МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

В. С. Степура, А. О. Бєлятинський
Н. В. Кужель

ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів

Київ 2013

УДК 625.7/.8 (075.8)
ББК 0311я7
С 796

Рецензенти*: В. К. Цихановський* — д-р техн. наук, проф. (Український науково-дослідний інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського);

В. К. Вирожемський — канд. техн. наук, доц. (Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М. П. Шульгіна);

І. С. Клименко — канд. техн. наук, доц. (Національний транспортний університет)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (лист № 1/11–11517 від 15.07.2013)

Степура В. С.

С 796 Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. / В. С. Степура, А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель. — К. : НАУ, 2013. — 204 с.

ISBN 978-966-598-833-5

Розглянуто основні теоретичні питання експлуатації автомобільних доріг як складної системи транспортного процесу. Визначено показники, методи оцінки якості дорожніх покриттів і роботи автомобільного транспорту. Подано класифікацію, технології та організацію робіт з ремонту та утримання автомобільних доріг за різних кліматичних умов, методи та засоби організації дорожнього руху. Наведено алгоритм розрахунку вартості будівництва автомобільних доріг та визначення оптимального варіанта. Викладено основи експлуатації, утримання та ремонту аеродромів. Розкрито особливості експлуатації аеродромів у зимовий період. Розглянуто послідовність очищення від опадів, взаємодію між структурними підрозділами аеропорту під час проведення робіт, охарактеризовано засоби механізації робіт, правила складання технологічних карт.

Для студентів вищих навчальних закладів.

УДК 625.7/.8 (075.8)
ББК 0311я7

ISBN 978-966-598-833-5

© В. С. Степура,
А. О. Бєлятинський,
Н. В. Кужель, 2013
© НАУ, 2013

ЗМІСТ

ВСТУП..... 8

Розділ 1. ОБ’ЄКТИ І СУБ’ЄКТИ РУХУ, ЇХ ВЗАЄМОДІЯ. ПОКАЗНИКИ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ..... 10

1.1. Система «водій–автомобіль–дорога–зовнішнє середовище»..... 10

1.2. Показники роботи автомобільного транспорту..... 14

1.2.1. Транспортні показники 14

1.2.2. Техніко-економічні показники 15

1.2.3. Інтенсивність руху транспортних засобів 16

Питання для самоконтролю.....20

Розділ 2. ВПЛИВ АВТОМОБІЛІВ ТА ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ДОРОГУ Й УМОВИ РУХУ 21

2.1. Характеристика підсистеми «автомобіль — дорога» 21

2.2. Вплив природних факторів на стан дороги та умови руху автомобіля 23

2.2.1. Фізична суть і закономірності формування водно-теплового режиму автомобільних доріг 26

2.2.2. Пучиноутворення на автомобільних дорогах і принципи боротьби з ним..... 33

2.3. Деформації та руйнування земляного полотна..... 37

2.4. Деформації та руйнування дорожнього одягу 39

2.5. Деформації штучних споруд 47

2.6. Вплив погодних умов на умови руху автомобілів..... 48

2.6.1. Особливості автомобільного руху взимку 48

2.6.2. Сніговідкладення на дорогах 49

2.6.3. Обмерзання дорожніх покриттів..... 55

Питання для самоконтролю 56

Розділ 3. ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ДОРІГ 57

3.1. Показники технічного стану доріг 57

3.2. Показники міри безпеки і зручності руху 62

Питання для самоконтролю 65

Розділ 4. БЕЗПЕКА РУХУ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ НА ДОРОГАХ 66
4.1. Основна діаграма транспортного потоку 66
4.2. Дорожньо-транспортні пригоди, їх закономірності та облік . 67
4.3. Оцінка безпеки руху 69
4.4. Забезпечення рівності та шорсткості покриттів 71
Питання для самоконтролю 72

РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ДОРОГАХ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ДЛЯ РУХУ 73
5.1. Дорожній сервіс 73
5.2. Майданчики для відпочинку людей і дорожні павільйони 74
5.3. Готелі, мотелі і кемпінги 75
5.4. Система зв’язку 75
Питання для самоконтролю *76*

Розділ 6. УПРАВЛІННЯ ДОРОГАМИ УКРАЇНИ 77
Питання для самоконтролю 78

Розділ 7. ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ДОРОЖНІХ СПОРУД 79
Питання для самоконтролю 79

Розділ 8. ОБСТЕЖЕННЯ ДОРІГ 80
Питання для самоконтролю 82

Розділ 9. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБІТ З РЕМОНТУ І УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ 83
Питання для самоконтролю 85

Розділ 10. МІЖРЕМОНТНІ СТРОКИ СЛУЖБИ ПОКРИТТЯ 86
Питання для самоконтролю 89

Розділ 11. ТЕХНОЛОГІЯ УТРИМАННЯ ДОРІГ 90
11.1. Утримання доріг навесні, улітку та восени 90
11.1.1. Утримання земляного полотна, смуги відводу і водовідвідних споруд 90
11.1.2. Утримання проїзної частини 91
11.2. Озеленення доріг 92
11.3. Снігозахист доріг 93

11.4. Очищення доріг від снігу 96
11.5. Боротьба з ковзкістю 97
11.6. Боротьба з піщаними заметами 100
11.7. Боротьба з полоєм 100
Питання для самоконтролю 102

Розділ 12. ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ ДОРІГ 103
12.1. Ремонт земляного полотна, водовідвідних споруд та елементів облаштування дороги 103
12.2. Поточний ремонт дорожніх покриттів 104
12.2.1. Поточний ремонт дорожніх покриттів нижнього і перехідного типів 104
12.2.2. Асфальтобетонні покриття 106
12.2.3. Цементобетонні покриття 108
Питання для самоконтролю 110

Розділ 13. СЕРЕДНІЙ РЕМОНТ ДОРІГ 111
13.1. Ремонт земляного полотна, водовідводу та дорожніх споруд 111
13.2. Середній ремонт дорожніх покриттів 111
13.2.1. Покриття з незв'язних матеріалів 111
13.2.2. Покриття з органічним в'яжучим 112
13.2.3. Термопрофілювання покриттів 113
13.2.4. Цементобетонні покриття 116
Питання для самоконтролю 116

Розділ 14. КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ДОРІГ 117
14.1. Ремонт земляного полотна, водовідводу та елементів облаштування дороги 117
14.2. Капітальний ремонт дорожніх покриттів 118
14.2.1. Гравійні та щебеневі покриття 118
14.2.2. Асфальтобетонні покриття 119
14.2.3. Цементобетонні покриття 120
14.2.4. Розширення дорожнього одягу 120
Питання для самоконтролю 121

Розділ 15. ОСОБЛИВОСТІ УТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІРСЬКИХ ДОРІГ 122
15.1. