощових вод.

Таблиця 1.45 – Значення інтенсивності поглинання, мм/хв

Ґрунти і основи	Інтенсивність поглинання U_f , мм/хв
Ґлина	0,04
Суглинки, суглинисті чорноземи	0,08
Супіски з домішками гумусу у верхніх шарах	0,20
Супіски без домішок гумусу у верхніх шарах	0,33
Піски без домішок гумусу у верхніх шарах	0,50

Для перерізів, віддалених за часом дотікання на $\tau_w > t_{st}$, розрахункові витрати Q_w , л/с, дорівнюють:

$$Q_w = Q_t + Q_{aw}, \quad (1.97)$$

де Q_t – витрати дощових вод, л/с, які відповідають $\tau_w = t_{st}$;

Q_{aw} – додаткові витрати води, які потрапляють у водовідвідні системи після дощу тривалістю у відповідність з кривою спаду стоку, л/с:

$$Q_{aw} = 0,00015 \cdot \Delta \cdot L_s \cdot v \cdot \phi \cdot t_{st}^{1-n} \cdot \eta, \quad (1.98)$$

де v – швидкість руху води в лотку чи канаві, м/с, на розрахунковій ділянці;

η – коефіцієнт, який приймається згідно з табл. 1.46 (див. с. 174).

Головні колектори водовідвідної системи, які відводять воду із вузла колекторів, необхідно розраховувати на час дотікання, який відповідає отриманню максимальних витрат дощового стоку.

Розрахункові витрати під час весняного сніговідтавання визначаються за формулою:

$$Q_w = 0,95 \frac{H_s}{T_s} \cdot A_w, \quad (1.99)$$

де H_s – максимальна висота снігового покриву до початку весняного сніговідтавання, см;

T_s – мінімальна тривалість сніговідтавання, днів, яка приймається за даними гідрометеорологічної служби.

Для нагірних канав з площею водозбору більше 100 га розрахункові витрати води визначають за формулою:

$$Q_w = 2,78 \cdot A_t \cdot A_w, \quad (1.100)$$

де A_t – інтенсивність стоку талих вод, мм/хв, при середніх значеннях максимумів стоку, що встановлюється за даними гідрометеорологічної служби.

Таблиця 1.46 – Значення коефіцієнта для визначення додаткових витрат води, які потрапляють у водовідвідні системи

$\frac{\tau_w}{t_{st}}$	η	$\frac{\tau_w}{t_{st}}$	η	$\frac{\tau_w}{t_{st}}$	η
1,00	0	1,25	0,33	3,00	0,85
1,05	0,08	1,5	0,52	3,50	0,89
1,10	0,16	1,75	0,64	4,00	0,92
1,15	0,22	2,00	0,71	5,00	0,95
1,20	0,28	2,50	0,81	10,00	0,985

Діаметри труб колекторів при розрахунку на стік дощових чи талих вод необхідно визначати при повному наповненні труб ($K_{нап} = 1,00$) і значенні коефіцієнта шорсткості їх внутрішньої поверхні, що дорівнює 0,013.

Найбільшу глибину водного потоку для лотків, які розташовані в кромках покриттів, необхідно приймати на 1–2 см менше, ніж глибина лотка.

1.13.3. Особливості проектування водовідвідних систем

Водовідвідна система аеродрому проектується безнапірною, самопливною. Колектори водовідведення – це магістральні трубопроводи, які збирають та транспортують стоки на очисні споруди, після очищення – за межі території аеродрому (аеропорту). Колектори повинні влаштовуватись на відстані не менше ніж 15 м від крамок несучих аеродромних покриттів.

Труби колекторів, які розміщуються на льотній смузі аеродрома, в смугах руліжних доріжок та в місцях перетину з аеродромними покриттями, повинні мати кільцеву жорсткість не менше SN10; при проходженні в інших місцях аеродрому – не менше SN8.

Внутрішній діаметр колектора водовідвідної системи визначається за допомогою гідравлічного розрахунку, але повинен прийматись не менше, ніж 200 мм.

Ухили труб колекторів повинні становити не менше 0,003. Не допускається зменшення значення поздовжнього ухилу труб по довжині колектора. У випадках, коли неможливо уникнути зменшення поздовжнього ухилу, має бути збільшений діаметр труби згідно розрахунку.

Глибина влаштування колектора водовідвідної системи аеродрому визначається кліматичними умовами та навантаженням, яке передається на трубу. Верх труби колектора (шелига) повинен знаходитися на глибині нижче 0,50 м від глибини промерзання ґрунту в районі будівництва.

Оглядові колодязі повинні встановлюватись на трасі колектора в таких місцях: на початку колекторів, в місцях підключення перепусків, дренажів та інших колекторів, в місцях зміни діаметрів труб і поздовжніх ухилів колектора.

Відстані між оглядовими колодязями призначаються залежно від діаметрів труб колекторів та становлять:

50 м при діаметрах труб до 250 мм;

75 м при діаметрах труб $250 \leq D \leq 400$ мм;

100 м при діаметрах труб $400 \leq D \leq 600$ мм;

125 м при діаметрах труб $D > 600$ мм.

Оглядові колодязі можуть бути круглими та прямокутними в плані. Мінімальні діаметри круглих оглядових колодязів приймаються в залежності від діаметрів труб:

при $D > 600$ мм – діаметр оглядового колодязя становить 1000 мм;

при $600 < D \leq 700$ мм – діаметр оглядового колодязя становить 1250 мм;

при $700 < D \leq 1000$ мм – діаметр оглядового колодязя становить 1500 мм;

при $1000 < D \leq 1200$ мм – діаметр оглядового колодязя становить 2000 мм.

Мінімальні розміри прямокутних оглядових колодязів залежать від діаметрів труб колектора та приймаються у відповідності з табл. 1.47.

Таблиця 1.47 – Розміри прямокутних оглядових колодязів у плані

Діаметр труб колекторів, мм	Розміри колодязів у плані, мм	
	довжина	ширина
$D < 700$ мм	1000	$(D_{mp} + 400) \geq 1000$
$D \geq 700$ мм	$D_{mp} + 400$	$D_{mp} + 500$

Оглядові колодязі можуть бути заглибленого та незаглибленого типів. Кришка заглиблених оглядових колодязів повинна бути розташована на глибині не менше ніж 30 см від поверхні планування аеродрому. Заглиблені колодязі встановлюють при перетині колектором ґрунтових злітно-посадкових смуг та ділянок, де відбувається рух повітряних суден. В інших випадках оглядові колодязі повинні проектуватись незаглибленими.

При необхідності установки ОК на ґрунтовій частині аеродрому в замкнених понижених місцях планування в якості тальвежного колодязя, оглядовий колодязь влаштовується з ґратчастою кришкою та з відстійником глибиною не менше 50 см від лотку труби найглибшого колектора, що підключається в ОК.

Перепадні колодязі встановлюються у випадках проходження траси по схилах з великою крутизною.

Водовідвідні та дренажні системи проектуються за однією із трьох принципових схем водовідведення та дренажу ЗПС, РА, МС, перонів та площадок спеціального призначення (рис. 1.31, див. с. 182).

Вибір принципової водовідвідної і дренажної системи здійснюється в залежності від дорожньо-кліматичної зони розташування аеродрому згідно з ДСТУ-Н В.1.1-27-2010, типу місцевості за характером поверхневого стоку і ступеня зволоження, виду ґрунту, топографічних та інших місцевих умов.

Водовідведення та дренаж за схемою 1 (рис. 1.31) проектується для аеродромів, які розташовані в II-й та III-й дорожньо-

кліматичних зонах при ширині схилу покриття 30 м і більше при наявності глинистих та пилюватих ґрунтів, схильних до морозного пучіння. Схему 1 допускається застосовувати при ширині схилу менше 30 м якщо є відповідне обґрунтування.

Схема 2 (рис. 1.31) передбачає скидання поверхневої води з покриттів на ґрунтові узбочини, по яким вода потрапляє в ґрунтові лотки. Водовідведення та дренаж за схемою 2 проєктуються для аеродромів в зонах збиткового, змінного, а у випадку глинистих та суглиннистих ґрунтів і в зонах недостатнього зволоження.

За схемою 3 (див. рис. 1.31) водовідвідні заходи у вигляді ґрунтових лотків і колекторів передбачаються частково. Згідно з цією схемою не влаштовуються закримочні дрени. Водовідведення за схемою 3 проєктується для аеродромів V-ї дорожньо-кліматичної зони, а також в зонах недостатнього зволоження IV-ї дорожньо-кліматичної зони.

Лотки, які розташовуються в кромках штучних аеродромних покриттів, можуть бути відкритими та закритими.

У відкритих лотках встановлюються дощоприймальні колодязі (ДК), відстань між якими визначається гідравлічним розрахунком. Дощоприймальні колодязі встановлюються в лотках довшою стороною перпендикулярно до осі лотка та застосовуються для збору води з поверхні штучних аеродромних покриттів. Дощоприймальні колодязі з однією решіткою встановлюються в лотках з поздовжніми ухилами до 0,005, з двома решітками – при ухилах 0,006–0,007, з трьома решітками – при ухилах 0,008 та більше. При використанні відкритих лотків відстань між дощоприймальними колодязями приймається згідно з табл. 1.48 (див. с. 178).

Водовідвідні лотки відкритого типу вздовж кромки штучних аеродромних покриттів проєктуються трикутного поперечного перерізу. На штучних покриттях двоскатного поперечного профілю передбачаються лотки по обох сторонах покриття. Для злітно-посадкових смуг з односкатним поперечним профілем, перонів і спеціальних площадок зі штучним покриттям ширина схилу яких складає більше ніж 30 м, лотки проєктуються шириною 8 м та глибиною 10 см. Для злітно-посадкових смуг з двоскатним

поперечним профілем і ділянок штучних покриттів руліжних доріжок зі схилом 30 м і менше, лотки проектується шириною, не меншою ніж 6 м і глибиною, не меншою ніж 8 см. Розміри поперечного перерізу лотка встановлюються гідравлічним розрахунком.

Таблиця 1.48 – Значення відстаней між дощоприймальними колодязями у водовідвідних лотках відкритого типу

Поздовжній ухил по осі лотка	Відстань між дощоприймальними колодязями, м, для		
	двоскатних злітно-посадкових смуг та площадок з шириною схилу до 50 м	односкатних злітно-посадкових смуг та площадок з шириною схилу покриття 50–60 м	
		$\Delta = 2-3$ мм/хв	$\Delta = 3-4$ мм/хв
0,003–0,005	100–150	100–125	75–100
Більше ніж 0,005	150–200	125–150	100–125

Поздовжні ухили покриттів для влаштування відкритих лотків повинні бути не менше ніж 0,003. Відкриті лотки вздовж злітно-посадкової смуги влаштовуються за її кромками чи за смугами безпеки. Відкриті лотки вздовж руліжних доріжок допускається встановлювати в смугах безпеки, як правило, на відстані трьох метрів від зовнішньої кромки смуги безпеки.

Відведення води із дощоприймальних колодязів в колектор здійснюється шляхом труб-перепусків, які з'єднують дощоприймальні колодязі з оглядовими колодязями колекторів водовідвідної системи аеродрому. Діаметр труби перепуску визначається гідравлічним розрахунком, але повинен бути не менше ніж 200 мм.

Дощеприймальні лотки закритого типу встановлюються в кромках штучних покриттів злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, перонів, а також площадок спеціального призначення. Дощеприймальні лотки закритого типу проектується у випадках, коли у відповідності з результатами гідравлічного розрахунку дощеприймальні колодязі потрібно встановлювати на відстані 40 м і менше. Мінімальна глибина дощеприймального лотка повинна бути не меншою, ніж 0,15 м, а ширина встановлюється гідравлічним розрахунком. Лотки можуть бути збірними та монолітними.

При влаштуванні дощоприймальних лотків встановлюються піскоуловлювачі, відстань між якими визначається гідравлічним розрахунком. По довжині лотку влаштовуються температурні шви через кожні 20–30 м. По всій довжині лотку в місці його примикання до аеродромного покриття влаштовуються деформаційні шви по типу температурних шириною не менше 2 см з пружною прокладкою, верх яких заповнюється герметизуючим матеріалом. Якщо дощоприймальні лотки є збірними, то в цьому разі необхідно влаштовувати залізобетонну обойму. Поверхня обойми повинна бути на 5 мм нижче ніж поверхня покриття, а поверхня ґрат на 5 мм нижче поверхні обойми. Якщо дощоприймальний лоток влаштовується безпосередньо на штучному покритті в спеціальній плиті, то захисна залізобетонна обойма не передбачається.

Залізобетонна обойма повинна обов'язково розраховуватись на міцність.

Для запобігання активізації ерозії ґрунтів при розробці схем організації збору та відведення поверхневих вод зі штучних покриттів по можливості потрібно передбачати стікання води з поверхні штучних покриттів у відкриті або закриті водовідвідні лотки, при неможливості – безпосередньо на суміжну ґрунтову поверхню до ґрунтових лотків або у водовідвідну канаву.

Збір та відведення поверхневих вод з ґрунтових ділянок аеродромів здійснюється за допомогою водовідвідних канав, тальвежних колодязів та ґрунтових лотків. По осі ґрунтових лотків встановлюють тальвежні колодязі. Відстані між тальвежними колодязями приймаються згідно з табл. 1.49 (див. с. 180).

Тальвежні колодязі на аеродромі повинні бути залізобетонними з трьома ґратами. Розмір в плані тальвежних колодязів рекомендовано приймати 110 × 357 см.

Поздовжні ухили труб перепусків від дощоприймальних колодязів та піскоуловлювачів повинні бути 0,020–0,030, а від тальвежних і водоприймальних колодязів в межах 0,005–0,030. Довжина перепуска від дощоприймального колодязя та піскоуловлювача не повинна перевищувати 40 м, а від тальвежного колодязя – 30 м.

Таблиця 1.49 – Значення відстаней між тальвежними колодязями

Поздовжній ухил по осі лотка	Відстані між тальвежними колодязями, м, для			
	двоскатних злітно-посадкових смуг з шириною схилу не більше 50–60 м та обочинах до 25 м	односкатних злітно-посадкових смуг, площадок шириною 50–60 м і обочинах до 25 м		двоскатних і односкатних руліжних доріжок, площадок шириною до 25 м, ґрунтових обочин до 25 м
		$\Delta = 2-3$ мм/хв	$\Delta = 3-4$ мм/хв	
0,005–0,008	100–150 150–200	125–150 150–200	100–125 150–175	150–200 150–250
0,008–0,015	100–125 200–250	100–125 200–250	75–100 200–225	150–250 200–300

Примітка 1. В чисельнику вказані відстані між тальвежними колодязями по осі ґрунтових лотків при пісках та супісках; в знаменнику – те саме при пісках та глинах.
Примітка 2. При влаштуванні «лотка в лотку» чи осушників по осі лотка відстань між тальвежними колодязями необхідно приймати 75–100 м.

Водовідвідні канали розташовуються за межами спланованої частини льотної смуги аеродрому та смуг руліжних доріжок. Розмір поперечного перерізу каналу визначається гідравлічним розрахунком. Поздовжній ухил по дну каналу визначається із умови забезпечення протікання води та відсутності замулювання і розмивання дна і стінок каналу, але в будь-якому випадку не може бути меншим ніж 0,002. Поперечний переріз каналу бажано виконувати трапецієдальним. Допускається застосовувати прямокутний переріз нагірної каналу за умови укріплення її стінок та дна монолітним бетоном або залізобетоном. Ширина нагірної каналу по дну повинна становити не менше ніж 1,0 м.

Для захисту території аеродромів від затоплення при підйомі рівня ґрунтових вод мають влаштовуватись огорожувальні дамби. При цьому висота дамби та об'єми робіт при її влаштуванні повинні бути мінімальними. Висота дамби повинна бути не менше, ніж на 0,5 м вище розрахункового рівня високої води з урахуванням висоти хвилі і висоти її набігу на укоси, які повинні бути укріплені та захищені спеціальними спорудами.

В зонах обробки повітряних суден протикриговою рідиною необхідно планувати окрему водовідвідну систему для збору рідини для запобігання її змішування зі звичайним поверхневим стоком.

1.13.4. Дренажні системи на аеродромах

Для перехоплення та відведення підземних (грунтових) вод, які потрапляють на територію аеродрому із суміжних територій, застосовуються берегові та ловчі дрени. Глибина берегових та ловчих дрен визначається залежно від розташування потоку ґрунтових вод та його потужності.

Поздовжній ухил дренажних труб повинен бути не меншим, ніж 0,005. Дренажні труби повинні бути з отворами чи пропилами з кроком не більше 0,3–0,5 м. Навколо труби може влаштовуватись фільтр із нетканого геотекстилю та фільтруюча обсіпка зі щебеню чи гравію вивержених порід.

Для зниження рівня ґрунтових вод до необхідної норми осушення влаштовується глибинний дренаж, який складається із дрен, що вкладені паралельно на розрахунковій відстані одна від одної.

Збір і відведення води із дренуючих основ штучних покриттів виконуються шляхом влаштування закромочних дрен.

Закромочний дренаж – це траншея, по дну якої на основу вкладається дренажна труба з мінімальним внутрішнім діаметром 100 мм, яка обгортається захисним дренуючим геосинтетичним матеріалом, нетканим геотекстилем, а зверху засипається фільтруючою засипкою. Фільтруюча засипка дренажної траншеї повинна обов'язково з'єднуватись з дренуючим шаром основи штучного покриття.

Відведення води із замкнених понижених ґрунтових ділянок здійснюється за допомогою осушників, які являють собою систему дренажів неглибокого закладання (початкова глибина закладання труб приймається в межах 0,6–0,8 м). Осушники повинні влаштовуватись із труб діаметром 0,100–0,125 м. Укладка труб в траншеї виконується в межах прямокутного профілю шириною 0,2–0,3 м.

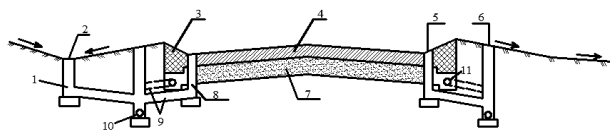


Схема № 1

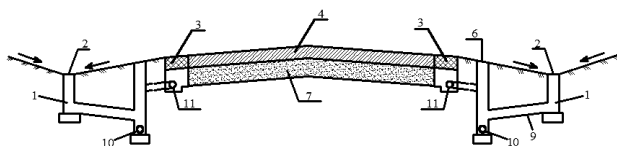
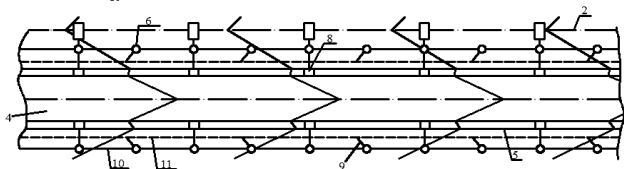


Схема № 2

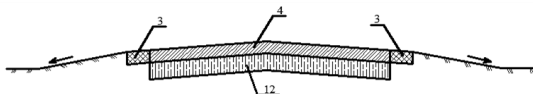
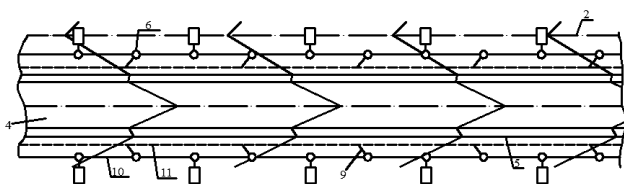
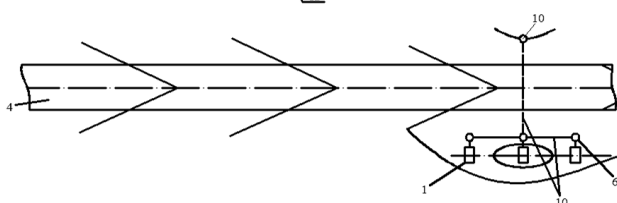


Схема № 3



- 1 – тальвежний колодязь; 2 – ґрунтовий лоток; 3 – вимощення;
 4 – покриття; 5 – лоток в кромці покриття; 6 – оглядовий колодязь;
 7 – основи з дренуючим шаром; 8 – дощоприймальний колодязь;
 9 – перепуск; 10 – колектор; 11 – закромочна дрена;
 12 – основа без дренуючого шару

Рисунок 1.31 – Схеми водовідвідних та дренажних систем аеродромів

1.13.5. Розрахунок полімерних труб на міцність

Полімерні труби, які застосовуються для влаштування водовідвідних систем можуть бути: поліетиленовими низької та високої міцності; поліпропіленовими; полівінілхлоридними.

Розрахунок полімерних труб виконується за граничним станом другої групи. Основні умови розрахунку:

- для безнапірних трубопроводів:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} \leq 1,0; \quad (1.101)$$

- для безнапірних трубопроводів:

$$\left(\frac{\varepsilon_p - \varepsilon_c}{\varepsilon_{pp}} \right) \cdot k_{зан} \leq 1,0, \quad (1.102)$$

де ε_p – максимальне значення деформації розтягу матеріалу в стінці труби через овальність поперечного перерізу під дією ваги засипки ґрунту та транспортного навантаження;

ε_c – ступінь обтиснення матеріалу стінки труби від дії зовнішніх навантажень на трубопровід;

ε_{pp} – гранично допустиме значення деформації розтягу матеріалу в стінці труби в умовах релаксації напружень;

ε_{pn} – гранично допустиме значення деформації розтягу матеріалу в стінці труби в умовах повзучості;

$k_{зан}$ – коефіцієнт запасу, який враховує вид перфорації в стінці труби.

1.13.6. Розрахунок бетонних та залізобетонних труб на міцність

Бетонні та залізобетонні труби розраховуються за методом граничних станів за умовою:

$$M_p = M_{zp}, \quad (1.103)$$

де M_p – розрахунковий згинальний момент, який діє в стінці труби від постійної та тимчасової складової навантажень;

M_{zp} – граничний згинальний момент в перерізі стінки труби.

Розрахунковий згинальний момент для бетонних та залізобетонних труб залежить від: коефіцієнту опирання труби на основу; тимчасового та постійного навантаження на трубу; навантаження від власної ваги на трубу.

1.13.7. Розрахунок керамічних труб на міцність

Керамічні труби на міцність розраховуються за методом граничних станів, який зводиться до виконання умови:

$$P_p = P_{\text{доп}}, \quad (1.104)$$

де P_p – розрахункове навантаження, яке діє на трубу;

$P_{\text{доп}}$ – гранично допустиме навантаження на трубу, при перевищенні якого настає її руйнування.

Значення гранично допустимих встановлені відповідними нормативними документами на виробництво керамічних труб.

Розрахункове навантаження P_p на трубу складається із постійної та тимчасової складової навантаження.

Постійне навантаження – навантаження від засипки над трубою, що вкладається в траншею, визначається в залежності від властивостей матеріалу засипки, її висоти над поверхнею і ширини траншеї на рівні верхньої поверхні труби:

$$Q = K_T \cdot \gamma \cdot H \cdot B_T, \quad (1.105)$$

де H – висота засипки над верхньою поверхнею труби;

γ – об'ємна вага матеріалу засипки труби;

B_T – розрахункова ширина траншеї;

K_T – коефіцієнт вертикального навантаження, який враховує тертя матеріалу об стінку траншеї.

1.13.8. Розрахунок на міцність дощеприймальних, тальвежних та оглядових колодязів

Метою розрахунку на міцність дощеприймальних, оглядових та тальвежних колодязів є підбір перерізів кришки, днища та стінок колодязя. Розрахунок колодязів виконується за методом граничного стану на міцність:

$$M_p \leq M_{zp}, \quad (1.106)$$

де M_p – розрахунковий згинальний момент в перерізі конструкції;
 M_{zp} – граничний згинальний момент в перерізі конструкції.

Розрахунок кришки колодязя, залежно від її конструкції, необхідно виконувати як розрахунок балки на двох опорах чи як плити, обпертої по контуру. За розрахункове навантаження приймається тиск від колеса, яке припадає на розрахунковий елемент.

Розрахунок окремих ребер решітки виконується як розрахунок балки на двох опорах, яка навантажена рівномірно розподіленим навантаженням, що дорівнює значенню внутрішнього тиску в пневматику шасі, що помножений на відстань між ребрами.

Днище колодязя можна розглядати як плиту, яка вільно оперта на стінки, до яких примикають труби. Розрахунок днища необхідно виконувати на навантаження від ґрунтової засипки, перекриття, стін і тимчасового навантаження коліс літака, розташованих безпосередньо на кромці колодязя.

При впливі навантаження від коліс повітряних суден на поверхню дощеприймального, тальвежного чи оглядового колодязя, може бути його деякий поворот, вертикальне та горизонтальне переміщення.

Розрахунок на стійкість колодязів виконується за другою групою граничних станів за деформаціями:

$$W_p \leq W_{zp}, \quad (1.107)$$

де W_p – розрахункове переміщення колодязя, викликане дією навантаження;
 W_{zp} – гранично допустиме переміщення колодязя.

1.13.9. Очищення поверхневих стоків з аеродромів

Для підприємств 2 групи за забрудненням, до якої згідно з вимогами п. 5.9 ДБН В.2.5-75:2013 відносяться аеропорти, потрібно передбачати очищення всього стоку.

Перед скиданням у дощову каналізацію населеного пункту або централізовану систему загальносправної каналізації (згідно технічних умов, що надаються замовником), поверхневі стічні води з території аеродрому повинні очищатися на локальних

очисних спорудах. Дошова каналізація збирає стічні води від злітно-посадкової смуги, руліжних доріжок, перонів та майданчиків спеціального призначення за допомогою дощоприймальних колодязів, лотків та самопливних колекторів. Після цього стоки потрапляють на очисні споруди і після очищення потрапляють у головний колектор.

Сепаратор нафтопродуктів повинен виконуватись у формі горизонтального циліндра, який виготовляється методом машинної намотки, в якому розміщується технологічне обладнання – коалесцентні модулі, поліуретанові фільтри, внутрішні трубопроводи, з'єднувальні патрубки.

Матеріали, що використовуються для виготовлення сепараторів нафтопродуктів – армований склопластик, поліпропілен, відкритопористий пінополіуретан та ПВХ.

Сепаратори нафтопродуктів повинні випускатись готовими до безпосереднього підключення в систему дощової каналізації. Сепаратор нафтопродуктів є автономною модульною системою очистки, призначений для вловлювання та затримування нафтопродуктів та завислих речовин з дощових, талих і промислових стічних вод.

Періодичність очистки сепаратора з метою профілактики складає 2 рази на рік. Сепаратор нафтопродуктів має забезпечувати очищення стічних вод до вмісту: нафтопродуктів – не більше ніж 0,3 мг/л; завислих речовин – не більше ніж 15 мг/л.

Устьові споруди влаштовуються на колекторах в місцях випуску стічних вод в природну водойму чи водотік. Конструкція устьової споруди повинна мати укріплення дна водотоку після труби колектора для запобігання розмиву.

Випаровувальні басейни призначені для утилізації стічних вод шляхом випаровування. Розміри випаровувального басейну мають визначатись за допомогою розрахунку. Випаровувальні басейни доцільно влаштовувати в районах з великою тривалістю позитивних температур та невисокою відносною вологістю повітря. Випаровувальні басейни можуть бути в складі комплексу очисних споруд.

При влаштуванні випаровувальних басейнів має бути забезпечена надійна гідроізоляція дна та стінок.

1.13.10. Перелік основних креслень проєкту водовідведення аеродрому

У складі проєктної документації на водовідведення аеродрому необхідно передбачати, але не обмежуючись, наступні креслення:

- план водовідведення;
- поздовжні профілі по осі водовідвідних колекторів та канал (стадія Р) з відомостями розрахунку проєктних відміток глибини та підключення ТК, ДК, осушників, дрен, канал до ОК;
- монтажні схеми елементів закритої водовідвідної системи;
- креслення залізобетонних елементів водовідвідної системи – оглядових, тальвежних, дощоприймальних колодязів; вхідних та вихідних оголовоків; обойми лотків, пісковловлювачів, ревізійних елементів тощо (стадія Р);
- відомості обсягів робіт.

1.14. Охорона навколишнього середовища

1.14.1. Розміщення аеродромів відносно міст та населених пунктів

Розміщення аеродромів під час планування і забудови населених пунктів слід здійснювати згідно з вимогами чинних норм ДБН Б.2.2-12, ДБН В.1.1-31 та Державними санітарними правилами ДСП 173-96.

Новий аеродром, у тому числі малої авіації, слід розміщувати на територіях, які знаходяться за межами населених пунктів. При цьому відстань від межі злітно-посадкової смуги аеродрому до межі сельбищної території потрібно визначати у кожному конкретному випадку з урахуванням:

- забезпечення безпеки польотів повітряних суден;
- типів повітряних суден, які експлуатуються відповідним аеродромом, та інтенсивності їхніх польотів;
- кількості злітно-посадкових смуг на аеродромі;
- розміщенням меж сельбищної території щодо злітно-посадкової смуги;

- допустимих максимальних та еквівалентних рівнів авіаційного шуму, встановлених ДБН В.1.1-31;
- дозволених гранично-допустимих концентрацій шкідливих викидів відпрацьованих газів;
- рельєфу, температури та вологості повітря, напрямку й швидкості вітру, а також інших місцевих умов.

Для нових аеродромів відстань від межі злітно-посадкової смуги до межі сельбищної території (з урахуванням можливості їхнього перспективного розширення), а також розміщення на приаеропортових територіях (у межах і поза межами повітряних підходів до них) будівель, споруд, включаючи лінії електропередач та зв'язку, радіотехнічні та інші об'єкти, які можуть загрожувати безпеці польотів повітряних суден або створювати перешкоди для нормальної роботи радіотехнічних засобів аеродромів, і порядок погодження розміщення таких об'єктів необхідно приймати з урахуванням вимог чинних нормативних документів ДБН Б.2.2-12, ДБНВ.2.2-24.

Реконструкцію існуючих аеродромів, які знаходяться на території населеного пункту, можна виконувати за умови, якщо під час їх введення в експлуатацію параметри зони обмеження забудови (бокове і торцеве віддалення) відповідають пункту 14.11.7 ДБН Б.2.2-12.

У разі необхідності достатність прийнятого бокового і торцевого віддалення від злітно-посадкової смуги повинна бути підтверджена акустичним розрахунком та розрахунком щодо забруднення прилеглої території викидами відпрацьованих газів.

За умови перевищення встановлених для даної території санітарно-гігієнічних норм забруднення на прилеглих територіях до аеропорту необхідно передбачити відповідні санітарно-захисні, природоохоронні, інженерні та технічні заходи, які дозволять знизити негативних вплив відповідних шкідливих чинників.

Мінімальна відстань між горизонтальною проекцією траси польотів за маршрутом заходу на посадку і межею сельбищної території для аеропортів із довжиною злітно-посадкової смуги 1800 м і більше повинна становити не менше 3000 м, для всіх інших – не менше 2000 м.

Розміщення садибної забудови, будівель та споруд сільськогосподарських підприємств у межах приаеродромної території допускається за умови додержання вимог чинних норм ДБН Б.2.2-12:2019.

Під час розміщення аеродромів поруч біля території природних комплексів та об'єктів природних заповідників необхідно заборонити проліт літаків та вертольотів нижче 2000 метрів над землею, подолання літаками звукового бар'єру над територією заповідника та інші види штучного шумового впливу, спричиненого авіаційним транспортом, що перевищують установлені нормативи.

Під час вибору ділянки для будівництва аеродрому необхідно враховувати ступінь його впливу на навколишнє повітряне, водне середовище та ґрунти, як у період його будівництва так і під час експлуатації, надаючи перевагу рішенням, які здійснюють мінімальний вплив на навколишнє середовище.

1.14.2. Заходи з охорони навколишнього середовища

Основними видами шкідливого впливу на навколишнє середовище (людей, тварин, рослинний світ, атмосферне повітря, водоймища, ландшафт, ґрунти) від розміщення аеродрому є:

- акустичний (вплив шуму двигунів повітряних суден та наземної техніки);
- забруднення атмосферного повітря, водоймищ, підземних вод, ґрунтів у процесі будівництва та експлуатації аеродромів;
- електромагнітні поля, які утворюються стаціонарними та рухомими радіотехнічними засобами;
- порушення гідрологічного режиму поверхневих і підземних вод, ґрунтового покриву.

Максимальний допустимий рівень шуму під час експлуатації повітряного судна, емісії авіаційних двигунів та електромагнітного випромінювання об'єктів авіаційної діяльності не повинен перевищувати гранично допустимого рівня, встановленого авіаційними правилами України.

Природоохоронні заходи, які передбачаються під час будівництва та експлуатації аеродромів повинні задовольняти вимоги діючих законів і кодексів України, діючих постанов, положень, правил,

нормативів, інструкцій, методичних вказівок, а також урахувати рекомендації Міжнародної організації цивільної авіації з питань охорони навколишнього середовища.

Під час розроблення проектів на будівництво та реконструкцію аеродромів та інших об'єктів аеропортів техніко-економічні та транспортно-технологічні характеристики об'єкта проектування повинні вирішуватися в комплексі з питаннями захисту навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів.

До складу проектної документації з будівництва чи реконструкції аеродрому має входити окремий розділ «Оцінка впливу на навколишнє середовище», який розробляється згідно з вимогами ДБН А.2.2-1, ДБН А.2.2-3, ДБН Б.2.2-12, з урахуванням положень нормативно-правових актів у галузі охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.

Матеріали ОВНС необхідно розробляти на основі екологічних, геозооботанічних, інженерно-геологічних, санітарно-гігієнічних та інших необхідних натурних та лабораторних досліджень із використанням сучасних методик і технічних засобів.

Під час проектування аеродрому оцінці впливу на навколишнє середовище підлягають усі джерела негативного впливу аеропорту на навколишнє середовище, включаючи технологічні процеси будівництва й утримання аеродрому.

Під час розробки матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище необхідно порівняти кількісні показники забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами, твердими відходами, авіаційним шумом, іншими шкідливими факторами дії авіаційного транспорту на навколишнє середовище з гранично-допустимими концентраціями забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, водоймищах, ґрунтах та іншими санітарно-гігієнічними нормами, що встановлені для даної території.

Під час проведення реконструкції аеродромів необхідно порівнювати існуючий вплив об'єкта на навколишнє середовище з впливом на нього після проведення реконструкції.

Під час розроблення матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище необхідно враховувати громадські інтереси.

Аеродроми, що призначені для обслуговування повітряних суден, які використовуються для виконання авіаційних хімічних робіт у сільському та лісовому господарстві, повинні бути обладнані спорудами для хіміко-реагентної та механічної очистки, а також для знезараження стічної води, яка скидається в каналізацію аеродрому (аеропорту).

Під час будівництва аеродромів або його окремих елементів повинен бути знятий родючий шар ґрунту з метою його використання для відновлення порушених земель та для озеленення території аеропорту й аеродрому, якщо він не забруднений небезпечними речовинами.

1.14.3. Захист від впливу надвисоких радіочастот

Під час розробки проектної документації з будівництва або проведення робіт з реконструкції аеродрому потрібно виконати всі заходи щодо захисту території аеродрому (аеропорту) й території громадської та житлової забудови від електромагнітних випромінювань згідно з діючими Державними санітарними правилами ДСП173-96.

Під час розміщення на території аеродрому радіолокаційних або радіотехнічних систем необхідно передбачити заходи із захисту обслуговуючого персоналу, пасажирів та місцевого населення від впливу електромагнітних випромінювань, необхідно навколо передавальних радіотехнічних об'єктів влаштовувати санітарно-захисні зони та зони обмеження забудови.

Розміри санітарно-захисних зон і зон обмеження забудови радіотехнічних об'єктів визначаються на стадії проектування розрахунковими методами, затвердженими або погодженими МОЗ України, для кожного конкретного об'єкта в залежності від його складу і призначення, потужності, робочої частоти, типу і висоти установки антен над рівнем землі, рельєфу місцевості, поверховості і планувального рішення існуючої забудови. Результати розрахунку після введення в експлуатацію передавального радіооб'єкта перевіряються інструментальними вимірами.

Санітарно-захисні зони і зони обмеженої забудови повинні забезпечувати в аеропортах і на приаеропортовій території, а тим більше на житловій території, рівні електромагнітного поля, що не перевищують гранично допустимі рівні відповідно до діючих санітарних норм.

Не допускається розміщення на території аеродромів та в аеропортах радіотехнічних засобів без спеціальних засобів захисту від дії електромагнітної енергії.

Антиени радіолокаційних станцій та інших радіотехнічних засобів на аеродромах (аеропортах) слід встановлювати на природних домінуючих підвищеннях, насипах, естакадах для зниження ступеня опромінювання території, максимально обмежуючи використання від'ємних кутів нахилу антен, домагаючись при цьому, щоб діаграма випромінювання антен знаходилась вище місць розміщення громадської та житлової забудови.

1.14.4. Захист від забруднення поверхневими стічними водами

Під час проектування системи водовідведення аеродрому не дозволяється влаштовувати випуск неочищеної поверхневої води зі злітно-посадкової смуги та її елементів у водостоки, відкриті водоймища та на відкритий ґрунт за межами аеропорту, використовуючи рельєф місцевості.

Якісний склад очищеної поверхневої води, яка скидається у відкриті водойми з очисних споруд аеропорту, повинен відповідати затвердженим показникам нормативів якості води.

Під час проектування елементів очисних споруд аеропорту та системи водовідведення аеродрому необхідно враховувати вимоги розділу «Охорона навколишнього середовища» чинних норм ДБН В.2.5-75.

1.15. Інтеграція аеропорту до інфраструктури міського електричного, автомобільного та залізничного транспорту

З метою комплексного підходу до розв'язання проблем розвитку авіації та транспортної інфраструктури держави в цілому під час проведення робіт з будівництва, реконструкції та модернізації інфраструктури аеропортів необхідно передбачити її інтеграцію до інфраструктури міського електричного, автомобільного та залізничного транспорту з метою створення цілісних транспортних вузлів з поєднанням усіх видів транспорту.

