

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ,
ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з дисципліни
«Реконструкція автомобільних доріг і аеродромів»
для студентів ступеня бакалавра спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ОПП «Автомобільні дороги і аеродроми»
денної та заочної форм навчання

Дніпро
2022

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Реконструкція автомобільних доріг і аеродромів» для студентів ступеня бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Автомобільні дороги і аеродроми» денної та заочної форм навчання / Укладачі: Юлія БАЛАШОВА, Віктор ДЕМ'ЯНЕНКО, Олександр ТРЕГУБ – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА. – 2022. – 38 с.

Методичні вказівки призначені для полегшення роботи студентів під час підготовки до практичних занять з дисципліни «Реконструкція автомобільних доріг і аеродромів», набуття знань в галузі реконструкції автомобільних доріг і аеродромів, а також навичок в розробці і прийнятті інженерних рішень.

У методичних вказівках викладено методи реконструкції плану і дорожнього одягу автомобільних доріг, а також методи реконструкції плану аеродрому, штучної злітно-посадкової смуги (ШЗПС) та покриттів аеродромів.

Укладачі: Юлія БАЛАШОВА, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою ДВНЗ ПДАБА;
Віктор ДЕМ'ЯНЕНКО, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою ПДАБА;
Олександр ТРЕГУБ, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою ДВНЗ ПДАБА;

Відповідальний за випуск: Юрій КІРІЧЕК, доктор технічних наук, професор, зав. кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою ДВНЗ ПДАБА.

Рецензент: Євген ЛАНДО, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою ДВНЗ ПДАБА.

Затверджено на засіданні кафедри
автомобільних доріг, геодезії та
землеустрою ДВНЗ ПДАБА
Протокол № 1 від 31.08.2021 р.
Завідувач кафедри Юрій КІРІЧЕК

Рекомендовано до друку
навчально-методичною радою
ДВНЗ ПДАБА
Протокол № 4 від 17.02.2022 р.

ЗМІСТ

1.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1. Реконструкція автомобільної дороги в плані.....	4
2.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2. Реконструкція і підсилення дорожнього одягу автомобільної дороги.....	7
3.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. Проектування поверхні штучної злітно-посадкової смуги (ШЗПС) методом числових відміток і вертикальних профілів при реконструкції аеродрому.....	10
4.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. Побудова проектної поверхні у вузлах штучних покриттів.....	15
5.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. Оцінка несучої здатності аеродромних покриттів. Представлення даних про несучу здатність аеродромних покриттів.....	17
6.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6. Розрахунок несучої здатності жорстких і змішаних покриттів.....	21
7.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7. Розрахунок несучої здатності нежорстких покриттів.....	30
8.	ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8. Посилення штучних покриттів при реконструкції аеродрому.....	32
	ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	38

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

РЕКОНСТРУКЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ В ПЛАНІ

Першочерговим завданням реконструкції дороги є випрямлення траси в плані, що спричинено потребою усунення необґрунтованої звивистості дороги, яка зумовлює перепробіг автомобілів, створює небезпеку дорожньо-транспортних пригод.

Розрізняють звивистість траси дороги і звивистість брівки земляного полотна. В місцевостях з особливо цінними сільськогосподарськими землями дорогу в першому випадку часто випрямляють за рахунок відповідної зміни смуги виведення. Земляне полотно існуючої дороги при цьому використовується частково. Залишені ділянки доріг, якщо їх не можна використати як майданчики відпочинку, слід розібрати і після рекультивації повернути власнику землі. Від звивистості траси слід відрізняти звивистість брівки полотна на старих дорогах. У цьому разі ширина земляного полотна коливається, а обидві брівки не паралельні одна одній. Для реконструкції такого полотна спочатку потрібно намітити напрямок тієї брівки, що потребує виконання меншого обсягу робіт і з боку якої є узбіччя, ширина якого близька до заданої. Другу брівку при цьому слід випрямляти, забезпечуючи належну ширину земляного полотна (рис 1.1).

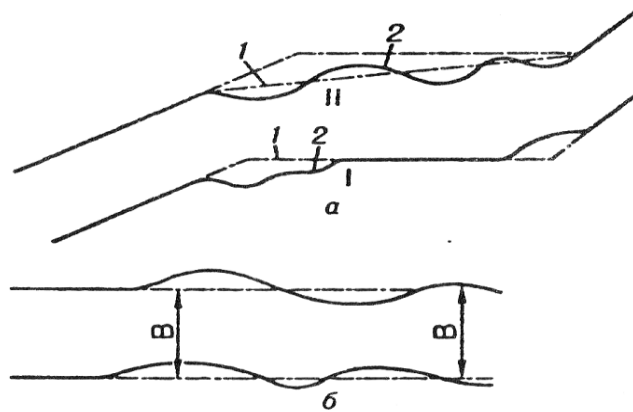


Рис. 1.1 Випрямлення траси:

а – I і II варіанти випрямлення траси за рахунок зміни смуги відведення;

б – виправлення звивистої брівки полотна;

1 – до випрямлення; 2 – після випрямлення

Часто трасу спрямляють з метою її скорочення. Під час усунення необґрунтованої звивистості дороги збільшують радіуси кривих, які не задовольняють нормативним вимогам, забезпечують видимість на ділянках, де вона недостатня.

За обмежених умов місцевості збільшувати радіуси кривих у плані не обов'язково до нормативних значень. Розглядаючи ділянку дороги загалом, слід підвищувати швидкість руху до швидкості, характерної для сусідніх ділянок, забезпечувати плавність її зміни на суміжних кривих.

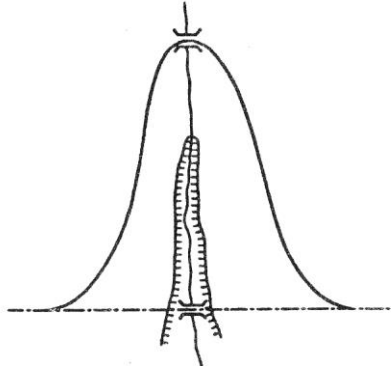


Рис. 1.2. Випрямлення траси з перетинанням яру на прямій

Вибираючи раціональне положення траси під час реконструкції дороги, з одного боку, потрібно враховувати необхідність забезпечення безпечного руху, а з іншого - максимально використовувати існуючу дорогу з мінімальним вилученням прилеглих земель. Виходячи з цього, трасу майбутньої дороги можна суміщати з трасою існуючої, що мало місце під час реконструкції доріг Київ - Львів, Київ - Одеса, Київ - Ростов та ін.

Реконструкцію доріг потрібно здійснювати і на ділянках проходження траси через населені пункти або поблизу них. Положення траси на цих ділянках змінюють з метою:

- поліпшення входів у населені пункти;
- поліпшення траси в межах населеного пункту;
- обходу населеного пункту.

Для доріг нижчих категорій за малої інтенсивності руху скорочення траси дороги інколи менш важливе, ніж забезпечення надійного проїзду за мінімальних витрат. У цьому разі інколи під час реконструкції доріг допускають перенесення траси на прилеглі території, де можна забезпечити більші стійкість і міцність земляного полотна. Наприклад, трасу з болотистих місць, які періодично заливаються водою, переносять на підвищені ділянки місцевості, що знаходяться поблизу.

У процесі поліпшення положення траси в плані під час реконструкції часто виникає потреба в реконструкції дорожніх закруглень з метою:

- збільшення радіусів кривих;
- влаштування перехідних кривих;
- розширення покриття і земляного полотна;
- влаштування віражів;

➤ забезпечення видимості.

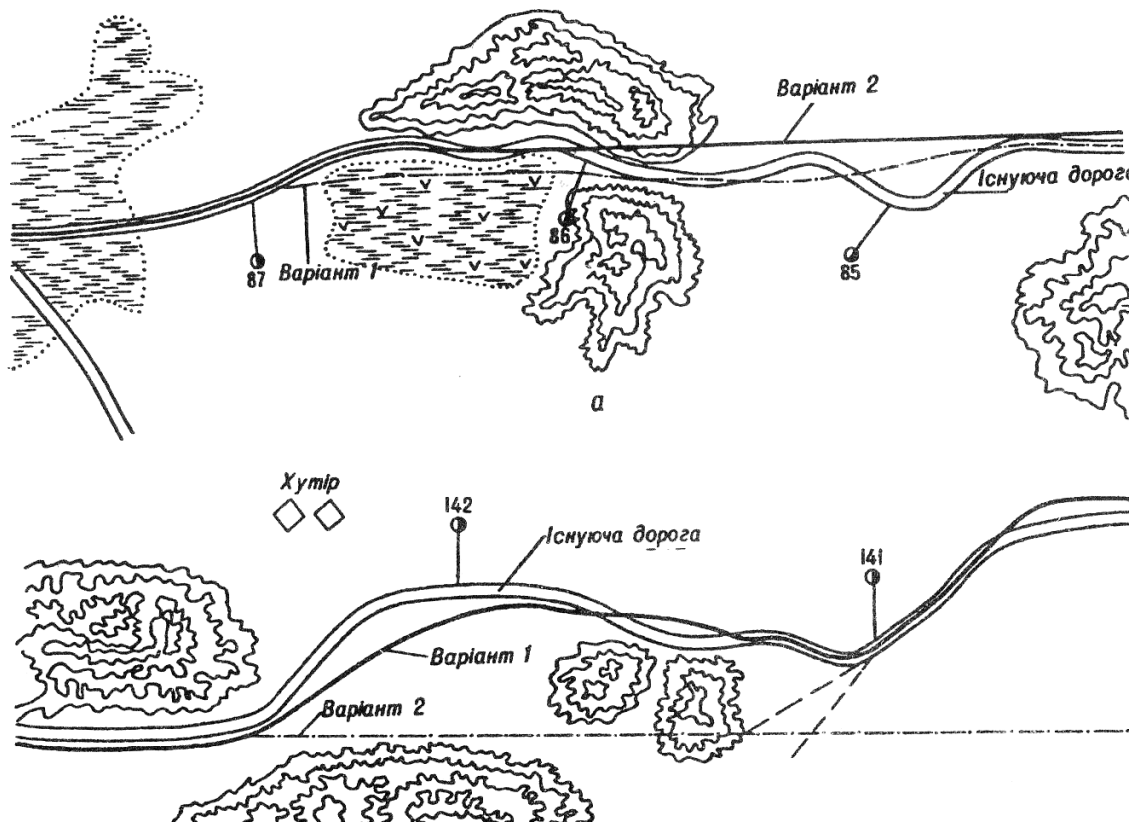


Рис. 1.3 Приклади усунення необґрунтованої звивистості дороги:
а – на прямій ділянці; б – на поєднанні кривих

У результаті реконструкції горизонтальних кривих збільшується швидкість, підвищуються зручність і безпека руху. У разі збільшення радіусів кривих дещо скорочується довжина траси, але іноді це може бути пов'язане зі значними витратами і тому має компенсуватися значним поліпшенням умов руху.