1.16. Запобігання ураженню електричним струмом в аеропортах шляхом екранування, поглинання та зменшення струму витoku

Прилад ECSPD для запобігання ураженню електричним струмом в аеропортах використовує технологію для визначення очевидного некоректного стану електроживлення (напруги, струму) та регулювання частотної компенсації. Необхідність використання даного приладу пов'язана зі збільшенням кількості випадків ураження електричним струмом: погіршення стану існуючого електрообладнання, широке використання електричних приладів, зростання кількості випадків ураження електричним струмом через стовпи вуличного ліхтарів освітлення, нещасні випадки через необережне використання електрообладнання, посилення ураження електричним струмом внаслідок індустріалізації.

ECSPD компенсує частоту електричного струму за допомогою приладу для визначення очевидного некоректного стану електроживлення та регулювання частотної компенсації, який використовує смугу довжин хвиль на основі явища еквіпотенціалу між фазами. Це перетворює частоту у форму синусоїди та постійну амплітуду без зовнішнього впливу. Завдяки цьому

процесу лінії електропередач розташовуються електронно, щоб не було різниці потенціалів, тобто це принцип запобігання протікання струму витоку через «нульовий потенціал». В результаті цей принцип допомагає запобігти випадкам ураження електричним струмом шляхом екранування, поглинання та зменшення струму витоку.

РОЗДІЛ 2. БУДІВНИЦТВО АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

2.1. Підготовчі роботи

Склад, обсяг і точність геодезичної розмічувальної основи і геодезичних робіт при будівництві аеродромів повинні відповідати вимогам ДБН В.1.3-2:2010.

Підготовчі роботи виконуються до початку будівництва та планувальних робіт на аеродромі (проекту вертикального планування).

При підготовці до розробки ґрунтових кар'єрів, резервів і місць відсіпання надлишків ґрунту (кавал'єрів) слід виконувати роботи по закріпленню на місцевості меж відведеної земельної ділянки, розчищенню території і влаштуванню землевозних доріг.

Підготовчі роботи повинні включати:

- винесення земельної ділянки об'єкта будівництва в натуру – геодезичні розбивочні роботи;
- встановлення огорожі будівельного майданчика;
- підведення тимчасових інженерних мереж;
- складування будівельних матеріалів, виробів, деталей, тощо;
- розчищення площі землевідведення та видалення відходів розчищення за межі земельної ділянки у спеціально відведені місця;
- вирубка дерев та чагарнику;
- зняття та зберігання родючого шару ґрунту;
- розбирання існуючих штучних покриттів аеродрому (при реконструкції існуючих аеродромів);
- розбирання існуючих дорожніх покриттів;
- проведення робіт із зносу або переносу існуючих будівель та споруд;
- перенос існуючих комунікацій і влаштування поверхневого водовідведення;
- просушку перезволожених ґрунтів, що підлягають розробці (при вологості вище допустимої);
- влаштування тимчасових доріг, ремонт та підсилення існуючих доріг в зоні будівництва;
- будівництво пересувних баз, виробничих підприємств;

- визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів резервів, кар'єрів і порівняння їх з тими, що передбачені проектом.

До зняття і переміщення родючий шар ґрунту звільняється від чужорідних включень (коріння дерев, каміння та ін.).

Рослинний ґрунт знімається безпосередньо перед початком виконання аеродромно-планувальних робіт. На ґрунтовій частині аеродрому по лінії нульових відміток планувальні роботи виконуються без перемішування рослинного ґрунту з мінеральним.

Зняття, обвалування і транспортування рослинного ґрунту необхідно проводити при вологості, близькій до оптимальної. Рослинний ґрунт знімається у незамерзлому стані. За погані прохідності машин дозволяється знімати ґрунт у весняний період, пошарово, після відтавання на повну глибину.

При реконструкції існуючих аеродромів рослинний ґрунт, необхідний для подальшого використання при створенні дернового покриття, складається у валах на території аеродрому. Місця обвалування визначаються проектом виконання робіт, поза межами льотної смуги та смуг безпеки руліжних доріжок, таким чином, щоб висота валу не перевищувала відміток умовних поверхонь обмеження перешкод на робочій площі аеродрому.

У місцях складування рослинного ґрунту проектом виконання робіт передбачаються заходи попередження вітрової (якщо термін зберігання ґрунту перевищує один рік) і водної ерозії шляхом укріплення укосів, організації стоку та влаштування елементів поверхневого водовідведення.

Рослинний ґрунт із корита аеродромних покриттів у повному обсязі вивозиться у визначені проектом кавальєри (резерви) для подальшого використання для благоустрою території аеродрому та/або прилеглої території. Використання рослинного ґрунту для відсіпання насипу, засипання траншей і котлованів не допускається.

2.2. Земляні роботи

Спорудження насипу із відходів промислового виробництва, які під дією природно-кліматичних факторів мало змінюють свої властивості, дозволяється без обмеження (з врахуванням вимог чинного законодавства щодо поводження з відходами). Особливі ґрунти можна використовувати тільки за результатами випробувань та пробного ущільнення. За обґрунтованої необхідності, передбачаються конструктивні заходи для стабілізації цих ґрунтів.

Не допускається використовувати для будівництва засолені, перезволожені глинисті ґрунти, мул, сапропель, глинисті ґрунти з домішками мулу та органічних речовин, ґрунт рослинного шару, тальковий, пірофіліт, трепел, ґрунт з домішками гіпсу.

Крутизну укосів насипу необхідно призначати з врахуванням безпечного з'їзду транспортних засобів та будівельної техніки при можливих аварійних ситуаціях, не крутіше 1:3.

Влаштування насипів висотою понад 3 м з пилюватих і важких глинистих ґрунтів дозволяється при умові:

- стабілізації та/або укріпленню насипу та його основи геотекстильними матеріалами, геогратками, структурування ґрунтів щебенем, відсівом, гравієм та іншими матеріалами згідно з розрахунками та проектною документацією;
- закінчення влаштування насипу за рік до початку будівництва асфальтобетонних або цементобетонних (в тому числі збірних) покриттів та основ з застосуванням матеріалів, укріплених в'язким бітумом або цементом.

На ділянках заділу земляних робіт мають бути повністю влаштовані дренажні і водовідвідні мережі та споруди, а у разі недоцільності їх влаштування до укладання аеродромних покриттів, необхідно забезпечити тимчасове водовідведення шляхом вертикального планування, влаштування тимчасових водовідвідних канав, водовідливів, тощо.

До початку робіт по влаштуванню виїмок має бути здійснене відведення поверхневих і ґрунтових вод. Для водовідведення слід влаштувати нагірні канали, обвалування, водовідвідні канали.

Перед початком будівництва аеродромних покриттів, за потреби, необхідно досипати, спланувати і ущільнити насип та ущільнити поверхню розробленої виїмки дна корита.

Планувальні роботи слід виконувати в два етапи: попередній і остаточний.

Остаточне планування необхідно виконувати після завершення:

- основних робіт на суміжних ділянках і прокладання комунікацій;
- процесу ущільнення ґрунту;
- безпосередньо перед влаштуванням покриттів або перед посівом трав для дернових покриттів.

Ущільнення ґрунтової основи аеродромних покриттів слід виконувати на необхідну глибину безпосередньо перед влаштуванням насипів та у виїмках.

Розробку виїмок необхідно починати із понижених місць існуючого рельєфу з забезпеченням постійного водовідведення із робочої зони.

Шари насипів необхідно відсипати із ґрунтів, однорідних за видом та консистенцією. При зміні виду ґрунту, шари різних ґрунтів необхідно укладати в насип способом вклинювання на ділянці довжиною не менше 1 м.

Використання в одному шарі для ущільнення ґрунтів різних видів та неоднорідних сумішей різних видів ґрунтів не допускається.

Відсипання ґрунтів насипу повинно виконуватись пошарово з розрівнюванням та ущільненням кожного шару. Товщина технологічних шарів визначається за даними пробного ущільнення в залежності від виду ґрунтів та типу ущільнюючих машин.

Шари ґрунтової основи аеродромного одягу слід ущільнювати поздовжніми проходами котків в напрямку, паралельному до осі елементу аеродрому, починаючи від їх країв до середини із забезпеченням постійного водовідведення із робочої зони. При цьому сліди від попередніх проходів котка повинні перекриватись не менше ніж на 0,30 м.

Число проходів котка і товщину шару, що ущільнюється, слід встановлювати за результатами пробного ущільнення. Результати

пробного ущільнення необхідно заносити в загальний журнал виконання робіт.

Ущільнення ґрунтів необхідно виконувати при вологості, близькій до оптимальної. При вологості менше оптимальної, слід збільшувати роботу по ущільненню або зволожувати ґрунт. При вологості більше оптимальної, необхідно просушувати ґрунт або вводити інертні (пісок, сухий мало зв'язний ґрунт, шлаки, золи виносу та ін.) чи активні (цемент, вапно та ін.) добавки.

Інертні добавки укладаються пошарово, перекриваючи шар перезволоженого ґрунту у розрахунку на водопоглинання або дренажування.

Активні добавки розподіляють шарами або заповнюють ними спеціально підготовлені поглиблення (борозни, лунки та ін.) з наступним перемішуванням.

При роботі з пилюватими ґрунтами необхідно попереджати запилення зони будівельних робіт під час руху будівельної техніки шляхом зволоження ґрунтів.

Роботи по риттю і засипанню траншей для інженерних комунікацій слід завершувати до остаточного планування ґрунтової поверхні аеродрому і основ аеродромного одягу.

Зворотну засипку траншей в місцях влаштування аеродромного одягу слід виконувати піскоцементом або ґрунтоцементом. Засипка траншей здійснюється пошарово з ущільненням.

Забороняється ущільнення ґрунтів трамбувальними плитами на відстані менше ніж 3 м від існуючих та побудованих покриттів, споруд і при висоті засипки над трубопроводами менше ніж 2 м.

Влаштувати аеродромні покриття необхідно після повної консолідації та осідання насипу. Завершенням інтенсивного періоду осідання вважається стан, коли досягнуто 90% консолідації основи (інтенсивність осідання не більше 2 см за рік).

Для контролю та прогнозування стійкості насипу, кінцевої величини і тривалості осадки слабкої основи із лесових ґрунтів при зведенні на ній насипу, необхідно встановити осадочні марки в 3–4-х поперечниках рівномірно по довжині ділянки будівництва, в кількості не менше 12 шт. Контроль осадки зведеного насипу

здійснюється до його стабілізації. При цьому осадка має становити не більше 5 мм за місяць.

Коефіцієнт постелі укріпленої ґрунтової основи аеродромних покриттів потрібно перевіряти безпосередньо перед влаштуванням конструктивних шарів. Фактичні значення коефіцієнтів постелі мають бути не менше проектних із забезпеченістю 95 %.

Ґрунтова поверхня спланованої частини льотної смуги в місцях сполучення повинна бути на одному рівні з поверхнею штучних покриттів смуг безпеки і укріплених вимощень ЗПС, РД, перонів та ін. Забруднення побудованих аеродромних покриттів ґрунтом не допускається.

У зимовий період дозволено виконувати такі види земляних робіт:

- розробка виїмок та кар'єрів в сухих та маловологих пісках, гравійних, галькових та скельних ґрунтах;
- спорудження насипів із зв'язних ґрунтів з числом пластичності $I_p \leq 12$ при допустимій вологості та розробка виїмок глибиною понад 3 м;
- виторфовування;
- укріплення укосів насипів русл рік відсипкою із кам'яного матеріалу, бетонними плитами, тощо.

Верхню частину насипів (не менше ніж 1 м) із глинистих ґрунтів необхідно влаштовувати в теплий період року після відтавання нижніх шарів. При необхідності закінчення робіт в зимовий період, насипи споруджуються лише з дренаючих ґрунтів, що не містять мерзлих включень.

Влаштування насипів в зимовий період слід організовувати так, щоб всі технологічні операції: розробка, транспортування, розрівнювання ґрунту та його ущільнення були виконані до замерзання ґрунту. Зменшення щільності ґрунту в шарах, влаштованих в зимовий період, не дозволяється.

При влаштуванні аеродромного покриття до повного відтавання насипу наявність мерзлих ґрунтів допускається на глибині не менше 1,2 м від верху ґрунтової основи (дна корита аеродромних покриттів).

Насипи на слабких ґрунтових основах допускається влаштовувати:

- з використанням жорстких геограток з засипкою їх щебенем; стійкість та надійність такої конструкції необхідно підтверджувати розрахунком;
- після закінчення консолідації, але не раніш ніж через рік після закінчення відсипання насипу.

Ущільнення ґрунтів, що легко вивітрюються або неводостійких великоуламкових слід здійснювати в два етапи:

- на першому етапі – ґратчастими або кулачковими котками;
- на другому етапі – ущільнений шар розпушується, профілюється та повторно ущільнюється пневмо- або вібрототками.

Ущільнення міцних і водостійких великоуламкових ґрунтів слід здійснювати вібраційними або комбінованими котками.

Земляні роботи на засолених ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод необхідно виконувати у період, коли вологість ґрунту близька до оптимальної. Верхній розпушений шар, перенасичений солями, ґрунт і сольові кірки завтовшки понад 3 см слід видаляти з поверхні резервів і основи насипу.

При виконанні підготовчих і земляних робіт необхідно здійснювати вхідний та операційний контроль, щоб забезпечити дотримання нормативних вимог.

2.3. Створення дернового покриття

При створенні дернового покриття на аеродромі слід виконувати: передпосівну обробку ґрунту, підготовку травосумішей, засів ґрунтових ділянок, догляд за посівами трав.

Передпосівна обробка ґрунту (оранка, дискування, боронування) має бути проведена після завершення основних земляних робіт і планування поверхні аеродрому.

На ділянках, де проводилося відновлення родючого шару, а також на підзолистих ґрунтах, глибина оранки не повинна перевищувати потужності родючого шару.

Заміна оранки фрезеруванням допускається лише на не ущільнених і не кам'янистих ґрунтах.

Дискування необхідно здійснювати за 2–3 проходи: перший прохід – в напрямку оранки, подальші – уперек. Після дискування необхідно провести вирівнювання поверхні, боронування і прикочування котками.

На кислих ґрунтах має бути проведено вапнування меленими вапняками, доломітом, крейдою, мергелем, туфом, вапном.

У якості органічних добрив необхідно застосовувати торф (низовинний, такий, що добре розклався, із вологістю в сухому стані не нижче ніж 50% його маси), гній і компост.

Мінеральні добрива і вапняні матеріали слід вносити в ґрунт у вигляді сумішей або окремо. При внесенні декількох видів мінеральних добрив їх необхідно ретельно перемішувати і вносити за один прийом. Приготування сумішей слід проводити напередодні або в день внесення їх в ґрунт. Тривале зберігання сумішей та мінеральних добрив не допускається.

Вапняні матеріали, органічні і мінеральні добрива належить вносити в ґрунт в процесі його передпосівної обробки. При цьому половину добрив слід вносити в ґрунт безпосередньо перед посівом трав і закладати дисковими або зубовими боронами, одночасно проводячи передпосівне розпушення ґрунту.

Для створення дернового покриву на ґрунтових ділянках аеродрому слід використовувати насіння трав, посівні якості яких не нижчі за 2 клас. Неперевірене насіння висівати не допускається.

Передбачені проектом травосуміші слід готувати за день до посіву. Насіння має бути сухим. Крупне (стоколос безостий, костриця лучна, пирій безкореневий тощо) і дрібне насіння (конюшина, тимофіївка, люцерна, тонконіг, польовиця біла) необхідно висівати окремо.

Баластний матеріал має бути сухим і заздалегідь просіяний через сито з отворами розміром 5 мм. Норму добавки баласту слід встановлювати дослідним шляхом в залежності від виду насіння. Встановлене співвідношення між насінням і баластом повинно залишатися незмінним впродовж всього висіву даної травосуміші. Змішувати

насіння з баластом слід невеликими порціями по 20–30 кг, досягаючи рівномірного складу суміші.

Перед складанням травосумішей має бути проведено коригування проектних норм висіву насіння виходячи з характеристик посівних якостей насіння – компоненту.

Кількість насіння, що завозиться на об'єкт, має бути на 20–25 % більше встановлених проектом норм висіву, розрахованих на 100 % – у їх придатність за посівними якостями.

Результати перевірки якості насіння і складених травосумішей по кожній перевірній партії слід оформляти актами із зазначенням в них дати перевірки, кількості перевіреного насіння і результатів оцінки їх якості.

Висівати насіння слід не пізніше наступного дня після передпосівного розпушення ґрунту та внесенням добрив.

Термін посіву необхідно встановлювати з урахуванням кліматичних умов району будівництва, відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, керуючись даними, наведеними в табл. 2.1. Бобові трави у всіх зонах слід висівати лише навесні.

Внесення насіння слід проводити використовуючи зерно трав'яни сівалки окремими захватками. Посів сівалкою по колу не допускається. Насіння слід висівати за два проходи сівалки. Якщо насіння в травосумішах має однаковий розмір, то за першим проходом сівалки необхідно вносити половину норми, а решта – при перпендикулярних проходах. За наявності в травосуміші крупного і дрібного насіння при першому проході належить висівати крупне насіння, а при другому – дрібне.

Таблиця 2.1 – Термін посіву з урахуванням кліматичних умов району будівництва

Географічний район	Строки посіву
Правобережжя України	Рання весна, осінь (не пізніше за терміни посіву озимих хлібів) і літо в дощовий період
Лівобережжя України	Осінь (не пізніше за посів озимих хлібів); рання весна (перші 4–5 днів після посіву ранніх ярових хлібів)

Після закладання насіння ґрунтову поверхню слід закоткувати легкими котками вагою до 100 кг і, за необхідності, полити водою з розрахунку від 1,5 м³ до 2 м³ на 1000 м² площі.

Якщо після посіву і поливу на поверхні ґрунту утворюється суцільна кірка, то її необхідно розпушити боронами.

Підгодівлю посівів мінеральними добривами належить здійснювати впродовж першого року формування травостою. При цьому азотні мінеральні добрива слід вносити в процесі поливу в літні місяці після першої стрижки травостою. Для цього один раз в місяць необхідно закладати в баки дощувальних машин аміачну селітру (нітрат амонію) або сечовину з розрахунку 10 г на 10 л води.

Фосфорні і калійні добрива слід вносити в дозах, передбачених проектом агротехнічних робіт в залежності від ґрунтових та кліматичних умов району виконання робіт.

В процесі росту трав необхідно проводити догляд за посівами: зрошування, додатковий висів насіння, скошування і підгодівлю травостою.

Підсівання трав слід проводити після появи масових сходів, коли стають помітними ділянки, де немає сходів.

При розрідженості посівів за площею до 30% території льотного поля, підсівання насіння здійснюють тільки на розріджених місцях. При розрідженості травостою понад 30% загальної площі, трави слід засівати заново.

При виконанні робіт із створення дернового покриття необхідно забезпечити контроль виконання нормативних вимог, наведених в табл. 2.2 (див. с. 205).

Таблиця 2.2 – Контроль виконання нормативних вимог при виконанні робіт із створення дернового покриття

№	Нормативні вимоги	Величина нормативних вимог	Контроль	
			обсяг	метод
1	Глибина оранки, см	18–20	Один раз за зміну	Вимірювання лінійкою
2	Глибина обробки ділянок з раніше розпушеними або ґрунтами з покращеними властивостями, см	10–15		
3	Передпосівне, см	3–4		
4	Глибина закладання насіння, см:			
	– на легких ґрунтах:			
	крупного	3–4		
	дрібного	1,5		
	– на важких ґрунтах:			
	крупного	2–3		
	дрібного	0,5–1		

2.4. Влаштування системи водовідведення і дренажу

Колектори водовідвідної системи аеродрому можуть виконуватись із бетонних, залізобетонних та полімерних труб.

З'єднання полімерних труб допускається робити муфтовим, розтрубним чи зварним.

При використанні полімерних труб для влаштування колекторів водовідвідної системи аеродрому, дрен чи осушників, значення показників повинні становити:

- короткочасний модуль пружності $E_0 \geq 1150$ МПа;
- довготривалий модуль пружності $E_r \geq 300$ МПа;
- коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,4$;
- короткочасна розрахункова міцність на розтяг $\sigma_0 \geq 25$, МПа.

Для улаштування полімерних перепусків та колекторів мають прийматись труби з кільцевою жорсткістю не нижчою, ніж Sn12.

Водопроникність бетону залізобетонних труб повинна бути не нижчою ніж W8, морозостійкість – не меншою, ніж F200, а міцність бетону труб на стиск не менше C30/35.

Конструкція стикового з'єднання має забезпечувати його міцність та нероз'ємність в процесі експлуатації.

Основа під трубами, незалежно від їх конструкції, повинна забезпечувати спирання труб по всій довжині труб з охопленням нижньої поверхні труби не менше 90° по довжині кола.

Для влаштування полімерних труб повинна застосовуватись піщана або піщано-цементна основа з охопленням нижньої поверхні труби не менше 90° по довжині кола.

Для влаштування бетонних чи залізобетонних труб повинна застосовуватись залізобетонна основа.

Діаметр дренажних труб підбирається у відповідності з гідравлічним розрахунком, але повинен становити не менше, ніж 100 мм.

Параметри міцності дренажних труб повинні призначатись відповідно до розрахунку на міцність. Щілини дренажної труби влаштовуються у вигляді пропилів на 1/3 діаметра дренажної труби на 30 см одна від одної у вигляді отворів на цій площині.

В закрючених дренах фільтруюча обсіпка влаштовується на всю висоту від труби до верху дренажного шару основи, в глибинних дренах – на висоту, яка забезпечує влаштування фільтруючої обсіпки.

При розташуванні дренажу в пісках гравелистих, крупних і середньої крупності повинні проектуватись одношарові обсіпки із гравію чи щебеню, а в дрібних і пилюватих пісках, супісках і при шаруватій будові водоносного пласту – багатшарові обсіпки. Для внутрішнього шару фільтруючих обсіпок застосовується гравій, а при його відсутності – щебінь магматичних чи метаморфічних гірських порід чи особливо міцні різновиди осадових гірських порід. Для зовнішнього шару дренажних обсіпок повинні застосовуватись крупнозерністі піски, які мають коефіцієнт фільтрації не менше ніж 10 м/добу.

При проектуванні дренажних систем потрібно передбачати заходи, які запобігають замулюванню дренажних труб.

Ширина основи траншей під дренажні труби, труби перепусків та колекторів водовідвідної системи аеродрому повинна прийматись, виходячи із ґрунтово-геологічних умов розташування аеродрому, типу труб і конструкції їх з'єднань.

Зворотна засипка траншей елементів водовідвідної системи може виконуватись місцевим мінеральним ґрунтом, який не містить шкідливих домішок та не є пучинистим, просадочним чи засоленим.

Зворотна засипка траншей водовідвідної мережі, яка проходить під конструкцією штучних покриттів, повинна виконуватись піском, піщаним ґрунтом чи піскоцементом.

Ґрунт зворотної засипки не повинен містити твердих включень у вигляді комків, щебеню, гравію та уламків будівельних конструкцій крупністю більше ніж 200 мм.

Дощеприймальні та тальвежні колодязі повинні виготовлятися із залізобетону в монолітному, збірному чи збірно-монолітному варіанті.

Водопроникність бетону дощеприймальних та тальвежних колодязів повинна бути не нижчою ніж W4, морозостійкість не менше F100, міцність бетону на стиск не менше C25/30.

Оглядові колодязі можуть виконуватись зі збірного чи монолітного залізобетону. При цьому водопроникність бетону повинна бути не нижчою W4, морозостійкість не менше F100, міцність бетону на стиск не менше C25/30.

Оглядові колодязі можуть також бути полімерними. Приєднання труб колектора до полімерних колодязів виконується за допомогою екструзійного зварювання.

До полімерних матеріалів, з яких виготовляються оглядові колодязі, висуваються такі вимоги: щільність не менше 950 кг/м³; модуль пружності не менше 800 МПа; температура крихкості не вище -70 °С.

Глибина закладання полімерних колодязів повинна становити не більше, ніж 6 м, а температура рідини, яка транспортується, повинна становити не більше 60 °С.

Для влаштування перепусків із тальвежних колодязів необхідно приймати полімерні труби. Діаметр труб перепусків із тальвежних колодязів встановлюється гідравлічним розрахунком, але повинен бути на меншим, ніж 300 мм.

Перепуски із піскоуловлювачів закритих дощеприймальних лотків та дощеприймальних колодязів необхідно влаштовувати

у вигляді полімерних труб. Діаметри труб перепусків із піскоуловлювачів встановлюються гідравлічним розрахунком, але повинні бути не меншими, ніж 200 мм.

Для улаштування перепусків із закромочного дренажа штучних покриттів необхідно застосовувати полімерні труби з діаметром, не меншим ніж 100 мм. Параметри міцності труб перепусків підбираються відповідно до розрахунку труб на міцність. Поздовжній ухил труб перепусків із закромочного дренажу та осушувальної мережі повинен знаходитись в межах від 0,005 до 0,02.

2.5. Влаштування основ

Кам'яні матеріали (щебінь, гравій, відсів, пісок) слід, як правило, розвантажувати на прирейкових складах, автомобільним транспортом на окремо відведених майданчиках для тимчасового зберігання та приготування сумішей.

На прирейкових складах і майданчиках необхідно влаштовувати вдосконалене покриття з водовідводом.

Влаштування шарів аеродромного одягу слід проводити тільки на готовій і прийнятій в установленому порядку, належним чином ущільненій і недеформованій ґрунтовій основі.

Шари аеродромного одягу з використанням мінеральних в'язучих матеріалів слід влаштовувати на сухій і чистій ґрунтовій основі, а при використанні органічних в'язучих – до того ж, на не промерзлого шарі.

До початку влаштування кожного шару аеродромного одягу слід здійснювати розбивочні роботи з відновлення положення осі і крайок покриття.

Влаштування шарів аеродромного одягу в зимовий час дозволяється тільки на ґрунтовій основі, підготовленій і прийнятій в установленому порядку до настання мінусових температур.

Перед початком робіт з влаштування шарів аеродромного одягу в зимовий час ґрунтову основу або нижній шар основи необхідно очистити від снігу і сніго-льодових утворень на ділянці змінної

захватки. У снігопад і завірюху забороняється виконувати роботи з влаштування покриття.

Коефіцієнт запасу кам'яного матеріалу на ущільнення слід уточнювати за результатами пробного ущільнення на початку виконання робіт.

Дозволяється вивозити щебінь, гравій і пісок і укладати їх в штабель на проміжному складі для подальшого використання при влаштуванні основи.

2.5.1. Влаштування основ із піщано-гравійних (щебневих) сумішей

Відсипаний і спрофільований матеріал слід ущільнювати при вологості, що складає 0,75–1,25 від оптимальної, котками на пневматичних шинах масою не менше ніж 16 т, або вібраційними – масою не менше ніж 6 т, або гладковальцевими – масою не менше ніж 10 т, або комбінованими – масою не менше ніж 16 т.

На підготовленій основі не повинно залишатися сліду від проходу важкого котка.

Остаточну обробку ущільнених нижніх шарів основ слід проводити профілювальником перед влаштуванням верхніх.

Основу, влаштовану з високоактивних і активних шлаків, слід щодня поливати водою з розрахунку 2–2,5 л/м² до влаштування верхнього шару, але не більше ніж 10 днів.

2.5.2. Влаштування щебневих основ методом розклинювання

Крупність щебеню залежить від розташування шару в аеродромному одязі:

- для нижніх шарів слід використовувати щебінь фракції від 70 мм до 120 мм;
- для верхніх шарів – щебінь фракції від 40 мм до 70 мм.

Розклинювання щебеню фракції від 70 мм до 120 мм слід проводити послідовно щебенем фракцій від 20 мм до 40 мм, від 10 мм до 20 мм, від 5 мм до 10 мм з витратою 10 м³ на 1000 м² кожної фракції. Допускається застосовувати одноразове

розклинювання сумішшю фракції від 5 мм до 40 мм з вищезгаданою сумарною витратою.

Розклинювання щебеню фракції від 40 мм до 70 мм слід проводити послідовно щебенем фракцій від 10 мм до 20 мм і від 5 мм до 10 мм з витратою 15 м^3 і 10 м^3 на 1000 м^2 кожної фракції. Допускається застосовувати одноразове розклинювання сумішшю фракцій від 5 мм до 20 мм, від 0 мм до 20 мм, від 0 мм до 10 мм з вищезгаданою сумарною витратою на 1000 м^2 .

При застосуванні щебеню осадкових порід марки за міцністю менше 600 влаштовувати основи можна без розклинювання.

Влаштування щебених основ слід проводити в два етапи:

1-й – розподіл основної фракції щебеню і його ущільнення з підсіпкою, при необхідності, в тих місцях, що просіли (обтискання і взаємозаклинювання). Щебінь перед ущільненням слід поливати водою;

2-й – послідовний розподіл по фракціях розклинюючого щебеню з ущільненням кожної фракції. Перед ущільненням поверхню основи поливають водою.

Основу ущільнюють котками на пневматичних шинах масою не менше ніж 16 т з тиском повітря в шинах від 0,6 МПа до 0,8 МПа, вібраційними – масою не менше ніж 6 т, гратчастими – масою не менше 15 т, гладковальцевими – масою не менше ніж 10 т і комбінованими – масою понад 16 т.

Основи з щебеню за маркою по міцності менше 600 допускається ущільнювати котками на пневматичних шинах масою понад 16 т або віброплитами.

На готовій основі не повинно залишатися сліду від проходу важкого котка.

2.5.3. Влаштування щебенивих (гравійних) основ, оброблених на певну глибину піщано-цементною сумішшю методом змішування

Розподілений і спланований щебінь слід зволожити для отримання в подальшому щебенево-піщано-цементної суміші вологістю, близькою до оптимальної (0,75–1,25), і закаткувати двома-трьома проходами котка на пневмошинах по одному сліду.

Приготування піщано-цементної суміші необхідної вологості слід здійснювати в змішувальних установках примусового перемішування.

Доставлену на місце укладання піщано-цементну суміш, шлаки, золи виносу слід розподілити по поверхні укладеного щебеню профілювальником або іншим розподільником.

Перемішують піщано-цементну суміш, шлаки і зол виносу із щебеном фрезою профілювальника, багатостоечним розпушувачем або мотижником. Отриману суміш дозволяють до проектної вологості і при необхідності перемішують повторно. Після закінчення перемішування проводять планування основи за один прохід профілювальника.

Матеріал основи відразу після перемішування слід ущільнювати. Коефіцієнт ущільнення обробленої частини має бути не менше ніж 0,98 (відсутність сліду від проходу котка масою від 10 т до 13 т).

Після закінчення ущільнення основи слід провести чистову обробку профілювальником і остаточно ущільнити поверхневий шар важким котком з гладкими вальцями масою від 6 т до 13 т за 1–2 проходи по одному сліду.

Догляд за основою здійснюють розливом бітумної емульсії (0,6–0,8 л/м²) або розсипом піску (супіску легкого) шаром 4–6 см і підтримкою його у вологому стані впродовж 28 діб.

2.5.4. Влаштування щебених (зравійних) основ, оброблених на неповну глибину піщано-цементною сумішшю методом просочення (втиснення)

Піщано-цементна суміш повинна мати вологість на $30 \pm 10\%$ більше або менше оптимальної.

Піщано-цементна суміш вводиться в щебенивий шар під дією вібрації або втисненням.

Для забезпечення проїзду будівельного транспорту щєбінь слід розподіляти і укочувати котком з гладкими вальцями масою від 6 т до 8 т за 1–2 проходи по одному сліду.

Приготовану в установці піщано-цементну суміш необхідно розподілити по поверхні щебеню профілювальником або автогрейдером.

Просочення щебеневого шару на глибину:

- до 5 см здійснюється котком на пневмошинах за 2–3 проходи по одному сліду;
- до 7 см здійснюється профілювальником з вібробрусом;
- до 10 см здійснюється вібраційним котком за 1–2 проходи по одному сліду;
- до 17 см здійснюється кулачковим котком за 4 до 15 проходів по одному сліду.

Остаточне ущільнення основи після просочення щебеневого шару сумішшю слід здійснювати котками на пневмошинах.

На основі не повинно залишатися сліду від проходу важкого котка.

2.5.5. Особливості виконання робіт у зимовий час

Тривалість робіт з розподілу, профілювання і ущільнення кам'яного матеріалу вологістю понад 3% не повинна перевищувати:

- при температурі повітря від 0°C до мінус 5°C – 4 години;
- при нижчій температурі – 2 години.

При вологості матеріалу понад 3% його слід обробляти розчинами хлористих солей в кількості від 0,3% до 0,5% за масою.

Ущільнення матеріалу в зимовий час слід проводити без зволоження.

Рух транспортних засобів по основі допускається тільки після повного його ущільнення.

Основу із активних доменних шлаків в зимовий час слід влаштувати із щебеню фракцій розміром не більше 70 мм.

Під час відлиги, а також перед весняним відтаванням основу, яку влаштовували у зимовий час, слід очищати від снігу і льоду і забезпечувати відведення від неї води.

Досипання матеріалу і виправлення деформацій основи, влаштованої у зимовий час, слід проводити тільки після просихання ґрунту.

Нормативні вимоги, які слід виконувати при влаштуванні основ з піщано-гравійних (щебених) сумішей, щебеню з розклинюванням і щебеню, обробленого у верхній частині неорганічними в'язучими, і перевіряти при операційному контролі.

2.6. Влаштування основ із ґрунтів, укріплених органічними і неорганічними в'язучими

Суміші для штучних основ слід готувати, як правило, в установках примусового змішування або з використанням ресайклерів і пристроїв з контрольованим дозуванням в'язучого. Допускається використовувати також змішувачі гравітаційного змішування безперервної і циклічної дії при наявності в суміші не менше, ніж 10% щебеню або гравію.

Довжину змінної ділянки при влаштуванні основ з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами, слід приймати з умови завершення протягом однієї робочої зміни всіх технологічних операцій по приготуванню суміші ґрунту з в'язучим, її укладанню і ущільненню. Орієнтовно довжина ділянки складає від 200 м до 300 м при ширині 7,5 м.

2.6.1. Виконання робіт при застосуванні неорганічних в'язучих

Влаштування основ із ґрунтів, укріплених неорганічними в'язучими, необхідно здійснювати, як правило, при температурі повітря не нижче 5 °С.

При температурі повітря вище ніж 30 °С необхідно підтримувати стабільність в/ц відношення в суміші методом зволоження матеріалів або збільшеним поливом водою при догляді за укладеним шаром. Як альтернативу, можна вводити в суміш добавки органічних в'язучих (бітумних емульсій, рідкого бітуму, гудрону або сирої нафти) в кількості від 1 % до 3 % маси ґрунту або добавки поверхнево-активних речовин що мають відповідний протокол сертифікаційних випробувань.

Перед укріпленням глинистих ґрунтів (важких супісків, суглинків і глин) їх слід подрібнювати з попереднім зволоженням до 0,3–0,4 вологості межі текучості.

При подрібненні маловологих (менше ніж 0,3 вологості межі текучості) важких суглинків і глин в суху погоду при температурі повітря вище ніж 30 °С необхідно вводити добавки поверхнево-активних речовин у вигляді водних розчинів.

При змішуванні в установках великоуламкових, піщаних і супіщаних ґрунтів вологість суміші допускається не більше ніж на (2–3) % вище оптимальної при сухій погоді і температурі повітря вище 20 °С та на (1–2) % менше оптимальної при температурі повітря нижче 10 °С і за наявності опадів.

При укріпленні ґрунту цементом у поєднанні з добавкою органічного в'язучого спочатку в ґрунт слід ввести органічне в'язуче, перемішати його з ґрунтом, потім додавати послідовно цемент і воду.

При укріпленні ґрунту цементом або вапном у поєднанні з добавкою золи виносу, золошлакової суміші або іншими мінеральними добавками методом змішування на місці, необхідно спочатку вводити добавку і перемішувати її з ґрунтом до однорідного стану з одночасним зволоженням суміші, після чого шар слід спланувати. Обробку суміші цементом або вапном слід проводити через

24 години після внесення мінеральної добавки з одночасним зволоженням суміші до оптимальної вологості.

Укладання і ущільнення сумішей слід здійснювати при оптимальній вологості.

При використанні цементу ущільнення суміші до максимальної необхідно закінчити не пізніше ніж за 3 години, а за температури повітря нижче ніж 10°C – не пізніше ніж за 5 годин з моменту введення води або розчину солей в суміш. При укріпленні великоуламкових ґрунтів і пісків цементом у поєднанні з добавками поверхнево-активних речовин або органічних в'язучих ущільнення суміші допускається закінчувати не пізніше ніж за 8 годин після зволоження.

Остаточні строки між введенням води та закінченням ущільнення визначаються лабораторією.

При укріпленні ґрунтів вапном або золами виносу, що використовують як самостійне в'язуче, ущільнення слід проводити не пізніше ніж через одну добу після зволоження суміші.

Коефіцієнт ущільнення ґрунтів, укріплених неорганічними в'язучими, слід визначати як відношення щільності висушеного зразка укріпленого ґрунту, взятого з ущільненого шару, до щільності висушеної суміші ґрунту із в'язучим, ущільненої за ДСТУ Б В.2.1-12 (для великоуламкових ґрунтів) і на малому приладі стандартного ущільнення (для інших різновидів ґрунтів).

Для догляду за свіжоукладеним ґрунтом, укріпленим неорганічним в'язучим через 24 години після закінчення ущільнення його слід зволожувати водою від 3 до 4 разів на добу протягом 7-ми діб. Норма розливу становить від 4 л/м^2 до 5 л/м^2 . Дозволяється розподіляти по поверхні плівкоутворюючі матеріали, поліетиленові плівки або шар піску завтовшки 5 см з підтримкою його у вологому стані. При цьому емульсію чи гудрон необхідно освітлити додаванням освітлюючих речовин.