З найбільшими труднощами пов'язане збільшення радіусів кривих у гірській місцевості на косогірних ділянках і дорогах, які проходять через населені пункти зі старою забудовою.

Реконструкція дороги в поздовжньому профілі пов'язана зі зменшенням радіусів поздовжніх похилів, збільшенням радіусів вертикальних кривих — опуклих для збільшення видимості, угнутих для підвищення комфортабельності проїзду по дорозі. Водночас поліпшуються умови осушення земляного полотна за несприятливих ґрунтових і гідрологічних умов.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

РЕКОНСТРУКЦІЯ І ПІДСИЛЕННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Потреба реконструкції дорожнього одягу викликає розмаїтість рішень, що залежать від конструкції існуючого одягу, ступеня його зносу, наявності місцевих матеріалів і необхідної міцності. Проте основні заходи, які пов'язані з реконструкцією дорожнього одягу, направлені на підвищення його типу і збільшення ширини на зміцнення конструкції.

Дорожній одяг поширюють в один або обидва боки залежно від ширини узбіччя. В один бік поширюються дуже вузькі дорожні одяги.

Поширення одягу на 0,5...2,0 м виконують симетрично. Вважається, що найбільш доцільним є поширення одягу із влаштуванням верхнього шару, який прокладають на всю нову ширину. Під час проектування реконструкції одягу можуть бути такі варіанти: поширення без потовщення і реконструкції старого одягу; поширення з потовщенням і реконструкцією старого одягу.

Поширення може влаштовуватися більш низького типу або такої самої конструкції, як й існуючий одяг. Поперечний похил на поширеній частині одягу беруть рівним похилу, який є на всьому одязі.

Покращення і підсилення конструкції дорожнього одягу виконуються періодично на певних стадіях роботи дороги, коли з різних причин вимагається підвищення її технічних якостей.

Підсилення дорожнього одягу здійснюють в результаті перевірки стану і конструкції одягу існуючої дороги і розрахунків необхідної товщини підсилення.

Виходячи з еквівалентного модуля пружності існуючого дорожнього одягу, якщо він знаходиться в задовільному стані, ведуть розрахунки щодо підсилення одягу.

Якщо після підсилення існуючий дорожній одяг відповідає вимогам перспективного руху, то слід розглянути способи покращення гідротехнічних умов земляного полотна і влаштування водовідводу.

На старих дорогах, які побудовані в дуже низьких відмітках, що не відповідають кліматичним і ґрунтовим умовам місцевості, підсилення одягу без зміни висоти насипу недоцільне. У зв'язку з цим треба передбачити попередню досипку земляного полотна.

Якщо старий дорожній одяг має недостатню міцність і непридатний для використання його як основи для нового покриття, то старий одяг залишають як додатковий шар основи (рис. 2.1). Як свідчить практика, за основу доцільно брати старий одяг. Особливо це характерно для реконструкції цементно-бетонного покриття, для якого старий дорожній

одяг буде основою. На тих ділянках дороги, де розбирання дорожнього одягу економічно виправдовується, матеріал одягу після опрацювання сортують і складають осторонь, а потім використовують для шарів основи. Якість такого матеріалу покращують додаванням нового щебеню або обробкою в'язучими.

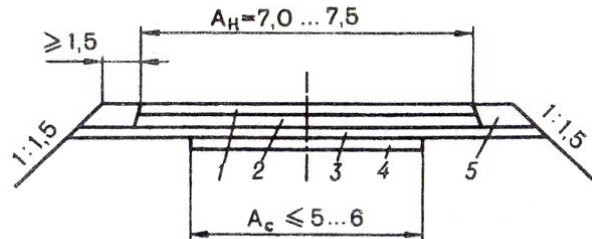


Рис. 2.1. Схема підсилення покриття з використанням старого дорожнього одягу як додаткового шару основи:

- 1 – нове покриття; 2 – нова основа; 3 – новий дренальний шар;
4 – старий дорожній одяг; 5 – нове присипане узбіччя

При підсиленні старих дорожніх одягів слід враховувати деякі їхні особливості, а саме те, що підсилення такими шарами може бути забезпечено лише при міцному зв'язку нового покриття зі старим. Проте укладання нового дорожнього одягу на поверхню, яка запилена, забруднена та має деформації, не гарантує необхідного зчеплення між ними.

Досвід показує, що при укладанні на очищене старе асфальтобетонне покриття нового шару асфальтобетонної суміші 3...6 см завтовшки на новому покритті повторюються дефекти старого покриття.

Для підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів треба переходити на влаштування покриттів з товстих шарів суміші.

У більшості випадків дороги, які підлягають реконструкції, мають різноманітні конструкції дорожніх одягів на коротких відстанях. Ці конструкції дорожніх одягів мають різний ступінь зношення, причому на різних ділянках траси ґрунтова основа має неоднакову міцність, що викликано різними умовами водного режиму і ґрунтів. Тому при реконструкції доріг досягненню однакової міцності дорожніх одягів на достатньо довгих ділянках має бути приділена особлива увага. У зв'язку з цим для кожної ділянки слід зібрати відомості про конструкцію дорожнього одягу, склад і властивості окремих шарів одягу. Під час розвідувань оцінюють міцність дорожніх одягів вимірюванням прогинів їх при проїзді самохідних дослідних установок з розрахунковим навантаженням на колесо.

При дослідженнях на окремих коротких ділянках застосовують також важільні прогиноміри, якими вимірюють пружне відновлення дорожнього одягу після проїзду автомобіля.

Фактичний загальний модуль пружності дорожнього одягу визначають за допомогою виразу

$$E_{заг} = \frac{PD(1-\mu^2)}{l} \quad (2.1)$$

де P - тиск на покриття, МПа; D - діаметр круга, рівновеликого площі контакту автомобіля з покриттям; μ - коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0,3$; l - пружний прогин.

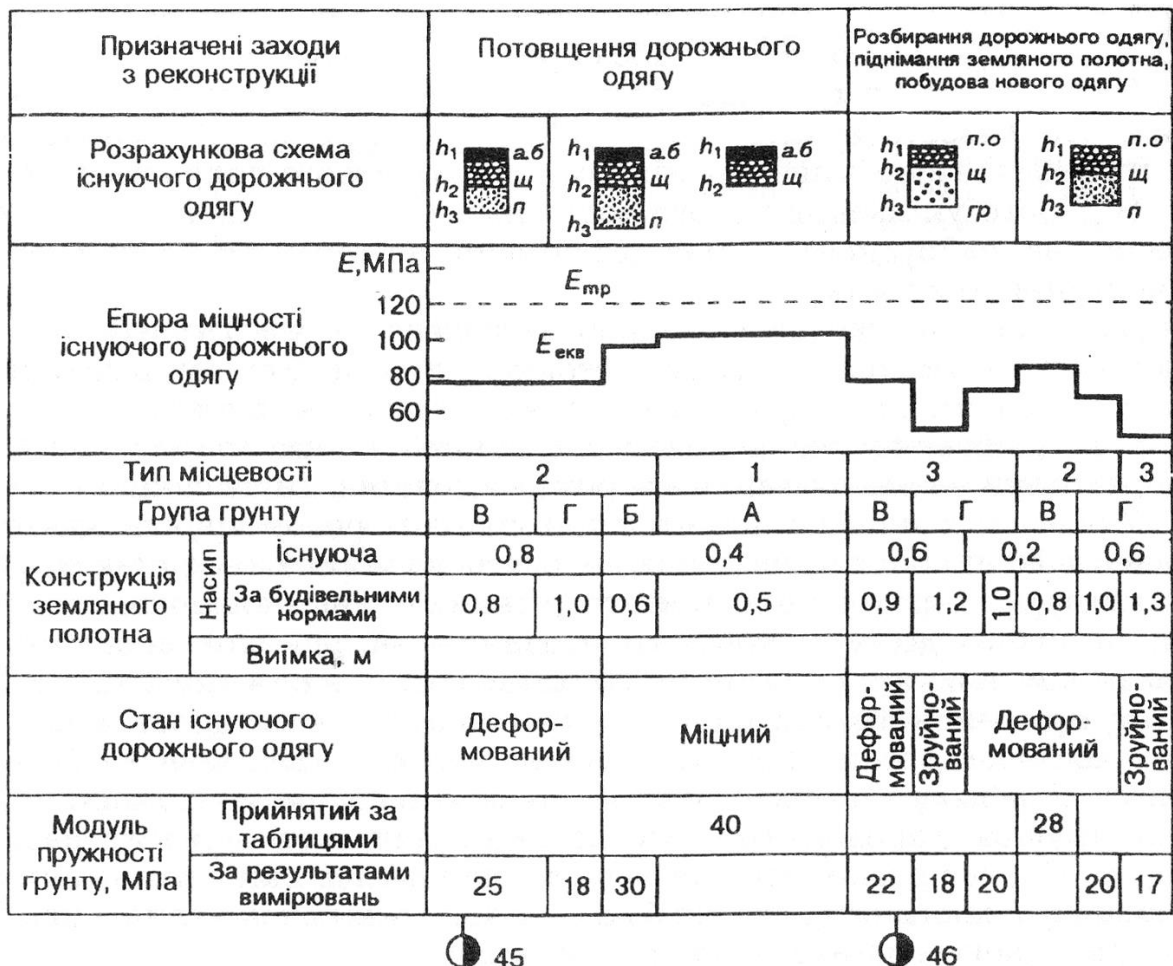


Рис. 2.2. Графік зміни міцності дорожнього одягу:
а,б – асфальтобетон; щ – щебінь; п – пісок; гр – гравій; п.о – поверхнева обробка; А- супісок, В – суглинок; Г – пилуватий суглинок

Визначивши значення модуля пружності, який потрібний для дорожнього одягу при перспективному русі, проектують необхідне посилення одягу.

На основі встановлених значень $E_{\text{вим}}$ і $E_{\text{заг}}$ знаходять товщину додаткового шару потовщення.

Користуючись цими даними, креслять епюру міцності існуючого дорожнього одягу (рис. 2.2), на який наносять еквівалентний модуль деформації дорожнього одягу, що вимагається, встановлюють межі ділянок, де слід підсилити дорожній одяг.

Незважаючи на те що конструкція і стан існуючого дорожнього одягу значно відрізняються на всій довжині дороги, слід при підсиленні його брати один спосіб виконання, який вимагає використовувати одне і те саме обладнання, застосовуючи одні і ті самі матеріали, один і той самий технологічний процес.

Однотипні заходи щодо реконструкції проектують ділянками, довжина яких не менше ніж 200 м.

У всіх випадках одяг реконструюють після потрібного посилення полотна і забезпечення стійкого сприятливого водно-теплого режиму.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЕРХНІ ШТУЧНОЇ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ (ШЗПС) МЕТОДОМ ЧИСЛОВИХ ВІДМІТОК І ВЕРТИКАЛЬНИХ ПРОФІЛІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АЕРОДРОМУ

На першому етапі попередньо намічають висотне положення поверхні ШЗПС. З цією метою будують поздовжній профіль природної поверхні по осі ШЗПС, включаючи кінцеві смуги безпеки (КСБ) і прилеглі до них ділянки місцевості, і поздовжній профіль проектної поверхні (рис. 3.1).

Для побудови поздовжнього профілю використовують чорні відмітки, наявні на плані топографічної зйомки. Для побудови поздовжнього профілю приймають масштаби: горизонтальний 1:2000 і вертикальний 1:100, 1:50; для зображення ґрунтів вертикальний масштаб 1:50. На поздовжньому профілі, також показують ґрунтові умови ділянки і рівень ґрунтової води.

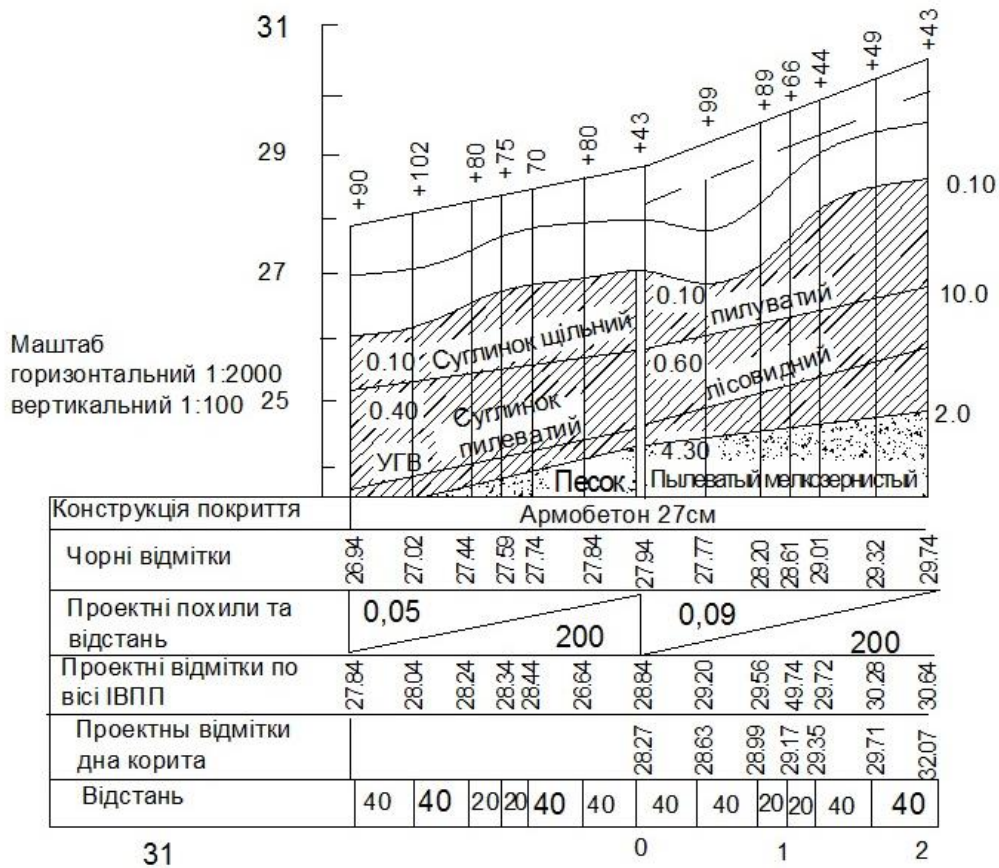


Рис. 3.1. Повздовжній профіль по осі ШЗПС

При нанесенні проектної лінії ШЗПС на поздовжній профіль необхідно керуватися наступними положеннями:

1. Злами проектної лінії поєднують з основними зламами природної поверхні.

Злами проектної лінії зі зміною ШЗПС напрямку ухилу на зворотний допускаються тільки на основних вододілах і тальвегах. Число зламів має бути мінімальним (на ШЗПС аеродромів вищих класів їх слід уникати).

2. Довжину ділянок з максимально допустимим поздовжнім ухилом рекомендується обмежувати 300 м.

3. Для відводу поверхневої води дну відкритих лотків рекомендується надавати поздовжній похил не менше 0,0025, так як при менших ухилах ШЗПС влаштовуються відкриті лотки пилообразного профілю, що ускладнює пристрій покриттів і системи водовідведення.

Ухили, менші 0,0025 (в тому числі і нульові ухили), допускаються лише з метою пом'якшення зламів поздовжнього профілю на ділянках ШЗПС, де поздовжній ухил змінюється на зворотний. На інших ділянках поздовжні похили ШЗПС, менші 0,0025, допускаються лише при достатньому техніко-економічному обґрунтуванні.

4. Злами проектної лінії в поздовжньому профілі повинні бути меншими або дорівнювати максимальним, що допускаються нормами.

5. Всі злами проектної лінії необхідно поєднувати з лініями сітки квадратів або пікетів; значення поздовжніх ухилів приймати кратними 0,0005 (наприклад, 0,0025; 0,003; 0,0035 і т. д.).

6. Слід прагнути рівності об'ємів насипів і виїмок в межах ШЗПС. Це значною мірою зумовлює баланс земляних робіт на аеродромі в цілому. Надмірна різниця в обсягах насипів і виїмок вимагає додаткового переміщення значних мас ґрунту.

При реконструкції аеродрому чи будівництва нових льотних смуг, розширенні перонів і МС виникають труднощі в призначенні місць для відсипання зайвого ґрунту або закладки резервів. У цьому випадку слід прагнути до балансу земляних робіт в межах елемента аеродрому, що реконструюється.

7. Слід суворо дотримуватися вимог до висотного положення дна корита з урахуванням ґрунтових, гідрогеологічних та кліматичних умов ділянки будівництва.

8. Повинні бути виконані вимоги до видимості на ШЗПС та перед антеною курсового радіомаяка.

На другому етапі для вирішення цих питань і уточнення положення проектної лінії поздовжній профіль ШЗПС доповнюється системою поперечних профілів, які бувають необхідні і як робочі креслення при будівництві.

Поперечні профілі (рис. 3.2) повинні викреслюватися в такій кількості, щоб повніше характеризувалося становище проектної поверхні ШЗПС відносно ґрунтової. Їх потрібно викреслювати для ділянок, де змінюється природний рельєф, і між зламами проектної лінії - на ділянках насипів і виїмок. Поперечні профілі дозволяють виявити умови на кромках покриття і місцях його сполучення.

Відповідно до нормативних вимог аеродромні покриття сполучають з прилеглою ґрунтовою поверхнею ґрунтовими узбіччями шириною не менше 25 м для ШЗПС та 15 м для РД з ухилом в бік від покриття, величина якого призначається в межах 0,015 - 0,025.

Коли через недостатнє піднесення кромки покриття узбіччя заглиблюються нижче прилеглої поверхні, утворюється ґрунтовий лоток (див. рис. 3.2). Все це відображається на поперечному профілі покриття. Поперечні профілі дозволяють проконтролювати розміщення дна корита відносно ґрунтової поверхні після того, як буде здійснено спряження покриття з прилеглою місцевістю. При необхідності висотне положення проектної поверхні може бути змінено.

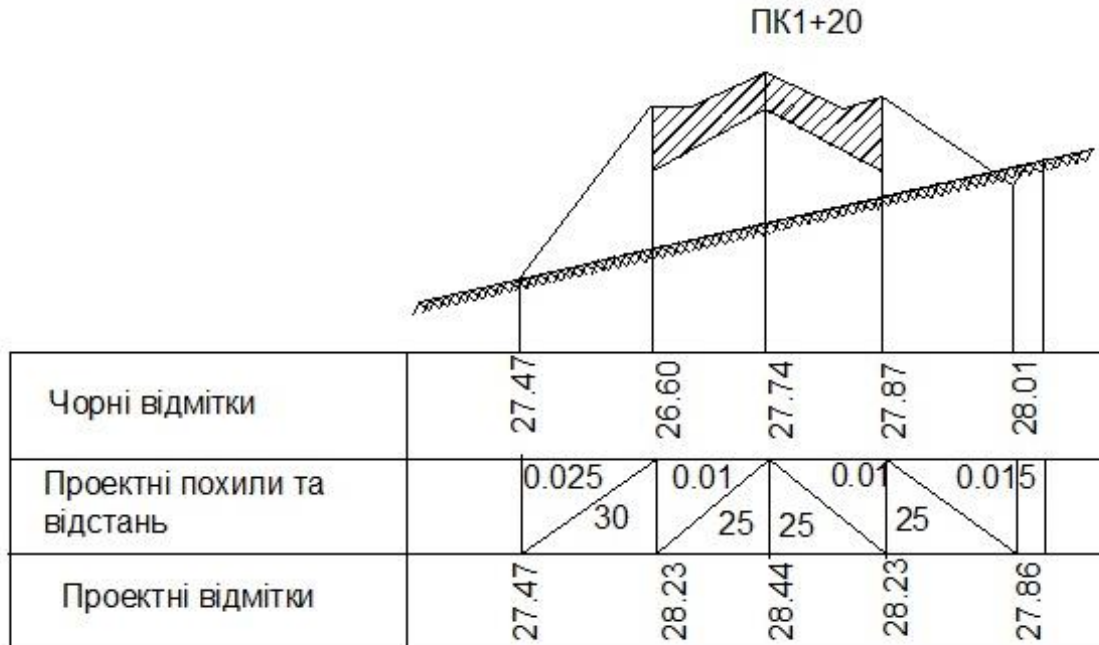


Рис. 3.2. Поперечний профіль ШЗПС

Поперечні профілі поміщають над поздовжнім профілем ШЗПС на відповідних пікетах чи викреслюють окремо. У результаті описаних вище дій буде отримано остаточне висотне положення і обрис проектної поверхні.

Після цього може бути остаточно оформлений поздовжній профіль по осі ШЗПС з продовженням його на кінцеві смуги безпеки. Для цього уточнюють проектні відмітки верху покриття по осі ШЗПС.