Рух будівельного транспорту по шару основи укріпленого матеріалу слід відкривати:

не раніше ніж через 7 діб після влаштування

- шару, що задовольняє вимогам І класу міцності, при товщині не менше ніж 15 см, або

- шару, що задовольняє вимогам II класу міцності, при товщині не менше ніж 20 см;

не раніше ніж через 14 діб після його влаштування:

- шару, що задовольняє вимогам III класу міцності.

Допускається влаштовувати наступні шари, що вище розташовані:

- наступного дня після влаштування укріпленого шару при укріпленні зв'язних ґрунтів;
- через дві доби після влаштування основи з укріплених незв'язних ґрунтів з використанням добавок поверхнево-активних речовин (ПАР), бітумних емульсій, гудронів.

2.6.2. Виконання робіт

при застосуванні органічних в'язучих

При укріпленні ґрунтів як органічне в'язуче можуть використовуватись бітуми нафтові в'язкі марки БНД 130/200, бітумні емульсії (середньо- та повільнорозпадні), спінені бітуми марок БНД 60/90, БНД 90/130.

Влаштування основ з ґрунтів, укріплених бітумом, виконується в суху погоду за температури повітря не нижче ніж 10 °С. Влаштування ґрунтів з бітумною емульсією допускається за температури повітря не нижче ніж 5 °С. Вологість великоуламкових і піщаних ґрунтів перед введенням органічного в'язучого має бути в межах від 2% до 5%, глинистих ґрунтів – від 0,2 до 0,4 вологості межі текучості ґрунту.

Змішування глинистих ґрунтів з органічними в'язучими слід здійснювати, як правило, методом приготування суміші на місці.

При використанні одночасно органічних в'язучих із неорганічних або тільки органічних в'язучих кількість води для приготування суміші відповідної оптимальної вологості слід зменшувати на кількість органічного в'язучого або на кількість води і в'язучого, що містяться в емульсії, якщо органічне в'язуче вводиться в суміш в емульгованому вигляді.

При змішуванні в стаціонарних змішувальних установках великоуламкових, піщаних ґрунтів, супісків з бітумною емульсією і активними добавками, а також при змішуванні ґрунту з бітумною

емульсією і із цементом в'яжучі речовини, добавки (окрім меленого негашеного вапна) і воду слід вводити в ґрунт одночасно і в повному обсязі.

При використанні в якості активної добавки меленого негашеного вапна, його необхідно першочергово ввести в ґрунт і перемішати з ним. Другий етап: обробку ґрунту органічними в'яжучими в змішувальній установці допускається проводити не раніше ніж через 12 і не пізніше ніж через 24 години після внесення вапна.

Вологість ґрунту перед внесенням негашеного вапна повинна забезпечувати гідратацію вапна.

При змішуванні ґрунтів органічне в'яжуче необхідно вводити в ґрунт або в суміш ґрунту із добавками за один раз.

Ущільнення ґрунтів, укріплених бітумною емульсією і вапном, або бітумною емульсією і цементом, слід закінчувати не пізніше ніж через 24 години після закінчення перемішування суміші в змішувачі.

Ущільнення ґрунтів, оброблених органічними в'яжучими, необхідно закінчити протягом доби після укладання суміші. Якщо ущільнення ґрунту проводилося за вологих погодних умов і температурі повітря нижче ніж 15 °С, допускається провести повторне ущільнення не пізніше ніж через дві доби для ґрунтів з добавкою цементу чи вапна.

Коефіцієнт ущільнення ґрунтів, укріплених органічними в'яжучими без добавок цементу, слід визначати як відношення щільності висушеного зразку укріпленого ґрунту, узятото з ущільненого шару, до щільності суміші, ущільненої при оптимальній вологості під навантаженням 30 МПа, при добавці в суміш ґрунту з органічним в'яжучими цементу – під навантаженням 15 МПа.

2.7. Влаштування основ із щебеневих, гравійних і піщаних матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими

Влаштування основ слід здійснювати з сумішей, що готуються в змішувальних установках примусового перемішування і, як правило, обладнаних накопичувальними бункерами. Допускається приготування суміші методом змішування на місці при дозуванні в'язучих ваговими або об'ємними дозаторами.

Металургійні немелені шлаки, шлаки і золи ТЕЦ мокрого уловлювання слід зберігати на відкритих майданчиках. При зберіганні більше шести місяців шлак і золу, перед використанням як в'язучого, необхідно випробувати на активність.

Для підвищення активності металургійного шлаку його слід подрібнити в кульових млинах, заздалегідь висушивши в сушильному барабані. Для отримання комплексного в'язучого в кульовий млин подають порошкоподібний активатор (цемент, вапно, луг і ін.). Подрібнений шлак повинен зберігатися в критих складах.

Вологість суміші при ущільненні повинна складати від 0,75 до 1,25 оптимальної. При температурі повітря вище ніж 20 °С суміш при транспортуванні автомобілями-самоскидами слід закривати брезентом.

Розчини ПАР і хлористих солей слід готувати на розчинних вузлах змішувальних установок, при необхідності з підігріванням води.

Технологічний розрив між приготуванням цементно-мінеральної суміші і її ущільненням не повинен перевищувати 2 год.

При використанні, як в'язучого, подрібненого шлаку з добавками цементу – технологічний розрив можна збільшити до 3–4 годин, з добавкою вапна і при використанні зол виносу або нероздробленого гранульованого шлаку – до 2 діб.

Основи з кам'яних матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими, слід влаштовувати в суху погоду при середньодобовій температурі повітря не нижче ніж 5 °С.

Після закінчення ущільнення слід проводити обробку поверхні автогрейдером або профілювальником, зрізаючи

нерівності з подальшим ущільненням гладковальцевим котком масою від 6 т до 8 т за 2–4 проходи по одному сліду.

Рух будівельного транспорту і влаштування наступного шару по основі, що влаштовується із застосуванням шлаку і золи, без добавок цементу, дозволяється відразу після закінчення ущільнення.

Рух будівельного транспорту і влаштування наступного шару по основі, влаштованій із застосуванням цементу, як основного в'язучого, або добавки, дозволяється тільки після досягнення міцності не менше ніж 70% від проектної.

2.8. Особливості виконання робіт при понижених і мінусових температурах повітря

Приготування і укладання кам'яних матеріалів, оброблених неорганічними в'язучими, при середньодобових температурах повітря від 5 °С до мінус 15 °С повинні здійснюватися з ужиттям спеціальних заходів:

- підігрівом води і заповнювачів;
- введенням в суміш водних розчинів хлористих солей;
- утепленням основи після її влаштування.

Концентровані розчини хлористих солей натрію і кальцію слід готувати в окремих ємкостях. Хлористий натрій слід розчиняти в гарячій воді. Перед введенням в бетонозмішувач робочі розчини цих солей змішують в відповідному співвідношенні.

Застосування мерзлого піску допускається тільки після відсіву грудок більших за 10 мм. У щебені і піску не допускається наявність снігу і льоду.

Суміші без сольових добавок слід готувати в змішувальних установках, що знаходяться, як правило, в закритих приміщеннях, з використанням підігрітих заповнювачів і води. Транспортувати суміші слід в утепленому вихлопними газами і укритому кузові автомобіля-самоскида.

Укладання і ущільнення суміші необхідно проводити швидко по всій ширині і на необхідну товщину із негайним утепленням, не допускаючи її замерзання.

Поверхню основи слід утеплювати засипкою шаром піску або супіску завтовшки не менше 10 см або іншими утеплювачами із тим, щоб до замерзання матеріал набрав міцність не менше ніж 70 % від проектної (товщину засипки визначають теплотехнічним розрахунком).

2.9. Влаштування шарів аеродромного одягу за технологією гарячого та холодного ресайклінгу

Кількість бітуму в суміші, що виготовляється за технологією гарячого ресайклінгу та містить ФАБ, необхідно приймати згідно з ДСТУ Б В.2.7-119, як для гарячих асфальтобетонних сумішей з урахуванням вмісту бітуму в ФАБ.

Коефіцієнт ущільнення суміші, яка виготовлена за технологією холодного ресайклінгу, повинен становити не нижче 0,98.

Орієнтовну довжину ділянки проходу ресайклера необхідно визначати в залежності від виду в'язучого, що додається в суміш:

- цементу – від 100 м до 300 м;
- бітумної емульсії або спіненого бітуму – від 400 м до 500 м;
- комбінації бітумної емульсії або спіненого бітуму та цементу – від 150 м до 350 м.

Смуги проходів ресайклера незалежно від глибини фрезерування повинні мати перекриття на ширину, що дорівнює глибині фрезерування, але не менше ніж на 10 см.

При стадійному будівництві аеродромного одягу поверхня шару, влаштованого за технологією холодного ресайклінгу, повинна бути захищена від впливу опадів, утворення вибоїн та інших ушкоджень шляхом улаштування поверхневої обробки або шарів литих емульсійно-мінеральних сумішей.

2.9.1. Посилення існуючих покриттів

Посилення існуючих покриттів викликано наступними причинами: необхідністю підвищення несучої здатності покриттів з появою нового типу розрахункового повітряного судна, збільшенням інтенсивності повітряного руху чи незадовільним експлуатаційно-технічним станом аеродромного покриття.

Шари посилення покриття слід проектувати у випадках:

- коли несуча здатність існуючого покриття недостатня для сприйняття навантаження від повітряних суден, експлуатація яких планується на даному аеродромі;
- коли несуча здатність покриття достатня, але його поверхня знаходиться в стані, при якому заміна окремих плит чи ділянок і ремонт економічно недоцільні.

Способи посилення покриття визначають з урахуванням категорії нормативного навантаження і в залежності від стану існуючого покриття.

Категорію руйнування встановлюють по признаку, що визначає найбільш високу категорію руйнування.

Наскрізні тріщини враховують, якщо середня відстань між ними менше 5 м і вони не допускаються розрахунковим граничним станом.

При посиленні покриттів необхідно заздалегідь відновити основу і зруйноване покриття, на яке укладається вирівнюючий шар з піско-цементної суміші, дрібнозернистого чи піщаного бетону при нерівностях існуючих покриттів вище 2 см. Якщо основа зруйнована внаслідок незадовільної роботи водосточно-дренажної мережі, то її необхідно відновити.

Монолітні бетонні і армобетонні покриття посилюють монолітним бетоном, армобетоном, залізобетоном чи асфальтобетоном.

Монолітні залізобетонні покриття посилюють монолітним залізобетоном чи асфальтобетоном. Збірні покриття з попередньо напружених плит посилюють збірними попередньо напруженими плитами чи асфальтобетоном.

При посиленні існуючих покриттів асфальтобетоном вирівнюючий шар улаштовують тільки при висоті нерівностей вище 3 см.

Асфальтобетонний шар посилення улаштовують одно- чи двошаровим. Для посилення жорстких покриттів застосовують тільки щільні асфальтобетонні суміші.

На ділянках, які мають велику кількість наскрізних тріщин, виконують армування асфальтобетонного шару посилення полімерними, базальтовими склопластиковими сітками, які розташовані під верхнім шаром асфальтобетону.

При посиленні жорстких покриттів асфальтобетоном незалежно від їх стану передбачають армування сітками шаром посилення: в місцях систематичного запуску двигунів повітряних суден; на ділянках примикання РД до ШЗПС; в місцях попереднього запуску двигунів по всій ширині магістральної РД з довжиною армованої ділянки 20 м; по всій ширині кінцевих ділянок ШЗПС довжиною 150 м; по всій ширині групових МС вздовж довжини розміщення основних опор і двигунів повітряних суден, включаючи зону впливу газових струй.

2.9.2. Посилення асфальтобетонним тонкошаровим покриттям

При улаштуванні шарів посилення з асфальтобетонних сумішей на цементобетонній основі без порушення його суцільності застосовують різні конструктивні і технологічні рішення в залежності від машин і матеріалів, які використовуються, з урахуванням кліматичних умов району виконання робіт.

З метою створення умов для контролю і регулювання розвитку відображених тріщин та збільшення строку служби верхнього шару рекомендується нарізання деформаційних швів над існуючими поперечними швами цементобетонного покриття.

Нарізання швів на поверхні покриття здійснюють, використовуючи алмазні чи корундові диски, на глибину близько 1/3 товщини асфальтобетонного шару при ширині шва 10–20 мм.

Перед заповненням герметизуючою мастикою, шви повинні бути очищені і просушені, їх стінки оброблені ґрунтовочним складом. В підготовлений шов укладають ущільнюючий шнур, після чого подають мастику з використанням заливщика швів. Тип

герметизуючого матеріалу слід призначати з урахуванням кліматичних умов регіону.

Поверхню асфальтобетонного покриття після остигання герметизуючої мастики очищують від її залишків в зоні, яка прилягає до шва. Роботи з нарізання і заливки швів повинні бути завершені в теплу суху погоду.

Для ремонту місць неглибокого луцення поверхні цементобетонних покриттів можливо використання матеріалів на основі модифікованих епоксидних смол. Основною перевагою матеріалу на основі модифікованих епоксидних смол є мала початкова в'язкість, відсутність розчинників в складі, низький модуль пружності в затверділому стані і велике граничне відносне подовження.

Для підвищення зчеплення ремонтного матеріалу з бетонним покриттям використовують малов'язку модифіковану епоксидну смолу, що не містить розчинник. Витрата смоли для ґрунтовки в залежності від пористості бетонної поверхні складає 300–500 г/м². Характеристика ґрунтовочного складу на основі епоксидної смоли наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Властивості епоксидної смоли для ґрунтовки бетонної поверхні

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Щільність при 23 °С	г/см ³	1,05
В'язкість при 23 °С	МПа·с	240
Міцність на стиск	МПа	80
Міцність на розтяг	МПа	50
Модуль пружності	МПа	2400
Граничне відносне подовження при розриві	%	4

Для підвищення зчеплення ремонтних шарів здійснюють посипку поверхні бетону, обробленого смолою, кварцевим піском фракції 0,2–0,7 мм з витратою 1,5 кг/м². Характеристика бетону на основі епоксидної смоли наведена в табл. 2.4 (див. с. 224).

Ремонт полімерними матеріалами на основі штучних заключається в проведенні наступних операцій: підготовка бетонної поверхні; приготування ґрунтовочного складу і бетону на основі

штучних смол; нанесення ґрунтовочного складу; укладання і ущільнення полімербетонної суміші.

Таблиця 2.4 – Властивості ремонтного матеріалу на основі епоксидної смоли

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Щільність при 23 °С	г/см ³	2,05
Коефіцієнт температурного розширення	МПа·с	$3 \cdot 10^{-3}$
Міцність на стиск	МПа	80
Міцність на розтяг	МПа	50
Модуль пружності	МПа	2400
Граничне відносне подовження при розриві	%	4

Для забезпечення міцного зчеплення бетону на основі штучної смоли з поверхнями, що ремонтуються переважно використовувати ґрунтовочні склади, які мають малу в'язкість і більшу проникну здатність.

Ґрунтовочний склад наносять в один шар на підготовлену і висушену поверхню бетону. Витрата смоли для ґрунтовки в залежності від пористості бетонної поверхні складає 300–500 г/м². Відремонтована ділянка подальшого догляду не потребує. Строк вводу його в експлуатацію залежить від виду полімербетону на основі штучних смол, температури навколишнього середовища в період виконання робіт і складає від 1 до 5 год.

Завдяки несуттєвому впливу температури на в'язкість метакрилатної смоли і більшої екзотермії в процесі полімеризації матеріалу можливо використовувати полімербетон для виконання ремонтних робіт при негативних температурах до –10 °С.

Асфальтобетонні суміші улаштування шарів посилення аеродромних конструкцій готують змішуванням в установці щебеню, піску з відсівів дроблення гірських порід, мінерального порошку, стабілізуючих добавок, адгезійних присадок і модифікованого бітуму у визначених співвідношеннях. В залежності від найбільшого розміру зерен вихідних мінеральних матеріалів суміші горячі асфальтобетонні розділяються на типи згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011.

При укладанні шарів на існуюче покриття для створення шару із в'язучого, що наноситься перед укладанням асфальтобетонної суміші, повинні застосовуватися емульсії на основі бітумів модифікованих дорожніх чи емульсії модифіковані із застосуванням катіонних латексів з вмістом еластоміру стирол – бутадієн – стиролу чи стирол – ізопренстиролу не менше 3% за масою залишкового в'язучого.

Для приготування асфальтобетонних сумішей повинен застосовуватися щебінь з вивержених і метаморфічних гірських порід не нижче другої групи за вмістом зерен пластинчастої (лещадної) форми згідно ДСТУ Б В.2.7-30:2013 фракцій від 5–10 (4–8) до 10–15 (8–12) мм. Допускається застосовувати щебінь у вигляді сумішей, складених з окремих фракцій, за умови забезпечення необхідного зернового складу мінеральної частини асфальтобетонної суміші.

Марка щебеню повинна бути не нижче по:

- дробимості – 1200;
- стиранності – І-1;
- морозостійкості – F 200.

Для приготування асфальтобетонних сумішей слід застосовувати пісок з відсівів дроблення гірських порід з модулем крупності більше 1,5. Відсів, що містять більше 10% пилюватих і глинистих часток, можуть бути використані в складах сумішей для улаштування захисних шарів за умови застосування бітумів модифікованих з адгезійними присадками. При цьому границя міцності при стиску вихідної виверженої гірської породи повинен бути не менше 100 МПа, а масова частка глинистих домішок в ній повинна бути не більше 0,5%.

Зерновий склад мінеральної частини асфальтобетонних сумішей для улаштування шарів повинен відповідати вимогам, що наведені в табл. 2.5 (див. с. 226).

Рецептура модифікованого бітуму визначається підбором в спеціалізованій лабораторії. Температура асфальтобетонної суміші із застосуванням модифікованого бітуму повинна відповідати наступним вимогам:

- при випуску із змішувача – 160–180 °С;
- в асфальтоукладачі – не нижче – 150 °С;
- при закінченні ущільнення – не нижче 100 °С.

Таблиця 2.5 – Зерновий склад мінеральної частини асфальтобетонних сумішей

Розмір отвору сита, мм	Тип мінеральної частини		
	0/5 (0/4)	0/10 (0/8)	0/15 (0/12)
	вміст часток дрібніше даного розміру, % за масою		
20	–	–	100
15	–	100	90–100
10	100	75–100	70–90
5	40–60	24–37	24–40
2,5	20–24	21–28	21–28
1,25	15–20	15–23	16–26
0,63	10–15	12–18	17–20
0,315	8–12	8–14	7–16
0,14	7–10	5–10	5–10
0,071	5–7	4–7	4–7

Склад асфальтобетонної суміші повинен призначатися відповідно підбору. Допустиме відхилення зернового складу мінеральної частини на контрольних ситах не повинно перевищувати $\pm 2\%$ від загальної маси мінеральної частини. Відхилення вмісту бітуму модифікованого не повинно перевищувати $\pm 0,2\%$ від загальної маси мінеральної частини суміші.

При виробництві асфальтобетонної суміші повинні застосовуватися асфальтозмішувальні установки періодичної чи безпервної дії.

2.9.3. Посилення дисперсно-армованою цементною сумішшю

Для посилення поверхневого шару бетону використовують матеріали на основі мінеральних в'язучих.

Цементобетонні покриття і ремонтні матеріали по можливості повинні мати близькі модулі пружності і коефіцієнти лінійного температурного розширення. Усадка ремонтних складів під час твердіння і наступної експлуатації повинна бути мінімальною.

Швидкотверднучі високоміцні бетони (ШВБ) рекомендується застосовувати при товщі шару посилення не менше 10 мм.

Спеціальні сухі бетонні суміші для посилення цементобетонних покриттів повинні відповідати вимогам, наведеним в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Фізико-механічні показники бетонів для посилення цементобетонних покриттів

Показники	Од. вим.	Значення
Міцність на стиск через 1 добу	МПа	20–40
Морозостійкість	цикли	200
Усадка	Мм/м	0,9
Міцність зчеплення із «старим» бетоном	МПа	1,5

Сухі бетонні суміші являють собою суміші підбраного складу, приготовлені на основі спеціальних цементів нормованого мінерального складу, фракціонованого інертного заповнювача, композиційної мінерально-хімічної добавки і наповнювача – фібри різних видів.

Фібра вводиться для збільшення міцності бетону на розтяг при згині, підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, міцності на осьовий розтяг і стиранності. Застосовують сталеву, базальтову, поліпропиленову, скляну фібру. В залежності від необхідних властивостей цементобетону і питомої ваги фібри до складу суміші вводять від 50 до 350 кг фібри на 1 м³ суміші.

Технологія посилення з використанням швидкотверднучих високоміцних бетонів (ШВБ) заключається в попередній підготовці бетонної поверхні, обробці її ґрунтовочним складом, укладанні, розрівнюванні суміші догляди за бетоном.

Перед укладанням цементобетонної суміші (за 5–10 хв) на підготовлену поверхню тонким шаром наносять цементний клей, приготовлений на основі спеціального цементу, що складається з порландцементного клінкеру нормованого мінералогічного складу, хімічних речовин, які регулюють властивості цементу.

Бетонну суміш готують в пересувних бетонозмішувальних установках безпосередньо на місці укладання. Приготовлена суміш повинна бути укладена протягом 1,5 год. При використанні сумішею

для посилення в умовах високої температури навколишнього середовища (більше 35 °С) можливі втрати удобоукладальності суміші, яка може виникнути через 30–45 хв після затворення.

Роботи виконують в теплий час року при температурі повітря не нижче +5 °С. При достатньо низькій температурі повітря (5–10 °С) міцність бетону буде наставати повільніше. Висока рухомість бетонної суміші дозволяє не проводити ущільнення суміші після укладання. Для отримання високої ранньої міцності (більше 30 МПа через 24 год) необхідність використання для затворення теплої води з температурою 35–45 °С і укрити відремонтовані ділянки теплоізоляційними матами.

Догляд за свіжоукладеним бетоном здійснюють також, як і при новому будівництві цементобетонних покриттів. Слід переважно використовувати плівкоутворюючі матеріали. Для їх нанесення рекомендується застосовувати розподільвачі плівкоутворюючих матеріалів. Після виконання робіт і набору міцності бетону рекомендується оборобити його поверхню, яка прилягає до відремонтованої ділянки, по всьому периметру на ширину не менше 10 см гідрофобізуючими зміцнюючими складами на основі силоксанів.

2.9.4. Посилення комбінованим прошарком із геосинтетичної сітки і шару асфальтобетону

Улаштування армуючих прошарків здійснюють з рулонних геосинтетичних матеріалів на основі високоміцного поліестеру, полієфіру, базальту, поліпропілену, скловолокна та ін. Геосітки приймають на себе частину розтягуючих напруг, які виникають від температурних і транспортних навантажень, уповільнюють розвиток відображених тріщин у верхньому асфальтобетонному шарі посилення в зоні деформаційних швів.

Вибір геосіток для армування з наступним укладання асфальтобетонного покриття з метою їх використання в якості тріщиноперериваючого прошарку здійснюють на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням фізико-механічних характеристик геоматеріалів.

Технологія робіт з посилення старого цементобетонного покриття асфальтобетоном, армованим геосітками, включає наступні операції:

- очистку покриття від забруднення;
- ліквідацію дефектів цементобетонного покриття (вирівнювання поверхні, заміну зруйнованих ділянок плит, ремонт сколів кромek і кутів, герметизацію швів і консервацію тріщин);
- розлив в'язучого по поверхні цементобетонного покриття;
- нарізання, укладання, натягіння і кріплення геосітки;
- повторний розлив в'язучого по улаштованій на покриття геосітці;
- розподілення і ущільнення асфальтобетонної суміші шарами необхідної товщини.

На ділянках з вибоїнами, раковинами, значним луценням та іншими дефектами цементобетонного покриття, які перешкоджають щільному контакту з геосіткою та зчепленню з асфальтобетонним шаром посилення, виконують вирівнювання поверхні.

В залежності від стану покриття можливі різні способи його підготовки:

- усунення нерівностей за допомогою фрезерування покриття. При цьому переважно використання фрезерувальних машин, які зрізають нерівності валом з набором алмазних дисків без руйнування мікроструктури підготовленого до посилення цементобетону.

Відфрезеровану поверхню необхідно очистити від шламу, що утворився промивкою водою під високим тиском:

- без улаштування вирівнюючого шару. Такий спосіб підготовки можливий при задовільному стані цементобетонного покриття (рис. 2.1, див. с. 230);
- з улаштуванням вирівнюючого шару із асфальтобетонної суміші тоащиною 3–5 см. Укладання полотна армуючої геосітки на вирівнюючий шар слід виконувати не раніше, ніж через добу після його улаштування (рис. 2.2, див. с. 231).

Розлив бітумної емульсії чи горячого в'язкого бітуму виконують перед укладанням полотен геосітки з витратою в'язучого, що забезпечує надійне зчеплення сітки з нижчерозташованою поверхнею цементобетонного покриття і укладаємо поверх асфальтобетонним шаром посилення.

Вид і кількість в'язучого, що використовується в даній операції, призначають з урахуванням матеріалу, конструктивних особливостей, ступеню попереднього просочення полотна геосітки. Як правило, необхідну інформацію у вигляді технологічних регламентів, технічних умов, стандартів, технологічних карт отримують у виробника чи постачальника геосіток. Ширину смуги розподілення автогудронатором в'язучого призначають на 10–20 см більше ширини смуги геоматеріалу.

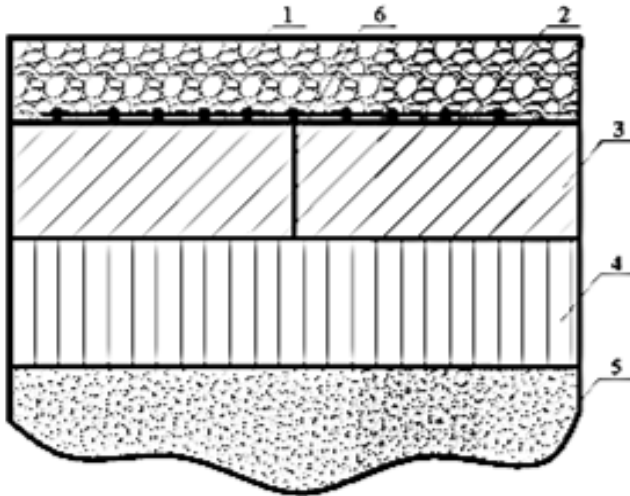


Рисунок 2.1 – Посилення цементобетонного покриття асфальтобетоном з використанням геосинтетичних матеріалів без улаштування вирівнюючого шару:

- 1 – шар посилення з асфальтобетону; 2 – геосітка;
- 3 – старе цементобетонне покриття; 4 – основа;
- 5 – ґрунт земляного полотна; 6 – деформаційний шов

В залежності від стану існуючого цементобетонного покриття застосовують суцільне чи локальне армування деформаційних швів і тріщин сітчатим полотном, а також поєднання суцільного і локального армування.

При улаштуванні суцільного тріщиноперериваючого прошарку на всю ширину проїзної частини рулони полотна геосітки розкочують хлист-навхлист з перекриттям полотен на 10–15 см між поздовжніми краями полотен. Між торцями – ширина нахльосту 20–25 см.

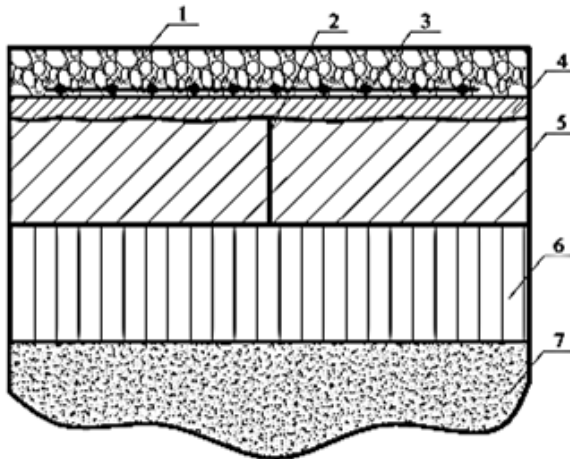


Рисунок 2.2 – Посилення цементобетонного покриття асфальтобетоном з використанням геосинтетичних матеріалів з улаштуванням вирівнюючого шару:

1 – шар посилення з асфальтобетону; 2 – деформаційний шов;
3 – геосітка; 4 – вирівнюючий шар; 5 – старе цементобетонне покриття; 6 – основа; 7 – ґрунт земляного полотна

Рулон слід розкочувати з невеликим поздовжнім натягненням полотна, не допускається утворення складок. При укладанні геосітки приділяють увагу забезпеченню щільного контакту і надійного прилипання сітки до основи, для чого застосовують прикочування полотен ручним котком.

При розподіленні сітки по вирівнюючому шару з асфальтобетону можливо додаткове закріплення її металевими скобами чи дюбелями. Для покращення зчеплення сітчатого полотна з вищерозташованим асфальтобетонним шаром посилення в необхідних випадках рекомендується повторний розлив бітумної емульсії чи гарячого бітуму в кількості 50–70 % від попереднього розливу.

До початку розподілення асфальтобетонної суміші шару посилення необхідно забезпечити захист полотен геосітки, закріплених на цементобетонному покритті (чи на вирівнюючому шарі), від пошкодження будівельним транспортом. В процесі будівництва покриття слід регулювати режим руху автомобілів, захищаючи закріплену на нижчерозташованій поверхні геосітку від пошкодження.

При задовільному стані існуючого цементобетонного покриття улаштовують локальне армування асфальтобетону тільки в зоні деформаційних швів і окремих наскрізних тріщин. В цьому випадку полотна геосітки необхідної довжини укладають вздовж шва чи тріщини симетрично вісі на ширину рулону. Ширина полотна повинна бути не менше 1,0 м.

2.10. Влаштування монолітних бетонних основ та монолітних бетонних, армобетонних і залізобетонних покриттів

2.10.1. Приготування та транспортування бетонної суміші

Конструкція бетонозмішувачів та режим приготування повинні забезпечувати одержання бетонної суміші, яка за своїми властивостями задовольняє вимоги ДСТУ 8.8.2.7-43.

Приймання, зберігання і переробку матеріалів для приготування бетонної суміші доцільно робити на притрасових базах. Для приймання і зберігання цементу рекомендуються найбільш економічні в умовах дорожнього будівництва типові збірно-розбірні металеві склади. Вони повинні мати необхідне обладнання

для механізованого розвантаження цементу із залізничних вагонів чи цементовозів.

Дрібний і крупний заповнювач повинні зберігатися окремо за видом породи і фракціями на майданчиках, де виключене їх забруднення. Майданчики, як правило повинні мати покриття з монолітного чи збірного цементобетону або інше тверде покриття, яке унеможлиблює забруднення матеріалу та перемішування його із ґрунтом. При недотриманні згаданої умови нижній шар штабеля заповнювачів товщиною 10–20 см не можна використовувати для приготування бетонної суміші.

У разі потреби на бетонозмішувальному заводі повинно бути організоване розділення крупного заповнювача безпосередньо в дозувальні бункери фронтальним навантажувачем на колісному ході.

При використуванні гравітаційного бетонозмішувача циклічної дії з об'ємом готової суміші 5–6 м³ тривалість перемішування бетонно суміші з осіданням конуса 2 см повинна бути в межах 60–90 с.

Дозування матеріалів при приготуванні бетонної суміші виконують за масою.

Справність роботи дозаторів необхідно оцінювати кожен день на початку зміни. Показання на вагових пристроях слід встановлювати відповідно до складу бетонної суміші з врахуванням вологості заповнювачів. Дозування матеріалів допускається змінювати тільки працівникам лабораторії з внесенням відповідних записів до журналів.

Для максимального використання продуктивності комплекту бетоноукладальних машин і одержання бетону однорідного складу суміші слід випускати рівномірно і безперервно протягом зміни, кількість транспортних засобів повинна встановлюватися і коригуватись з урахуванням дальності транспортування суміші, повного завантаження комплекту машин з улаштування покриття з виключенням перебоїв при подачі суміші укладання.

Готові бетонні суміші доставляють споживачеві транспортом спеціалізованих видів, призначеним для доставки сумішей.

За згодою виготовлювача зі споживачем допускається доставляти бетонні суміші автосамоскидами. Сухі суміші доставляють у мішках, пакетах транспортом всіх видів.

Застосовувані способи транспортування бетонних сумішей повинні виключати можливість попадання на них атмосферних опадів, порушення однорідності, втрати цементного розчину, а також забезпечувати захист суміші в дорозі від шкідливого впливу вітру та сонячних променів.

Після вивантаження бетонної суміші ємкості автобетоновозів чи кузови автомобілів-самоскидів необхідно промити водою.

Будівництво покриття рекомендується розпочати від бетонозмішувального заводу з використанням у подальшому готових ділянок покриття для транспортування бетонної суміші. Рух по покриттю допускається після досягнення бетоном проектної міцності.

Для запобігання розшаруванню бетонної суміші при навантаженні її в автомобіль-самоскид на бетонозмішувальному заводі, за необхідності, повинні влаштовуватись проміжні накопичувальні бункери чи лотки. Тривалість транспортування бетонної суміші не повинна перевищувати більше ніж 1 год. При застосуванні спеціальних добавок тривалість транспортування може змінюватися з врахуванням рекомендації виробника добавок.

Після закінчення кожної зміни бетонозмішувачі необхідно промити водою. Накопичувальні бункери, воронки і лотки слід систематично очищати від бетонної суміші.

2.10.2. Установка копірних струн, рейко-форм та інвентарної опалубки

Копірна струна служить базою автоматичної системи забезпечення рівності конструктивних шарів аеродромного одягу. Її встановлюють із однієї або двох сторін комплекту бетоноукладальних машин.

Від однієї копірної струни допускається робота профілювальника з системою поперечної стабілізації рівня, розподільвача бетонної суміші, трубного фінішера і машин для нанесення плівкоутворюючих матеріалів.

Бетоноукладач з ковзними формами повинен працювати, як правило, від двох копірних струн при гарантованій рівності основи.

Оптимальна відстань між струнами 14 м. Якщо струна має бути встановлена на відстані менше ніж 5 м від поздовжньої осі машини, то колію машини необхідно зменшити. Лінія кожної струни має бути строго паралельна осі ряду.

Висота струни над верхом земляного полотна має бути не менше 30 і не більше 125 см. Оптимальна висота струни 45–100 см. Якщо струну необхідно наблизити до машини, то бажано, щоб висота струни була приблизно 70 см.

Довжину встановлення струн не слід робити більше 700 м. Це максимальна довжина, для якої натяжні лебідки можуть забезпечити гарний натяг струни для точної роботи машини. Типова схема розташування копірних струн наведена на рисунку 2.3.

Довжина ділянки з встановленими копірними струнами повинна бути не менше змінної продуктивності комплекту машин.

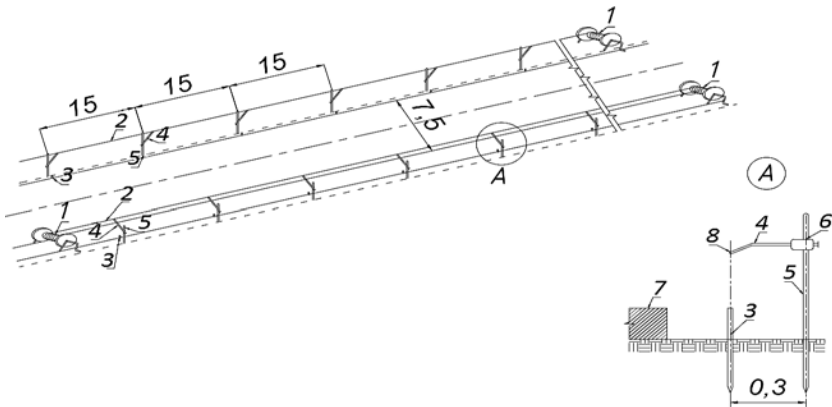


Рисунок 2.3 – Схематичний план ділянки установки копірних струн:
1 – натяжний барабан; 2 – копірна струна; 3 – нівелірна рейка;
4 – кронштейн; 5 – стійка-стрижень; 6 – струбцина;
7 – покриття, що влаштовується (основа); 8 – проріз для струни

Рейко-форми слід встановлювати з точністю і надійністю, що забезпечують задану рівність поверхні покриття. Рейко-форми необхідно встановлювати на міцну основу з ґрунту, укріпленого в'язучи, з щєбню чи ЩПС.

Якщо така основа не забезпечує безпросадочного положення рейко-форм під навантаженням від машин бетоноукладального комплекту, то під рейко-формами повинна бути влаштована підсилена основа. Допускається встановлення рейко-форм на розширену в основу аеродромного одягу.

Перед встановленням повинні бути перевірені стан і правильність геометричних розмірів рейко-форм. Викривлення рейко-форм у вертикальній площині не повинно перевищувати 2 мм, в горизонтальній – 5 мм. Різниця висоти ланок рейко-форм на стиках не повинна перевищувати 2 мм. Рейко-форми повинні бути очищені від старого бетону.

Рейко-форми слід встановлювати тільки після прийняття земляного полотна та основи на ділянці довжиною не менше змінної захватки.

Для будівництва покриття встановлені рейко-форми повинні бути обкочені найбільш важкою машиною комплекту. Виявлене осідання необхідно усунути підбиванням основи і підйомом рейко-форм з перевіркою їх положення нівеліром. Рейко-форми не повинні опиратися на основу нижньою поверхнею без просвітів. Відхил відміток рейко-форм від проектного положення після обкочування не повинен перевищувати 5 мм.

Перед влаштуванням вирівнювального шару виконують контрольну перевірку поперечної і поздовжньої рівності основи з метою забезпечення проектної товщини цементобетонного покриття. Для цього використовують шаблон, що пересувається по рейко-формам.

При влаштуванні покриття довжина ділянки з встановленими рейко-формами повинна бути не менше змінної продуктивності комплекту машин.

Безпосередньо перед укладанням бетонної суміші рейко-форми з внутрішньої сторони обробляють антиадгезійним матеріалом.