Проектні відмітки дна корита (рис. 3.3) в будь-якій точці поперечного профілю між внутрішніми кромками лотків обчислюють як різницю між проектною відміткою верху покриття та його товщиною (власне покриття + штучна основа). Зокрема, проектні відмітки дна корита по осі ШЗПС визначаються з виразу $H_{\text{кор}} = H_0 - h_{\text{констр}}$.

На поздовжньому профілі безпосередньо у проектній лінії надписуються в сантиметрах робочі позначки по осі ШЗПС, віднесені до дна корита. Якщо корито влаштовують в насипу, робочу відмітку пишуть вище проектної лінії зі знаком «+», у виїмці - нижче проектної лінії зі знаком «-».

При обчисленні робочих відміток необхідно враховувати, що в місцях влаштування покриттів рослинний ґрунт знімають повністю або частково і відвозять на ґрунтові ділянки льотної смуги у відповідності зі схемою переміщення ґрунту. Робоча відмітка дна корита по осі ШЗПС в насипу (рис. 3.3, а) або виїмці (рис. 3.3, б) визначається наступним чином:

$$H_{\text{раб}} = H_{\text{кор}} - H_{\text{мин}} = H_{\text{кор}} - (H_{\text{ест}} - h_{\text{раст}}) = (H_{\text{кор}} - H_{\text{ест}}) + h_{\text{раст}}$$

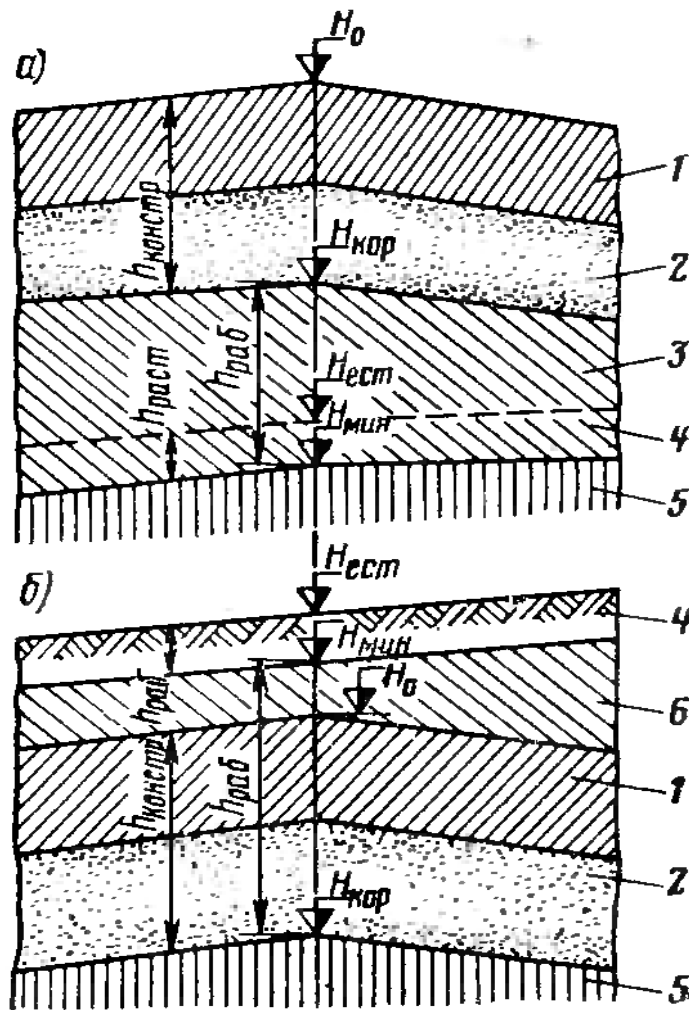


Рис. 3.3. Проектні робочі відмітки дна корита:

- 1 – покриття; 2 – штучна основа; 3 - насипний мінеральний ґрунт;
4 - видалений рослинний шар; 5 – мінеральний підстильний ґрунт

Для насипу різниця відміток, що стоїть в дужках, є величиною позитивною ($H_{\text{кор}} > H_{\text{ест}}$), для виїмки - негативною. Отже, щоб обчислити робочу відмітку дна корита, потрібно абсолютну величину його робочої позначки відносно природної поверхні в разі насипу збільшити на товщину рослинного шару, а в разі виїмки зменшити на ту ж величину.

На третьому етапі будують горизонталі поверхні покриття ШЗПС, сполучуючи з прилеглою ґрунтовою поверхнею.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

ПОБУДОВА ПРОЕКТНОЇ ПОВЕРХНІ У ВУЗЛАХ ШТУЧНИХ ПОКРИТТІВ

Під вузлами розуміються ділянки штучних покриттів, які утворюються в місцях переходу від одного елемента аеродрому до іншого: ділянки примикань РД до ШЗПС, перону та МС, ділянки пересічень і поворотів РД та ін. (рис. 4.1).

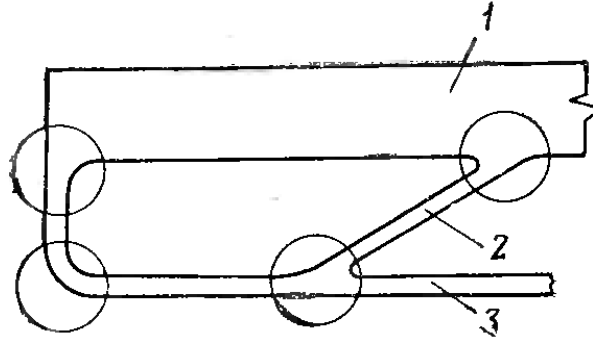


Рис. 4.1. Вузли штучних покриттів:
1 – ШЗПС; 2 – з'єднувальна РД; 3 - магістральна РД

Вихідними даними для проектування є відомі проектні відмітки точок, що належать або одному з сполучуваних елементів, наприклад ШЗПС (якщо проектування ведеться за схемою ШЗПС – вузол – РД), або двом елементам, що сполучаються, наприклад ШЗПС та РД (якщо проектування ведеться за схемою ШЗПС – РД – вузол).

Приклад. Потрібно вирішити вертикальне планування вузла на ділянці примикання магістральної РД до ШЗПС (рис. 4.2).

$$i_{\text{прИВПШ}} = 0,010; i_{\text{nonИВПШ}} = 0,015$$

Задано: $i_{\text{nonРД}} = 0,010; H_A = 11,12; H_B = 10,41$

Нормативні вимоги:

- радіус кривизни поверхні РД $R_{\text{min}} = 6000$ м ($N_{\text{max}} = 0,007$);
- $i_{\text{maxРД}} = 0.020$;
- радіус закруглення РД по внутрішній кромці 50м; ширина РД 21м.

Рішення. Проектування ведеться за схемою ШЗПС-вузол-РД. Приймавши схему водовідведення та розбивши поверхню вузла на площині, задаємося відміткою точки F, що одночасно визначить і відмітку точки C ($H_C = H_F$).

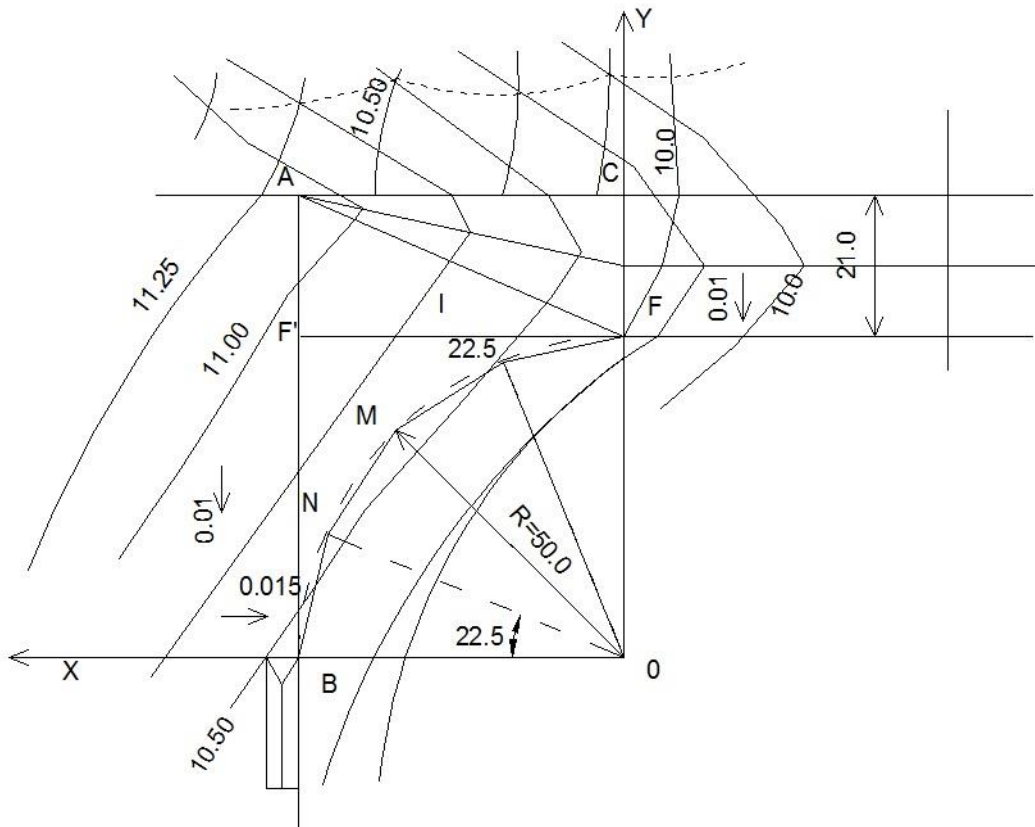


Рис. 4.2. Вертикальне планування вузлу примикання магістральної РД до ШЗПС

Позначки точок С і F визначимо виходячи з таких умов:

- пов
инно бути забезпечено необхідне піднесення кромки покриття в точці F над ґрунтовою поверхнею. З цієї умови

$$H_F = H_C = 10,00 + 0,30 = 10,30$$

- пов
здовжній ухил заповнюючої площини l в напрямку FF' і злам поверхні на поперечнику АВ не повинні перевищувати максимально допустимих значень.

Для перевірки виконання цієї умови визначимо:

$$\text{відмітку точки } F': H_{F'} = H_A - l_{AF} * l_{\text{прШЗПС}} = 11,2 - 21 * 0,01 = 10,91$$

$$\text{ухил по лінії } FF': i_{FF'} = (H_F - H_{F'}) / l_{FF'} = (10,30 - 10,91) / 30 = 0,02$$

злам поверхні на поперечнику АВ:

$$\Delta i_{AB} = i_{\text{попШЗПС}} - i_{FF'} = 0,015 - 0,02 = -0,005$$

В результаті перевірки встановлюємо, що поздовжній ухил площини і злам поверхні на поперечнику АВ задовольняють нормативним вимогам. Перевіримо ухил по лінії АС:

$$i_{AC} = \frac{H_1 - H_C}{l_{AC}} = \frac{11.12 - 10.30}{50} = \frac{0.82}{50} = 0.015$$

Він також менше максимально допустимого ухилу.

Визначимо для прикладу розташування та проектні відмітки точок N, M і P (див. рис. 4.2). Якщо початок координат помістити в точку O, а осі координат направити так, як показано на рис. 4.2, то координати точок:

$$x_N = R \cdot \cos 22.5^\circ = 50 \cdot 0.92 = 46.0 \text{ м};$$

$$y_N = R \cdot \sin 22.5^\circ = 50 \cdot 0.38 = 19.0 \text{ м};$$

$$x_M = 50 \cdot \cos 45^\circ = 35.0 \text{ м};$$

$$y_M = 50 \cdot \sin 45^\circ = 35.0 \text{ м};$$

$$x_P = 50 \cdot \cos 67.5^\circ = 19.0 \text{ м};$$

$$y_P = 50 \cdot \sin 67.5^\circ = 46.0 \text{ м}.$$

Знаючи поздовжній та поперечний ухил перехідної площини l , можна визначити шукані позначки:

$$H_N = H_B + y_N \cdot i_{\text{прИВП}} - (R - x_N) \cdot i_{FF'} = 10.41 + 19 \cdot 0.01 - (50 - 45) \cdot 0.012 = 10.55;$$

$$H_M = 10.58; H_P = 10.50$$

Таким же шляхом можна визначити координати і проектні відмітки будь-яких точок кромки покриття. Проектування закінчується побудовою горизонталей в межах вузла і на ділянках його сполучень з прилеглою ґрунтовою поверхнею.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ. ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ ПРО НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ

В даний час в аеродромній практиці для представлення даних про несучу здатність аеродромних покриттів застосовують метод "ACN-PCN". Сутність оцінки експлуатаційної придатності аеродромних покриттів

полягає в зіставленні класифікаційного числа PCN, що характеризує несучу здатність конструкції покриття, з класифікаційними числами повітряних суден - ACN при певній категорії міцності основи.

Відповідно до цього методу інформацію про аеродромне покриття записують у вигляді набору кодів, що характеризують:

- несучу здатність покриття - число PCN;
- тип покриття: R - жорстке; F – нежорстке;
- код міцності ґрунтової основи (табл. 5.1);
- код допустимого тиску в пневматиках коліс основної опори повітряного судна (табл. 5.2);

Таблиця 5.1

Код міцності ґрунтових основ

Код основ	Категорія міцності основи	Коефіцієнти жорсткості основ жорстких покриттів K_{se} , МН/м ³	Модулі пружності основ нежорстких покриттів E , МПа
A	Висока	$K_{se} > 120$	$E > 130$
B	Середня	$60 < K_{se} \leq 120$	$60 < E \leq 130$
C	Низька	$25 < K_{se} \leq 60$	$40 < E \leq 60$
D	Дуже низька	$K_{se} \leq 25$	$E \leq 40$

Таблиця 5.2

Значення припустимого тиску

Значення тиску	Тиск	Максимально припустимий тиск в пневматику, МПа	Жорсткі покриття з класом міцності бетону верхнього шару
W	Високий	$\geq 1,5$	$\geq 4,0 / 50$
X	Середній	1,5 - 1,0	2,8 / 35 - 3,6 / 45
Y	Низький	1,0 - 0,5	-
Z	Дуже низький	$\leq 0,5$	-

- код методу визначення несучої здатності покриття:
- T - технічна оцінка;
- U - оцінка за досвідом експлуатації.

Для жорстких покриттів, посилених асфальтобетоном, приймають код допустимого тиску в пневматиках X.

Класифікаційне число покриття PCN - число, що виражає несучу здатність аеродромного покриття для експлуатації повітряного судна без обмежень при відповідній стандартній міцності ґрунтової основи (табл. 5.1).

Код допустимого тиску в пневматиках для нежорстких покриттів визначають з умови міцності асфальтобетонного шару на розтяг при згині. Допустимим вважається тиск, при якому виконується умова

$$\sigma_r \leq \gamma_c \times R_d, \quad (5.1)$$

де σ_r - найбільше розтягуюче напруження при згині в розглянутому шарі від дії розрахункового навантаження, МПа

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \times P_a, \quad (5.2)$$

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

R_d - розрахунковий опір розтягуванню при вигині нижнього шару асфальтобетону;

$\overline{\sigma_r}$ - питоме розтягуюче напруження в асфальтобетоні.

Підставивши значення σ_r з формули (5.1) в (5.2), можна знайти величину допустимого тиску P_a , МПа

$$P_a \leq \frac{\gamma_c \times R_d}{\overline{\sigma_r}} \quad (5.3)$$

Значення γ_c , R_d та $\overline{\sigma_r}$ визначають відповідно до [1].

Приклади:

- для жорстких покриттів - PCN 75 \ R \ B \ W \ T;
- для нежорстких покриттів - PCN 50 \ F \ C \ Y \ U;
- для жорстких, посилених асфальтобетоном - PCN 45 \ R \ B \ X \ T;
- змішане.

Класифікаційне число повітряного судна ACN - число, що виражає відносний вплив повітряного судна на аеродромне покриття для встановленої стандартної міцності ґрунтової основи (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Класифікаційні числа ACN

№ п/п	Тип повітряного судна	Значення ACN повітряного судна для відповідного типу покриття на вказаному коді основи при максимальній (перед ризкою) та мінімальною (після ризику) злітній масі							
		Жорсткі та змішані покриття				Нежорсткі покриття			
		A	B	C	D	A	B	C	D
1	Ан24	10/6	11/7	12/7	13/8	8/5	10/6	12/7	14/8
2	Ан-26	11/6	15/7	13/8	14/8	8/4	10/6	14/8	16/9
3	Ан-225	43/17	58/17	85/20	121/26	62/18	73/20	95/24	133/35
4	Ан-124	37/17	49/16	74/19	101/25	51/17	60/19	77/22	106/32
5	Ту-134	11/6	14/7	16/9	19/10	12/7	13/7	16/8	22/11
6	Ту-154	17/7	24/9	30/12	36/15	20/9	23/10	29/12	37/16
7	Ту-204	28/12	32/13	38/15	43/17	28/12	31/13	37/14	48/17
8	Ту-334	25/15	27/16	29/17	30/18	23/14	24/14	27/16	31/18
9	Ил-62М	44/17	53/17	63/20	72/23	50/17	57/18	68/21	83/27
10	Ил-76Т	29/10	33/13	30/15	34/14	24/9	28/10	34/12	46/16
11	ИЛ-76ТД	36/12	38/14	35/17	41/16	29/10	33/11	41/13	54/18
12	Ил-86	28/14	33/15	41/17	49/20	36/16	38/17	46/19	64/23
13	Ил-96	36/15	44/17	53/20	62/23	42/18	47/18	58/21	77/27
14	Як-40	9/6	10/6	10/6	11/7	7/4	9/6	12/7	13/8
15	Як-42	14/7	17/8	20/9	23/11	15/8	16/8	20/9	26/12
16	В747-400	54/29	65/33	77/39	87/45	59/32	66/34	84/39	104/54
17	В777-200С	62/33	81/38	103/48	124/60	78/39	88/43	112/52	145/73
18	Конкорд	61/21	71/22	82/25	91/29	65/21	72/22	81/26	98/32
19	L-1011	52/24	61/24	74/28	87/33	62/26	68/27	82/30	110/38
20	MD-11	58/23	67/25	82/28	94/32	66/25	73/26	88/28	117/36

Покриття може експлуатуватися повітряними суднами без обмежень, якщо виконується умова

$$ACN \leq PCN \quad (5.4)$$

Якщо умова (5.4) не виконується, необхідно ввести обмеження маси повітряного судна або інтенсивності його руху.

Вихідні дані для оцінки несучої здатності покриттів отримують на основі:

- проведення натурних випробувань аеродромних покриттів;
- досвіду експлуатації повітряних суден на аеродромі;
- даних проектної документації по аеродрому.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЖОРСТКИХ І ЗМІШАНИХ ПОКРИТТІВ

При оцінці несучої здатності жорстких покриттів розрахунковими граничними станами є граничний стан за міцністю (бетон, армобетон, залізобетон) і граничний стан за утворенням тріщин (залізобетон з ненапруженою арматурою).

При розрахунку за міцністю для жорстких одношарових покриттів має задовольнятися умова

$$m_d \leq m_u, \quad (6.1)$$

де m_d та m_u - розрахунковий та граничний згинальні моменти в розглянутому перерізі плити покриття.

Бетонні та армобетонні двошарові покриття повинні задовольняти умовам

$$m_{d,sup} \leq m_{u,sup}; \quad (6.2)$$

$$m_{d,inf} \leq m_{u,inf}, \quad (6.3)$$

де $m_{d,sup}$, $m_{u,sup}$, $m_{d,inf}$, $m_{u,inf}$ - відповідно розрахункові і граничні згинальні моменти верхнього і нижнього шарів двошарового покриття, кНм/м.

Жорсткі змішані покриття при оцінці несучої здатності замінюються еквівалентними одношаровими бетонними покриттями.

Допустиме навантаження на аеродромне покриття визначають методом підбору: при невиконанні умов (6.1), або (6.2), (6.3) величину навантаження зменшують, при великому запасі (більше 5%) - збільшують, і заново обчислюють розрахунковий згинальний момент.

Після підбору допустимого навантаження на чотириколісну опору можна визначити код PCN.

Нижче наведено методики розрахунку несучої здатності основних конструкцій жорстких аеродромних покриттів, що розроблені відповідно до [1, 2].

Розрахунок несучої здатності одношарових цементобетонних і армобетонних покриттів на штучних основах

А. На основах, не оброблених в'яжучими, а також основах, для яких не нормовано розрахунковий опір розтягуванню при вигині:

1. Попередньо призначають характеристики навантаження згідно з проектом або по табл. 6.3 залежно від класу аеродрому.
2. Визначають:
 - розрахункове навантаження на колесо F_d , кН;
 - радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса, R_e , м;
 - еквівалентний коефіцієнт жорсткості K_{se} основи;
 - жорсткість перерізу плити бетонного або армобетонного покриття B ;
 - пружну характеристику плити I ;
 - максимальний згинальний момент від навантаження $m_{c,max}$ при центральному завантаженні плити;
 - розрахунковий згинальний момент m_d ;
 - розрахункове число додатків навантаження U_d і коефіцієнт k_u відповідно до [1] (при визначенні коду PCN k_u приймається рівним 1);
 - граничний згинальний момент m_u .
3. Перевіряють умову міцності (6.1). У разі невиконання умови (6.1) зменшують величину навантаження і розрахунок повторюють. Якщо розрахунковий момент менше граничного більш ніж на 5%, тобто не виконується умова

$$\frac{m_u - m_d}{m_u} \leq 0.05, \quad (6.4)$$

величину навантаження збільшують і також повторюють розрахунок до тих пір, поки не виконаються одночасно умови (6.1) і (6.4).