Рейко-форми слід знімати не раніше ніж через 24 год. Після укладання бетонної суміші за допомогою пристрою, що зберігає цільність бокових граней і краю плит.

Для швидкого і правильного встановлення рейко-форм рекомендується їх пронумерувати, щоб при перестановці зберігся постійний порядок їх розташування. Розвантаження та розкладання рейко-форм слід проводити за допомогою крана. Забороняється пересувати їх волоком.

При будівництві бетонних покриттів, крім стандартних рейко-форм можна також застосовувати нерухому опалубку полегшеної конструкції.

Роботи з встановлення елементів нерухомої опалубки при будівництві бетонних покриттів виконуються у такій послідовності:

- планування основи з наступним підсіпанням до 5 мм;
- встановлення підкладок під стики елементів нерухомої опалубки;
- встановлення нерухомої опалубки полегшеної конструкції вручну, стандартних – за допомогою крану;
- закріплення елементів нерухомої опалубки штирями;
- перевірка правильності встановлення елементів нерухомої опалубки з коригуванням рівності основи.

2.10.3. Арматурні роботи

Вид і клас арматури слід встановлювати в залежності від виду покриття, призначення арматури, технології приготування арматурних елементів та способів їх використання (ненапружена та напружена арматура). Характеристики арматурних сталей наведені у ДСТУ 3760.

Як ненапружену арматуру слід використовувати звичайний арматурний дріт класів В500 (у зварних сітках і каркасах) або гарячекатану арматурну сталь періодичного профілю класів А300 і А400. Як монтажну, розподільчу та конструктивну арматуру, а також для елементів стикових з'єднань слід використовувати гарячекатану арматурну сталь гладку класу А240.

Товщина захисного шару в монолітних залізобетонних покриттях має бути не менше 40 мм для верхньої арматури та 30 мм – для нижньої.

Армобетонні покриття при товщині плит до 0,3 м слід армувати сітками зі стрижневої арматури діаметром від 10 до 14 мм, при товщині плити понад 0,3 м – діаметром від 14 до 18 мм. Сітки слід розташовувати на відстані від верху плити, що дорівнює від 1/3 до 1/2 товщини плити.

Відсоток поздовжнього армування плит (ступінь насичення бетону арматурою) слід приймати від 0,1 до 0,15, а крок стрижнів – від 0,15 до 0,4 м залежно від ширини плити та діаметра стрижнів арматури.

Поперечне армування – конструктивне; відстань між поперечними стрижнями слід приймати рівним 0,4 м.

Для армування залізобетонних покриттів з арматурою, що не напружується, слід застосовувати арматуру діаметром від 12 до 18 мм у вигляді зварних каркасів. Необхідну площу перерізу арматури слід визначати розрахунком, при цьому відсоток армування має бути не меншим за 0,25. Арматуру необхідно розміщувати в поздовжньому та поперечному напрямках у верхній та нижній зонах перерізу плити відповідно до значення згинальних моментів.

Відстань між стрижнями залежно від необхідної площі арматури та прийнятого діаметру стрижнів слід приймати від 0,1 до 0,3 м.

Арматура повинна бути очищена від бруду, масел, іржі та оскалин. Арматурні сітки слід зварювати та встановлення після кінцевого планування і ущільнення шару основи або вирівнювального шару.

Арматурні сітки та каркаси не повинні зрушуватись у процесі бетонування. Конструктивні елементи, що забезпечують їхню стійкість, не повинні перешкоджати вільному температурному переміщенню плит у процесі експлуатації.

2.10.4. Укладання бетонної суміші

При будівництві покриття шириною 7,5–15,0 м машинами з ковзними формами попереднє розподілення бетонної суміші в разі застосування розподільника здійснюють на ширину 7,3–14,8 м.

Бетонну суміш розподіляють товщиною з врахуванням запасу на ущільнення. Бетонну суміш розподіляють рівномірно по всій ширині покриття без припусків.

Бетонну суміш біля швів розширення розподіляють так, щоб не виникало відхилення прокладок і штирів від проектного положення. Для виконання цієї умови суміш розподіляють, встановивши бункер розподілювача по осі прокладки.

Ущільнення бетонної суміші і обробку поверхні покриття при влаштуванні в ковзних формах здійснюється бетоноукладачем на гусеничному ході, що входить в комплект високопродуктивних машин.

Робочі органи комплекту машин регулюють, керуючись інструкцією з експлуатації з врахуванням того, що при налагодженні бетоноукладача на роботу в автоматичному режимі швидкість переміщення гідроциліндрів підйому і опускання головної рами повинна знаходитися в межах 0,20–0,25 м/хв, на розподільнику бетонної суміші 0,3 м/хв, на гідроциліндрах рульового управління в межах 0,3–0,4 м/хв в гусеничних машинах і 0,5–0,6 м/хв в колісних.

Висота основних бокових форм (ковзної опалубки) і опалубки крайкоутворювача повинна бути приблизно на 5 мм менше товщини шару, що влаштовується.

Крайкоутворюючий вузол налаштовують з врахуванням залишкових деформацій свіжовідформованого бетону після проходження бетоноукладача.

Відстань між боковими формами (опалубки) крайкоутворювача повинна бути на 2–4 см менше проектної ширини покриття. Край крайкоутворюючого вузла повинен бути піднятий на 1–3 см вище поверхні покриття.

Остаточне настроювання робочих органів бетоноукладача виконують при пробному бетонуванні, використовуючи бетонну суміш робочого складу. У процесі укладання бетонної суміші контролюють

геометричні параметри, рівність поверхні і якість краю свіжодетформованого бетонного покриття і, у разі потреби, додатково регулюють робочі органи бетоноукладача.

З метою забезпечення високої якості бетонного покриття бетоноукладач повинен пересуватися безперервно з постійною швидкістю.

У процесі бетонування глибинні вібратори бетоноукладача мають бути повністю заглиблені в суміш. Характерною ознакою нормального протікання процесу ущільнення служить інтенсивне «кипіння» бетонної суміші, що супроводжує виділенням бульбашок повітря. Для більшості складів бетонних сумішей частота 5000 до 8000 коливань на хвилину при швидкості руху бетоноукладача більше ніж 0,9 м/хв є достатньою для розріджування та ущільнення без втрати втягнутого повітря або зернової сегрегації. При меншій швидкості руху бетоноукладача частоту зменшують.

Бетонні суміші, які мають переривчастий гранулометричний склад (мають надмірну кількість піску), схильні до сегрегації більше ніж із непереривчастим гранулометричним складом приймають нижчу частоту віброущільнення.

У процесі бетонування забезпечують суцільність поверхні ущільненої бетонної суміші після вібробрусів і наявність валика бетонної суміші, рівномірного по всій ширині брусів. Висота валиків повинна знаходитися в межах 20–25 см для первинного бруса і 10–15 см – для вторинного.

Ефективний радіус дії вібраторів на бетоноукладачі з рухомою опалубкою при ущільненні бетонних сумішей встановлюють за паспортними даними заводів-виробників. Глибинні вібратори повинні бути закріплені на траверсі з інтервалом 40–50 см в положенні, близькому до горизонтального, причому крайні вібратори треба встановлювати на відстані 15–20 см від бокової рухомої опалубки.

При армуванні повздожнього шва глибинний вібратор в зоні заглиблення штирів повинен бути встановлений перпендикулярно до осі полотна.

При влаштуванні односхилих бетонних покриттів та віражів з боку перевищення необхідно створити додатковий припуск

бетонної суміші шляхом регулювання робочих органів бетонорозподільвача і бетоноукладача.

При влаштуванні цеменбетонного покриття, армованого зварною сіткою зі стрижнів періодичного профілю діаметром більше 8 мм, що встановлюються на підставках, глибинні вібратори в процесі ущільнення бетонної суміші повинні бути підняті на 5–7 см вище арматурних так, щоб вони постійно знаходилися в бетонній суміші.

Будівництво двошарового покриття або шару основи організують так, щоб забезпечувати ритмічне укладання бетонної суміші з розрахунку одержання однорідного, монолітного і щільного бетонного шару по всій товщині.

Для цього розрив у часі між укладанням нижнього і верхнього шарів за температури повітря 5–20 °С повинен бути не більше ніж 60 хв, за температури 20–5 °С – не більше ніж 30 хв. Роботи з будівництва ділянки двошарового покриття закінчують з розрахунку укладання верхнього і нижнього шарів одночасно.

Будівництво двошарового покриття або шару основи здійснюється в такій послідовності:

- бетонну суміш для нижнього шару розподіляють екскаватором-планувальником перед бетоноукладачем, який також подає бетонну суміш в бункер-конвеєр машини, що призначений для укладання верхнього шару (зазначені бетоноукладачі бувають двох типів – із спареними машинами для укладання верхнього і нижнього шару, та з окремими машинами);
- в технології з використанням двох розподільвачів бетонної суміші, що мають бокове завантаження, перший розподільвач повинен випереджати другий на 15–20 м і розподіляти суміш нижнього шару, другий – розподіляти суміш верхнього шару;
- бетонну суміш нижнього шару укладають на 2–3 см вище проектної товщини нижнього шару в щільному тілі;
- бетонну суміш верхнього шару укладають на 1–2 см вище проектної відмітки поверхні покриття;
- верхній шар ущільнюють і обробляють бетоноукладачами так, як і одношарове покриття.

При будівництві двошарових покриттів, що влаштовують методом зрощування шарів, допускається одночасно ущільнювати верхній і нижній шари за один прохід бетоноукладача.

У місцях розширення (на закругленнях, біля з'їздів тощо) на майданчиках, що примикають до основної дороги, покриття влаштовують із застосуванням бетоноукладачів. У нестандартних місцях допускається використання засобів малої механізації (віброрейки, глибинні та площадочні вібратори) з використанням пересувних містків.

При влаштуванні покриття засобами малої механізації ущільнення бетонної суміші поверхневими вібраторами виконують прямими безперервними смугами з перекриттям на 5–10 см. На кожній позиції вібратор витримують 40–60 с, вібрування суміші закінчуються при появі на поверхні покриття цементного «молочка». Бічні форми повинні залишатися на місці протягом щонайменше 8 год., доки бетон затвердіє до такого ступеня, щоб форми можна було видаляти без його пошкодження.

Чистову обробку поверхні свіжовлаштованого покриття здійснюють відразу за бетоноукладачем трубним фінішером або лижою, в залежності від конструктивних параметрів бетоноукладального комплексу, та, за необхідності, ручними гладилками (дерев'яними, дюралюмінієвими), використовуючи пересувні містки або з узбіччя.

Обробку поверхні в місцях влаштування покриття засобами малої механізації виконують ручними гладилками з узбіччя або використовуючи пересувні містки.

Завершальна обробка поверхні бетонного покриття виконується з метою надання їй шорсткості за допомогою мішковини, закріпленої за фінішером, або спеціальної металевої щітки опоряджувальної машини. Борозни глибиною 0,5–1,5 мм від мішковини повинні бути паралельні, а від щітки – перпендикулярні до осі покриття, фактура обробленого покриття – однорідною.

Шорсткість поверхні покриття допускається створювати вручну з узбіччя за допомогою спеціальних металевих, поліпропіленових щіток або використовуючи пересувні містки.

Ефективним способом надання шорсткості поверхні покриття є створення так званого «тихого бетону», який включає два етапи обробки поверхні:

- на першому етапі після чистової обробки свіжовлаштованого бетонного покриття на поверхню наноситься уповільнювач тужавіння, який проникає на глибину 1–2 мм та виконує функції плівкоутворюючого матеріалу;
- на другому етапі після набору бетоном міцності при стиску не менше ніж 8 МПа поверхню покриття з уповільнювачем тужавіння бетону зчищають за допомогою підмітальних машин з металевою щіткою (так знімається цементобетонне молочко, відкривається верх зерен щебеню і створюється шорстка поверхня).

За необхідності, захист свіжоукладеного бетону від атмосферних опадів здійснюється рулонною полімерною плівкою, що закріплюється на машині для нанесення плівкоутворюючих матеріалів.

2.10.5. Догляд за бетоном

Догляд за свіжоукладеним бетонним шаром починають відразу після обробки його поверхні і продовжують до набирання проектної міцності, але не менше ніж 28 діб. При догляді слід віддавати перевагу нанесенню на поверхню плівкоутворюючих матеріалів або укладанню зволоженої тканини. Покриття не повинне залишатися без догляду протягом більше ніж 30 хв після влаштування.

Спосіб догляду із застосуванням зволоженої тканини включає укривання покриття вологими полотнами. Полотна повинні вкривати всю поверхню покриття. Полотна тканини тримають постійно вологими для забезпечення наявності вільної води на поверхні покриття протягом періоду догляду. Догляд застосовують після фінального текстурування поверхні покриття.

Момент нанесення плівкоутворюючого матеріалу дозволяється визначити за відсутністю вологи на долоні при дотику до поверхні шару покриття, коли блискуча волога поверхня останнього стає матовою. Це залежить від погодних умов (температури і вологості повітря, швидкість вітру).

Нанесення шарів плівкоутворюючого матеріалу здійснюється з урахуванням характеристик матеріалу та погодних умов, під час яких здійснюється догляд за бетоном. Витрати матеріалу приймають в залежності від характеристик матеріалу, які відповідають діючим нормам та підтверджені результатами випробувань атестованих лабораторій. Плівкоутворюючий матеріал можна наносити на поверхню покриття в один або два шари (згідно з рекомендаціями виробника) з обов'язковим наступним поливанням водою для підтримки стабільної температури в тілі бетону під час набору міцності. Рідкі плівкоутворюючі матеріали наносять за допомогою розпилювального обладнання, розташованого на самохідній рамі, яка має ширину смуги укладання.

Захисне покриття, яке було пошкоджене в період догляду, відновляють. Біла пігментація плівкоутворюючих матеріалів є бажаною, оскільки рівномірність нанесеного покриття чітко видно, а також білий пігмент відбиває сонячне проміння, яке могло б в іншому випадку надмірно нагрівати поверхню цементобетонного покриття.

Бокові поверхні бетонного покриття також повинні бути покриті плівко утворюючим матеріалом: при будівництві покриття машинами з ковзною опалубкою – негайно після обробки бетону, при будівництві машинами, що пересуваються по рейко-формах, – негайно після їх зняття.

Плівкоутворюючий матеріал наноситься з витратою, нормованою для поверхні покриття.

Перед застосуванням плівкоутворюючого матеріалу для догляду за бетоном пористі ділянки на бічних поверхнях слід відремонтувати, використовуючи розчин із таким самим співвідношенням цементу та піску, що було прийняте у бетонній суміші. Якщо на бічній поверхні шару присутність пористості є постійною бо частою, слід відкоригувати режими ущільнення шляхом додаткового вібрування бетонної суміші біля контурів стаціонарних форм.

Рух транспортних засобів по покриттю можна відкривати тільки після досягнення проектної міцності і закінчення періоду догляду за бетоном.

2.10.6. Влаштування деформаційних швів

Жорсткі монолітні покриття слід розділяти на окремі плити деформаційними швами. Розміри плит повинні встановлюватись залежно від максимальну силову дію на покриття, розміщення вогнів системи світлосигнального обладнання, а також відповідно до наміченої технології виконання будівельних робіт.

Відношення сторін плит жорстких аеродромних покриттів, розділених деформаційними швами, має бути не більше 1:2, швами стиснення (довжина плит) має бути не більше, м, для монолітних покриттів:

- | | |
|--|------|
| – бетонних товщиною менше 30 см | 5,0 |
| – бетонних товщиною 30 см і більше | |
| залізобетонних з арматурою в одному рівні | 7,5 |
| залізобетонних з арматурою у двох рівнях | 20,0 |
| армобетонних при річній амплітуді середньомісячних температур, °С: | |
| 45 і вище | 10,0 |
| менше 45 | 15,0 |

Річну амплітуду середньомісячних температур обчислюють як різницю середніх температур повітря найбільш спекотного і холодного місяців, визначених відповідно до ДСТУ – Н Б В.1.1-27-2010.

До технологічних відносяться шви, пристрій яких обумовлюється шириною захоплення бетоноукладальних машин та можливими перервами у будівельному процесі.

Шви розширення необхідно влаштовувати при примиканні покриттів до інших споруд, а також при примиканні РД до ШЗПС та перону, криволінійних ділянок до прямолінійних.

Глибина нарізки швів стиснення повинна становити не менше ніж 1/2 товщини плити при товщині плити більше 30 см і не менше 1/3 товщини плити при товщині плити не більше 30 см.

У районах зі складними інженерно-геологічними умовами відстані між деформаційними швами стиснення для армобетонних та залізобетонних покриттів мають бути не більше 10 м.

У монолітних покриттях технологічні шви зазвичай слід поєднувати з деформаційними швами. Для суміжних смуг покриття однакової конструкції поперечні шви слід поєднувати.

Необхідність улаштування швів розширення у жорстких монолітних покриттях на ШЗПС, РД, МС, перонах та відстань між ними слід обґрунтовувати розрахунком з урахуванням кліматичних умов та конструктивних особливостей покриттів.

У збірних покриттях із попередньо напружених плит зі стиковими з'єднаннями, що перешкоджають горизонтальному переміщенню плит, слід влаштовувати деформаційні шви.

Відстань, м, між поперечними деформаційними швами, а також між поздовжніми деформаційними швами збірних покриттів на перонах, МС та майданчиках спеціального призначення повинні бути не більше за річної амплітуди середньомісячних температур:

вище 45 °С	12
від 30 °С до 45 °С	18
менше 30 °С	24

Поздовжні деформаційні шви у збірних покриттях ШЗПС та РД не влаштовуються.

Відстань між деформаційними швами в нижньому бетонному шарі двошарових покриттів має бути не більше 10 м.

В основах з бетону низьких класів міцності, керамзитобетону, піщаного (дрібнозернистого) бетону, а також шлакобетону слід влаштовувати шви стиснення, відстань між якими має бути не більше 15 м. Шви в основах, як правило, повинні поєднуватися зі швами покриттів.

Примітка: Якщо передбачається перерва у будівельних роботах на зимовий період, відстані між деформаційними швами в нижніх шарах двошарових покриттів та основах слід приймати як для бетонних покриттів. Шви основи мають бути загерметизовані.

У деформаційних швах покриттів застосовуються стикові з'єднання, що забезпечують передачу навантаження з однієї плити на іншу та можливість взаємного горизонтального зміщення плит у напрямку перпендикулярному шву. Замість пристрою стикових з'єднань допускається посилення крайових ділянок плит армуванням або збільшення товщини плити, обґрунтоване розрахунком.

Двошарові покриття, як правило, слід влаштовувати із суміщенням швів у шарах. В окремих випадках допускається

влаштувати двошарові покриття з несуміщенням швів (з несуміщеними швами вважаються покриття, в яких поздовжні та поперечні шви у верхньому та нижньому шарах взаємно зміщені більш ніж на $2t_{sup}$, де t_{sup} – товщина верхнього шару).

Двошарові покриття з поєднаними швами слід, як правило, влаштувати зі стиковими з'єднаннями в поздовжніх та поперечних швах. Допускається влаштувати стикові з'єднання тільки у верхньому шарі, але параметри їх приймати як для одношарової плити, що має жорсткість, що дорівнює сумарній жорсткості шарів.

У двошарових покриттях з несуміщеними швами стикові з'єднання слід передбачати тільки в поперечних технологічних (робочих) швах. В нижній зоні плит верхнього шару необхідно передбачити крайове армування.

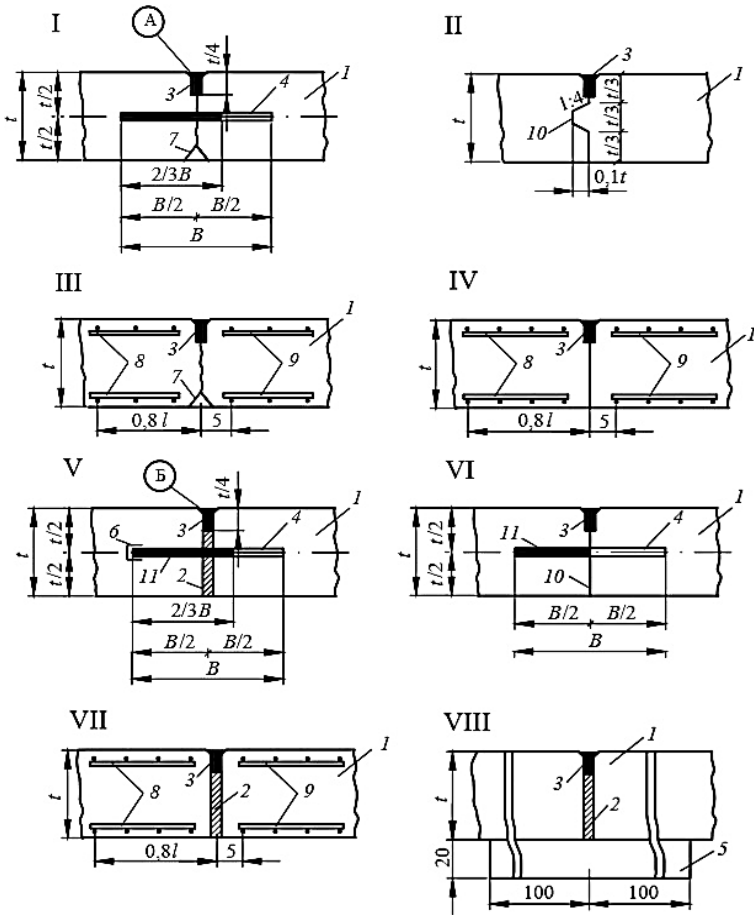
У двошарових покриттях з несуміщеними швами нижню зону плит верхнього шару слід армувати над швами нижнього шару відповідно до розрахунку. Допускається замінювати армування збільшенням товщини верхнього шару.

У монолітних жорстких покриттях шви стиснення влаштовують наскрізними та хибними (рис. 2.4, див. с. 248). Відстань між швами стиснення в залежності від товщини плити та виду конструкції.

Шви розширення завжди виконують наскрізними з пристроєм паза, що заповнюється матеріалом, що легко деформується (рис. 2.5, б, див. с. 249).

У деформаційних швах покриттів допускається застосовувати стикові з'єднання, що забезпечують передачу навантаження з однієї плити на іншу та можливість взаємного горизонтального зміщення плит у напрямку перпендикулярному шву. Забезпечення міцності та рівності покриття в зоні швів досягається також армуванням крайових та кутових ділянок плит або пристроєм підшовних плит, або безперервним армуванням залізобетонних покриттів (без розрізання арматури у швах стиснення).

При влаштуванні стикових з'єднань швів стиснення та розширення не допускається відхилення положення штирів від проектного більш ніж на 1 см (по горизонталі та по вертикалі). Довжина зони обмазування штирів складом, що перешкоджає зчепленню їх



B – довжина штиря; t – товщина плити; l – пружна характеристика плити; 1 – плита бетонного покриття; 2 – прокладка з податливого матеріалу (пористий поліетилен, пінопласт, гумова крихта тощо); 3 – герметизуючий матеріал; 4 – штир; 5 – підшовна плита завтовшки 20 см; 6 – температурний компенсатор (ковпачок), що забезпечує усунення штиря в бетоні не менше ніж на 3 см; 7 – збудник тріщини; 8 – робоча арматура; 9 – розподільна арматура; 10 – обмазування грані плити бітумною мастикою; 11 – обробка металу складом, що перешкоджає зчепленню його з бетоном

Рисунок 2.4 – Схеми конструкцій деформаційних швів

з бетоном, повинна становити $2/3$ їхньої довжини. Температурні ковпачки, що надягаються на штирі розширення, повинні забезпечувати вільний хід штиря в бетоні не менше ніж на 3 см.

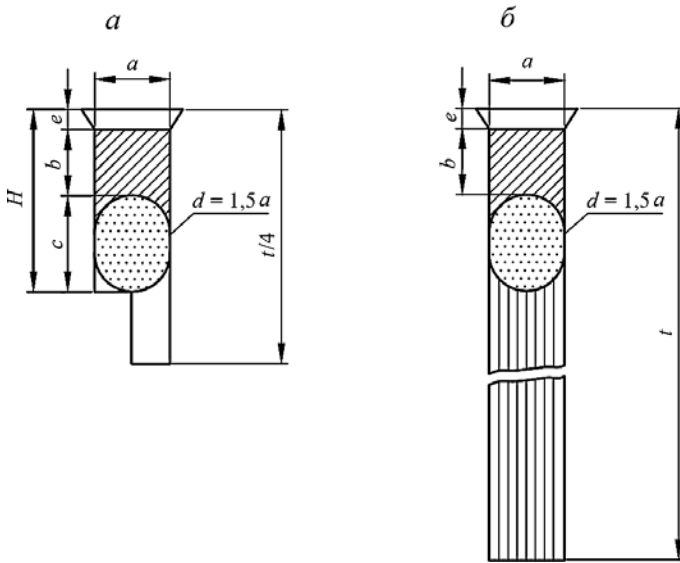
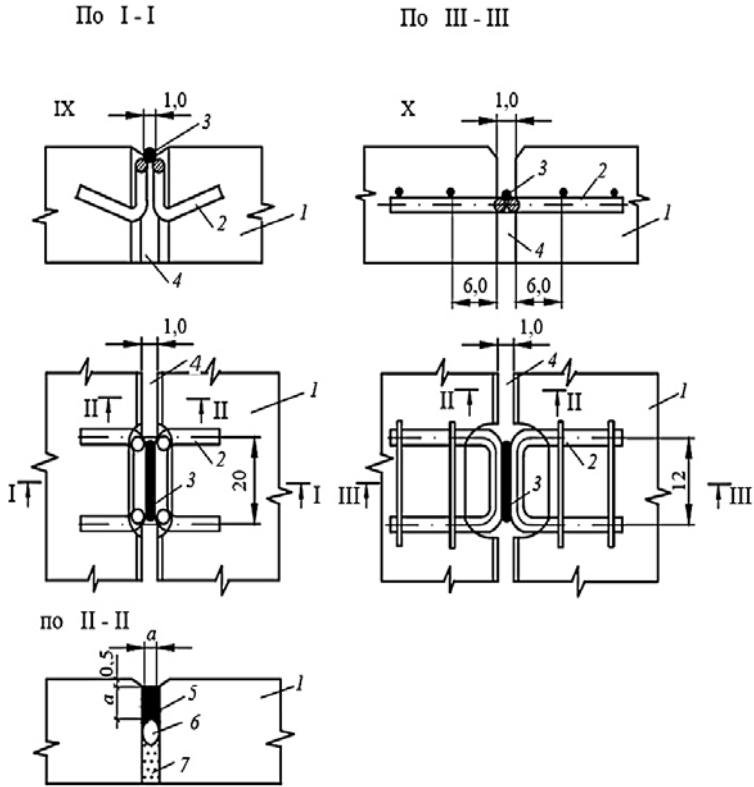


Рисунок 2.5 – Схеми заповнення швів стиснення (а) та розширення (б)

Паз шва стиснення повинен мати прямокутний переріз із вертикальними стінками (за винятком шпунта). Ширину паза рекомендується приймати 0,8–1,5 см (великі значення для великих розмірів плит). Глибина паза повинна бути не менше $1/3t$ (t – товщина плити) при товщині плити не більше 30 см і не менше $1/2t$ при товщині плити більше 30 см (рис. 2.5, а).

Шов розширення повинен мати постійну ширину на всю товщину плити. Ширину шва приймають рівною до 3,5 см залежно від відстані між швами розширення та деформаційних властивостей герметизуючого матеріалу.

Конструкції швів у збірних покриттях наведено рис. 2.6 (див. с. 250).



IX – зі стиковими з'єднаннями, що забезпечують горизонтальне переміщення плит у поперечних швах покриття (плити типу 1ПАГ);
 X – зі стиковими з'єднаннями, що виключають горизонтальне переміщення плит у поперечних швах покриття (плити типу 2ПАГ);
 1 – плита; 2 – стикова скоба; 3 – зварювання або приварювання стрижня (коротун); 4 – паз шва; 5 – герметизуюча мастика;
 6 – ущільнювальний шнур діаметром 15 мм; 7 – суха піскоцементна суміш або будь-який податливий матеріал (пористий поліетилен, синтетична, гумова крихта тощо)

Рисунок 2.6 – Шви у збірному покритті з плит ПАГ

У збірних покриттях з плит зі стиковими з'єднаннями, що перешкоджають горизонтальному переміщенню в поперечних швах (типу ПАГ ДСТУ Б В.2.6-136:2010), влаштовують поперечні деформаційні шви без зварювання скоб, відстань між якими в залежності від річних амплітуд температури визначають розрахунком.

Область застосування зазначених типів швів наведена в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Типи швів

Тип деформаційного шва	Умови застосування деформаційних швів	
	поздовжніх	поперечних
1	2	3
I – шов стиснення хибний зі штирьовим з'єднанням	Для цементобетонних покриттів	Для всіх типів монолітних жорстких покриттів
II – шов стиснення шпунтовий	Для всіх типів жорстких монолітних покриттів при товщині плити понад 24 см	–
III – шов стиснення хибний з армуванням країв плит	Для цементобетонних покриттів	Для цементобетонних, армобетонних і залізобетонних покриттів
IV – шов стиснення наскрізний (технологічний) з армуванням країв плит	Для всіх типів монолітних жорстких покриттів	Для всіх типів монолітних жорстких покриттів
V – наскрізний шов зі штирьовим з'єднанням (шов розширення)	–	Для всіх типів монолітних жорстких покриттів
VI – шов стиснення наскрізний (технологічний) зі штирьовим з'єднанням	–	Для цементобетонних і армобетонних покриттів
VII – шов наскрізний розширення з армуванням країв плити	Для всіх типів жорстких покриттів у місцях примикання до різних споруд або інших покриттів	Для всіх типів жорстких покриттів, що влаштовуються на пучинистих або просадних ґрунтах, а також у місцях перетинів та примикань до різних споруд

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3
VIII – шов розширення із підшовною плитою	–	Для всіх типів жорстких покриттів
Шви збірних покриттів із типових плит		
IX – технологічний шов зі звареними скобами	–	Для покриттів плит типу 1ПАГ
X – технологічний шов зі звареними скобами	Для покриттів з усіх типів плит ПАГ	Для покриттів із плит типу 2ПАГ (між швами розширення)
X – деформаційний шов (за типом шва розширення) без зварювання скоб	Для покриттів з усіх типів плит ПАГ тільки на МС та перонах	Тільки для покриттів із плит типу 2ПАГ або з усіх типів плит ПАГ у місцях примикання до інших покриттів

Деформаційні шви жорстких покриттів повинні бути захищені від проникнення поверхневих вод та експлуатаційних рідин, а також від засмічення їх піском, щебенем та іншими твердими матеріалами. Як заповнювачі швів повинні використовуватися спеціальні герметизуючі матеріали гарячого та холодного застосування, що відповідають відомчим вимогам деформативності, адгезії до бетону, температуростійкості, хімічної стійкості, липкості до пневматик авіаційних коліс та втомних деформацій, відповідних умов їх застосування. Матеріали для герметизації швів повинні змінювати свої експлуатаційні властивості при короткочасному впливі гарячих газоповітряних струменів від авіадвигунів.

Влаштування деформаційних швів у свіжоукладеному бетонному покритті.

Камеру герметизації шва розширення в свіжоукладеному бетоні дозволяється створювати за допомогою допоміжних закладних гумових шаблонів або дощатого бруска висотою 30–40 мм, що встановлюються на верхню частину дерев'яної прокладки і виймаються зі створеної камери після твердіння бетону.

У швах стискання в бетонному покритті нарізають пази за допомогою дискових швонарізачів товщиною 3–4 мм. Існує

оптимальний період часу для нарізання пазів у швах стискання в свіжоукладеному бетонному покритті. Цей період часу є коротким проміжком після укладання бетонної суміші, коли міцність бетонного покриття є достатньою для нарізання пазу без надмірного викришування вздовж розрізу. Період нарізання закінчується, коли починає відбуватися хаотичне тріщиноутворення в бетонному покритті.

Занадто раннє нарізання пазу призводить до виривання зерен заповнювача з поверхні покриття вздовж розрізу (кромки викришуються), що є неприпустимими. Тривалість оптимального періоду часу для нарізання пазів швів стискання залежить від багатьох факторів і, очевидно, буде різною для кожного складу бетонної суміші та кожного дня будівництва. Певні матеріали або погодні умови можуть скорочувати або подовжувати цей період. Для визначення часу, коли бетон готовий для нарізання пазів, можна використовувати тест на дряпання поверхні бетону лезом ножа. Зі зростанням твердості бетонного покриття глибина подряпини зменшується. Якщо при створенні подряпин текстура поверхні покриття мало змінюється і не відбувається виривання зерен наповнювача, то не вказує на можливість нарізання пазів швогарізацем з одним тонким алмазним диском.

Для забезпечення рівномірного «спрацювання» пази швів стискання нарізають підряд (послідовно по смузі бетонування).

Наприкінці робочої зміни або при тривалих перервах у бетонуванні (більше ніж 2–3 год) влаштовують робочі шви за типом швів стискання або, за необхідності, шви розширення з використанням опалубки та шаблонів, які забезпечують поєднання суміжних ділянок покриття.

Робочий шов дозволяється влаштовувати з допомогою опалубки у вигляді кутника-шаблону з дощок. Полиці опалубки повинні бути збиті з двох дощок завтовшки 30–50 мм; ширина полиці має дорівнювати товщині покриття. На вертикальній полиці кутника-шаблону повинна бути дошка-сегмент для утворення у торці плити пазу сферичної форми радіусом 30 мм, що дозволяє збільшити передачу навантаження з плити на плиту.

Щоб збільшити жорсткість кутника-шаблону, через 100 см необхідно ставити підкоси. Вертикальну полицю покривають бітумною емульсією або розрідженим бітумом шаром близько 1 мм. Кутник-шаблон може бути виготовлений на всю ширину покриття або складатися з двох рівних частин.

При влаштуванні робочого шва за типом шва стискання технологічні операції виконують в такій послідовності:

- біля шва видаляють бетонну суміш і встановлюють шаблон-кутник, забезпечуючи збіг верхньої грані вертикальної полиці з поверхнею покриття, закріплюють шаблон штирями-костілями, які забивають в основу впритул до горизонтальної полиці через 100–150 см по довжині;
- пазуху біля шаблону-кутника заповнюють бетонною сумішшю з деяким надлишком, розрівнюють і ущільнюють глибинним вібратором, забивають в бетон металеві штирі-анкери діаметром 20 мм і довжиною 50 см з арматури періодичного профілю або довжиною 70 см з гладкої арматури через отвори в шаблоні-кутнику;
- текстурують поверхню покриття і виконують догляд за бетоном.

Влаштування покриття від робочого шва слід продовжувати в такій послідовності:

- демонтувати кутник-шаблон і гідроізолювати бетон з торця плити бітумною емульсією або плівкоутворюючим матеріалом, який застосовують для догляду за покриттям, не доходячи до верхньої крайки покриття на 50 мм;
- розподілити вздовж торця плити бетонну суміш з бункера розподільвача або іншим способом;
- глибинними вібраторами ущільнити бетонну суміш до двох метрів від робочого шва, а далі ущільнювати бетоноукладачем;
- виконати текстурування поверхні покриття;
- камеру герметизації робочого шва нарізати із застосуванням алмазних дисків після утворення тріщин і досягнення бетоном міцності при стиску не менше ніж 10 МПа;
- очистити заповнити камеру герметизації мастикою.

При влаштуванні робочого шва за типом шва стискання або розширення більш прогресивною технологією, порівняно з використанням шаблона-кутника, є обрізування затверділого бетону на всю товщину з наступним свердлінням горизонтальних отворів та встановлення в отвори штирів і ковпачків на них в шов стискання, або встановлення дошки-прокладки та штирів з ковпачками в шов розширення. За даною технологією, залишаючи технологічний розрив, шви розширення можливо влаштовувати пізніше в літній період за температури вищої 20–25 °С, коли шар бетонного покриття є максимально розширеним.

Влаштування камер герметизації деформаційних швів у затверділому бетоні.

Камери деформаційних швів слід нарізати, як правило, з застосуванням алмазних дисків при досягненні бетоном міцності при стиску в межах 8–10 МПа.

Початок нарізання камер герметизації повинна визначати лабораторія на основі даних про кінетику твердіння бетону і уточнювати разом з виконавцем робіт шляхом пробної нарізки. При пробному нарізанні не повинно бути викришування краю швів більше ніж 2–3 мм.

Камери герметизації швів розширення слід нарізати в затверділому бетоні, орієнтуючись по тріщинах в покритті над верхом прокладки шляхом влаштування алмазним диском двох паралельних прорізів з подальшим видаленням верхньої частини прокладки і вирізаного бруска бетону над нею.

При влаштуванні поздовжнього шва між суміжними плитами, які бетонуються окремо, нарізається камера герметизації після набору бетоном міцності при стиску більше ніж 10 МПа та появи суміжної поздовжньої тріщини в зоні стику (перед бетонуванням суміжних плит на бокову поверхню раніше влаштованої смуги наноситься гідроізолюючий прошарок бітумної емульсії, який провокує у подальшому утворення тріщин в зоні стику).

Камери герметизації нарізають на глибину до 40 мм і шириною 8 мм для поперечних швів та 10–12 мм для поздовжніх швів. Для уникнення наповзання герметика на поверхню проїжджої

частини при русі транспортних засобів влаштовується фаска 3–5 мм під кутом 45°.

Влаштування камер герметизації швів стискання виконується при досягненні бетоном міцності при стиску не менше ніж 10 МПа шляхом розширення в верхній частині попередньо нарізаного пазу спареними алмазними дисками загальною товщиною 8 мм.

Поперечні шви повинні бути нарізані перпендикулярно до поздовжньої осі покриття.

Наскрізний паз для швів розширення перед штучними спорудами дозволяється влаштовувати в затверділому бетоні таким чином: до бетонування необхідно встановити і закріпити до підшовної плити дерев'яний брусок у вигляд двох клиноподібних дощок, що обгорнуті пергаміном, брусок не повинен доходити на 6–7 см до поверхні покриття.

Для кріплення бруска в підшовній плиті слід закласти дерев'яні пробки через 1,5–2,0 м; через 2–3 доби необхідно порізати покриття на 1–2 см ширше бруска, витягнути бетон і брусок, утворюючи наскрізний паз.

Заповнення камер герметизації деформаційних швів

Всі роботи з герметизації виконують в суху погоду за температури навколишнього повітря не нижче ніж 5 °С.

Камери герметизації в затверділому бетоні заповнюють не раніше 7 діб після будівництва покриття і негайно після їх нарізання, промивання і просушування до початку руху технологічного будівельного транспорту по покриттю.

Для забезпечення необхідної якості швів при використанні мастик та герметиків гарячого і холодного застосування виконують наступні технологічні операції:

- очищення камери герметизації за допомогою дротяної дискової щітки;
- продування камери герметизації стисненим повітрям;
- на дно камери герметизації по всій довжині шва укласти і ущільнити термостійкий шнур за допомогою диска на держаку, для запобігання проникнення мастики в паз шва та тріщину;

- нанесення, за необхідності, ґрунтовки на стінки камери герметизації;
- заповнення камери мастикою або герметиком.

Технологічні режими підготовки мастик та герметиків до заповнення камер герметизації деформаційних швів приймають згідно рекомендацій виробника за їх наявності.

Глибина заповнення камер герметиком або мастикою регулюється термостійким шнуром-канатом (пеньковим, поліпропіленовим тощо) та становить 20–30 мм.

2.11. Влаштування асфальтобетонних покриттів

2.11.1. Приготування сумішей

Асфальтобетонні суміші слід готувати згідно з чинними нормами ДСТУ Б В.2.7-119, щебенево-мастикові згідно з ДСТУ Б В.2.7-127.

Бітум із додаванням добавок слід перемішувати до повного суміщення (досягнення однорідності) в окремій змішувальній установці. Приготоване в'язуче перекачують у витратну ємність і нагрівають до робочої температури.

Мінеральний порошок для приготування ЩМАС, повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-121.

Бітум, модифікований полімером, (БМП) повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-135, бітум, модифікований адгезійною добавкою, бітум з добавкою на основі синтетичних восків.

При приготуванні щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші (ЩМАС) застосовують целюлозне волокно або спеціальні гранули на його основі, що сертифіковані згідно з ДСТУ 3498 або мають декларацію постачальника про відповідність згідно з чинними нормами ДСТУ EN 45014.

2.11.2. Укладання асфальтобетонних сумішей

Покриття і основи з асфальтобетонних сумішей та ЩМАС необхідно влаштовувати в суху погоду. Укладання гарячих і холодних сумішей слід проводити навесні і влітку при температурі навколишнього повітря не нижче 5 °С, восени – не нижче 10 °С.

Допускається проводити роботи з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей при температурі повітря не нижче 0 °С при відповідному обґрунтуванні та дотриманні наступних умов:

- при укладанні асфальтобетонних сумішей з спеціальними енергозберігаючими добавками, ПАР та, за потреби, активованим мінеральним порошком;
- при укладанні верхнього шару на свіжоукладеному нижньому шарі до його охолодження (із збереженням температури нижнього шару не менше 20 °С).

Укладання холодних асфальтобетонних сумішей слід закінчувати орієнтовно за 15 днів до початку періоду осінніх дощів, за винятком сумішей зі спеціальними добавками та активованими мінеральними матеріалами.

При спорудженні асфальтобетонних покриттів та покриттів з ЩМАС впродовж декількох будівельних сезонів до настання мінусових температур ділянка готового покриття має бути влаштована або на всю проектну товщину, з обов'язковим проведенням всіх заходів щодо забезпечення тріщиностійкості, або без верхнього шару, за умови проведення заходів, які забезпечують його цілісність та відсутність пошкоджень до продовження будівництва.

Перед укладанням суміші необхідно провести обробку поверхні нижнього шару бітумною емульсією, рідким або в'язким бітумом. При посиленні покриття без припинення літної експлуатації аеродрому слід застосовувати в'язкий бітум.

Обробку нижнього шару покриття в'язким можна не проводити, якщо цей шар влаштовано із застосуванням органічних в'язучих не більше, ніж за 2 доби до укладання суміші і за цей час не знаходився в експлуатації.

Укладання асфальтобетонних сумішей та ЩМАС слід здійснювати смугами паралельно осі елемента аеродрому, починаючи від

середини до країв при двосхилому поперечному профілі і у напрямі похилу при односхилому профілі.

У разі укладання асфальтобетонної суміші одним асфальтоукладальником (окремими смугами) слід проводити розігрів крайки.

При ущільненні ЩМАС та асфальтобетонних сумішей, укладених сполученими смугами, в процесі ущільнення першої смуги вальці котка не повинні наближатися ближче ніж на 10 см до її крайки.

При влаштуванні покриття одночасно декількома асфальтоукладальниками ущільнення слід здійснювати по всій ширині смуг, що укладаються, для досягнення необхідної рівності і щільності в поперечному напрямі.

Поперечні сполучення смуг укладання слід влаштовувати перпендикулярно осі ЗПС або РД.

В кінці робочої зміни край ущільненої смуги необхідно обрубувати вертикально по шнуру або обрізати фрезею.

Виявлені на покритті або основі після закінчення ущільнення ділянки з дефектами (раковинами, з наявним надмірним або недостатнім вмістом бітуму) мають бути вирубані (вирізані); краї вирубок змащені бітумом або бітумною емульсією, заповнені асфальтобетонною сумішшю (чи ЩМАС) і ущільнені.

При влаштуванні асфальтобетонних шарів посилення на неповну ширину ЗПС по бічних краях нового шару для плавного сполучення його з існуючим покриттям слід влаштовувати пандуси із дрібнозернистих або піщаних сумішей.

При реконструкції аеродрому із припиненням літної експлуатації всі роботи слід виконувати в тій же послідовності, що і при будівництві нових покриттів відповідно до вимог цих норм.

Посилення існуючого покриття в умовах виконання польотів на аеродромі необхідно виконувати за спеціально розробленим проектом виконання робіт (ПВР), узгодженим з адміністрацією аеропорту та підрядною організацією і затвердженим в установленому порядку.

Асфальтобетонне покриття слід влаштовувати в спеціально вибрані перерви між польотами (тривалістю не менше 9 годин) для надання можливості будівельній організації підготувати за цей

період повністю закінчену ділянку покриття проектної ширини, що забезпечує безпеку літної експлуатації в решту часу доби.

При виконанні посилення в умовах літної експлуатації аеродрому адміністрація аеропорту спільно з підрядною організацією встановлює:

- час початку укладання асфальтобетонних сумішей, закінчення ущільнення і виведення всіх дорожньо-будівельних машин із зони ЗПС;
- сигнал, що дозволяє в'їзд дорожньо-будівельних машин в зону ЗПС, маршрут і порядок їх руху від місця стоянки і назад, заходи по регулюванню руху;
- місця стояння дорожньо-будівельних машин в неробочий час.

При роботі в нічний час слід забезпечити освітлення ділянки, де виконуються роботи.

Ущільнення асфальтобетонної суміші чи ЦМАС необхідно закінчити не пізніше ніж за 1 годину до початку польотів. При цьому температура на центральній частині ЗПС до моменту зльоту або посадки першого літака не повинна перевищувати 50 °С (для гарячих сумішей).

Перед влаштуванням асфальтобетонного шару посилення необхідно усунути дефекти існуючого покриття. При значних дефектах (глибокі колії і вибоїни) існуючого покриття його необхідно заздалегідь вирівняти асфальтобетонною сумішшю з ущільненням.

При проведенні робіт в умовах літної експлуатації обробку існуючого покриття бітумом слід проводити на ділянці, по довжині не більше змінної захватки.

В кінці кожної зміни після закінчення робіт по влаштуванню асфальтобетонного шару посилення в умовах літньої експлуатації на торцевих ділянках слід влаштовувати пандуси довжиною 5–10 м при товщині шару асфальтобетону до 5 см і не менше 20 м при товщині шару понад 5 см.

Перед продовженням робіт з посилення покриттів пандуси мають бути видалені.

Укладання верхнього шару покриття повинна виконуватися від одного кінця ЗПС до іншого її кінця таким чином, щоб при

використання ЗПС більшість зльотів і посадок повітряних суден виконувалось під похил укосу.

Деформаційні шви в асфальтобетонних покриттях необхідно нарізати до настання мінусових температур.

Перед влаштуванням асфальтобетонного шару посилення в безпосередній близькості від краю існуючого покриття слід встановлювати маяки напроти швів і тріщин на цьому покритті.

Після підготовки існуючого покриття до укладання шару посилення над швами і тріщинами, де будуть нарізані деформаційні шви, укладають розмежувальний прошарок з двох шарів пергаміну або руберойду шириною від 40 см до 50 см з посипанням між шарами дрібнозернистого піску завтовшки від 3 мм до 5 мм. Перед укладанням асфальтобетонної суміші розмежувальний прошарок притискають насипаною асфальтобетонною сумішшю.

Рух транспорту по асфальтобетонному покриттю допускається тільки після герметизації пазів деформаційних швів.

2.12. Влаштування покриттів і основ із щебеню способом просочення

Влаштування основ і покриттів способом просочення бітумом або бітумною емульсією слід проводити в суху погоду при температурі не нижче ніж 5 °С. У разі використання бітумних емульсій при температурі повітря нижче ніж 10 °С їх температура повинна бути в межах від 40 °С до 50 °С.

Влаштування основ способом просочення бітумом слід проводити в наступному порядку: розподіл основної фракції щебеню; ущільнення його котком масою від 6 т до 8 т (5–7 проходів по одному сліду); розлив 50 % загальної витрати в'язучого; розподіл розклинюючої фракції щебеню; ущільнення котком масою від 10 т до 13 т (2–4 проходи по одному сліду); розлив 30 % загальної витрати в'язучого; розподіл другої розклинюючої фракції щебеню; ущільнення котком масою від 10 т до 13 т (3–4 проходи по одному сліду), розлив 20 % в'язучого; розподіл

замикаючої фракції; ущільнення котком масою від 10 т до 13 т (3–4 проходи по одному сліду).

При використанні бітумної емульсії як в'язучого перший її розлив (70% загальної витрати) слід робити після розподілу першої розклинюючої фракції і її ущільнення. Решту 30% емульсій розливають після ущільнення другої розклинюючої фракції.

Щебінь основної фракції при температурі повітря нижче ніж 20 °С слід ущільнювати, як правило, без зволоження, вище ніж 20 °С – щебінь слід поливати водою.

Бітум слід розливати тільки після просихання щебеню, а емульсію – по вологому щебеню.

Всі роботи по розсипу розклинюючих фракцій і їх ущільненню слід проводити відразу після розливу бітуму до його охолодження.

При використанні як в'язучого бітумних емульсій влаштувати покриття на підготовленій основі слід через 10–15 діб при просоченні аніонними емульсіями, через 3–5 діб – при просоченні катіонними.

Рух транспорту дозволяється тільки після закінчення укочування останньої, найдрібнішої фракції щебеню.

При використанні емульсії рух слід відкривати через 1–3 доби після завершення влаштування основи.

При влаштуванні покриттів і основ із щебеню способом просочення необхідно забезпечити виконання нормативних вимог наведених в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Нормативні вимоги при влаштуванні покриттів і основ із щебеню способом просочення

Ч.ч.	Нормативні вимоги	Величина нормативних вимог	Контроль	
			обсяг	метод
1	2	3	4	5
1	Марка щебеню, який використовується для влаштування основ	Не нижче 600	Не рідше 1 разу за 10 змін	Згідно з ДСТУ Б В.2.7-71
2	Фракції щебеню, який застосовується, мм	40–70, 20 (25)–40, 10 (5)–20 (25), 5 (3)–10 (15)		

Закінчення таблиці 2.8

1	2	3	4	5
3	Витрата щебеню, м ³ :		При кожному розсипі щебеню	Вимірювання витрати щебеню на визначену площу
	першої фракції 40–70 мм або 20 (25)–40 мм	З урахуванням коефіцієнту 0,9 до проектної товщини шару і збільшенням отриманого об'єму, на ущільнення в 1,25 раза		
	кожної наступної фракції	від 0,9 до 1,1 на 100 м ² основи		
4	Види в'язучого бітуму бітумних емульсій	БНД 130/200, БД 130/200, БНД 90/130, БД 90/130 ЕБК-2, ЕБК-3, ЕБА-2	1 раз за зміну	Згідно з ДСТУ 4044, [4]
5	Витрата, л/м ² : бітуму бітумних емульсій	від 1,0 до 1,1 на кожен сантиметр товщини шару визначається розрахунком	При кожному розливі Кожну партію емульсії Перед початком розливу При кожному розливі	Вимірювання витрати в'язучого в гудро-наторі на визначену площу Згідно з ДСТУ Б В.2.7-129 Вимірювання термометром Вимірювання витрати води в поливомі-єчній машині на визначену площу
	Концентрація емульсії при застосуванні щебеню, %:			
	вапнякового	від 50 до 55		
	гранітного	від 55 до 60		
	Температура, °С:			
	бітуму	Відповідно до поз. 2 таблиці 29.1		
	емульсії	Без нагріву		
Кількість води для зволоження щебеню першої фракції, л/м ²	від 8 до 10			

2.13. Влаштування покриттів і основ із щебеню, обробленого бітумом в установці

Обробляти щебінь необхідно у змішувальній установці примусової дії.

Тривалість перемішування щебеню з бітумом в змішувальній установці з циркуляційною схемою руху матеріалів складає від 20 с до 40 с, з протиточною схемою – від 30 с до 60 с.

При влаштуванні покриттів і основ способом заклинювання роботи повинні виконуватися в наступному порядку:

- розподіл щебеню основної фракції 20 (25)–40 мм;
- ущільнення шару щебеню котком масою від 6 т до 8 т (від 4 до 6 проходів по одному сліду);
- розподіл щебеню розклинюючої фракції 10 (15)–20 (25) мм і ущільнення 3–4 проходями котка масою від 10 т до 18 т по одному сліду;
- розподіл щебеню фракції 3 (5)–10 (15) мм і ущільнення 3–4 проходями котка масою від 10 т до 13 т по одному сліду.

При використанні щебеню суміші фракцій 5–40 мм і 5–20 мм конструктивний шар слід влаштовувати одним прийомом без розклинювання.

Остаточне формування шару із обробленого бітумом щебеню повинно досягатися укочуванням котками на пневматичних шинах (від 4 до 8 проходів).

Витрата щебеню кожної фракції згідно табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Витрата щебеню

Щільність щебеню, г/см ³	Витрата щебеню фракції, кг/м ²			
	20 (25)–40 мм		10 (15) – 20 (25) мм	3 (5) – 10 (15) мм
	при товщині шару 5 см	при більшій товщині шару добавляти на кожен см товщини, кг/м ²		
2,6	91–97	18–19	9–11	7–8
2,8	98–104	20–21	10–12	7–8
3,0	104–110	21–22	11–13	8–9
3,2	111–126	22–23	11–14	9–10

2.14. Влаштування тонкошарових покриттів із литих асфальтобетонних сумішей

Лита емульсійно-мінеральна суміш (далі ЛЕМС) – це суміш (виготовлена при температурі навколишнього середовища в спеціальній машині – укладальнику) кам'яного матеріалу, максимальним розміром зерен 5 мм, мінерального наповнювача, води і бітумної емульсії.

Лита холодна асфальтобетонна суміш – це суміш отримана таким же чином, але з кам'яного матеріалу, максимальним розміром зерен 15 мм, мінерального наповнювача, води і полімербітумної емульсії.

Основа, на якій влаштовують тонкошарове покриття з ЛЕМС, може бути з асфальтобетону, цементобетону, які мають коефіцієнт міцності не менше 0,9 та у яких максимальний просвіт під рейкою в поздовжньому напрямку не перевищує 40 мм.

Роботи з влаштування тонкошарового покриття не виконуються, якщо температура повітря або покриття плюс 10 °С та нижче і продовжує знижуватись. При температурі плюс 5 °С, якщо остання має тенденцію до підвищення роботи виконувати дозволяється. У дощову погоду виконання робіт заборонено. Дозволяється виконувати роботи при вологому покриттю при відсутності води.

Вибоїни або зміни профілю покриття у вигляді просідань, невеликих за площею ділянок із сильною або середньою гребінкою усувають заздалегідь шляхом укладання асфальтобетонної гарячої або емульсійно-мінеральної суміші. Допускається холодне фрезерування покриття у місцях вибоїн і ям. При наявності ділянок із гребінкою або напливами, покриття на них фрезерують і замінюють новим матеріалом.

Перед початком влаштування тонкошарового покриття аеродромне покриття повинно бути очищене від сторонніх предметів та забруднень.

При виконанні робіт по цементобетонному покриттю або асфальтобетонному покриттю з викришуванням за 30–60 хвилин до початку влаштування тонкошарового покриття необхідно

зробити підґрунтовку швидкорозпадною бітумною емульсією (згідно з ТУ У В.2.7.03450778.092) з нормою витрат від 0,3 л/м² до 0,6 л/м². Якщо підґрунтовка не робиться та температура поверхні покриття вище ніж 30 °С – обов'язкове попереднє зволоження поверхні старого покриття водою.

Після укладання емульсійно-мінеральної та холодної асфальтобетонної суміші необхідно виконати накочення укладеного шару котком на пневматичних шинах.

2.15. Застосування геосинтетичних матеріалів

Армуючі синтетичні матеріали (АСМ) у вигляді сіток використовують при будівництві або ремонті нежорстких та жорстких аеродромних одягів з асфальтобетонним покриттям для влаштування тріщиноперериваючих прошарків. Такий прошарок є конструктивним елементом аеродромного одягу і є композицією з армуючого синтетичного матеріалу і в'язучого.

Тріщиноперериваючий прошарок улаштовують:

- над тріщинами в асфальтобетонному або цементобетонному шарах летовища, що підлягають ремонту;
- над зонами, у яких очікується поява тріщини, у тому числі:
 - над робочими швами в шарах основи із цементобетону або асфальтобетону;
 - у зоні сполучення старої й нової конструкції аеродромного одягу при поширенні злітно-посадкової смуги.

Роботи із влаштування тріщиноперериваючого прошарку з використанням сітки повинні передбачати наступні технологічні операції:

- підготовку поверхні основи;
- первинний розлив в'язучого (катионоактивної бітумної емульсії);
- укладання, натягування і кріплення сітки;
- вторинний розлив в'язучого;
- укладання асфальтобетонного шару.

Перераховані операції виконують в одну зміну з плануванням мінімально можливої відстані потоку між ними.

Роботи із влаштування тріщиноперериваючого прошарку з використанням сітки повинні виконуватися в суху погоду: навесні – при температурі повітря не нижче ніж 5 °С; восени – при температурі повітря не нижче ніж 10 °С.

Між технологічними операціями передбачаються розриви в часі, які залежать від матеріалів, що застосовуються, і погодних умов (табл. 2.10).

Період часу між первинним розливом бітумної емульсії й укладанням АСМ має забезпечити розпад емульсії і коректується в залежності від погодних умов.

Таблиця 2.10 – Розрив у часі для технологічних операцій

Ч.ч.	Технологічна операція	Розрив у часі, год,	
		не менше	не більше
1	Підготовка поверхні основи	–	–
2	Заливання тріщин мастикою	1	12
3	Первинний розлив бітумної емульсії	–	2
4	Укладання ґратки, її натягнення і кріплення	2	6
5	Вторинний розлив бітумної емульсії	–	2
6	Укладання асфальтобетону поверх ґратки	1,5	8

Підготовка поверхні основи аеродромного одягу до влаштування прошарку включає наступні основні операції: очищення, прогрів і заливання мастикою тріщин, а також вирівнювання, просушування й обезпилювання поверхні основи.

Основа повинна забезпечувати належне зчеплення шарів, бути сухою, чистою і підготовленою таким чином, щоб сітка не деформувалася за наявності нерівностей.

Тріщини шириною менше 3 мм не потребують ніякої попередньої обробки. Перед укладанням геосітки поперечні тріщини шириною більше 3 мм і поздовжні тріщини довжиною більше 3 м і шириною більше 5 мм повинні бути прочищені і заповнені герметизуючим матеріалом.

Для забезпечення надійного зчеплення нового шару асфальтобетону з підготовленою основою необхідно рівномірно нанести підґрунтовку з в'язкого гарячого бітуму, розрідженого бітуму або катіоноактивної швидкорозпадної бітумної емульсії.

Розлив бітуму здійснюють з розрахунку від 0,6 л/м² до 0,9 л/м², при обробці основи 60%-ою бітумною емульсією – від 0,8 л/м² до 1,1 л/м².

Температура бітуму при цьому повинна бути від 140 °С до 160 °С. Причому ширина розподілу в'язучого повинна (на 0,15–0,20) м перевищувати ширину прошарку що влаштовують.

Бітумну емульсію концентрації від 60% до 67% дозволяється використовувати для укладання сіток при температурі повітря вище ніж 10 °С. Емульсія повинна бути нанесена рівномірно, тому бажано застосовувати технологію розбризкування емульсії форсунками, а не розлив.

При температурі нижче ніж 10 °С для кращого розподілу по покриттю застосовується малов'язка емульсія. Ефект зменшення в'язкості емульсії досягається зменшенням вмісту бітуму до (55–60) %.

Температура емульсії при нанесенні повинна бути не нижче ніж 60 °С.

Витрату бітумної емульсії для забезпечення належного взаємного зчеплення шарів визначають в залежності від класу шорсткості і виду текстури існуючого покриття (основи). Орієнтовні норми розливу бітуму для підґрунтовки наведені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Норми розливу бітуму для підґрунтовки

Клас шорсткості	Шорсткість покриття за методом піщаної плями, мм	Вид текстури основи	Орієнтовна норма розливу бітуму, кг/м ²	
			геосітки	геокомпозит
4	0,8–1,2	Крупнозерниста	0,90–1,15	0,95–1,20
3	0,4–0,8	Середньозерниста	0,85–1,10	0,90–1,15
2	0,2–0,4	Дрібнозерниста	0,75–1,05	0,80–1,10
1	< 0,2	Піщана	0,65–1,00	0,70–1,05

Примітка 1. Норму витрати уточнюють на місці виконання робіт за результатами пробного наклеювання АСМ.

Примітка 2. При використанні способу розподілу бітуму шляхом розбризкування форсунками норма розливу може бути зменшена.

Первинний розлив бітумної емульсії для ґраток без підложки необхідно здійснювати з розрахунку 0,6 л/м². Після розливу бітумної емульсії влаштовують технологічну перерву.

Орієнтовний проміжок часу між розливом в'язучого і укладкою АСМ при використанні підґрунтовки з бітумної емульсії наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Проміжок часу між розливом в'язучого і укладкою АСМ

Температура повітря, °С	Стан основи		
	суха	помірно волога	волога
15–20	2 год	3 год	4 год
20–30	1 год	2 год	3 год
більше 30	0,5 год	1 год	2 год

Полотна геосітки слід укладати окремими смугами з перекриттям не менше ніж 0,15 м і 0,5 м відповідно, в поперечних і в поздовжніх стиках.

Рулони треба розкочувати рівно без перекосів і складок, з невеликим поздовжнім натягненням.

В межах перекриття полотна повинні бути додатково підґрунтовані, якщо зчеплення полотен не забезпечується прониканням бітуму (бітумної емульсії) знизу. Для забезпечення щільного прилягання сітки до основи і зчеплення з нею, притискають сітки по краях асфальтобетонною сумішшю.

Полотно сітки повинне бути розташоване:

- при локальному армуванні тріщини – уздовж і симетрично відносно середньої лінії тріщини. Відстань від краю сітки до тріщини повинна бути не менше ніж (50 ± 10) см. При армуванні тріщин великої кривизни полотно сітки допускається розрізати на короткі шматки й укладати з перекриттям вздовж тріщини;
- при суцільному армуванні – паралельно осі елементу аеродрому.

При укладанні ґраток у кілька шарів поперечні стики повинні бути зміщені відносно один одного на 2–3 м.

Перекрыття полотен сітки в поперечних стиках влаштовують із урахуванням напрямку укладання асфальтобетонної суміші: наступне полотно повинне укладатися на полотно, на якому вже укладається суміш. При цьому величина перекрыття повинна бути не менше ніж 25 см.

При укладанні сітки початок рулону закріплюють на поверхні дюбелями зі сталевими шайбами. При ширині сітки 1 м забивають 4 дюбеля, при більшій ширині дюбелі забивають із кроком від 30 см до 50 см. Потім рулон сітки розгортають на 2–3 м без хвиль і складок; бічні сторони закріплюють із інтервалом 2 м і знову розгортають рулон, закріплюючи дюбелями. Дюбель забивають у рівень з поверхнею основи.

Після закріплення сітки необхідно зробити повторний розлив бітумної емульсії з розрахунку $0,4 \text{ л/м}^2$ і до укладання асфальтобетонного шару зробити технологічну перерву.

По покритому сіткою покриттю рух транспорту до укладки асфальтобетонної суміші не рекомендується.

Після укладання сітку необхідно прикатати за 3–4 проходи легкого котка.

При температурі укладки нижче ніж 10°C після укладання сітки для прискорення розпаду емульсії та запобігання руйнуванню сітки та відриву від поверхні покриття під дією коліс вона присипається природним сухим дрібнозернистим піском з нормою розсипу від $0,4 \text{ кг/м}^2$ до $0,5 \text{ кг/м}^2$.

Влаштування асфальтобетонного покриття ведуть за типовою технологією, звертаючи увагу на якість укладеного прошарку і регулюючи режим руху автомобілів, що підвозять асфальтобетонну суміш.

При використанні асфальтоукладача сітка повинна бути покрита одним шаром асфальтобетону товщиною не менше ніж 5 см. Край асфальтобетонного шару після закінчення роботи укладача не повинен співпадати з місцем перекрыття полотен сітки. Ущільнення армованого асфальтобетонного шару повинно виконуватися легким або середнім двохвальцевим котком, або котком на пневмошинах. Остаточне ущільнення – важким двохвальцевим котком.

Укладання шару асфальтобетону по сітці здійснюють після розпаду емульсії(без додаткового розбризкування бітуму).

Температура асфальтобетонної суміші при застосуванні АСМ не повинна перевищувати допустиму температуру нагріву з врахуванням температури плавлення чи термодеструкції сировини з якої виготовлений АСМ із запасом на 15–20 °С.

Режим руху автомобілів що підвозять асфальтобетонну суміш повинен виключати зсув, пошкодження або забруднення прошарку з сітки колесами транспортних засобів. Розворот автомобілів повинен виконуватися за межами ділянки з прошарком, а заїзд і виїзд на прошарок по одній і тій же колії.

При посиленні існуючих покриттів асфальтобетоном вирівнюючий шар влаштовують тільки при висоті нерівностей понад 3 см.

Для посилення жорстких покриттів застосовують тільки щільні асфальтобетонні суміші.

На ділянках, що мають велику кількість наскрізних тріщин, виконують армування асфальтобетонного шару посилення металевими, полімерними або склопластиковими сітками, що розташовуються під верхнім шаром асфальтобетону або між середнім та нижнім шаром.

Будівництво покриттів аеродромів із цементобетону з використанням нетканого геотекстильного прошарку практично не відрізняється від традиційного.

Підготовчі роботи. До початку влаштування прошарку із нетканого геотекстилю поверхня, на якій він буде розміщений, повинна бути рівною, сухою і чистою, без будь-якого забруднення і сміття.

Якщо геотекстиль використовується для розділення при посиленні бетону або новому будівництві, в першу чергу повинні бути виконані відповідні заходи по ремонту існуючого покриття.

Укладання геотекстилю шляхом розкочування його на підстиляючій поверхні. Натягувати матеріал необхідно досить щільно, щоб не залишалось зморшок або складок, але не так туго, щоб волокна розтягнулися чи виникли розриви. Геотекстиль повинен бути розміщений тільки безпосередньо перед укладкою бетонного покриття. Рух будівельної техніки по геотекстилю має бути мінімізовано.

Необхідно уникати різких поворотів і надмірного прискорення та гальмування.

Для забезпечення стійкості геотекстилю при проїзді укладальної техніки він закріплюється на основі через кожні 2 м, або менше, за допомогою дюбелів, шпильок або цвяхів, які мають зверху оцинковані шайби або диски діаметром від 50 мм до 70 мм. Сусідні рулони повинні перекриватися по (20 ± 5) см та в будь-якому місці.

Вільний край геотекстилю повинен виступати за краї нового бетону і досягати місця, яке полегшує дренаж. При необхідності до вкладання бетону геосинтетичний матеріал повинен бути зволуженим (але не водонасиченим). Ця вимога може бути не обов'язковою і залежить від очікуваної можливості втрати вологи з суміші.

Основа повинна бути підготовлена перед початком укладання полотен геосітки, не містити глиб і кам'яних матеріалів, коренів дерев, будівельного сміття і т. п. для запобігання пошкодження матеріалу при його розкочуванні. Нерівності поверхні повинні бути виправлені: опуклості зрізані, пониження засипані.

Для вирівнювання основи слід застосовувати легку будівельну техніку (наприклад, легкі бульдозери) для того, щоб наносити мінімальні порушення природній структурі ґрунту основи. Для основ з малою несучою здатністю, таких як торф'яні болота, слід уникати зняття верхнього рослинного шару, використовуючи міцність його кореневих переплетень. Проте вся поверхнева рослинність повинна зрізатися до рівня ґрунту.

Після підготовки основи розстилається полотно геосітки відповідно до напрямку відсіпання зернистого шару перекриття або вище розміщеного ґрунту. Забороняється тягнути полотно по основі до місця укладання. Рулон повинен бути укладений і розкочений максимально рівно і гладко. Хвилі і складки слід розрівнювати підтяганням країв з їх подальшим кріпленням до основи за допомогою нагелів.

Паралельні геополотна повинні бути укладені з перекриттям, бути зшитими або сполучені іншим способом згідно специфікації. Величина напуску матеріалу по ширині полотна повинна складати від 0,25 м до 0,30 м, а по довжині полотна від 0,50 м до 0,70 м.

На ділянках торфу, де можна очікувати надмірного осідання конструкції з часом, або при укладанні геополотен на дно водоймищ, величина перекриття іноді збільшується до (2–2,5) м.

На горизонтальних кривих або в місцях поворотів траси полотна повинні бути при різанні укладені одне на друге у напрямі повороту. Місця з'єднання полотен повинні бути скріплені скобами або пришпилені нагелями з кроком приблизно від 1,5 м до 2,0 м.

Горизонтальна анкерівка полотен із геосітки здійснюється нагелями з перекриттям 200 мм.

Забороняється заїзд будівельної техніки безпосередньо на незахищене (неприкрите) полотно геосітки. Для можливості заїзду техніки необхідно влаштувати поверх полотен захисний шар з зернистого матеріалу, наприклад щебеню. Заїзд допускається, якщо товщина цього шару між шинами автомобіля і геополотном складає від 0,15 м до 0,3 м.

Для основ з малою несучою здатністю для відсіпання першого шару перекриття необхідно передбачити застосування легких машин і механізмів.

Перший шар ґрунту перекриття ущільнюється самоскидами, які привозять ґрунт, і розрівнюють бульдозерами, а після цього доущільнюється гладковальцовим віброкотком. Мінімальна проектна щільність шару, особливо на слабій основі, може бути понижена на 5 %.

Напрямок руху техніки повинен бути паралельним осі елементів аеродрому. Для запобігання зсуву паралельно укладених полотен на першому ґрунтовому шарі, укладеному на геосинтетичний матеріал, повороти техніки не допускаються. Розвороти техніки дозволяються лише за межами конструкції.

На дуже слабих основах, де геотекстиль повинен забезпечити ефект посилення, необхідно передбачити попереднє натягнення полотен. Для попереднього натягнення використовуються проїзди важких автомобілів на пневмоході, наприклад, завантажені самоскиди.

При застосуванні геосинтетичних матеріалів необхідно забезпечити виконання нормативних вимог, які наведені в табл. 2.13 (див. с. 274).

Таблиця 2.13 – Нормативні вимоги при застосуванні геосинтетичних матеріалів

Ч.ч.	Технологічна операція	Параметр, що контролюється	Вид контролю	Інструмент	Припустимі відхилення	Періодичність контролю
1	Підготовка поверхні основи	Чистота поверхні	Візуальний	–	Запиленість не допускається	Постійно
2	Розлив бітумної емульсії	Дозування бітумної емульсії	Інструментальний	Штатні прилади автогудронатора	±6 % норми	1 раз перед початком робочої зміни автогудронатора
3	Швидкість розпаду	Те ж	Лабораторне устаткування	Згідно з ДСТУ Б.В. 2.7-129	Для кожної партії	Постійно
4	Укладання й натягування ґратки	Рівність укладання сітчастого полотна у вертикальній площині	Візуальний	–	Наявність не більше 1 % від площі полотна ґратки «міхурів» і складок	Не рідше ніж через 10–15 м
5	Перекриття у стиках	Інструментальний	Мірна лінійка	–	+5 см	Не рідше ніж через 2–3 м
6	Перекіс полотна ґратки в горизонтальній площині	Те ж	Те ж	–	1 см; не більше 10% вимірів від 1,0 см до 2,0 см	Те ж

2.16. Приймання виконаних робіт

Зміст і послідовність приймання загальнобудівельних робіт, виконаних на аеродромі, повинні відповідати вимогам чинних норм ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДБН А.3.1-9:2015 «Захисні споруди цивільного захисту. Експлуатаційна придатність закінчених будівництвом об'єктів».

При прийманні виконаних робіт належить провести огляд робіт в натурі, контрольні виміри, перевірку результатів виробничих і лабораторних випробувань будівельних матеріалів і контрольних зразків, записів у загальному журналі робіт і спеціальних журналах по виконанню окремих видів робіт і пред'явити технічну документацію на будівництво, включаючи ПКД, ПОБ, ПрПР та ПВР.

Додатково, при прийманні завершених робіт по будівництву аеродрому необхідно враховувати наступне.

При спорудженні аеродромів, покриття яких розраховане під нормативне навантаження позакатегорійне-1500-6 (П/к-1500-6), позакатегорійне-960-15 (П/к-960-15), позакатегорійне-15 (П/к-15), позакатегорійне (П/к), I, II і III категорій, а також у разі застосування в аеродромному покритті нових нетипових конструкцій і матеріалів, приймальний контроль повинен здійснюватися, як правило, з врахуванням результатів вимірювань спеціалізованих випробувальних організацій.

При прийманні закінчених робіт використовується метод порівняння фактичних значень контрольованих показників в кінцевій продукції з проектними і допустимими їх значеннями. Якщо хоч один з показників по конкретному елементу не відповідає допустимому його значенню, тоді виконана робота по цьому елементу в обсязі розповсюдження дефекту не підлягає прийманню і потребує необхідної доробки.

Відповідальна особа, яка виконує будівельні роботи, повинна мати на кожен вид робіт розроблену за прийнятим зразком технологічну карту, де мають бути зазначені допустимі значення контрольованих показників.

Обсяг вимірювань має бути не менше 20% обсягу вимірювань при операційному контролі (при цьому число вимірювань має бути не менше ніж 20).

При прийманні робіт оцінка рівності поверхні виконується на основі:

- графічного запису, отриманого за допомогою приладів, які призначені для вимірювання рівності покриття (інформаційний матеріал наведено у ДСТУ 8745:2017);
- візуального огляду, в результаті якого вибираються захватки для детального вимірювання рівності та поперечних ухилів.

Захватки вибираються в будь-якому місці вимірної ділянки, які мають постійні середні значення показника рівності або ці показники відрізняються не більше ніж на 10–15%. Захватки в загальному випадку вибираються довжиною 300–400 м. Сумарна довжина захваток повинна складати не менше 10% довжини ділянки, що здається, в однорядному вимірюванні.

Детальний контроль рівності поверхні основи або покриття на вибраних захватках слід виконувати по осі ряду (смуги) шляхом реєстрації просвіту під трьох метровою рейкою, запису показників стрілочного приладу або графічного запису для пересувних рейок.

Вимірювання просвітів під трьох метровою рейкою за допомогою клину (промірнику) слід проводити в п'яти контрольних точках, розташованих на відстані 0,5 м від кінців рейки та одна від одної.

У процесі детального контролю рівності виконується засвідчення візуальним оглядом стану покриття.

На підставі отриманих при нівелюванні по осі кожного ряду відміток необхідно вирахувати алгебраїчну різницю висотних відміток точок (амплітуд) по формулі:

$$\frac{H_i + H_{i+2}}{2} - H_{i+1},$$

де H_i, H_{i+1}, H_{i+2} – відмітки суміжних точок.

Обчислення необхідно виконувати з урахуванням зміщення на 5 м, для отримання по кожній захватці не менше ніж 50–60 значень амплітуди.

Для цементобетонних покриттів число плит з тріщинами не повинно перевищувати 2%.

Приймання робіт із створення дернового покриву на аеродромі слід проводити після розвитку (зростання) посіяних трав.