Навантаження, що задовольняє умовам (6.1) і (6.4), вважається допустимою.

Для визначення коду PCN знаходять:

- код основи по табл. 6.1 в залежності від еквівалентного коефіцієнта жорсткості K_{se} основи;

- число PCN за графіком рис 1.1 [4] в залежності від допустимого навантаження на чотириколісну опору нормативного навантаження і коду основи;
- визначають код тиску в пневматиках коліс по табл. 6.2 залежно від класу міцності бетону верхнього шару.

За знайденими параметрами складають код PCN.

Б. На основах, оброблених в'язучими, для яких нормовано розрахунковий опір розтягуванню при вигині розрахунок покриттів виконується відповідно до п.1 рекомендованого додатка 11 [1] в наступному порядку:

1. Попередньо призначають величину навантаження згідно з проектом або по табл. 6.3 залежно від класу аеродрому.
2. Визначають:
 - розрахункове навантаження на колесо F_d , кН;
 - радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса R_e , м;
 - еквівалентний коефіцієнт жорсткості K_{se} неукріплених шарів основи згідно з додатком 5 [1];
 - жорсткості перерізу плити бетонного або армобетонного покриття B і штучної основи B_f (жорсткість штучної основи обчислюється за формулою жорсткості для перерізів бетонних і армобетонних плит);
 - пружну характеристику l плити з жорсткістю, яка дорівнює сумі жорсткостей покриття і основи по формулі

$$l = \sqrt[4]{\frac{B+B_f}{K_{se}}} \quad (6.5)$$

- максимальний згинальний момент $m_{c,max}$ при центральному завантаженні для знайденого значення l ;
 - відношення $\gamma_b = \frac{B}{B_f}$
 - величину θ_0 в залежності від значення γ_b ;
 - коефіцієнт ρ ;
 - розрахунковий згинальний момент m_d ;
 - розрахункове число додатків навантаження U_d і коефіцієнт k_u відповідно до [1] (при визначенні коду PCN k_u приймається рівним 1);
 - граничний згинальний момент m_u .
3. Перевіряють умову міцності і знаходять код PCN аналогічно викладеному вище.

Розрахунок несучої здатності двошарових цементобетонних і армобетонних покриттів на штучних основах

А. На основах, не оброблених в'язучими, а також основах, для яких не нормовано розрахунковий опір розтягуванню при вигині:

1. Попередньо призначають величину навантаження згідно з проектом або по табл. 6.3 залежно від класу аеродрому.

2. Визначають:

- розрахункове навантаження на колесо F_d , кН;
- радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса R_e , м;
- еквівалентний коефіцієнт жорсткості K_{se} неукріплених шарів основи згідно з додатком 5 [1];
- жорсткості перерізів верхнього B_{sup} і нижнього B_{inf} шарів покриття;
- пружну характеристику плити, що має жорсткість, рівну сумі жорсткостей верхнього B_{sup} і нижнього B_{inf} шарів за формулою

$$l = \sqrt[4]{\frac{B_{sup} - B_{inf}}{K_{se}}} \quad (6.6)$$

- максимальний згинальний момент $m_{c,max}$ при центральному завантаженні для знайденого значення l ;

- розрахункові згинальні моменти в плитах верхнього $m_{d,sup}$ та нижнього $m_{d,inf}$ шарів в залежності від суміщення швів шарів покриття;

- розрахункове число додатків навантаження U_d і коефіцієнт k_u відповідно до [1] (при визначенні коду PCN k_u приймається рівним 1);

- граничні згинальні моменти $m_{u,sup}$ та $m_{u,inf}$.

3. Перевіряють умови міцності (6.2) і (6.3). У разі невиконання умов зменшують величину, навантаження і повторюють розрахунок. При виконанні умов (6.2) і (6.3) перевіряють умову

$$\frac{m_{u,sup} - m_{d,sup}}{m_{u,sup}} \leq 0.05 \quad (6.7)$$

Якщо остання умова не виконується, величину навантаження збільшують і повторюють розрахунок. При виконанні умов (6.2), (6.3) і (6.7) навантаження вважається допустимим.

4. Код PCN визначають аналогічно.

Б. На основах, оброблених в'язучими, для яких нормовано розрахунковий опір розтягуванню при вигині розрахунок покриттів виконується відповідно до п.1 рекомендованого додатка 11 [1] в наступному порядку:

1. Попередньо призначають величину навантаження згідно з проектом або по табл. 6.3 залежно від класу аеродрому

2. Визначають:

- розрахункове навантаження на колесо F_d , кН;
- радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса R_e , м;
- еквівалентний коефіцієнт жорсткості K_{se} неукріплених шарів основи згідно з додатком 5 [1];
- жорсткості верхнього B_{sup} і нижнього B_{inf} шарів покриття, жорсткість штучної основи B_f і сумарну жорсткість конструкції

$$B_{tot} = B_{sup} + B_{inf} + B_f; \quad (6.8)$$

- пружну характеристику плити за формулою

$$l = \sqrt[4]{\frac{B_{tot}}{K_{se}}}; \quad (6.9)$$

- максимальний згинальний момент $m_{c,max}$ при центральному завантаженні для знайденого значення l ;

-

$$\text{показник } \gamma_b = \begin{cases} \frac{B_{inf} + B_{sup}}{B_f} \text{ при не суміщенні швів} \\ \frac{B_{inf}}{B_f} \text{ при суміщенні швів} \end{cases}$$

- величину θ_0 в залежності від значення γ_b ;
- коефіцієнт ρ ;
- розрахункові згинальні моменти в плитах верхнього $m_{d,sup}$ та нижнього $m_{d,inf}$ шарів в залежності від суміщення швів шарів покриття;
- розрахункове число додатків навантаження U_d і коефіцієнт k_u відповідно до [1] (при визначенні коду PCN k_u приймається рівним 1);
- граничні згинальні моменти $m_{u,sup}$ та $m_{u,inf}$ за формулою (14) [1]. Граничний згинальний момент в нижньому шарі $m_{u,inf}$ обчислений за формулою (14) [1], множиться на поправочний коефіцієнт k_m , що визначається за додатком 10 [1].

3. Перевіряють умови міцності (6.2) і (6.3). У разі невиконання умов зменшують величину навантаження і повторюють розрахунок. При виконанні умов (6.2) і (6.3) перевіряють умову (6.7). Якщо умова (6.7) не виконується, величину навантаження збільшують і розрахунок повторюють. При виконанні умов (6.2), (6.3) і (6.7) навантаження вважається допустимим.

4. Код PCN визначають аналогічно.

Розрахунок несучої здатності залізобетонних покриттів на штучній основі з матеріалів, для яких нормовано розрахунковий опір розтягуванню при вигині

Розрахунок виконується відповідно до п. 2 рекомендованого додатка 11 [1] в наступному порядку:

1. Попередньо призначають величину навантаження згідно з проектом або по табл. 6.3 залежно від класу аеродрому.
2. Визначають:
 - розрахункове навантаження на колесо F_d , кН;
 - радіус кола, рівновеликого площі відбитка пневматика колеса R_c , м;
 - еквівалентний коефіцієнт жорсткості K_{se} неукріплених шарів основи згідно з додатком 5 [1];
 - жорсткість перерізу плити залізобетонного покриття;
 - пружну характеристику плити l ;
 - максимальний згинальний момент $m_{c,max}$ при центральному завантаженні для знайденого значення l ;
 - розрахунковий згинальний момент m_d ;
 - перехідний коефіцієнт k по рис. 1 додатка 10 [1];
 - коефіцієнт $k_{x(y)} = 1$;
 - граничний згинальний момент m_u за формулою (15) [1].
3. Перевіряють умову міцності (6.1). Якщо умова міцності виконується, зменшують величину навантаження і повторюють розрахунок. При невиконанні умови (6.1) виконують наступні дії:
 - методом підбору визначають необхідну пружну характеристику плити l_d , при якій дотримується умова (6.1);
 - визначають необхідний коефіцієнт жорсткості K_{sd} за формулою

$$K_{sd} = \frac{B}{l_d^4}$$

- обчислюють відношення

$$\frac{E_c}{1,8 \times l_d \times K_{sd}}, \quad \frac{E_c}{1,8 \times l \times K_s} \quad (6.10)$$

- визначають умовний діаметр кола передачі навантаження від плити до штучної основи D_r за формулою

$$D_r = 2,5 \times l_d \times k_a, \quad (6.11)$$

- де k_a - коефіцієнт, що приймається за додатком 11 [1] залежно від відношення $\frac{R_e}{l_d}$
- знаходять по номограмам п. 2 додатка 11 [1] необхідну товщину штучної основи t_f з матеріалів, укріплених в'язучим.

4. Порівнюють необхідну товщину t_f з наявною товщиною $t_{f,ext}$. Якщо виконуються умови

$$t_f \leq t_{f,ext}, \quad (6.12)$$

$$\frac{t_{f,ext} - t_f}{t_{f,ext}} \leq 0,05 \quad (6.13)$$

навантаження вважається допустимим за міцністю.

При невиконанні умови (6.12) навантаження зменшують, при невиконанні умови (6.13) - збільшують і розрахунок повторюють.

5. Перевіряють ширину розкриття тріщин $a_{сгс}$ відповідно до [1]. Якщо $a_{сгс} \leq 0,3$ мм, навантаження вважається допустимим по розкриттю тріщин. В іншому випадку зменшують навантаження і знову перевіряють ширину розкриття тріщин.

Код PCN навантаження, допустимого по міцності і розкриттю тріщин, визначають аналогічно викладеному вище.