Перелік видів робіт, для яких необхідно складання актів на приховані роботи:

1. Освоєння території і підготовчі роботи.
 - 1.1. Зняття та обвалування рослинного ґрунта.
 - 1.2. Усунення просідності.
 - 1.3. Заміна непридатного ґрунта (заторфованого, мерзлого, засоленого тощо).
 - 1.4. Корчування пнів.
 - 1.5. Засипання підкореневих ям при корчуванні дерев.
 - 1.6. Розбирання існуючих покриттів, підземних споруд та інженерних комунікацій.
 - 1.7. Прибирання каміння, видалення моху.
2. Геодезичні роботи.
 - 2.1. Розбивка геодезичної будівельної сітки.
 - 2.2. Розбивка плями ЗПС, РД, МС, перонів, площадок спецпризначення, доріг та споруд.
 - 2.3. Розбивка осей ЗПС, РД, МС, перонів, площадок спецпризначення, доріг та споруд.
 - 2.4. Розбивка пікетажних і плюсових точок в плані та по висоті (проект земляних робіт).
3. Земляні роботи.
 - 3.1. Підготовка основи під насип.
 - 3.2. Пошарове відсипання і ущільнення насипу.
 - 3.3. Влаштування корита штучних покриттів.
 - 3.4. Підготовка поверхні підготованої виїмки.
4. Дренажна та водовідвідна система.
 - 4.1. Огляд та контроль відритих каналів, траншей та котлованів.
 - 4.2. Влаштування кріплення стін траншей та котлованів.
 - 4.3. Заміна непридатного ґрунта для зворотної засипки.
 - 4.4. Влаштування основ під труби та колодязі.
 - 4.5. Влаштування гідроізоляції колодязів, лотків та труб.

4.6. Влаштування дренажа, осушувачів, збирачів, перепусків та колекторів.

4.7. Випробування колекторів на герметичність.

4.8. Зворотна засипка траншей та котлованів, забивка пазух труб, колодязів.

4.9. Зворотна засипка дрен, осушувачів фільтруючим наповнювачем.

4.10. Укріплення русл біля водовідвідних споруд та укріплення водовідвідних каналів.

5. Штучні основи.

5.1. Підготовка поверхні корита штучних покриттів.

5.2. Влаштування спеціальних шарів – стабілізації, гідроізоляційних, капіляронерериваючих, протиздимальних, підстильних тощо.

5.3. Влаштування основ із камінних матеріалів та ґрунтів, оброблених в'язучим.

5.4. Влаштування дренажних основ.

5.5. Влаштування вирівнюючого шару.

5.6. Ямковий ремонт існуючих основ.

6. Штучні покриття.

6.1. Влаштування деформаційних швів.

6.2. Армування покриттів, установка та натягування напруженої арматури.

6.3. Обмазка бічних сторін плит бітумом.

6.4. Влаштування розділових прошарків.

6.5. Підготовка поверхні існуючих або раніше укладених покриттів при посиленні, ремонті, будівництві наступних шарів покриття.

6.6. Заміна зруйнованих плит.

6.7. Ямковий ремонт існуючих покриттів.

6.8. Відновлення плит з луцненням поверхні.

6.9. Очищення, розшивка, заливання і ремонт швів та тріщин існуючих покриттів.

6.10. Укладання та ущільнення конструктивних шарів покриття.

6.11. Зварювання стикових з'єднань покриттів із плит ПАГ.

6.12. Влаштування перехідних плит між жорстким і нежорстким покриттям, між існуючим та новим покриттям, розширенням та подовженням.

6.13. Примикання нових покриттів до існуючих.

7. Штучні споруди.

7.1. Влаштування кабельних переходів.

7.2. Влаштування водовідвідних лотків.

7.3. Влаштування водопропускних труб.

7.4. Влаштування якірних кріплень.

7.5. Влаштування заземлень.

7.6. Влаштування прохідних та напівпрохідних каналів для інженерних комунікацій.

7.7. Влаштування футлярів для інженерних комунікацій.

7.8. Захист існуючих інженерних комунікацій.

7.9. Влаштування підпірних стін.

8. Агротехнічні роботи.

8.1. Відновлення рослинного ґрунту.

8.2. Огляд робіт по благоустрою ділянки.

8.3. Передпосівна обробка ґрунту.

8.4. Внесення добрив.

8.5. Посів насіння травосуміші.

Додаткові роботи, які не ввійшли в перелік, але які виконані, і не можуть бути після завершення будівництва підтверджені візуально, теж підлягають актуванню.

РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ СУПРОВІД

Роботи з науково-технічного супроводу (НТС) виконуються згідно ДБН В.1.2-5 на всіх етапах життєвого циклу об'єкту, а саме: проектування, будівництво, реконструкція, ремонт, експлуатаційне утримання. Обов'язковим є виконання моніторингу протягом 3-х років після здачі об'єкта в експлуатацію.

Роботи з НТС виконуються з урахуванням вимог ДБН В.1.2-5, ДБН В.2.3-4, ДСТУ 3587, П-Г.1-218-113 та на підставі узагальнення досвіду проведення науково-дослідних робіт з питань супроводу об'єктів.

Науково-технічним супроводом у будівництві є науково-технічна діяльність однієї або декількох організацій, пов'язана з виконанням певного комплексу робіт на різних етапах життєвого циклу будівельних об'єктів (згідно ДБН В.1.2-5).

Метою НТС є вирішення проблем, які не обумовлені існуючими нормативними документами та можуть виникнути на різних етапах життєвого циклу дорожнього об'єкту (далі – об'єкту).

Головним завданням НТС є забезпечення вирішення проектних, конструктивно-технічних та будівельно-технологічних проблем з мінімальним ризиком помилок в умовах відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці.

Виконувати НТС можуть базові організації з науково-технічної діяльності у будівництві згідно постанови № 583 Кабінету Міністрів України. Відповідальність виконавців і замовників під час науково-технічного супроводу визначається чинним законодавством України.

Перелік та вартість робіт з НТС на етапах виконання робіт з будівництва, реконструкції, ремонтів та експлуатаційного утримання закладають у проєкті на відповідний об'єкт.

Вартість робіт з НТС об'єктів визначається згідно з чинними нормами ДСТУ-Н Б Д.1.1-8.

НТС виконується протягом всього періоду виконання робіт з проектування, будівництва, реконструкції, ремонтів та експлуатаційного утримання об'єкту.

3.1. Зміст робіт з НТС об'єктів

Зміст робіт з НТС об'єктів повинен відповідати задачам, що виникають на кожному етапі виконання роботи, тобто при проектуванні, будівництві, реконструкції, ремонтах і експлуатаційному утриманні.

Основними видами робіт з НТС є:

- надання інформаційної допомоги;
- проведення обстежень;
- аналіз існуючих технічних рішень;
- виконання нетипових (індивідуальних) розрахунків аеродромних конструкцій;
- пропозиції щодо використання сучасних матеріалів та ефективних технологій;
- розробка та апробація нових конструктивних або технологічних рішень;
- перевірка відповідності матеріалів, технологій та конструкцій вимогам діючих нормативних документів;
- розроблення рекомендацій щодо усунення негативних процесів, що мають місце або можуть мати у майбутньому;
- моніторинг об'єкту.

Моніторинг об'єкту здійснюється у складі супроводу або як окрема робота. Необхідність проведення робіт з моніторингу у складі супроводу визначає замовник.

Перед початком робіт з НТС об'єктів обов'язковим є складання програми робіт, затвердження замовником і погодження проектною організацією.

3.2. Роботи з НТС на етапі проектування

На етапі проектування об'єкту НТС передбачає такі основні види робіт:

- аналіз світового досвіду проектування подібних об'єктів для оптимізації конструктивних та технологічних рішень на об'єкті або його елементах (геометрія, конструкції, матеріали, що застосовуються, тощо);

- аналіз ґрунтово-геологічних умов, що передбачає розробку пропозицій по використанню в ґрунтових конструкціях місцевих ґрунтів з урахуванням їх виду, вологості, можливості використання великотоннажних відходів промисловості тощо (додатки А і В);
- уточнення конструкції та властивостей існуючої аеродромної конструкції (при проектуванні реконструкції та ремонтів) (додатки А, Б і В);
- перевірка розрахунків аеродромної конструкції, розташування інженерного облаштування (додатки А, Б і В);
- розробка пропозицій щодо використання сучасних, ефективних, економічно вигідних матеріалів та технологій (додатки А, Б і В);
- апробація прийнятих конструктивних та технологічних рішень;
- розробка необхідних кошторисних нормативів;
- розробка пропозицій щодо внесення моніторингу об'єкту до складу проектної документації.

3.3. Роботи з НТС на етапі будівництва, реконструкції, ремонтів

На етапі будівництва, реконструкції, ремонтів об'єкту НТС передбачає такі основні види робіт:

- локальна експертиза проектних рішень і оцінка запроектованої аеродромної конструкції з перевіркою відповідності прийнятих проектних рішень реальним кліматичним та гідро-геологічним умовам;
- за результатами інженерно-геологічних вишукувань внесення пропозицій щодо змін та доповнень в проектну і технічну документацію (використання нових технологій, матеріалів та виробів);
- надання інформаційної допомоги у вирішенні технічних питань, що виникають в процесі проведення робіт по об'єкту;

- корегування або розробка (за необхідності) кошторисної документації;
- здійснення контролю та відповідних організаційно-технічних заходів по забезпеченню виконання робіт у відповідності з вимогами чинних нормативних документів;
- протягом всього терміну виконання робіт проведення випробувань для підтвердження відповідності характеристик матеріалів і конструкцій проектним вимогам та чинним нормативним документам;
- систематичний нагляд за технічним станом об'єкта і розробка пропозицій по корегуванню конструктивних рішень та технологічних параметрів виробничих процесів з урахуванням реальних умов виробництва;
- участь (за необхідності) у розробці схем організації руху автотранспорту, в т. ч. технологічного;
- консультації та технічна допомога по вирішенню складних технологічних питань.

3.4. Роботи з НТС при експлуатаційному утриманні

Обсяг робіт з НТС при експлуатаційному утриманні повинен забезпечувати достовірність і достатню кількість інформації, що отримується для підготовки обґрунтованого висновку про стан об'єкту.

При супроводі експлуатаційного утримання об'єкту передбачаються такі основні види робіт:

- діагностика, визначення експлуатаційно-технічних показників об'єкту або його окремих елементів;
- розробка пропозицій по ефективній роботі об'єкту в зимовий період року;
- розробка пропозицій по озелененню придорожньої смуги, вирубанню рослинності, догляду та компенсаційним насадженням.

3.5. Порядок виконання робіт

НТС об'єкту здійснюється на замовлення власника об'єкту, проектної та підрядної організації або за ініціативою відповідного органу державного нагляду.

Залежно від характеру, складності та обсягів робіт НТС здійснюють один або декілька виконавців. Якщо в роботах з НТС беруть участь декілька виконавців, то серед них визначають головного виконавця (генпідрядника), який обов'язково повинен бути базовою організацією з науково-технічної діяльності у будівництві. Решта виконує функції субпідрядників для виконання окремих видів робіт і є співвиконавцями НТС.

Роботи з НТС мають здійснюватися згідно з договором (контрактом) між замовником і виконавцем (генпідрядником) за ініціативи замовника. Взаємодія між генпідрядником та субпідрядником обумовлюється договорами (контрактами) між ними.

Обов'язками замовника НТС є:

- ініціювання роботи з супроводу поданням замовлення на виконання цих робіт за довільною формою;
- надання вихідних даних для розроблення програми НТС;
- призначення виконавця НТС;
- за поданням виконавця розгляд і затвердження програми НТС та участі співвиконавців у роботі;
- приймання рішення і укладання договору із виконавцем на виконання робіт;
- перевірка ходу виконання робіт з НТС, розгляд та прийняття робіт по окремих етапах і в цілому;
- забезпечення виконання рекомендацій та пропозицій, отриманих за результатами робіт з НТС.

Обов'язками виконавців НТС є:

- за замовленням і на підставі вихідних даних замовника розробка програми НТС, узгодження її з проектною організацією і подання на затвердження замовнику;
- виконання робіт з НТС відповідно до завдань і термінів, що встановлені програмою і договором із замовником;

- підготовка та подання замовнику проект договору на виконання робіт з НТС;
- укладання договорів із співвиконавцями на виконання окремих етапів НТС та координація їх роботи;
- приймання окремих етапів робіт та роботу в цілому у співвиконавців;
- при необхідності участь у нарадах присвячених виконанню робіт на об'єкті;
- складання звітної документації і несення відповідальності перед замовником за надані технологічні рішення і рекомендації, терміни та якість виконаних робіт.

Керівництво роботами з НТС здійснює науковий керівник (керівник) супроводу, якого призначає організація-виконавець.

3.6. Джерела фінансування та розрахунки сторін

Джерелами фінансування робіт з НТС є:

- державні і комунальні кошти;
- кошти замовників;
- кредити банків;
- інші джерела фінансування.

Витрати на виконання НТС об'єкту відшкодовуються виконавцю замовником на підставі кошторисної документації, складеної в установленому порядку.

Кошторис на покриття витрат на виконання НТС враховується у зведеному кошторисі при відповідному обґрунтуванні.

3.7. Використання результатів науково-технічного супроводу

Під час виконання проектування об'єкта результати робіт з НТС використовують для прийняття проектних та конструктивних рішень із застосуванням сучасних матеріалів та орієнтацією на передові технології виконання будівельно-монтажних робіт.

Під час будівництва об'єкта результати робіт з НТС використовують для відпрацювання конструктивних рішень окремих вузлів та елементів і оперативного вирішення питань з організації виробничих процесів з урахуванням реальних умов виконання робіт.

На стадії експлуатації результати робіт з НТС використовують для підтримання у робочому стані об'єкта, окремих його елементів або конструкцій, а також для розроблення конструктивних і технологічних рішень щодо його ремонту або реконструкції.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Науково-технічний супровід «Обґрунтування зміни конструктивів штучної злітно-посадкової смуги та руліжної доріжки міжнародного аеропорту «Одеса» згідно з діючою нормативною базою»

Роботи з науково-технічного супроводу «Обґрунтування зміни конструктивів штучної злітно-посадкової смуги та руліжної доріжки Міжнародного аеропорту «Одеса» згідно з діючою нормативною базою виконувались на замовлення ДП «Дирекція з будівництва Міжнародного аеропорту «Одеса».

Розглядається основна конструкція жорсткого аеродромного покриття, запропонована у проекті «Реконструкція, будівництво аеродромного комплексу КП «Міжнародний аеропорт» Одеса (див. рис. А.1).

Це двошарова конструкція жорсткого бетонного аеродромного покриття на жорсткій основі, що містить:

- верхній шар з високоміцного бетону класу В40 (*Btb 4,8/60*), товщиною – 0,40 м;
- нижній шар з «пісного» бетону класу В7,5, товщиною – 0,30 м;
- жорстка основа з ґрунтоцементну оптимальної суміші М75, товщиною – 0,15 см.

Загальна товщина штучного покриття складає – 0,85 м.

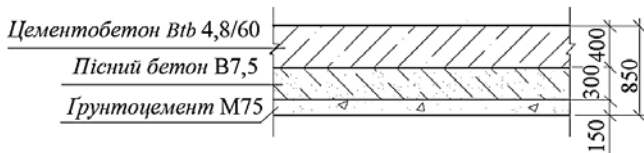


Рисунок А.1 – Конструктивна схема основного аеродромного покриття

Відповідно до існуючих нормативних документів товщина шарів покриття визначається розрахунком за граничним станом [95], так

що розрахунковий погонний згинальний момент у кожному з шарів не повинен перевищувати допустимого в межах $\pm 5\%$:

$$m_d^p \leq m_u, \quad (\text{A.1})$$

де m_d^p – розрахунковий згинальний момент у верхньому або нижньому шарі;

m_u – допустимий згинальний момент з урахуванням нормативного опору матеріалу шару на розтяг.

Якщо врахувати аналіз прийнятої конструкції бетонного покриття при найнижчому значенні коефіцієнта постелі при колісному впливі широкофюзеляжного повітряного судна В767-300, то:

- для верхнього шару

$$\begin{aligned} m_{d,sup} &= 71,11 \text{ кН}\cdot\text{м/м}; m_{u,sup} = 116,59 \text{ кН}\cdot\text{м/м}; \\ m_{d,sup} &< m_{u,sup}, \\ \text{різниця} &\sim 39\%; \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

- для нижнього шару

$$\begin{aligned} m_{d,inf} &= 13,59 \text{ кН}\cdot\text{м/м}; \\ m_{u,inf} &= 30,47 \text{ кН}\cdot\text{м/м}; m_{d,inf} < m_{u,inf}, \\ \text{різниця} &\sim 55,4\%. \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

Розглянута конструкція покриття задовольняє умовам граничного стану (А.1) і очевидно є із завищеною жорсткістю. Однак існуючі літературні джерела свідчать, що існуючі норми розрахунку явно застаріли, оскільки не враховують параметрів надважких широкофюзеляжних повітряних суден (ПС) типу В767-300 та інших, а також не враховують наявність у ґрунтових основах слабких шарів ґрунту. У зв'язку з цим для оцінки покриття, що аналізується, необхідно використовувати уточнені методи розрахунку покриттів та давати оцінки міцності і надійності покриттів при урахуванні нескінченних плит на пружній основі, а скінченновимірних плит на основі використання чисельних методів.

Аеродромні плити ЗПС, знижуючи середній тиск під покриттям за рахунок великої площі різко збільшують глибину стиснутої товщі ґрунтового півпростору, тобто залучають до роботи глибокі, але при цьому слабкі, сильностиснуті шари водонасичених пилувато-суглинистих ґрунтів, що призводить до значного збільшення осідання.

В основу діючих нормативних документів, для розрахунку жорсткого покриття, покладено аналітичні співвідношення розрахунку суцільної нерозрізної плити на пружній основі з використанням гіпотези прямої пропорційності, при цьому дуже наближено враховується перехід до плит скінченних розмірів за наявності наскрізних швів і стикових з'єднань.

Жорсткі покриття аеродромів розраховуються за методом граничних станів. При настанні граничного стану вважається, що конструкція не здатна чинити опір зовнішнім впливам (отримує неприпустимі за умовами експлуатації пошкодження і деформації).

Для бетонних конструкцій покриттів таким граничним станом є стадія появи тріщин, тобто стан появи тріщин є розрахунковим і характеризується як граничний стан за міцністю.

Задача розрахунку покриття полягає в тому, щоб забезпечити гарантії проти настання в ньому в період експлуатації того чи іншого граничного стану. Разом з тим, для отримання економічно обґрунтованих рішень ці гарантії не повинні бути зміненими, тобто треба прагнути до того, щоб значення зусиль, що виникають в плитах покриттів, були близькими до гранично допустимих значень.

Несуча спроможність аеродромних покриттів ЗПС, що проєктуються згідно вимог Міжнародної асоціації ІКАО (класифікаційне число ACN-PCN) – 62 /R/C/X/T.

Аеропорт здатний приймати повітряні судна коду 4D і нижче, в тому числі: A320, Boeing 737 (-300 / -900), B757 (-200 / -300), B767 (-200 / -300), E190, Ан-124, Ан-70, Ан-148, Ан-140, Іл-76, Іл-62, ТУ-154, Ту-204, проте ґрунтова основа під покриттями є слабкою і не здатна витримувати навантаження від коліс сучасних повітряних суден.

У зв'язку з тим, що перший від поверхні водоносний горизонт, в межах ділянки інженерно-геологічних досліджень, залягає на різних глибинах, то і просадочні властивості ґрунтів проявляються по різному, і тому потужність просідаючої товщі від денної поверхні, без урахування аеродромного покриття, шару – 1 і шару – 2 (див. інженерно-геологічні вишукування) варіює від 8,00 м до 11,20 м вздовж осі злітно-посадкової смуги.

Величина просідання при замочуванні, від навантажень рівних власній вазі ґрунту становить 5,37–5,79 см.

Лесові ґрунти ІГЕ – 3 і 4 (нижче РГВ), втратили свої просадні властивості в результаті замочування, коефіцієнт водонасичення $S_r \geq 0,80$.

Ґрунти, якими представлені ІГЕ-1, шар-2 основою для покриття, без стабілізації використовувати не рекомендується, зважаючи на їх просторову неоднорідність і склад, стан, механічних властивостей, велику стисливість і можливість біохімічно розкладатися. Тому планується улаштування стабілізуючого шару товщиною 20 см з природного щебеню, укладеного способом розклинювання, з граничною міцністю на стиск 100 МПа, підсиленого синтетичною георешіткою.

Насипні ґрунти є структурно-нестійкими ґрунтами з порушеними структурними зв'язками і тому, найчастіше, проявляють просадні властивості при замочуванні, їх рекомендується видалити.

Лесові ґрунти (до РГВ) мають просадні властивості від навантажень рівних власній вазі ґрунту при замочуванні.

Нормативна глибина промерзання ґрунтів, на ділянці досліджень, становить 0,8 м.

Згідно ДБН В.1.1-12:2014 п. 6.2.6.6.1 по типізації інженерно-геологічних умов ділянка досліджень відноситься до II типу за просадкою.

Згідно ДБН В.1.1-12:2014 – додаток А, карти ОСР 2004 А і В, нормативна сейсмічність ділянки вишукувань 7 балів, а згідно карти ОСР 2004-С – 8 балів.

Згідно ДБН А.2.1-1:2014: Додаток Ж категорія складності інженерно-геологічних умов – середньої складності, додаток Р категорія складності інженерно-гідрогеологічних умов – середньої складності – складні.

У відповідності з матеріалами інженерно-геологічних вишукувань ґрунтова підоснова аеродромних покриттів складається із пилуватих суглинків II типу просідання. Потужність просадної товщі складає 7 м. Дані ґрунти є стійкими тільки в природному стані. При порушенні їх природного стану при зволоженні і під дією навантаження ці ґрунти втрачають свою стійкість і дають

просідання. Це з самого початку визначає необхідність проведення додаткових заходів щодо стабілізації ґрунтової основи.

Розглядається конструкція бетонного покриття, яка може бути використана для всіх ділянок групи «А», ШЗПС, РД аеродрому Одеського аеропорту. При цьому вибираються з геологічних даних найнесприятливіші умови, що наведені на рис. А.2.

Інженерно-геологічний розріз з найбільшою товщиною слабких шарів ґрунту використано в якості вихідних даних.

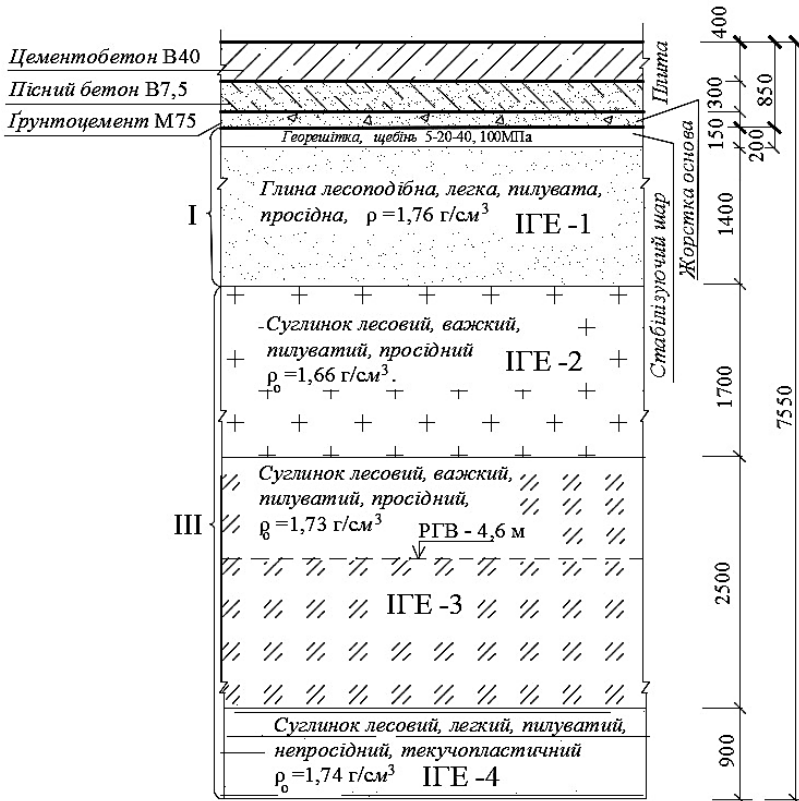


Рисунок А.2 – Конструкція аеродромного покриття з урахуванням активної товщини ґрунтової основи

Значення коефіцієнтів постелі для зазначених інженерно-геологічних елементів наступні:

- для ґрунтового шару ІГЕ-1 $K_{se2} = 70 \text{ МН/м}^3$;
- для ґрунтового шару типу ІГЕ-2 з урахуванням понижуючого коефіцієнту, $K_{se3} = 50 (-0,35\%) = 32,5 \text{ МН/м}^3$;
- для ґрунтового шару типу ІГЕ-3 $K_{se3} = 50 (-0,35\%) = 32,5 \text{ МН/м}^3$;
- для ґрунтового шару типу ІГЕ-4 $K_{se4} = 50 (-0,35\%) = 32,5 \text{ МН/м}^3$.

Назначаються три розрахункових згрупованих шари – I, II, III, замінюються коефіцієнти постелі стабілізуючих шарів.

Групування шарів приймаються за схемою (рис. А.2) – два шари I, III, так що $t_{II}, \alpha_2 = 0$.

I – включає:

- шар із георешітки з урахуванням щебеню –

$$E_b = 3,0 \cdot 10^3 \text{ кгс/см}^2 \rightarrow K_{s1} = 160 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3};$$

- шар з елемента ІГЕ-1 – $t_I = t_1 + t_1 = 1,6 \text{ м}$; $K_{s2} = 70 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$;

III – включає шари:

- ІГЕ-2 – $t_2 = 1,7 \text{ м}$, $K_{s3} = 32,5 \text{ МН / м}^3$;
- шар з ІГЕ-3 – $t_3 = 2,5 \text{ м}$, $K_{s4} = 32,5 \text{ МН / м}^3$;
- шар з елемента ІГЕ-4 $t_4 = 0,9 \text{ м}$, $K_{s5} = 32,5 \text{ МН / м}^3$,

$$t_{III} = t_2 + t_3 + t_4 = 5,1 \text{ м}.$$

Тоді K_{se} визначається за формулою

$$K_{se} = \frac{K_{sI} + K_{sIII} \alpha_3}{1 + \alpha_3}, \quad \alpha_2 = 0, \quad \alpha_3 = \frac{0,5[1,6D_r - (t_I + 0)]^2}{t_I(1,6D_r - 0,5t_I)}; \quad (\text{A.4})$$

$$t_I = 1,6 \text{ м}, \quad t_{II} = 0, \quad t_{III} = 5,1 \text{ м}, \quad D_2 = 3,6 \text{ м}.$$

Визначення K_{sI} :

$$K_{sI} = \frac{K_{s1}t_1 + K_{s2}t_2}{t_I}; \quad (\text{A.5})$$

$$K_{sI} = \frac{160 \cdot 0,2 + 70 \cdot 1,4}{1,6} = 81,25 \text{ МН / см}^3; \quad K_{sIII} = 32,5 \text{ МН / см}^3;$$

$$\alpha_3 = \frac{0,5[1,6 \cdot 3,6 - 1,6]^2}{1,6(1,6 \cdot 3,6 - 0,5 \cdot 1,6)} = 1,09.$$

$$K_{se} = \frac{81,25 + 32,5 \cdot 1,09}{1 + 1,09} = 55,825 \text{ МН / м}^3. \quad (\text{А.6})$$

Розрахункова схема покриття побудована так, щоб було включено колісне навантаження від всього шасі повітряного судна з урахуванням того, що основна опора літака розміщувалася б на середній плиті розрахункового фрагмента.

З урахуванням симетрії повітряного судна В767-300 побудована дискретна модель покриття, що містить шість плит покриття ШЗПС розмірами $10,0 \times 7,5$ м кожна з урахуванням симетрії по фюзеляжу літака. Геометричні параметри літака В-737-900, розрахункові схеми і скінченноелементні моделі розрахункових фрагментів покриття для ПС В767-300 і В737-900 представлені на рис. А.3 (див. с. 294), А.4 (див. с. 295) і А.5 (див. с. 296). Еквівалентні дискретні відбитки колісних пневматиків з тиском $P_a = 1,21$ МПа ($12,1$ кгс/см²) згідно з представленою скінченно-елементною-моделю (див. рис. А.4) розміщені на одній середній плиті, тобто на чотирьох дискретних областях рівномірного поверхневого навантаження, приведеного до вузлового. Дискретна модель побудована так, що основна чотириколісна опора розташована в середині середньої плити розрахункового фрагмента з дотриманням параметрів шасі літака. Фрагменти топологічної моделі колісних відбитків у розрахунковій схемі покриття мають наступні сіткові координати S_2, S_3 – початку і кінця колісного навантаження:

Дискретні моделі відбитків пневматиків чотирьохколісної основної опори:

– для розрахункової моделі ПС В767-300:

$$1) N_2^1 = 8; N_3^1 = 20; k_2^1 = 10; k_3^1 = 22;$$

$$2) N_2^2 = 8; N_3^2 = 25; k_2^2 = 10; k_3^2 = 27;$$

$$3) N_2^3 = 12; N_3^3 = 20; k_2^3 = 14; k_3^3 = 22.$$

$$4) N_2^4 = 12; N_3^4 = 25; k_2^4 = 14; k_3^4 = 27.$$

– для розрахункової моделі ПС В 737-900 (див. рис. А.5):

$$1) N_2^1 = 6; N_3^1 = 21; k_2^1 = 8; k_3^1 = 23;$$

$$2) N_2^2 = 10; N_3^2 = 21; k_2^2 = 12; k_3^2 = 23.$$

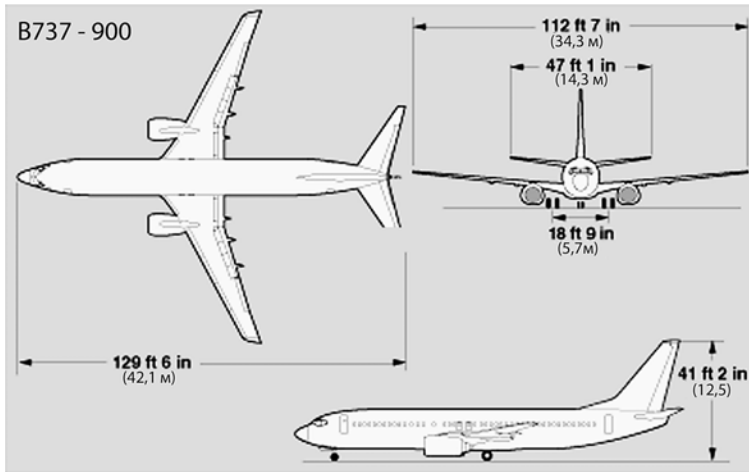


Рисунок А.3 – Основні геометричні параметри літака В737-900

Початок сіткових координат S_1, S_2, S_3 і глобальних координат $OZ^1Z^2Z^3$ розрахункового фрагмента зв'язані з вузлом № 1 – на перетині осі симетрії (зліва) та нижній кромці моделі: $S_1^1 = 1; S_2^1 = 1; S_3^1 = 1 - Z_1^1 = 0; Z_1^2 = 0; Z_1^3 = 0$. Розміри сіткової області складають: $M1 \times M2 \times M3$, тобто для В767-300 $2 \times 30 \times 46$, для В737 – 900 $2 \times 30 \times 43$, а розміри розрахункового фрагмента для ПС В767-300 і ПС В737-900 – $15\,000 \times 30\,000$ мм. Усього вузлів в СЕ-моделях, представлених на рис. А.4 – $N_u = 2 \cdot 30 \cdot 46 = 2760$, на рис. А.5 – $N_u = 2 \cdot 30 \cdot 43 = 2580$, що відповідає системі рівнянь рівноваги $k_p = N_u \cdot 3 = 2760 \cdot 3 = 8280$, $k_p = 2580 \cdot 3 = 7740$ (без обліку накладених в'язів) і кількості скінченних елементів –

$$M_e^p = (M2 - 1) \cdot (M3 - 1) = (30 - 1) \cdot (46 - 1) = 1305,$$

$$M_e'^p = (M2 - 1) \cdot (M3 - 1) = (30 - 1) \cdot (43 - 1) = 1218.$$

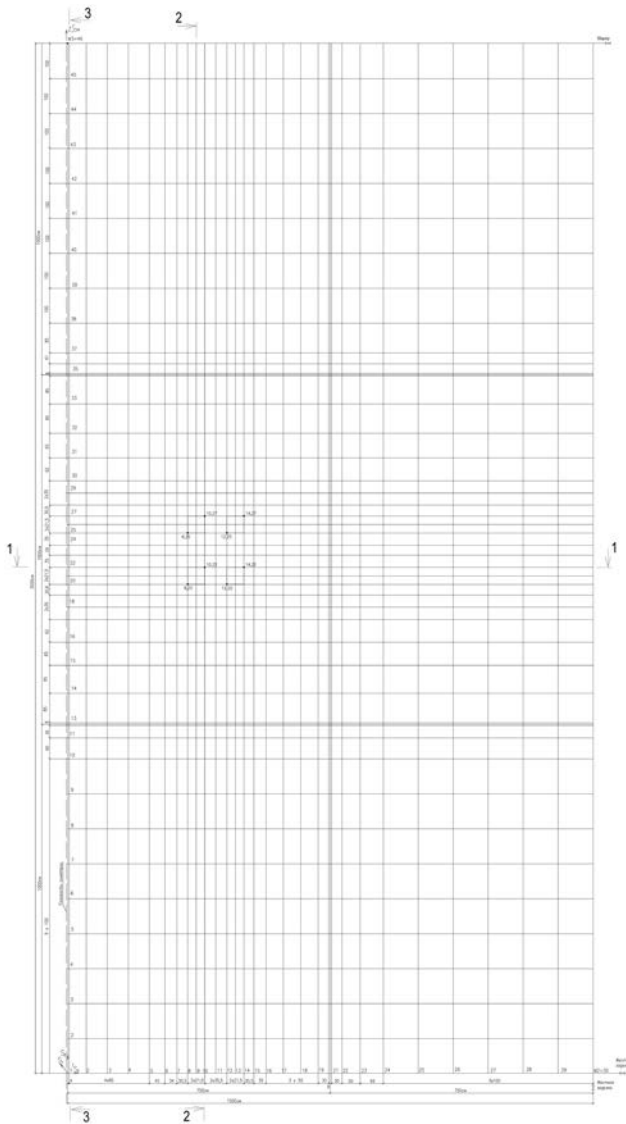


Рисунок А.4 – Розрахункова схема покриття ШЗПС при колісному впливі на шасі літака B767-300

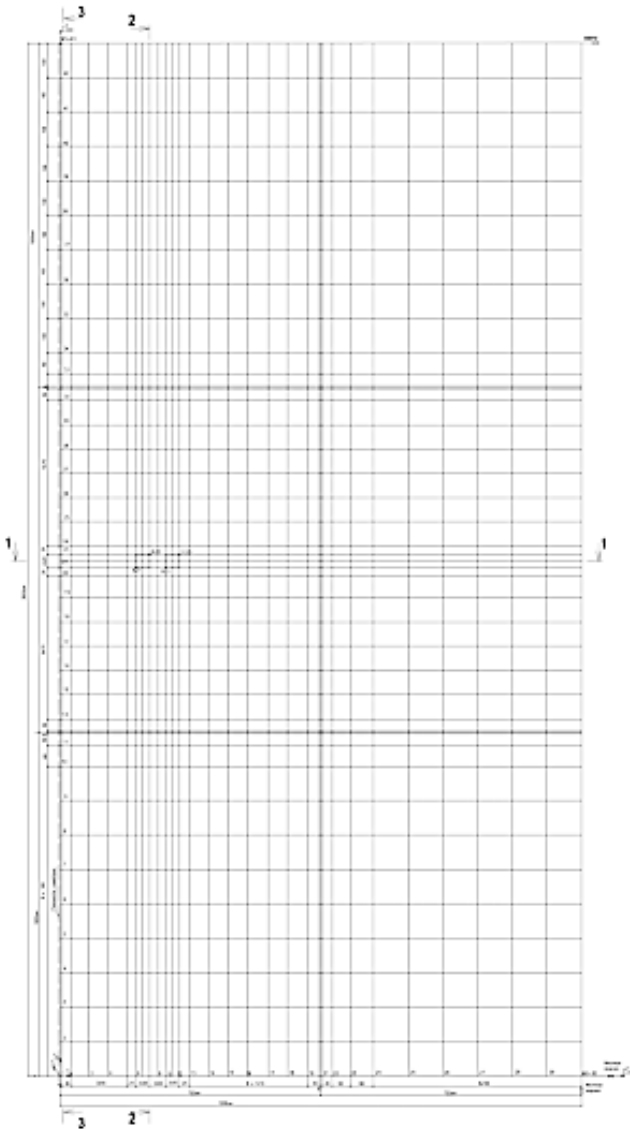


Рисунок А.5 – Розрахункова схема покриття ШЗПС при колісному впливі шасі літака B737-900

Відповідно до прийнятої моделі стикового з'єднання плит покриття в структурі представленій дискретної моделі (рис. А.4) на границях плит введені врізки (ребра) – вставки, фрагменти яких описуються також сітковими координатами – всього п'ять фрагментів з наступними сітковими координатами початків і кінців:

- для розрахункової моделі В767-300:
 - 1) $N_2^1 = 1$; $N_3^1 = 12$; $k_2^1 = 30$; $k_3^1 = 13$;
 - 2) $N_2^2 = 1$; $N_3^2 = 34$; $k_2^2 = 30$; $k_3^2 = 35$;
 - 3) $N_2^3 = 20$; $N_3^3 = 1$; $k_2^3 = 21$; $k_3^3 = 12$;
 - 4) $N_2^4 = 20$; $N_3^4 = 13$; $k_2^4 = 21$; $k_3^4 = 34$;
 - 5) $N_2^5 = 20$; $N_3^5 = 35$; $k_2^5 = 21$; $k_3^5 = 46$.
- для розрахункової моделі ПС В737-900:
 - 1) $N_2^1 = 1$; $N_3^1 = 12$; $k_2^1 = 30$; $k_3^1 = 13$;
 - 2) $N_2^2 = 1$; $N_3^2 = 31$; $k_2^2 = 30$; $k_3^2 = 32$;
 - 3) $N_2^4 = 20$; $N_3^4 = 13$; $k_2^4 = 21$; $k_3^4 = 31$;
 - 4) $N_2^4 = 20$; $N_3^4 = 13$; $k_2^4 = 21$; $k_3^4 = 31$;
 - 5) $N_2^5 = 20$; $N_3^5 = 32$; $k_2^5 = 21$; $k_3^5 = 43$.

У відповідності з розрахунковими схемами дискретних моделей плит, наведених на рис. А.4 і рис. А.5 накладаються граничні (крайові) кінематичні умови зв'язку в глобальній системі координат $OZ^1 Z^2 Z^3$:

- по координатних лініях OZ^3 – площина симетрії – накладаються в'язи на переміщення u_N^2 та кути повороту v_N^2 ;
- по координатних лініях OZ^2 – модель шарнірних тангенціальних закріплень – накладаються в'язи на переміщення, u_N^3 , u_N^2 ;
- по краях розрахункових фрагментів – при $Z_N^2 = 1500$ см і $Z_N^3 = 3000$ см реалізована модель шарнірних тангенціальних закріплень – в'язи на u_N^3 , u_N^2 .

Результати чисельних розрахунків за вузловими переміщеннями, головним напруженням (у центрі скінченно-елементної моделі),

погонним згинальним моментам (у центрі скінченного елемента), вузловим реакціям основи для дискретної моделі ШЗПС зведені до таблиць (за перерізами 1-1, 2-2, 3-3).

Аналіз отриманих чисельних результатів дослідження НДС покриття ШЗПС дозволяє зробити висновок:

– значення максимального погонного згинального моменту під лівим нижнім колесом основної опори ПС В767-300 досягає величини: $\frac{33}{153} = -99,723$ кНм/м.

Для даної схеми методу скінчених елементів мінус вказує, що згинальний момент діє так, що розтягнуте нижнє волокно умовної плити.

Розподіл згинальних напружень в умовній плиті накладається на реальний переріз з використанням гіпотези прямих і адекватності деформацій в умовній та реальній плитах, остаточно отримані формули:

$$\begin{aligned}\sigma_{1,\text{sup}} &= \sigma_{\text{max}} \frac{3,67 \cdot 10^5}{2,57 \cdot 10^5} \frac{2 \cdot 41,05}{81} \frac{(1-0,2324^2)}{(1-0,22^2)} = 1,4389 \cdot \sigma_{\text{max}} ; \\ \sigma_{2,\text{inf}} &= \sigma_{\text{max}} \frac{1,63 \cdot 10^5}{2,57 \cdot 10^5} \frac{2 \cdot 28,95}{81} \frac{(1-0,2324^2)}{(1-0,23^2)} = 0,4528 \cdot \sigma_{\text{max}} . \\ \sigma_{1,\text{sup}} &= 1,4389 \sigma_{\text{max}}^{(y.c.t.)} ; \\ \sigma_{2,\text{inf}} &= 0,4528 \sigma_{\text{max}}^{(y.c.t.)} .\end{aligned}\tag{A.7}$$

Розподіл згинальних погонних епюр напружень в еквівалентному перерізі, накладений на реальний переріз плити зображено на рис. А.6 (див. с. 299).

Остаточно за результатами головних напружень для скінченного елемента 156 з урахуванням власної ваги конструкції покриття і комбінації навантажень: $\sigma_{156}^{\text{max}} = 9,693$ кгс/см².

Тоді:

$$\begin{aligned}\sigma_{1,\text{sup}} &= 1,4389 \cdot 9,693 = 13,947 \text{ кгс/см}^2, \\ \sigma_{2,\text{inf}} &= 0,4528 \cdot 9,693 = 4,389 \text{ кгс/см}^2.\end{aligned}\tag{A.8}$$

Враховуючи (А.8) у граничному стані за значеннями R_{bm}^{sup} і R_{bm}^{inf} , можна записати:

$$1,4389 \sigma_{\max}^{(y.c.l.)} \leq R_{btm}^{sup} \cdot \gamma_c \cdot k_u, \quad (A.9)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи (згідно з [95] $\gamma_c = 0,75$);

$$k_u = 2 - 0,167l_g U_d, \quad (A.10)$$

де U_d – середньорічна кількість прикладання колісних навантажень ПС; для аеродрому Міжнародного аеропорту «Одеса» визначаються, виходячи з кількості пасажирів, що обслуговуються та середньої їх кількості для одного ПС, за формулою:

$$U_d = \frac{8 \cdot 10^5}{150} = 5,333 \cdot 10^3 \text{ раз/год.}$$

$$k_u = 2 - 0,167l_g (5,333 \cdot 10^3) = 1,3282. \quad (A.11)$$

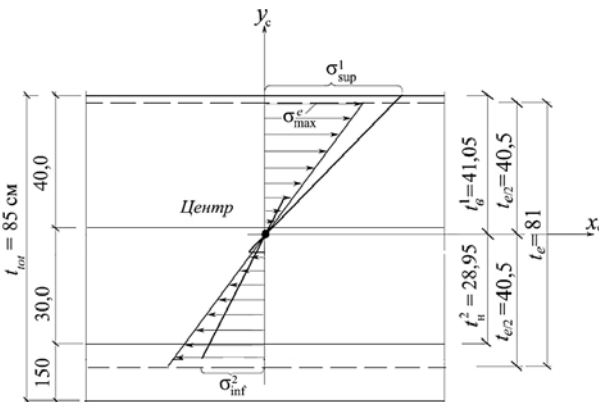


Рисунок А.6 – Епюри напружень в еквівалентному і реальному перерізах

Аналогічно отримуються:

$$0,4528 \sigma_{\max}^{(y.c.l.)} \leq R_{btm}^{inf} \cdot \gamma_c \cdot k_u. \quad (A.12)$$

Розрахунковий опір міцності бетону:

– для верхнього шару класу В40 становить:

$$R_{btm} = 21,4 \text{ кгс/см}^2; R_{btb} = 42,8 \text{ кгс/см}^2,$$

– для нижнього шару класу В7,5 становить:

$$R_{btm} = 7,14 \text{ кгс/см}^2; R_{btb} = 15,29 \text{ кгс/см}^2.$$

Тоді:

$$\sigma_{1,\text{sup}} = 1,4389 \sigma_{\text{max}}^{(ycl.)} = 13,95 \text{ кгс/см}^2 \leq 21,4 \cdot 0,75 \cdot 1,328 = 21,31 \text{ кгс/см}^2;$$

$$13,95 \text{ кгс/см}^2 < 21,31 \text{ кгс/см}^2 \text{ – різниця становить } \sim 35,54 \%;$$

$$0,4528 \sigma_{\text{max}}^{(ycl.)} = 4,39 \text{ кгс/см}^2 \leq 7,14 \cdot 0,75 \cdot 1,328 = 7,11 \text{ кгс/см}^2.$$

$$4,39 \text{ кгс/см}^2 < 7,11 \text{ кгс/см}^2 \text{ – різниця } \sim 38,26 \%.$$

Отже, міцність на можливі допустимі напруження в умовній плиті забезпечена. Розглянута конструкція покриття задовольняє умовам граничного стану (А.1) і явно є із завищеною жорсткістю.

З урахуванням власної ваги плити і комбінації навантажень переміщення становлять – 0,75 мм.

Для ПС В737-900 значення максимального погонного згинального моменту під лівим колесом основної опори досягає величини: $M_{178}^{33} = -90,44 \text{ кНм/м}$.

Отримані значення напружень на головних площадках скінченно-елементної моделі σ_{max} і σ_{min} , які визначають граничні значення згинальних погонних моментів, становлять 8,43 кгс/см² (827,1 кН/м²).

Допустимі напруження в реальній плиті, з урахуванням граничних розтягуючих зусиль при вигині від дії ПС 737-900 для верхнього і нижнього шарів становлять:

$$\sigma_{1,\text{sup}} = 1,4389 \sigma_{\text{max}}^{(ycl.)} = 12,13 \text{ кгс/см}^2 \leq 21,31 \text{ кгс/см}^2;$$

$$12,13 \text{ кгс/см}^2 < 21,31 \text{ кгс/см}^2 \text{ – різниця становить } \sim 43,1 \%;$$

$$0,4528 \sigma_{\text{max}}^{(ycl.)} = 3,82 \text{ кгс/см}^2 \leq 7,11 \text{ кгс/см}^2.$$

$$3,82 \text{ кгс/см}^2 < 7,11 \text{ кгс/см}^2 \text{ – різниця } \sim 46,31 \%.$$

Отже, міцність на можливі допустимі напруження в умовній плиті забезпечена. Розглянута конструкція покриття задовольняє умовам граничного стану (А.1) і явно є із завищеною жорсткістю.

З метою визначення оптимальних розмірів товщини шарів покриття була розв'язана задача оптимального проектування, при цьому за головний критерій якості прийнято мінімізацію функції напружень оболонкової системи.

Математична модель для заданої задачі має вигляд:

– цільова функція

$$\phi(u, b) \equiv \sigma_{згин.(e)}^{\max}, \quad e = 1, \dots, m \rightarrow \min; \quad (A.13)$$

– обмеження у вигляді рівностей:

$$h(u, b) \equiv \sum_{e=1}^M \left[\{R_{(e)}(u, b)\} - \{Q_{(e)}(u, b)\} \right] = 0; \quad (A.14)$$

$$\psi_i(u, b) = \sum_{e=1}^M \psi_{(e)} i(u, b) \leq 0,$$

– обмеження у вигляді нерівностей наступні:

• за міцністю:

$$\sigma_{mem.(e)}^{\max} \leq |\sigma|, \quad e = 1, \dots, m; \quad (A.15)$$

• параметричні для вектора

$$\{b\} = \{b_1, b_2, b_3\}, \quad (A.16)$$

де

$$b_1 \equiv a; \quad b_2 \equiv a'; \quad b_3 \equiv b'.$$

Послідовність модифікації проекту, що зменшує матеріалоємність і вартість конструкції, реалізується за рекурентною формулою:

$$\bar{b}^{t+1} = b^T + \delta b', \quad t = 0, 1, 2, \dots, k, \quad (A.17)$$

де t – номер ітерації;

$\sigma_{згин.(e)}^{\max}$ – максимальне згинальне напруження у e -ому СЕ;

$\{R_{(e)}(u, b)\}, \{Q_{(e)}(u, b)\}$ – вектори узагальнених внутрішніх і зовнішніх сил локальної ділянки $r_{(e)}$ скінченноелементної моделі;

$\psi_{(e)} i(u, b)$ – обмеження для заданої групи СЕ за міцністю, деформативністю і параметрами проектування;

M – кількість елементів у скінченноелементній моделі.

Згідно алгоритму прямого методу оптимізації Пауелла, для вектора $\{b\}$, утворюється наступна схема комбінацій одновимірних пошуків за модифікованим методом золотого перерізу, при трьох параметрах проектування $3^2 = 9$:

$$\begin{aligned} (\tilde{b}_1^{(0)}, b_2, b_3) &\rightarrow (b_1^{(0)}, \tilde{b}_2^{(0)}, b_3) \rightarrow (b_1^{(0)}, b_2^{(0)}, \tilde{b}_3^{(0)}); \\ (\tilde{b}_1^{(1)}, b_2^{(0)}, b_3^{(0)}) &\rightarrow (b_1^{(1)}, \tilde{b}_2^{(1)}, b_3^{(0)}) \rightarrow (b_1^{(1)}, b_2^{(1)}, \tilde{b}_3^{(1)}); \end{aligned} \quad (A.18)$$

$$(\tilde{b}_1^{(2)}, b_2^{(1)}, b_3^{(1)}) \rightarrow (b_1^{(2)}, \tilde{b}_2^{(2)}, b_3^{(1)}) \rightarrow (b_1^{(2)}, b_2^{(2)}, \tilde{b}_3^{(2)}),$$

де \tilde{b}_i^j – незалежний варіюючий параметр проектування при двох інших зафіксованих.

За результатами мінімізації цільової функції знайдено оптимальні значення параметрів проектування:

$$b_1^* = 30 \text{ см}; \quad b_2^* = 20 \text{ см}; \quad b_3^* = 15 \text{ см},$$

які забезпечують мінімум цільової функції (А.13).

Товщина штучного покриття становить 65 см: верхній шар – 30 см, нижній шар – 20 см, жорстка основа – 15 см.

Для даної конструкції максимальне значення згинальних напружень у середньому перерізі 1-1 плити в СЕ 1122 досягає 13,216 кг/см² (1296,53 кН/м²).

Найбільш критичні напруження на розтяг для бетону верхнього шару плити:

$$\sigma_{1,\text{sup}} = 1,477 \sigma_{\text{max}}^{(\text{yca.})} = 19,524,$$

що становить 8,38% від граничного розрахункового опору міцності бетону класу В 40 для даного шару (21,31 кг/см²).

Для нижнього шару плити

$$\sigma_{2,\text{inf}} = 0,5 \sigma_{\text{max}}^{(\text{yca.})} = 6,62,$$

що становить 6,96% від граничних розтягуючих зусиль, у випадку чистого згину, для класу бетону В7,5 для другого шару – 7,111 кг/см².

У випадку складного напруженого стану – спільного впливу температурних, сейсмічних і згинальних напружень

$$\sigma_{2,\text{inf}} \approx R_{bm}$$

незначно перевищує допустимі напруження.

З урахуванням власної ваги плити і комбінації навантажень переміщення становлять – 0,83 мм.

Отже, результати чисельного розрахунку показують, що в екстремальних умовах навантаження дана конструкція покриття працює в граничному стані, що відповідає умовам діючих норм і явних запасів міцності нема.

ДОДАТОК Б

Науково-технічний супровід будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця» на території Вінницької міської територіальної громади

Роботи з науково-технічного супроводу будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця» на території Вінницької міської територіальної громади виконувалися на замовлення КП «Аеропорт Вінниця».

В роботі був проведений аналіз вихідних даних щодо технічного стану будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця», результати перевірки розрахункових характеристик конструкції будівлі аеровокзалу, отриманих після проведення візуального та інструментального обстежень, застосування будівельних матеріалів конструктивних елементів будівлі та прилеглої території.

Аналіз даних, отриманих від Замовника, здійснювався на основі нормативних документів, чинних в Україні.

Було визначено, що Технічний звіт, виконаний в повному обсязі з урахуванням вимог, що висуваються до складу технічних звітів. Наведені всі необхідні розділи, а саме:

Вступ, в якому визначені мета і актуальність проведення робіт, виконаний загальний огляд вихідних даних, наведена програма виконання обстеження.

Далі, в розділі 2 Характеристика споруди наведена повна оцінка показників техніко-економічна, кліматологічна, надана загальна характеристика будівлі, з якої видно, що форма складна, каркас залізобетонний, зовнішні стіни із цегли. Перекриття – монолітне залізобетонне.

Загальний вигляд будівлі аеровокзалу залишиться незмінним, але тут використовуються організаційні, функціональні, об'ємно-планувальні і конструктивні рішення в достатній кількості.

Виконана організаційно-планувальна організація упорядкування території, що примикає, а саме врахований рух пішоходів, автомобільного транспорту, є місця зупинки і зон рекреаційного простору (озеленення) і пересування пасажирів.

Оцінка технічного стану будівлі виконана з урахуванням діючих нормативних документів.

Проведено візуальне обстеження стану будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця». Результати обстеження вказують на те, що є дефекти і пошкодження внутрішніх стін та підлоги, але небезпечним є пошкодження покрівельних конструкцій, мереж водопостачання, каналізації, електропостачання, вентиляції, які свідчать про непридатність її до подальшої експлуатації.

В розділі «Інструментальне обстеження» наведені результати визначення міцності бетону частин конструкцій каркасу, монолітних фундаментів та залізобетонних плит перекриття. Дослідження були виконані неруйнівним методом – ультразвуковим за допомогою сучасних приладів.

Результати дослідження свідчать про відповідність міцності бетону конструкцій будівлі аеровокзалу проектним рішенням на момент обстеження, але враховуючи перспективу експлуатації будівлі, краще було б запропонувати виконати підсилення хоча б для плит покриття.

З кожним наступним роком при виконанні обстежень існуючих конструкцій будівель все необхіднішим стає пошук найбільш раціональних методів підсилення існуючих елементів конструкції для найбільш ефективного використання площі приміщень.

Відомо, що пошкодженим елементом є такий, що не може сприймати навантаження і, як наслідок, при проектуванні підсилення нові елементи підсилення розраховується без врахування несучої здатності пошкодженого елемента.

Тут не завжди може бути використана стандартна методика, необхідно шукати нові шляхи і способи. Тому подальший розвиток раціоналізації (оптимізації) проектних рішень без аналізу існуючого напружено-деформованого стану пошкодженого елемента конструкції неможливий.

Тут можливо застосування методу математичного аналізу, який дозволить чітко визначити чинники, що впливають на процес моделювання будь-якого бетонного елемента для визначення його фактичної несучої здатності.

Застосування математичного моделювання напружено-деформованого стану існуючих залізобетонних конструкцій при визначенні їхнього фактичного несучого стану дасть змогу отримати набагато достовірніші результати. Математичне моделювання дає змогу оцінити вплив багатьох чинників на несучу здатність існуючого елемента:

- вплив дефектів виготовлення і монтажу;
- вплив пошкоджень елемента;
- більш точне моделювання схем навантажень;
- підбір найефективнішого методу посилення.

Проведений аналіз виконаного статичного розрахунку конструкцій будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця» свідчить, що при необхідності надбудови одного поверху, що обумовлено реконструкцією будівлі, звичайно треба широко використовувати полегшені конструкції із сучасних матеріалів, бажано на основі полімерів, але не відмічено, саме які матеріали пропонуються.

Розрахунок виконаний в повному обсязі, але відсутні пропозиції щодо стабілізації і укріплення існуючих ґрунтів з наступним розрахунком.

У випадку якщо розрахунковий середній тиск під подошвою фундамента у 2,5 раза перевищує опір ґрунту і просідання ґрунту від навантажень становить 176 мм, що перевищує допустиме 100 мм згідно додатку А ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будинків і споруд», це свідчить про необхідність укріплення існуючого ґрунту, так як він слабкий.

Представлений на розгляд та перевірку проєкт організації робіт (ПОР) розроблений в складі проєктної документації на реконструкцію будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця».

Відомо, що розвиток сучасних аеропортів супроводжується будівництвом нових, реконструкцією та модернізацією існуючих будівель і споруд, зміною розмірів території, транспортної мережі. Зонами реорганізації є службово-технічні будівлі, споруди аеропортів та прилеглі до них території.

- Основними принципами, що покладені в основу реконструкції є:
- аналіз вихідних матеріалів;

- вивчення та аналіз норм проектування проектних рішень;
- використання методів найбільш поширених при проведенні робіт з реконструкції об'єктів.

Проблемами розвитку аеровокзальних комплексів займалися такі вчені як В. І. Блохін, В. Г. Локшин, М. С. Канський, М. Г. Пісков та інші. Було визначено, що проектування аеропорту як транспортного вузла повинно здійснюватись з урахуванням особливостей складових, які пов'язані між собою функціонально та забезпечують виконання технологічних операцій, пов'язаних з обслуговуванням авіаційних перевезень.

Аеровокзальна будівля є складовою функціонального комплексу аеропорту, є початковим або кінцевим пунктом руху пасажирів та їх багажу і приймають участь у формуванні функціональних, планувально-просторових і композиційних аспектів аеропорту.

Необхідно врахувати, що аеровокзал обслуговує різні категорії авіапасажирів та відвідувачів і повинен забезпечити якість, комфорт та безперебійність цих послуг.

Протяжність зони висадки-посадки пасажирів значно впливає не тільки на якість та швидкість обслуговування пасажирів і вантажу, а й на прийняття рішення щодо розподілу пасажиропотоку відльоту-прильоту.

Основні фактори, які впливають на розміри аеровокзального комплексу при реконструкції, наведені в таблиці Б.1 (див. с. 307).

В загальному випадку протяжність зон висадки/посадки пасажирів наземного транспорту залежить від пропускної спроможності аеровокзалу, а протяжність зони посадки перевищує протяжність зони висадки. Наприклад, для малих аеровокзалів пропускною спроможністю до 400 пас/год, яким є аеропорт Вінниця, протяжність зон висадки/посадки може досягати 15–20 / 15–50 м відповідно; для великих та крупних аеровокзалів – 70–100 / 90–200 м відповідно.

Вітчизняні аеропорти, більшість яких побудована у другій половині ХХ ст, мають одну злітно-посадкову смугу і аеровокзал малої пропускної спроможності – 100 пас/год (наприклад, Тернопіль, Суми, Чернівці), 400 пас/год (Івано-Франківськ, Кривий Ріг,

Херсон) – та привокзальну площу з тупиковою схемою в'їзду/виїзду з одного боку (Запоріжжя, Херсон).

Більшість аеровокзалів мають лінійну форму плану у вирішенні у одному рівні з пероном та привокзальною площею (Запоріжжя, Івано-Франківськ, Херсон).

Внаслідок морального зношування існуючі аеровокзали змінюють початкові функції та втрачають роль композиційних акцентів забудови території аеропортів під час реконструкції аеропортів (Київ–Жуляни, Одеса, Львів, Харків).

Поетапне розширення існуючого аеровокзалу за лінійною схемою потребує збільшення протяжності перону та привокзальної площі (наприклад, Бориспіль, Дніпро).

Таблиця Б.1 – Фактори впливу на практичні рішення при реконструкції аеровокзального комплексу

Фактори, які впливають на фактори зони	Фактори, які обмежують розміри зони
Пасажиропотік в годину Пік з виділенням пасажиропотоку прильоту впродовж 10 (20) хвилин пік	Особливості генерального плану аеропорту, обмежені розміри ділянки забудови, місце розташування аеровокзалу по відношенню до злітно-посадкової смуги (злітно-посадкових смуг)
Частка пасажирів кінцевого прильоту, яка використовує наземний транспорт та, як наслідок, під'їзні шляхи	Технологічні особливості організації авіаційних перевезень
Види транспортних засобів, які є найбільш популярними для використання	Протяжність пішохідного шляху від входу/виходу до аеровокзалу/із аеровокзалу – не більше 20 м
Співвідношення видів транспорту, що складають наземні перевезення	Кількість, габаритні розміри та специфічні особливості транспортних засобів
Частка пасажирів, які не користуються зонами посадки/висадки наземного транспорту	Інтенсивність транспортних засобів по видах
Частка відвідувачів аеровокзалу, яка використовує приватний наземний транспорт	Кількість місць стоянок транспортних засобів за видами
Ємність транспортних засобів, середній інтервал перебування в зоні посадки/висадки тощо	Ширина зони маневрування транспортних засобів

Таким чином, планування реконструкції аеровокзалу – процес динамічний, спрямований насамперед, на оптимізацію схем руху повітряних суден.

В основу формування кожного рішення покладаються такі системні принципи:

- взаємодія з оточенням (функціональний та композиційний зв'язок, безпека руху);
- структуризація (визначення зон підвищеної активності пасажирів та наземного транспорту);
- ієрархічність (визначення головних, другорядних зон та об'єктів; встановлення між ними функціональних зв'язків);
- оптимізація (організація виробничих процесів з урахуванням технологічних вимог до максимально припустимого скорочення протяжності шляхів руху пасажирів, багажу до наземного транспорту, інтенсивності руху наземного транспорту, інтервалу перебування на стоянці тощо);
- спадкоємність (максимальне збереження існуючих зон та об'єктів, схем руху за умов, коли вони не суперечать новим вимогам до планування ПП);
- гармонізація (композиційна організація для покращення естетичних та експлуатаційних якостей, підвищення інвестиційної привабливості аеропорту в цілому).

Сучасна практика аеропортобудування свідчить про те, що внаслідок поетапних реконструкцій, пов'язаних із збільшенням пропускної спроможності аеропортів, на території аеровокзального комплексу з'являються не тільки відкриті стоянки автотранспорту, але й багаторівневі паркінги, транспортні вузли та будівлі аеродромно-диспетчерських веж (наприклад, Amsterdam Airport Schiphol, Нідерланди; Kansai International Airport, Японія; Edinburgh Airport, Шотландія).

Проект організації робіт реконструкції будівлі аеровокзалу КП «Аеропорт Вінниця» виконаний в повному обсязі з урахуванням положень, що сприяють оптимізації прийняття архітектурно-планувальних рішень.

ДОДАТОК В

Науково-технічна робота: «Послуги з виготовлення передпроектних пропозицій по об'єкту «Реконструкція аеродрому Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) на проспекті Повітрофлотському, 79 у Солом'янському районі міста Києва»

Науково-технічна робота «Послуги з виготовлення передпроектних пропозицій по об'єкту «Реконструкція аеродрому Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) на проспекті Повітрофлотському, 79 у Солом'янському районі міста Києва» виконувалась на замовлення Комунального підприємства Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни).

Метою виконання роботи було виготовлення передпроектних пропозицій по об'єкту: «Реконструкція аеродрому Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) на проспекті Повітрофлотському, 79 у Солом'янському районі міста Києва» з урахуванням існуючого стану аеродромних конструкцій, несучої спроможності штучних покриттів аеродрому для оцінки можливості експлуатації на них різних типів літаків, зокрема з більшим навантаженням.

Обґрунтований вибір конструктивних та аеродромно-планувальних рішень дозволить забезпечити безпеку і комфортність зльоту і посадки повітряних суден.

Робота виконувалась аналітично-експериментальним методом з використанням даних, представлених Замовником.

Під час виконання роботи були проведені:

- розрахунок визначення класифікаційних чисел ACN-PCN;
- розроблені аеродромно-планувальні рішення (схема генерального плану, вертикальне планування);
- розроблені рішення по улаштуванню систем водовідведення;
- проведені випробування ґрунтів земляного полотна та розроблені рекомендації щодо використання ґрунтової основи штучного покриття з коефіцієнтом ущільнення 1,65–1,67 без його заміщення;
- розроблений орієнтовний проект організації будівництва.

При проведенні досліджень фізико-механічних характеристик ґрунтових основ покриттів аеродрому були вивчені і враховувалися природні та ґрунтово-геологічні умови району розташування аеродрому «Київ» (Жуляни). При цьому констатовалося, що клімат території, як і усієї Київської області, відноситься до помірно-континентального. Середня температура повітря за рік коливається в межах 6,6–7,2 °С. Максимальна температура влітку становить 37–39 °С тепла, мінімальна в найбільш холодні зими – 36 °С морозу.

Середня багаторічна кількість опадів становить 550 мм з коливанням по роках від 392 до 925 мм. Основна їх кількість (близько 75 %) припадає на період з квітня по жовтень. Відносна вологість повітря висока і становить в середньому за рік 84 %, знижуючись влітку до 73–60% і підвищуючись взимку до 91 %. Це зумовлює випаровування порівняно невеликої кількості вологи з поверхні ґрунту, що при значній кількості опадів створює позитивний баланс вологи в ґрунті. В цілому район належить до зони з помірним зволоженням і помірно теплим кліматом.

Основним джерелом зволоження ґрунтів є вода атмосферних опадів. Через недостатнє забезпечення стікання поверхневої води і близьке розташування від денної поверхні ґрунтових вод (1,7–2,0 м) територію аеродрому, за існуючою дорожньо-кліматичною класифікацією, слід віднести до 2-го типу гідрогеологічних умов (вологі місця з надмірним зволоженням в окремі періоди року), другої дорожньо-кліматичної зони або У-1 для території України.

Верхню частину інженерно-геологічного розрізу складають насипні ґрунти, представлені супіском з незначним вмістом органічної речовини (гумус 0,5–1,0 %), а також надморенна товща дрібнозернистих і пілуватих пісків водно-льодовикового походження середньочетвертинного періоду.

1. У верхній частині інженерно-геологічних розрізів (на максимальну глибину до 5,2 м) на всій площі аеродрому присутні лише два інженерно-геологічних елементи (ІГЕ):
 - ІГЕ-1 (верхній шар ґрунту) – супісок з прошарками супіску піщанистого, від сірого до темного кольору і від твердої $IL < 0$ до пластичної $IL = 0,67$ консистенції.

Показники щільності сухого ґрунту $\rho_d = 1,58-1,62$ г/см³, коефіцієнта пористості $e = 0,65-0,70$, природної вологості ґрунту $W_{np} = 12-24\%$. Окремо можна виділити такі ґрунти на кінцевій ділянці РД-2, де вони в основах покриттів добре ущільнені ($\rho_d = 1,68-1,78$ г/см³, $e = 0,50-0,60$) і мають переважно напівтверду і навіть тверду консистенцію з природною вологістю $W_{np} \leq 17\%$;

- ІГЕ-2 (нижній, під ІГЕ-1, шар ґрунту) – пісок дрібнозернистий з прошарками піску пилюватого, від світло-сірого до жовтого кольору, водонасичений, великої густини з прошарками середньої густини. Показники коефіцієнта водонасичення $S_r = 0,8-1,0$ і коефіцієнта пористості $e \leq 0,55$.
2. Аналіз даних інженерно-геологічних досліджень свідчить про те, що для зазначених двох видів ґрунтів (супіску і піску дрібнозернистого) на аеродромі аеропорту «Київ» (Жуляни) в розрахунках чисел РСН для всіх елементів аеродрому можна з достатньою обґрунтованістю приймати нормативні значення коефіцієнта постелі відповідно $K_s = 50$ МН/м³ і $K_s = 70$ МН/м³ та модуля пружності $E = 37$ МПа і $E = 100$ МПа [95].

Геологічна будова майданчику складена суглинками, супісками, пісками та глинами, які перекриті зверху насипним ґрунтом та ґрунто-рослинним шаром.

За даними інженерно-геологічних вишукувань і лабораторних аналізів на майданчику виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

ІГЕ-1. Насипний шар – суглинок бурувато-сірий, місцями з вмістом будівельного сміття до 10%. З прошарками піску, місцями щєбінь з суглинистим заповнювачем (тН).

ІГЕ-2. Ґрунто-рослинний шар – супісок темно-сірий, гумусований, з корінням трави, твердої консистенції (бН).

ІГЕ-3. Супісок темно-сірий, гумусований, твердої консистенції (бН).

ІГЕ-4. Супісок жовтувато-сірий, палево-жовтий, лесовидний, непросідний, від твердої до пластичної консистенції (vd РІІ-ІІІ).

ГЕ-5. Пісок сірувато-жовтий, мілкий, маловологий, середньої щільності (vd ПІІІ).

ГЕ-6. Супісок бурувато-жовтий, світло-сірий, світло-бурий, запискований, від твердої до пластичної консистенції (fPIIdn).

ГЕ-7. Пісок темно-жовтий, сірувато-жовтий, пилуватий, з прошарками суглинку, з включенням гравію та мілкої гальки до 10 %, маловологий, щільний (fPIIdn).

ГЕ-8. Пісок темно-жовтий, бурувато-жовтий, мілкий, глинистий, до низу з прошарками супіску, маловологий, щільний (fPIIdn).

ГЕ-9. Пісок світло-сірий, мілкий, з тонкими прошарками супіску, насичений водою, щільний (fPIIdn).

ГЕ-10. Суглинок бурувато-сірий, світло-бурий, з включенням щебеню та карбонатних конкрецій до 10 %, від напівтвердої до тугопластичної консистенції (fPIIdn).

ГЕ-11. Глина бурувато-сіра, темно-бура, з включеннями карбонатних конкрецій до 5 %, напівтвердої консистенції (N2).

За матеріалами обстеження та у відповідності до інформації, наданої замовником, на аеродромі розміщені:

- злітно-посадкова смуга прямокутної форми: 2310 × 45,0 м;
- клас аеродрому – Б (4С);
- покриття – монолітний цементобетон, посилений асфальтобетоном;
- льотна смуга має сплановану ділянку шириною 75 м по обидві сторони від ШЗПС та має довжину 2890 м;
- кінцева зона безпеки має ширину та довжину 90 м.

Ширина льотної смуги становить 280 м (по 140 м від осі в кожному сторону).

На аеродромі планується експлуатація ПС В737-9/ВВJМАХ9 та А321/neo. В передпроектних рішеннях і пропозиціях передбачено реконструкцію існуючої штучної злітно-посадкової смуги довжиною 460 м (подовження від фізичного торця 08 на 150 м та подовження від фізичного торця 26 на 310 м з будівництвом нових руліжних доріжок та перону з включенням руліжних доріжок, що планується збудувати, у існуючу систему РД і перонів з урахуванням навантажень від повітряних суден В737-9/ВВJМАХ9 та А321/neo).

В передпроектних рішеннях і пропозиціях передбачено:

- конструкцію та несучу спроможність аеродромних покриттів з урахуванням навантажень від розрахункових типів ПС відповідно до вимог та стандартів ІСАО;
- реконструкція ШЗПС кодової літери С з будівництвом руліжних доріжок, що примикають до торців ЗПС та двох додаткових з'єднувальних руліжних доріжок;
- облаштування ШЗПС обочинами шириною по 5 м;
- облаштування на руліжних доріжках, поблизу ШЗПС, майданчиків для обробки повітряних суден антикриговою рідиною з системою її збору та утилізації;
- облаштування перону на 10 місць стоянок для ПС кодової літери С.

Обладнання ШЗПС, що реконструюються світлотехнічними засобами посадки по II категорії з $MK_{\text{noc}} 079^\circ$ та по I категорії з $MK_{\text{noc}} 259^\circ$ (шляхом модернізації (доповнення) існуючого світло-сигнального обладнання).

Злітно-посадкова смуга має симетричний двускатний поперечний профіль з поперечними ухілами по 1,5 % від осі.

У цій роботі числа PCN для аеродромних покриттів визначалися згідно з методикою ІСАО [54; 122] з урахуванням положень вітчизняної версії методу ACN-PCN. При цьому застосовувався розрахунково-аналітичний метод визначення чисел PCN, який базується на положеннях норм [95].

Ця методика опрацьована на основі співвідношення «класифікаційного числа повітряного судна» і «класифікаційного числа покриття».

Класифікаційні числа ACN і PCN, якими оперує метод ACN-PCN, являють собою:

ACN – кодовий показник навантаження, що передається від повітряного судна на покриття при певній міцності його основи;

PCN – кодовий показник несучої спроможності покриття для експлуатації на ньому ПС без будь-яких обмежень (за масою і/або інтенсивністю польотів).

Призначенням методу ACN–PCN є:

- інформування користувачів аеродромів про несучу спроможність покриттів (шляхом публікування спеціальних індексів – показників несучої спроможності покриттів);
- визначення можливості та умов експлуатації на покриттях аеродромів конкретних типів ПС.

Показники (індекси) несучої спроможності покриттів, призначених для експлуатації ПС з масою більше 5700 кг, повинні містити:

- класифікаційне число покриття PCN;
- код типу покриття (жорстке чи нежорстке);
- код категорії міцності основи покриття;
- код категорії максимально допустимого для покриття тиску повітря в шинах коліс ПС;
- код методу оцінки несучої спроможності покриття.

Відповідно до пояснень пунктів 1.1.2.1 і 1.1.3.2 «d» документа ІСАО [122] класифікаційні числа PCN розраховуються за формулою:

$$PCN = 0,204 \cdot P_n, \quad (B.1)$$

де P_n – гранично допустиме для покриття нормативне одноколісне навантаження (кН) при тиску повітря в шині колеса 1,25 МПа.

При визначенні чисел PCN за формулою, приведеною вище, повинна використовуватися методика розрахунку міцності аеродромних покриттів згідно з положеннями діючого нормативного документа [95].

При цьому спочатку потрібно визначити розрахункове значення одноколісного навантаження P_p (яке відповідає існуючій конструкції покриття), а далі, шляхом введення коефіцієнта розвантаження γ_f і коефіцієнта динамічності k_d , одержується нормативне значення P_n .

Варіант визначення чисел PCN конструкцій підсилених покриттів аеродрому відноситься до розрахункових схем одно- і двошарових бетонних (жорстких) покриттів на піщаній або піскоцементній штучній основі.

Граничні умови придатності покриття для експлуатації:

$$m_d = m_u, \quad (B.2)$$

де m_d – розрахунковий згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити;

m_u – граничний згинальний момент на одиницю ширини розрахункового перерізу плити.

Розрахункові моменти визначаються:

для покриттів на піщаній основі

$$m_d = m_{c,max} \cdot k \cdot k_N \cdot k_{x(y)}, \quad (B.3)$$

для покриттів на піскоцементній основі

$$m_d = B(B + B_f)^{-1} \cdot m_{c,max} \cdot k \cdot p. \quad (B.4)$$

Граничні моменти визначаються:

$$m_u = \gamma_c \cdot k_m \cdot R_{btb} \cdot \frac{t_{en}^2}{6} \cdot k_u, \quad (B.5)$$

де $m_{c,max}$ – максимальний момент в розрахунковому перерізі плити при центральному її навантаженні;

k – коефіцієнт, який передбачає застосування в плитах стикових з'єднань або крайового армування;

k_N – коефіцієнт, який враховує наявність штучної основи, не обробленої в'язучим;

$k_{x(y)}$ – коефіцієнт, який враховує жорсткість плити у напрямках X і Y;

B – жорсткість плити покриття;

B_f – жорсткість піскоцементної штучної основи;

p – параметр розрахункового навантаження;

γ_c – коефіцієнт умов роботи цементобетону;

k_m – коефіцієнт, який враховує сумарну товщину асфальтобетону або товщину верхнього шару цементобетонного покриття;

R_{btb} – розрахункова міцність цементобетону на розтяг при згинанні;

t_{en} – необхідна товщина для розрахункового навантаження одношарового цементобетонного покриття;

k_u – коефіцієнт, що враховує число прикладань колісних навантажень літаків за проектний строк служби покриття.

Товщина шару (шарів) підсилення із асфальтобетону визначається за формулою:

$$t_{ab} = \left(\frac{E_b}{E_{ab}}\right)^{1/3} (t_{en} - t_{ed}) \leq t_{ab, \min}, \quad (\text{В.6})$$

де E_b – модуль пружності цементобетону;

E_{ab} – модуль пружності асфальтобетону;

t_{ed} – розрахункова товщина існуючого цементобетонного шару покриття;

$t_{ab, \min}$ – мінімальна товщина шару підсилення із асфальтобетону.