Розрахунок несучої здатності змішаних покриттів

Змішані покриття включають в себе жорсткий перекритий асфальтобетоном шар (шари), який є основним несучим елементом конструкції і не має серйозних ушкоджень, а також близько розташованих наскрізних тріщин (на відстані менше 3 метрів). Жорсткі аеродромні покриття з верхнім шаром асфальтобетону при розрахунку замінюються еквівалентними за несучою здатністю одношаровими бетонними покриттями з товщиною, що визначається за формулою

$$t_{en} = \sqrt[3]{\frac{E_{ab}}{E_e} \times t_{ab} + t_{ed}}, \quad (6.14)$$

де t_{ab} і E_{ab} - товщина і модуль пружності асфальтобетону;

E_b - модуль пружності бетону жорсткого покриття;

t_{ed} - товщина бетонного покриття, еквівалентного по несучій здатності жорсткому покриттю (без асфальтобетону), прийнята рівною для покриттів:

бетонних $t_{ed} = t_{pd}$;

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

залізобетонних з ненапруженою арматурою при відсотку армування:

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

0,30 $t_{ed} = 1,21 \times t_{pd}$;

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

0,40 $t_e = 1,41 \times t_{pd}$;

збірних та монолітних попередньо напружених

$t_{ed} = 1,6 \times t_{pd}$;

t_{pd} - товщина жорсткого шару покриття, що приймається в залежності від категорії руйнування.

При розрахунку еквівалентного одношарового покриття характеристики матеріалів, типи швів і стикових з'єднань приймають як для існуючого покриття:

- значення коефіцієнта k_d зменшують на 15% у порівнянні з даними, наведеними в табл. 30 [1], але приймають не менше 1;

- коефіцієнт умов роботи встановлюють з урахуванням поправочного коефіцієнта k_m прийнятого по графіку додатка 10 [1] залежно від товщини асфальтобетону.

Обчислення максимального згинального моменту

Максимальний згинальний момент можна обчислити, прирівнявши розрахунковий та граничний згинальний моменти, тобто виконавши умови (6.1) або (6.2)...(6.3). Для двошарових покриттів обчислюють значення максимальних згинальних моментів за умовами міцності верхнього і нижнього шарів і приймають найбільше значення. Нижче наведені формули для обчислення згинальних моментів:

для одношарових покриттів

$$m_{c, \max} = \frac{m_u}{k \times k_{TN}} = \frac{\gamma \times R_{обт} \times t^2 \times k_u}{6 \times k \times k_{TN}}; \quad (6.15)$$

для бетонних і армобетонних одношарових покриттів на основі з матеріалів, оброблених в'язучими матеріалами

$$m_{c,\max} = \frac{(B + B_f) \times m_u}{B \times k \times \rho} = \frac{\gamma_c \times R_{btb} \times t^2 \times (B + B_f)}{6 \times k \times \rho \times B}, \quad (6.16)$$

для верхнього шару двошарових покриттів з суміщеними швами

$$m_{c,\max} = \frac{B_{tot} \times m_{u,\sup}}{B_{\sup} \times k' \times \rho} = \frac{\gamma_{c,\sup} \times R_{btb,\sup} \times t_{\sup}^2 \times k_u \times B_{tot}}{6 \times k' \times \rho \times B_{\sup}}, \quad (6.17)$$

для нижнього шару двошарових покриттів з суміщеними швами

$$m_{c,\max} = \frac{B_{tot} \times m_{u,\inf}}{B_{\inf} \times k' \times \rho} = \frac{\gamma_{c,\inf} \times R_{btb,\inf} \times t_{\inf}^2 \times k_u \times k_m \times B_{tot}}{6 \times k' \times \rho \times B_{\inf}}, \quad (6.18)$$

для верхнього шару двошарових покриттів з не суміщеними швами

$$m_{c,\max} = \frac{B_{tot} \times m_{u,\sup}}{B_{\sup} \times k_1 \times \rho} = \frac{\gamma_{c,\sup} \times R_{btb,\sup} \times t_{\sup}^2 \times k_u \times B_{tot}}{6 \times k_1 \times \rho \times B_{\sup}}, \quad (6.19)$$

для нижнього шару двошарових покриттів з не суміщеними швами

$$m_{c,\max} = \frac{B_{tot} \times m_{u,\inf}}{B_{\inf}} = \frac{\gamma_{c,\inf} \times R_{btb,\inf} \times t_{\inf}^2 \times k_u \times k_m \times B_{tot}}{6 \times B_{\inf}}, \quad (6.20)$$

для залізобетонних покриттів з ненапруженою арматурою

$$m_{c,\max} = \frac{m_u}{k \times k_N} = \frac{\gamma_c \times A_s \times R_s \times \left(h_0 - \frac{x}{3} \right)}{k \times k_N}, \quad (6.21)$$

для збірних покриттів із залізобетонних попередньо напружених плит

$$m_{c,\max} = \frac{m_u}{k_N \times k_{x(y)}} = \frac{\gamma_c \times \left(R_{btb} \times \frac{t^2}{6} \times k_u + m_r \right)}{k_N \times k_{x(y)}}. \quad (6.22)$$

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ НЕЖОРСТКИХ ПОКРИТТІВ

Розрахунок несучої здатності нежорстких покриттів виконують у наступній послідовності:

1. Призначають величину навантаження і визначають приведену інтенсивність руху повітряних суден. Для визначення PCN рекомендується приймати наведену інтенсивність руху для асфальтобетону рівній 50 зльотів на добу. Величину навантаження можна попередньо прийняти рівною проектній або вибрати з табл. 6.3 залежно від класу аеродрому.

2. Обчислюють розрахункове навантаження на головну опору F_n і навантаження на колесо F_d .

3. Визначають найменшу відстань a між розрахунковим колесом головної опори і найближчим до нього колесом, а також найбільшу відстань a_d між розрахунковим колесом і найбільш віддаленим від нього у відповідності зі схемами головних опор.

4. Перевіряють умову

$$\frac{a}{2} < t_{tot} < 2 \times a_d \quad (7.1)$$

де t_{tot} - сумарна товщина нежорсткої конструкції.

Якщо $t_{tot} \leq \frac{a}{2}$, одноколісне навантаження приймається рівним розрахунковому колісному навантаженню $F_e = F_d$. Якщо $t_{tot} \geq 2 \times a_d$, одноколісне навантаження приймається рівним навантаженню на головну опору з урахуванням коефіцієнтів динамічності і розвантаження $F_e = k_d \times \gamma_f \times F_n$.

При виконанні умови (7.1) еквівалентне навантаження визначають за формулою

$$F_e = 10 \left[\frac{\lg n_k}{\lg \frac{4 \times a_d}{a}} \times \lg \frac{2 \times t_{tot}}{a} + \lg F_d \right], \quad (7.2)$$

де n_k - число коліс на опорі.

5. Обчислюють діаметр кола, рівновеликого площі відбитка одноколісного еквівалентного навантаження D_e .

6. Якщо заданий склад руху повітряних суден, визначають приведену повторність додаткового розрахункового навантаження згідно [1]. У цьому

випадку PCN не визначають, а несучу здатність визначають як допустиме навантаження від розрахункового повітряного судна.

7. Обчислюють відношення E / E_{mt} , і t_{tot} / D_e , по номограмі додатка 10 [1] визначають коефіцієнт ψ_k .

8. Визначають еквівалентний модуль пружності нежорсткої конструкції, включаючи ґрунтову основу $E_{ed} = \psi_k \times E_{mt}$.

9. Обчислюють розрахунковий відносний прогин λ_d .

10. Визначають граничний відносний прогин λ_u .

11. Порівнюють розрахунковий та граничний відносні прогини

$$\lambda_d \leq \lambda_u \quad (7.3)$$

Якщо умова міцності по прогину не виконується, величину навантаження зменшують і повторюють розрахунок.

Якщо розрахунковий відносний прогин менше граничного більш ніж на 5%, тобто не виконується умова

$$\frac{\gamma_c \times \lambda_u - \lambda_d}{\gamma_c \times \lambda_u} \leq 0,05, \quad (7.4)$$

величину навантаження збільшують і також повторюють розрахунок до тих пір, поки не виконаються одночасно умови (7.3) і (7.4).

12. Обчислюють середній модуль пружності E_{ab} і сумарну товщину t_{ab} асфальтобетонних шарів.

13. Обчислюють еквівалентне одноколісне навантаження F_e і діаметр кола, рівновеликого площі відбитка одноколісного еквівалентного навантаження для асфальтобетону D_{ei} аналогічно п. 4 і п. 5, підставляючи у формули (7.1), (7.2) замість t_{tot} товщину t_{ab} .

14. Обчислюють середній модуль пружності шарів штучної основи під асфальтобетоном E_m .

15. Обчислюють відношення E_{ab} / E_m і t_{ab} / D_{ei} , і по номограмі додатка 10 [1] визначають коефіцієнт ψ_k .

16. Визначають еквівалентний модуль пружності основи під асфальтобетоном $E_e = \psi_k \times E_m$.

17. Обчислюють відношення E_{ad} / E_e і t_{ab} / D_{ei} , і по номограмі додатка 10 [1] визначають питоме розтягуюче напруження.

18. Обчислюють максимальне розтягуюче напруження в асфальтобетоні при вигині за формулою (5.2) і перевіряють умову міцності за формулою (5.1).

Якщо умова міцності не виконується, зменшують величину навантаження і повторюють розрахунок.

19. При виконанні умов (7.3), (7.4) і (7.1) навантаження вважається допустимим.

Для визначення коду PCN знаходять:

- код основи по табл. 5.1 в залежності від модуля пружності основи E;
- число PCN за графіком рис. 1.2 [4] в залежності від допустимого навантаження на чотириколісну опору нормативного навантаження і коду основи;
- код тиску в пневматиках коліс за формулою (5.3) і табл. 5.2.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

ПОСИЛЕННЯ ШТУЧНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АЕРОДРОМУ

Посилення існуючих покриттів викликано наступними причинами: необхідністю підвищення несучої здатності покриттів з появою нової авіаційної техніки (нового типу розрахункового повітряного судна), збільшенням інтенсивності повітряного руху або незадовільним експлуатаційно-технічним станом аеродромного покриття: наявністю дефектів покриттів (вибоїн, сильного зносу верхнього шару), неприпустимих для безпечної експлуатації повітряних суден, усунення яких неможливе методами поточного ремонту.

Таблиця 8.1

Категорія руйнування покриттів

Категорія руйнування плит існуючих жорстких покриттів	Кількість плит, %, що мають			
	Лущення глибиною вище 1 см	Відколи кромки в місцях швів	Наскрізнi тріщини (повздовжні та поперечні)	Відколи кутів, діагональні наскрізнi тріщини поруч із наскрізними поздовжніми та поперечними
I	менше 10	-	-	-
II	от 10 до 30	менше 30	менше 20	-
III	більше 30	30 та більше	від 20 до 30	менше 20
IV	не нормується		більше 30	20 и більше

Шари підсилення покриттів 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 або ділянок та ремонт решти економічно менш вигідні, ніж укладання нового шару.

Способи посилення покриттів визначають з урахуванням категорії нормативного навантаження і в залежності від стану існуючого покриття. Категорію руйнування існуючих жорстких покриттів встановлюють відповідно до табл. 8.1

Категорію руйнування встановлюють за ознакою, 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 визначенні процентного вмісту зруйнованих плит приймають: для ШЗПС - середню смугу шириною, рівній половині ширини ШЗПС - по всій її довжині; для РД та інших елементів покриття - ряд плит, що піддаються впливу навантажень від основних опор повітряних судів; для МС і перонів - всю робочу площу.

При посиленні покриттів необхідно попередньо відновити основу і зруйноване покриття, на яке покласти вирівнюючий шар з песчаноцементної суміші, дрібнозернистого або піщаного бетону при уступах, вибоїнах і інших нерівностях існуючих покриттів понад 2 см. Якщо основа зруйнована через незадовільну роботу водостічної та дренажної мережі, то її необхідно відновити.

Монолітні бетонні і армобетонні покриття підсилюють монолітним бетоном, армобетоном, залізобетоном і збірними попередньо напруженими плитами або асфальтобетоном.

Монолітні залізобетонні покриття підсилюють, як правило, монолітним залізобетоном або асфальтобетоном. Збірні покриття із попередньо напружених плит підсилюють збірними попередньо напруженими плитами або асфальтобетоном.

При підсиленні збірних покриттів збірними плитами шви шару підсилення по відношенню до швів існуючого покриття зміщують не менше ніж на 0,5 м для поздовжніх швів і на 1 м для поперечних.

Посилення монолітних жорстких покриттів монолітним бетоном, армобетоном або залізобетоном виробляють з суміщенням швів в шарах як для двошарових покриттів по розділюючому прошарку. Конструкція плит шару підсилення така ж, як для звичайних бетонних, армобетонних і залізобетонних плит.

При посиленні жорстких покриттів збірними попередньо напруженими залізобетонними плитами між існуючим покриттям і збірними плитами влаштовують вирівнюючий шар з піщаного бетону або піскоцементу товщиною в середньому не менше 3 см; розділюючий прошарок в цьому випадку не влаштовують.

При посиленні існуючих покриттів асфальтобетоном вирівнюючий шар влаштовують тільки при висоті нерівностей понад 3 см. Асфальтобетонний шар посилення влаштовують одно або двошаровим. Для посилення жорстких покриттів застосовують тільки щільні асфальтобетонні суміші.

На ділянках, що мають велику кількість наскрізних тріщин, виконують армування асфальтобетонного шару підсилення полімерними або склопластиковими сітками, що розташовуються під верхнім шаром асфальтобетону.

При посиленні жорстких покриттів асфальтобетоном незалежно від їх стану передбачають армування сітками шару підсилення: в місцях систематичного запуску і випробування двигунів повітряних суден; на ділянках примикання РД до ШЗПС; у 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 уздовж лінії розміщення основних опор і двигунів повітряних суден, включаючи зону впливу газового струменя.

Проектом посилення існуючих жорстких аеродромних покриттів асфальтобетоном передбачають заходи (армування, нарізку деформаційних швів) щодо зниження ймовірності утворення відображених тріщин у шарі посилення.

Нарізку деформаційних швів виконують над всіма швами розширення; над іншими швами передбачають армування асфальтобетону. При відсутності швів розширення на існуючому жорсткому покритті відстань між деформаційними швами приймають по [3].

Для посилення нежорстких покриттів застосовують: монолітні бетонні, армобетонні, залізобетонні покриття, збірні попередньо напружені плити типу ПАГ, асфальтобетонні, щебеневі, ґрунтощебеневі, ґрунтогравійні, оброблені в'язучими матеріалами. При конструюванні шарів посилення використовують ті ж принципи, що і для звичайних покриттів нежорсткого типу. При нерівностях існуючого покриття понад 2 см влаштовують вирівнюючий шар з матеріалу шару підсилення. Поверхню вирівнюючого шару обробляють рідким бітумом або дьогтем з витратою 0,2 ... 0,3 кг/м² для забезпечення зчеплення існуючого покриття з шаром посилення.

Посилення нежорстких покриттів жорсткими проводять по розділяючій прошарку з пристроєм при необхідності вирівнюючого шару (уступах, вибоїнах і інших нерівностях існуючого покриття понад 2 см). Вирівнюючий шар влаштовують з піскоцементу (для нежорстких покриттів, оброблених цементом) або піщаного асфальтобетону для посилення всіх типів нежорстких покриттів.

Розділюючий прошарок влаштовують з двох шарів пергаміну, поліетиленової плівки аеродромної (ППА) або піщано-бітумного килимка товщиною 1 см.

Розділюючий прошарок при влаштуванні шарів посилення із збірних покриттів не влаштовують, тому що поверхня збірних покриттів з плит заводського виготовлення має високу якість обробки.

Розрахунок підсилення жорстких і змішаних покриттів

При розрахунку жорсткого шару підсилення жорстких аеродромних покриттів повинна виконуватися умова

$$m_{d, \text{sup}} \leq m_{u, \text{sup}}, \quad (8.1)$$

де $m_{d, \text{sup}}$ - розрахунковий згинальний момент в даному перетині плити верхнього шару покриття (шару підсилення);

$m_{u, \text{sup}}$ - граничний згинальний момент в даному перетині плити верхнього шару покриття (шару підсилення).

При посиленні монолітних бетонних покриттів шаром з монолітного бетону або армобетону розрахунковий згинальний момент шару підсилення обчислюють, як для верхнього шару двошарових покриттів з не

суміщеними швами. При цьому розрахункова товщина існуючого шару покриття (нижнього шару) залежить від його категорії руйнування:

$$\text{I} \dots\dots t_{pd} = t_{ex},$$

$$\text{II} \dots\dots t_{pd} = 0,9 \times t_{ex},$$

$$\text{III} \dots\dots t_{pd} = 0,8 \times t_{ex}.$$

Існуючі жорсткі покриття IV категорії руйнування в розрахунку враховують як штучні основи з коефіцієнтом жорсткості $K_{se} = 600 \text{ МПа/м}^3$.

При кількості шарів більше двох нижнім вважається шар, розташований безпосередньо під верхнім (верхній шар існуючого покриття). Шари, розташовані нижче, враховуються в сумарній жорсткості штучної основи V_f .

Розрахунок підсилення монолітних бетонних і армобетонних покриттів виконується в наступному порядку:

1. Попередньо призначають конструкцію підсилення бетоном або армобетоном:

- клас бетону по міцності на розтягування при згині;
- товщину шару підсилення.

2. Аналогічно обчислюють розрахункові і граничні згинальні моменти у верхньому і нижньому шарах покриття.

3. Перевіряють умови (6.2) і (6.3). Якщо одна з умов не виконується, збільшують товщину шару підсилення, вибирають більш високий клас бетону або змінюють конструкцію шару підсилення і повторюють розрахунок.

4. При виконанні умов (6.2) і (6.3) перевіряють умову (6.7). Якщо вона не виконується, зменшують товщину шару, вибирають більш низький клас бетону або вибирають іншу конструкцію і повторюють розрахунок.

При виконанні умов (6.2), (6.3) і (6.7) конструкція посилення вважається допустимою і розрахунок закінчується.

Розрахунок підсилення нежорстких покриттів

Розрахунок підсилення нежорстких покриттів виконується, як для знову проєктованих покриттів, враховуючи конструктивні шари існуючих покриттів і основ і їх стан (табл. 8.2).

Понижуючі коефіцієнти для модуля пружності

Вид матеріалу шару	Вид та об'єм руйнувань в зоні колії та головних опор розрахункового повітряного судна	Значення знижуючих коефіцієнтів
1	2	3
Матеріали, оброблені в'язучим	Матеріал шару однорідний, міцний, руйнувань та зносу не має	1,00
	На покритті рідкі тріщини (поперечні, повздовжні, косі) в тому числі температурні, із середньою відстанню між сусідніми тріщинами 4...10 м	0,90
	На покритті деформації у вигляді частих тріщин, іноді пов'язаних між собою (повздовжніх, поперечних, косих), з середнім відстанню між сусідніми тріщинами 1...4 м	0,80
Матеріали, оброблені в'язучим	На покритті значні деформації у вигляді сітки тріщин з відстанню між ними 0,4...1,0 м	0,60
	Те ж, у вигляді густий мережі тріщин зі сторонами менш 0,15...0,20 м і осіданням в місці тріщин	0,50
Кам'яні матеріали, не оброблені в'язучим	Якість щебеневого (гравійної) матеріалу не відрізняється від запланованого нормами для нового будівництва, або термін служби менше 2 років	1,0
	У щебеному (гравійного) шарі є окремі роздавлені щебінки (5...10 %), спостерігається внутрішній знос, або в шарі щебеню міститься до 10 % дрібниці розміром менше 2 мм	0,9
	Зміст роздавлених щебінок в шарі 11...20 %, або наявність у шарі дрібниці менше 2 мм у кількості 11...20 %	0,7
	Зміст роздавлених щебінок в шарі 21...30 %, або наявність у шарі дрібниці менше 2 мм у кількості 21...30 %	0,5
Піщані шари	Чистий пісок, коефіцієнт фільтрації K_f відповідає первинному	1,0
	Пісок злегка забруднений, K_f нижче початкового не більш ніж 25 %	0,8
	Пісок сильно замулений, частково перемішений з ґрунтом	0,5

Середній модуль пружності існуючого нежорсткого покриття визначають за формулою

$$E_{mt} = \frac{\sum \beta_i \times E_i \times t_i}{\sum t_i} \quad (8.2)$$

де t_i - товщини конструктивних шарів нежорсткого покриття;

E_i - модулі пружності конструктивних шарів;

β_i - понижуючі коефіцієнти до модулів пружності, прийняті за табл. 8.2.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы / Госстрой СССР. - М: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.-59 с.
2. СНиП 32-03-96. Аэродромы / - М.; ГУП ЦТП, 1996. - 23 с.
3. Проектування аеропортів: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрієв, О.М. Папченко та ін. – К.: НТУ, 2010. – 248с.
4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Реконструкція автомобільних доріг та аеродромів» для студентів напряму підготовки 6.060101 – „Будівництво” спеціального виду діяльності «Автомобільні дороги і аеродроми» денної та заочної форм навчання / Укладачі: Балашова Ю.Б., Дем'яненко В.В. - Дніпропетровськ: ДВНЗ ПДАБА, 2014. – 42 с.
5. Методические указания по реконструкции аэродромов / В.А. Сабуренкова. – М.: ГТУ. – 2003.
6. Кульчицкий В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б., Чеков А.Н., Романков Н.И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. – М.: 2002. – 528с.
7. Изыскание и проектирование аэродромов: Учеб для вузов / Справочник / Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, В.Е. Тригони, И.А.; Под ред. Г.И. Глушкова. - М.: Транспорт, 1992. – 463 с.