Варіант визначення чисел PCN асфальтобетонних покриттів нових та підсилених відносяться до розрахункових схем одно-, двох- і багатошарових асфальтобетонних (нежорстких) покриттів на штучній основі.

Граничні умови придатності покриття для експлуатації:

$$\lambda_d = \gamma_c \cdot \lambda_u, \quad (\text{В.7})$$

де λ_d – розрахунковий відносний прогин покриття від одноколісного еквівалентного навантаження F_e ;

γ_c – коефіцієнт умов роботи покриття;

λ_u – граничний відносний прогин покриття,

$$\sigma_r \leq \gamma_c \cdot R_d, \quad (\text{В.8})$$

де σ_r – найбільша напруга розтягу при згинанні в нижньому шарі асфальтобетону;

γ_c – коефіцієнт умов роботи асфальтобетону;

R_d – розрахунковий опір асфальтобетону в нижньому шарі на розтяг при згинанні.

Одноколісне еквівалентне навантаження:

$$F_e = F_d \text{ при } t_{tot} \leq 0,5 a; \quad (\text{В.9})$$

$$F_e = F_n \text{ при } t_{tot} \geq 2 a_d; \quad (\text{В.10})$$

$$F_e = \text{antilg} \{ \lg n_k [\lg (4 a_d a^{-1})]^{-1} \lg (2 t_{tot} a^{-1}) + \lg F_d \}, \quad (\text{В.11})$$

де F_d – розрахункове навантаження на колесо основної опори літака;

t_{tot} – сума товщин шарів конструкції покриття;

a , a_d – технічні характеристики літака (відповідно мінімальна відстань між найближчими колесами основної опори у проміжку та максимальна відстань між центрами відбитків коліс основної опори).

При визначенні чисел PCN потрібно враховувати:

- віднесення окремих ділянок покриттів, залежно від особливостей планувальної схеми елементів аеродрому та маршрутів руху на них ПС, до тих чи інших розрахункових груп покриттів згідно з вимогами п. 5.48 норм [95];
- введення в розрахунок для жорстких покриттів коефіцієнта $k_u = 1,0$, що відповідає умовам гранично великої кількості прикладання навантажень від коліс розрахункового типу ПС (10^6 прикладань за розрахунковий термін служби покриття 20 років), а для нежорстких покриттів – граничної кількості середньодобового прикладання навантажень від коліс розрахункового літака $N_r = 50$ (розрахунковий термін служби покриття 10 років);
- ступінь зношеності конструкцій покриттів в процесі експлуатації, яка повинна встановлюватися за результатами їх натурального обстеження з використанням вказівок п. 5.38 норм [95] для жорстких покриттів.

Числа PCN повинні визначатися для всіх ділянок покриттів аеродрому, які мають різне конструктивне рішення і відносяться (навіть при однаковій конструкції покриттів) до різних розрахункових груп покриттів (згідно з вимогами п. 5.48 норм [95]). Остаточо для покриттів окремих елементів приймаються найменші (критичні) числа PCN, визначені для цих елементів. Саме вони повинні включатися в індекси матеріалів інженерно-геологічних вишукувань.

Кодування покриттів (коди типу покриття і категорії міцності його основи) здійснюється відповідно до вказівок п. 6.8.4 нормативного документа [93] згідно з зазначеними критеріями. Для жорстких покриттів, підсилених асфальтобетоном, код типу покриття повинен прийматися як для жорстких покриттів зі словом «змішане».

При визначенні чисел PCN розрахунково-аналітичним методом (технічна оцінка несучої спроможності покриттів з використанням

теоретичних методів) товщина шарів конструкцій покриттів, а також розрахункові характеристики матеріалів в шарах конструкцій і ґрунтів у природній основі покриттів приймаються за даними проектної і виконавчої документації, а також відповідних досліджень.

Передпроектними пропозиціями передбачено на всій ділянці ЗПС заміна існуючих покриттів та будівництво нових жорсткого типу.

Запропонована конструкція штучного покриття ЗПС наведена на рис. В.1.



Рисунок В.1 – Запропонована конструкція штучного покриття ЗПС

Конструкції штучних покриттів визначені з урахуванням:

- кліматичних, гідрогеологічних та ґрунтових умов;
- особливостей впливу на покриття літаків коду С, які експлуатуються на цих ділянках;
- наявності та можливості використання місцевих будівельних матеріалів.

Запроектована конструкція покриття ЗПС розрахована на навантаження від повітряних суден В737-9/ВВJМАХ9 та А321/нео та складається із:

- ущільненого ґрунту;
- укріпленого ґрунту, який стабілізовано цементом до М40, $h = 0,15$ м;
- пісного бетону В15, $h = 0,30$ м, ДСТУ Б.В.2.7-43-96;
- цементобетону С32/40 Вtб 4,5/55, $h = 0,45$ м, ДСТУ Б.В.2.7-43-96.

Розміри цементобетонних плит – $7,5 \times 7,5$. Укріплені узбіччя мають конструкцію:

- ущільнений ґрунт;
- піскоцемент М40, $h = 0,20$ м;
- цементобетон С32/40 Вtб 4,5/55, $h = 0,26$ м, ДСТУ Б.В.2.7-43-96.

Покриття розраховувалося на дію навантаження від повітряних суден В737-9/ВВJМАХ9 та А321/нео.

Технічні характеристики літаків В737-9/ВВJМАХ9 та А321/нео наведені в табл. В.1.

Таблиця В.1 – Технічні характеристики літаків В737-9/ВВJМАХ9 та А321/нео

Літак	В737-9/ВВJМАХ9	А321/нео
Максимальна маса	88,541 кг	97,400 кг
Максимальне навантаження на головну опору	$41,671 \times 9,8 =$ $= 408,3758$ кН	$46,280 \times 9,8 =$ $= 453,544$
Тиск у пневматиках головної опори	1,59 МПа	1,57 МПа

Результати розрахунку класифікаційного числа покриття:

PCN 77/R/C/W/T при товщині верхнього шару покриття 44 см,

де R – жорстке покриття;

C – основа з низькою міцністю ($K_{se} = 40 \text{ МН/м}^3$);

W – тиск не обмежено;

T – величина, визначена технічним шляхом.

Розрахунок міцності покриття злітно-посадкової смуги також виконувався додатково згідно з нормативними документами США:

- Advisory Circular U. S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. AC 150/53020 – 6G. – 2020;
- Advisory Circular U. S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. AC 150/5335 – 5C – 8/14/2014;
- Advisory Circular U. S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. AC 150/5320 – 6F – 11/10/2016.

Результати розрахунків приведені нижче.

PCN 70/R/C/W/T при товщині покриття 44 см.

В передпроектних рішеннях і пропозиціях розглянуто і розраховано на міцність альтернативний варіант конструкції з нежорстким покриттям:

- асфальтобетон А40 (марка I, тип – А) – 16 см;
- асфальтобетон А40 (марка I, тип – А) – 16 см;
- щебінь, оброблений бітумом – 8 см; щебінь – 45 см;
- пісок – 22 см;
- армуюча сітка;
- щебінь – 25 см;
- армуюча сітка;
- ущільнений ґрунт.

Результати розрахунку альтернативного варіанту конструкції ЗПС з нежорстким покриттям при модулях пружності ґрунтової основи $E = 24 \text{ МПа}$ та $E = 28 \text{ МПа}$ наведені на рис. В.3 (див. с. 322) та рис. В.4 (див. с. 322) відповідно.

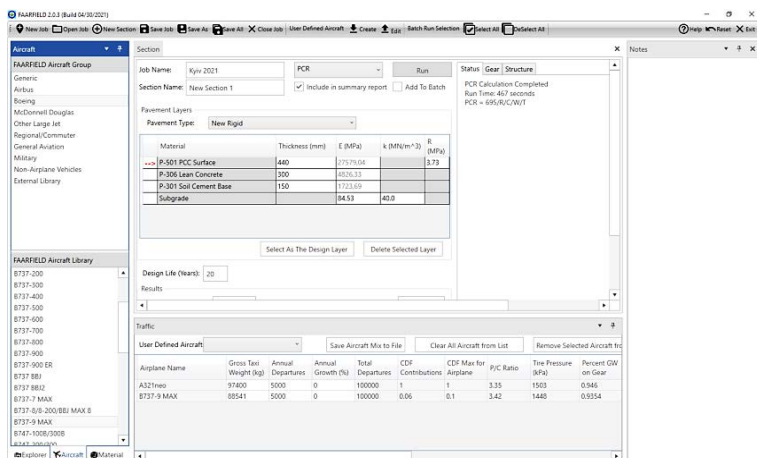
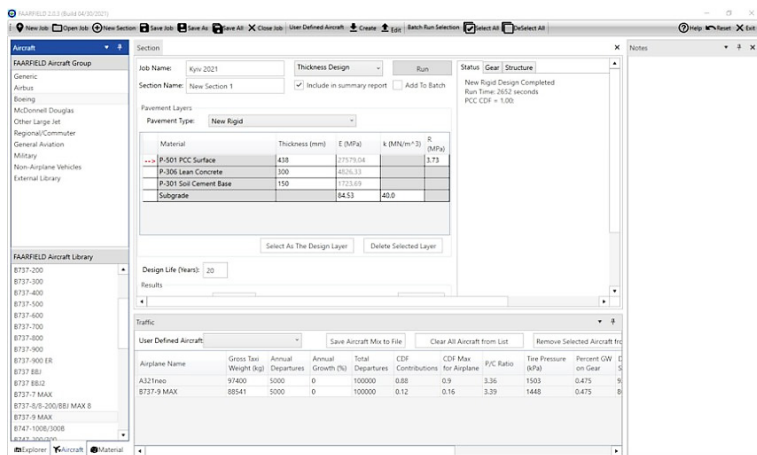


Рисунок В.2 – Результати розрахунку жорсткого цементобетонного покриття ЗПС

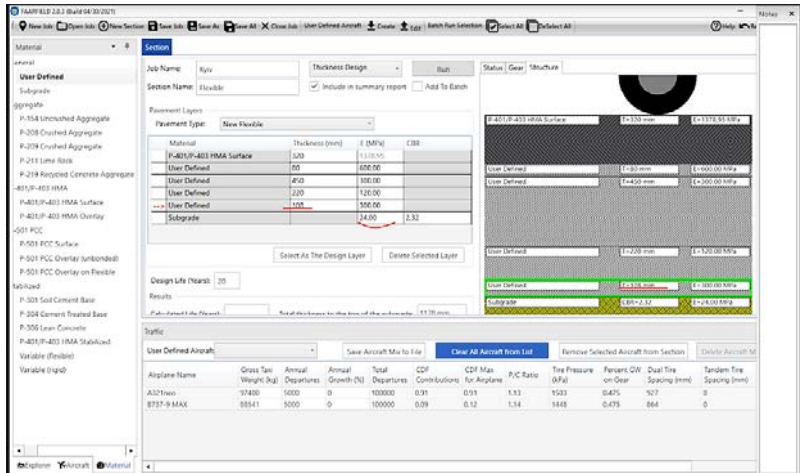


Рисунок В.3 – Результати розрахунку нежорсткого асфальтобетонного покриття ЗПС при модулі пружності ґрунтової основи $E = 24$ МПа

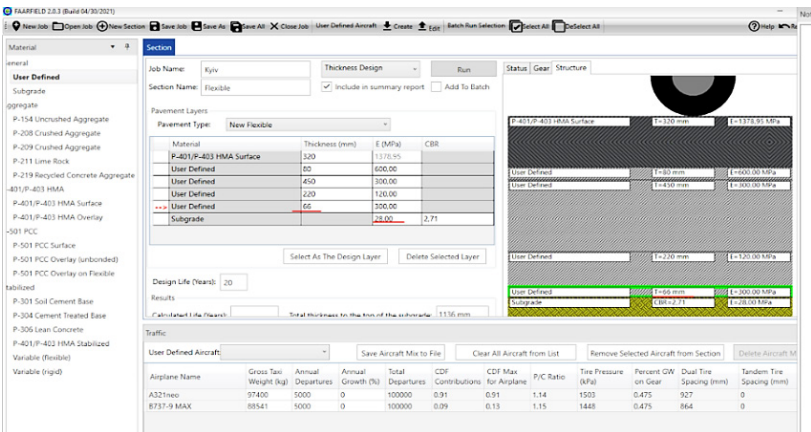


Рисунок В.4 – Результати розрахунку нежорсткого асфальтобетонного покриття ЗПС при модулі пружності ґрунтової основи $E = 28$ МПа

РСН 70/F/D/W/T – ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВАРІАНТУ КОНСТРУКЦІЇ ЗПС З АСФАЛЬТОБЕТОННИМИ ПОКРИТТЯМИ

ЛІТЕРАТУРА

1. Агеева Г. Н. Анализ эксплуатационной пригодности объектов реконструкции аэродромов Украины / Г. Н. Агеева // 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania' TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 4 May 2018, Vilnius, Lithuania. – Pp. 80–84. – URL: <http://jmk.transportas.vgtu.lt/index.php/tran2017/tran2018/paper/viewFile/186/194>
2. Агеева Г. М. Моніторинг реконструкції жорстких аеродромних покриттів / Г. М. Агеева, Л. І. Кривельов // Proceedings of the National Aviation University = Национального авіаційного університету. – 1998. – № 1. – С. 397–402. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.1.11002>
3. Агеева Г. М. Натурні дослідження розрахункових параметрів ґрунтових основ аеродромних покриттів / Г. М. Агеева // Современные проблемы строительства. – 2010. – № 13. – С. 103–108.
4. Агеева Г. М. Науковий супровід будівництва та реконструкції аеродромів / Г. М. Агеева // Современные проблемы строительства. – 2009. – № 7 (12). – С. 28–32.
5. Агеева Г. М. Особливості підсилення аеродромних покриттів за результатами експериментального оцінювання експлуатаційної придатності / Г. М. Агеева // Вісник НУ «Львівська політехніка». – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – Вип. № 742. – С. 4–11. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/9580>
6. Агеева Г. М. Проблеми відновлення будівництва масштабних інфраструктурних споруд після довготривалої перерви / Г. М. Агеева, К. П. Кафієв // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2020. – № 3 (264–265). – С. 10–21. – DOI: <http://dx.doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.070720.10.6>
7. Агеева Г. М. Розв'язання містобудівних проблем аеропортобудування: освітній акцент // European ways of the development of modern engineering research : Collective monograph. – Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2021. – С. 1–25.
8. Агеева Г. Н. Особенности оценки эксплуатационной пригодности бетонных покрытий аэродромов методом ACN-PCN / Г. Н. Агеева // Будівельні конструкції. – 2003. – Вип. 58. – С. 295–300.
9. Агеева Г. Н. Развитие аэропортов: интеграция в региональные системы транспортных перевозок / Г. Н. Агеева // Теория современного города: прошлое, настоящее, будущее : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участ. (18–20 мая 2016 г.) / под ред. Е. Ю. Витюк, И. Г. Лежавы, Ю. С. Янковской [и др.]. – Екатеринбург : Архитектон, 2016. – С. 129–131.

10. Агеева Г. Н. Численное моделирование изгиба жестких аэродромных покрытий / Г. Н. Агеева // Промислове буд-во та інженерні споруди. – 2011. – № 1. – С. 19–25.
11. Агеева Г. Н. Экспериментально-теоретические исследования двухслойных аэродромных покрытий и рекомендации по их проектированию / Г. Н. Агеева // Современные проблемы строительства. – 2004. – № 2 (7). – Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, 2004. – С. 152–155. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38163>
12. Агеева Г. Развитие инфраструктуры аэропортов и его влияние на размещение объектов обслуживания воздушного движения / Г. Агеева, А. Волкова, А. Захарченко // Proceedings of the 20th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania' TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 12 May 2017, Vilnius, Lithuania. – Pp. 69–73. URL: <http://jmk.transportas.vgtu.lt/index.php/tran2017/tran2017/paper/view/116>
13. Аэродромы гражданской авиации / [В. И. Блохин, И. А. Белинский, И. В. Циприанович, А. И. Билеуш]. – М. : Воздуш. транс., 1996. – 400 с.
14. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / [В. А. Кульчицкий, В. А. Макагонов, Н. Б. Васильев и др.]. – М. : Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.
15. Барабаш М. С. Нелінійна будівельна механіка з ПК ЛІРА-САПР / М. С. Барабаш, М. М. Сорока, М. Г. Сур'янінов : монографія. – Одеса : Екологія, 2018. – 248 с.
16. Бітуми нафтові дорожні в'язки. Технічні умови: ДСТУ 4044-2001. – К. : Держстандарт України, 2001. – 32 с.
17. Васильев Н. Б. Воздействие опоры сверхтяжёлого самолёта А-380 на жёсткие покрытия аэродромов / Н. Б. Васильев // Аэропорты. Прогрессивные технологии. – 2003. – № 4. – С. 7–9.
18. ВСН 1.02.01-85. Ведомственные строительные нормы по выбору площадок для строительства аэропортов и вертолетных станций гражданской авиации / Министерство гражданской авиации. – М. : МГА, 1986. – 35 с.
19. Глушков Г. И. Повышение научно-технического уровня проектирования покрытий аэродромов / Г. И. Глушков // Сборник научных трудов МАДИ (ТУ). Проектирование и расчёт прочности конструкций и сооружений аэропортов. – 1999. – С. 12–18.
20. ДБН А.2.2-3:2014. «Склад та зміст проектної документації на будівництво» / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 40 с.

21. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 177 с.
22. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій будинків і споруд від шуму / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 74 с.
23. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ : Мінрегіон України, 2015 – 103 с.
24. ДБН В.2.2-24:2009. Проектування висотних житлових та громадських будівель / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : МінрегіонбудУкраїни, 2009. – 103 с.
25. ДБН В.2.5.75-2013. Каналізації. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 217 с.
26. ДБН А.2.2-1-2003. Склад та зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
27. Державна служба України. Наказ від 07.08.2019 № 1017 «Про затвердження Авіаційних правил України «Правила охорони повітряних суден та інших важливих об'єктів цивільної авіації, забезпечення контролю доступу до них».
28. Дмитрієв М. М. Визначення крайових умов на поверхні аеродромного покриття для постановки завдання моделювання його теплового поля / М. М. Дмитрієв, О. М. Папченко, О. Б. Деркачов, І. А. Рутковська // Вісник НАУ. – 2008. – № 1. – С. 161–164.
29. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів / Міністерство охорони здоров'я України. – Київ, 1996 р.
30. ДСТУ 3228-95. Аеродроми цивільні. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1996.
31. ДСТУ-Н В.1.1-27-2010. Будівельна кліматологія / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 122 с.
32. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009. Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіон України, 2009. – 44 с.

33. ДСТУ Б А.2.4.4-2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 50 с.
34. ДСТУ Б В.2.6-135:2010. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ для аеродромного покриття. Технічні умови (ГОСТ 25912.0-91, MOD).
35. ДСТУ Б В.2.6-136:2010. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-14 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.1-91, MOD).
36. ДСТУ Б В.2.6-137:2010. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-18 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.2-91, MOD).
37. ДСТУ Б В.2.6-138:2010. Плити залізобетонні попередньо напружені ПАГ-20 для аеродромного покриття. Конструкція (ГОСТ 25912.3-91, MOD).
38. ДСТУ В.2.6-156: 2011. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 172 с.
39. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Бетони важкі / Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997. – 67 с.
40. ДСТУ Б В.2.7-96-2000. Суміші бетонні. Технічні умови / Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – Київ, 2000. – 20 с.
41. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. (EN 206-1:2000, NEQ). Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 109 с.
42. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. – Київ, 2017. – 75 с. (Інформація та документація).
43. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва.
44. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-ХІІ (Відомості Верховної Ради (ВВР), 1992, № 50).
45. Інженерні основи аеропортобудування : навч. посібник [Лапенко О. І., Родченко О. В., Скрєбнева С. М. та ін.] – К. : НАУ, 2017. – 316 с.
46. Коренев Б. Г. Расчет плит на упругом основании / Коренев Б. Г. – М. : Госстройиздат, 1962. – 356 с.
47. Лапенко О. І. Зігнуті та стиснуті сталезалізобетонні конструкції для застосування на об'єктах аеропортів / О. І. Лапенко, О. В. Шевченко, В. В. Гораль, К. Е. Тяжлова // АВІА-2015:

- ХІІ міжнародна науково-технічна конференція, 28–29 квітня 2015 р. : тези доп. – К., 2015. – С. 22.41–22.44.
48. Лапенко О. І. Сучасні клейові суміші на основі епоксидних матеріалів, що використовуються при підсиленні конструкцій елементів споруд / О. І. Лапенко, П. С. Білокурів, О. В. Шевченко // Проблеми розвитку міського середовища : зб. наук. праць. – 2019. – Вип. 2. – С. 59–68.
 49. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Аэродромы. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Т. I. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 5-е изд. (AN 14-1). – Монреаль : ICAO, 2009.
 50. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства від 18.04.2016 № 93 (зі змінами, внесеними наказом Мінрегіону України від 20.09.2016 № 256).
 51. Наставление по аэродромной службе в гражданской авиации СССР (НАС ГА – 86) / Москва : Воздушный транспорт, 1987. – 287 с.
 52. Повітряний кодекс України: відповідає офіційному тексту / Верховна рада України. – Київ, 2021. – 108 с.
 53. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808. Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку.
 54. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том I. Проектирование и эксплуатация аэродромов / Международная организация гражданской авиации. – Издание восьмое, июль 2018 года. – 383 с.
 55. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том II. Вертодромы. Издание пятое, июль 2020 года.
 56. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. Охрана окружающей среды. Том I. Авиационный шум. Издание восьмое, июль 2017 года.
 57. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. Охрана окружающей среды. Том II. Эмиссия авиационных двигателей. Издание четвертое, июль 2017 года.
 58. Приложение 17 к Конвенции о международной гражданской авиации. Безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства. Издание одиннадцатое, март 2020 года.
 59. Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 126. Офіційний вісник України. 2016. № 18. С. 404.

60. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430р. Офіційний вісник України. 2018. № 52. С. 533.
61. Питання використання приаеродромної території : Постанова Кабінету міністрів України від 23 грудня 2021 року № 1427. Урядовий кур'єр від 05.01.2022. № 1.
62. Проектування аеропортів : підручник / [М. Ф. Дмитриченко, М. М. Дмитрієв, М. О. Папченко та ін.]. – Київ : НТУ, 2010. – 248 с.
63. Родченко О. В. Теоретичні та практичні підходи до вдосконалення методики розрахунку плитних конструкцій будівель та споруд аеропортів / О. В. Родченко // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель : зб. наук. праць. – К. : КиївЗНДІЕП, 2006. – С. 180–184.
64. Родченко О. В. Дослідження впливу опор надважких літаків на жорсткі покриття аеродромів / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 3. – С. 25–28.
65. Родченко О. В. Вдосконалення методики розрахунку жорстких покриттів аеродромів у діючих нормах проектування / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 8. – С. 31–36.
66. Родченко О. В. Вплив сучасних та перспективних літаків на двошарові та одношарові жорсткі покриття аеродромів / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 9. – С. 36–40.
67. Родченко О. В. Уточнення коефіцієнта динамічності при впливі надважких літаків / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2007. – № 10. – С. 32–35.
68. Родченко О. В. Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів із використанням коефіцієнта накопичення руйнувань / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2008. – № 5. – С. 40–47.
69. Родченко О. В. Розрахунок двошарових жорстких аеродромних покриттів за допомогою програмного комплексу «ЛИРА» / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2008. – № 9. – С. 37–41.
70. Родченко О. В. Вдосконалення проектування жорстких покриттів аеродромів при дії надважких навантажень / Родченко О. В. // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2009». – 2009. – Т. 3. – С. 16.19–16.22.
71. Родченко О. В. Удосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням впливу температури та зміни коефіцієнту постелі впродовж року / Родченко О. В. // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє». – 2010. – С. 12.

72. Родченко О. В. Вдосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів на дію навантажень від опор літаків типу А380 / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2010. – № 5. – С. 40–43.
73. Родченко О. В. Вдосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж року / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2011. – № 1. – С. 40–43.
74. Родченко О. В. Вдосконалення проектування жорстких аеродромних покриттів при дії навантаження від опори літака по краю плити / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2011. – № 2. – С. 45–48.
75. Родченко О. В. Теоретичні основи проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж року / О. В. Родченко // АВІА-2011: Х міжнар. наук.-техн. конф., 19–21 квітня 2011 р. : тези доп. – К., 2011. – Т. 3. – С. 24.31–24.34.
76. Родченко О. В. Особливості дії основних опор літаків А380-800 та В747-8 на двочарові жорсткі аеродромні покриття / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2011. – № 6. – С. 12–14.
77. Родченко О. В. Основи використання паралельних обчислень при проектуванні жорстких аеродромних покриттів / Родченко О. В., Дорошенко Ю. О., Веружський Ю. В. // Вісник Інженерної академії України. – 2012. – № 1. – С. 22–26.
78. Родченко О. В. Паралельні обчислення в розрахунках жорстких аеродромних покриттів / Родченко О. В., Мединська М. В. // Політ 2012: XII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 4–6 квітня 2012 р. : тези доп. – К., 2012. – С. 31.
79. Родченко О. В. Теоретичні основи розробки стратегії розвитку міжнародного аеропорту / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2012. – № 5. – С. 36–40.
80. Родченко О. В. Особливості розробки стратегії розвитку міжнародного аеропорту / О. В. Родченко // АВІА-2013: XI міжнар. наук.-техн. конф., 21–23 травня 2013 р. : тези доп. – К., 2013.
81. Родченко О. В. Теоретичні основи проектування жорстких аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж року / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2013. – № 5. – С. 6–12.
82. Родченко О. В. Комп'ютерні технології числового моделювання жорстких аеродромних покриттів / О. В. Родченко // Міське середовище – XXI сторіччя – Архітектура. Будівництво. Дизайн: I Міжнародний науково-практичний конгрес, 10–14 лютого 2014 р. : тези доп. – К., 2014. – С. 179–180.

83. Родченко О. В. Удосконалення методики визначення класифікаційного числа жорсткого аеродромного покриття / О. В. Родченко // Будівництво України. – 2014. – № 2. – С. 32–38.
84. Родченко О. В. Особливості проектування жорстких аеродромних покриттів в комп'ютерній програмі «Аеродром 380» / О. В. Родченко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2015. – № 1. – С. 9–13. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2015_1_3
85. Родченко О. В. Інформаційні технології проектування жорстких аеродромних покриттів / О. В. Родченко // АВІА-2015: XII міжнар. наук.-техн. конф., 28–29 квітня 2015 р. : тези доп. – К., 2015. – С. 22.45–22.48.
86. Родченко О. В. Удосконалення методу визначення несучої здатності жорстких аеродромних покриттів / О. В. Родченко // АВІА-2017: XIII міжнар. наук.-техн. конф., 19–21 квітня 2017 р. : тези доп. – К., 2017. – С. 23.16–23.20.
87. Родченко О. В. Finite element modelling of airfield concrete pavement / Родченко О. В., Башинський О. В. // 20th Conference of Young Scientists of Lithuania “Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT”, 12 May 2017: Proceedings. – Vilnius, 2017. – P. 19–23.
88. Родченко О. В. Удосконалення методу визначення несучої здатності двохшарових монолітних цементобетонних аеродромних покриттів / О. В. Родченко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – № 4. – С. 20–23. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2017_4_6
89. Родченко О. В. Airfield rigid pavement thickness design accounting for top-down cracking / О. В. Родченко // 21th Conference of Young Scientists of Lithuania “Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT”, 4 May 2018: Proceedings. – Vilnius, 2018.
90. Родченко О. В. Комп'ютерні технології проектування двохшарових жорстких аеродромних покриттів / О. В. Родченко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2020. – № 2. – С. 19–23. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2020_2_6
91. Родченко О. В. Sensitivity quantification of airport concrete pavement stress responses under impact of Airbus 321NEO / О. В. Родченко // АВІА-2021: XV міжнар. наук.-техн. конф., 20–22 квітня 2021 р. : матеріали. – К., 2021. – С. 20.6–20.10.
92. Родченко О. В. Удосконалення проектування двохшарових монолітних цементобетонних аеродромних покриттів з урахуванням зміни температури впродовж доби та року / О. В. Родченко // Промислове будівництво та інженерні споруди : науково-виробничий

- журнал. – 2021. – № 3. – С. 42–47. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2021_3_7
93. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України 2020 (Сертифікаційні вимоги 2020), встановлені наказом № 1346 Державної авіаційної служби України від 22.09.2020 року.
 94. СНиП 1.02.01-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений / Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 40 с.
 95. СНиП2.05.08.85. Аэродромы / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
 96. СНиП 3.06.06-88. Аэродромы / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 112 с.
 97. СН 457-74. Нормы отвода для земель аэропортов / Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). – М. : Стройиздат, 1976.
 98. Степушин А. П. Совершенствование методов расчёта, конструирования и технологии строительства жёстких аэродромных одежд под сверхтяжёлые нагрузки от воздушных судов / А. П. Степушин // Аэропорт. Партнёр. – 2004. – № 1. – С. 24–25.
 99. Толбатов Ю. А. Загальна теорія статистики засобами Exsel / Толбатов Ю. А. – К. : Четверта хвиля, 1999. – 224 с.
 100. IATA. Справочное руководство по вопросам развития аэропортов, 1995.
 101. А. с. Україна. Комп'ютерна програма «Аеродром 380» / Родченко О. В. (Україна). – № 57948; дата реєстр. 30.12.14.
 102. A380. Airplane Characteristics For Airport Planning. – Airbus S. A. S., France, 2019. – 327 p.
 103. A380 Pavement Experimental Programme / Rigid Phase [Електронний ресурс] / C. Fabre, J. M. Balay, A. Mazars // 2004 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference. Atlantic City, New Jersey, April, 2004. – Atlantic City, 2004. – 21 p. – Режим доступу: <http://www.airporttech.tc.faa.gov/naptf/att07/2004%20Track%20P.pdf/P04041.pdf>
 104. Advanced Pavement Design: Finite Element Modelling for Rigid Pavement Joints, Report II – Model Development, Report No. DOT/FAA/AR-97/7, FAA [Електронний ресурс] / Machael I. Hammons. – Washington : Federal Aviation Administration, 1998. – 180 p. – Режим доступу: <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar9870.pdf>

105. Advisory Circular 150/5320-6G. Airport Pavement Design and Evaluation [Електронний ресурс], US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2021. – 195 р. – Режим доступу: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6G-Pavement-Design.pdf
106. Agieieva G. M., Tymoshenko M. M., Bzhezovska N. V. Planing organization of macro environment of the airports // AVIA-2019: Proceedings of the Fourteenth International Conference of Science and Technology. – National Aviation University. – Kyiv, 2019. – P. 21.1–21.5. URL: <http://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2019/paper/view/5859/4726>
107. Дос 4444. Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения (PANS-ATM). Издание шестнадцатое, 2016.
108. Дос 8168. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов (PANS-OPS). Том I. Правила производства полетов. Издание шестое, 2018.
109. Дос 8168. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов (PANS-OPS). Том II. Построение схем визуальных полетов и полетов по приборам. Издание седьмое, 2020.
110. Дос 8973. Руководство по безопасности для защиты гражданской авиации от актов незаконного вмешательства. Том III. Безопасность аэропорта. Требования в отношении организации, программ и проектирования. Издание седьмое, 2009 год.
111. Дос 8973. Руководство по безопасности для защиты гражданской авиации от актов незаконного вмешательства. Том III. Управление кризисной ситуацией и ответные действия в связи с актами незаконного вмешательства. Издание седьмое, 2008 год.
112. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 1. Спасание и борьба с пожаром. Четвертое издание, 2015 год.
113. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 2. Состояние поверхности покрытия. Четвертое издание, 2002 год.
114. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 3. Предотвращение опасного присутствия птиц и диких животных. Издание пятое, 2020 год.
115. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 5. Удаление воздушных судов, потерявших способность двигаться. Четвертое издание, 2009 год.
116. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 6. Контролирование препятствий. Второе издание, 1983 год.

117. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 7. Планирование мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту. Второе издание, 1991 год.
118. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 8. Эксплуатационные службы аэропорта. Первое издание, 1983 год.
119. Дос 9137. Руководство по аэропортовым службам. Часть 9. Практика технического обслуживания аэропортов. Первое издание, 1984 год.
120. Дос 9157. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 1. Взлетно-посадочные полосы. Издание третье, 2006 год.
121. Дос 9157. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 2. Рулежные дорожки, перроны и площадки ожидания. Издание пятое, 2020 год.
122. Дос 9157-AN/90I. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 3. Покрытия / Международная организация гражданской авиации, 1983. – 346 с.
123. Дос 9157. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 4. Визуальные средства. Издание четвертое, 2004 год.
124. Дос 9157. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 5. Электрические системы. Издание второе, 2017.
125. Дос 9157. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 6. Ломкость. Издание первое, 2006 год.
126. Дос 9184. Руководство по проектированию аэропортов. Часть 1. Генеральное планирование. Второе издание, 1987 год.
127. Дос 9184. Руководство по проектированию аэропортов. Часть 2. Землепользование и экологический менеджмент. Издание четвертое, 2018.
128. Дос 9184. Руководство по проектированию аэропортов. Часть 3. Инструктивный материал по консультативному и строительному обслуживанию. Первое издание, 1983 год.
129. Дос 9261. Руководство по вертодромам. Издание четвертое, 2020.
130. Дос 9365. Руководство по всепогодным полетам. Издание четвертое, 2017.
131. Дос 9426. Руководство по планированию обслуживания воздушного движения.
132. Дос 9476. Руководство по системам управления наземным движением и контролем за ним.
133. Дос 9640. Руководство по противообледенительной защите воздушных судов на земле. Издание третье, 2018.
134. Дос 9643. Руководство по одновременному использованию параллельных или почти параллельных оборудованных ВПП (SOIR). Издание второе, 2020.

135. Дос 9829. Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом. Издание второе, 2008.
136. Дос 9870. Руководство по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП, 2007.
137. Дос 9981. Правила аэронавигационного обслуживания (PANS). Аэродромы. Издание третье, 2020.
138. Rodchenko O. V. A380 Main Landing Gears Impact on Airfield Two-Layer Rigid Pavements / Rodchenko O. V. // Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє». – 2009. – С. 19.
139. Rodchenko O. V. Computer technologies of finite element modeling of airfield rigid pavement / O. V. Rodchenko // 15th Conference of Young Scientists of Lithuania “Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT”, 8 May 2013. – Vilnius, 2013.
140. Rodchenko O. V. Improvement of the two-layer airfield rigid pavement design / O. V. Rodchenko // 17th Conference of Young Scientists of Lithuania “Science – Lithuania’s Future. TRANSPORT”, 8 May 2014. – Vilnius, 2014.
141. Rodchenko O. V. Improvement of concrete airfield pavement design // “Aviation in the XXI-st century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”: The Sixth World Congress, September 23–25, 2014: proceedings. – Kyiv, 2014. – Volume 3. – P. 10.1–10.5.
142. Rodchenko O. V. Finite Element Modeling of Concrete Airfield Pavement / O. V. Rodchenko // “Aviation in the XXI-st century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”: The Seventh World Congress, September 19–21, 2016: Proceedings. – Kyiv, 2016. – P. 10.1.1–10.1.4.
143. Rodchenko O. V. Finite element modelling of airfield concrete pavement / O. V. Rodchenko // Transport Engineering and Management: the 20th Conference of Junior Researches “Science – Future of Lithuania”, May 12, 2017: Proceedings. – Vilnius, 2017. – P. 19–23.
144. Rodchenko O. “Computer Technologies for Concrete Airfield Pavement Design”. Aviation, Vol. 21, no. 3, Mar. 2018, pp. 111-7, doi: 10.3846/16487788.2017.1379439
145. Rodchenko O. V. Airfield rigid pavement thickness design accounting for top-down cracking / O. V. Rodchenko // Transport Engineering and Management: the 21th Conference of Junior Researches “Science – Future of Lithuania”, May 4, 2018: Proceedings. – Vilnius, 2018. – P. 19–22.
146. Rodchenko O. V. Sensitivity quantification of airfield rigid pavement stress responses using “Aerodrom 380” program / O. V. Rodchenko // The Eighth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” – “Safety in

- Aviation and Space Technologies”, October 10–12, 2018: Proceedings. – Kyiv, 2018. – P. 14.37–14.41.
147. Rodchenko O. V. Sensitivity quantification of airfield rigid pavement stress responses / O. V. Rodchenko // Transport Engineering and Management: the 22th Conference of Junior Researches “Science – Future of Lithuania”, 22–23 November, 2019: Proceedings. – Vilnius, 2019. – P. 6–9.
 148. Westergaard H. M. Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analysis / H. M. Westergaard // Public Roads. – 1926. – Vol. 7, No. 2. – P. 25–35.
 149. Westergaard H. M. Stresses in Concrete Runways of Airports / H. M. Westergaard // Proceedings, Highway Research Board, National Research Council. – 1939. – Vol. 19. – P. 199–200.
 150. Westergaard H. M. New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields / H. M. Westergaard // Transactions, American Society of Civil Engineers. – 1948. – Vol. 113. – P. 425–439.
 151. Westergaard H. M. Analysis of Stresses in Concrete Pavements due to Variations of Temperature / H. M. Westergaard // Proceedings. Highway Research Board, Washington, D. C. – 1927. – Vol. 6. – P. 201–215.

Наукове видання

ПРОЄКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВО АЕРОДРОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Монографія

За загальною редакцією Карпова В. В.

Дизайн обкладинки – В. В. Савельєва
Верстка – О. С. Данильченко



Підписано до друку 28.03.2022 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Warnock.
Ум. друк. арк. 19.53.
Наклад 300. Замовлення № 0222-027.

Видавництво та друк: Олді+
вул. Паровозна, 46а, м. Херсон, 73034
Свідоцтво ДК № 7546 від 13.12.2021 р.

Тел.: +38 (098) 559-45-45,
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021
E-mail: office@oldiplus.ua

**ОЛДІ
ПЛЮС**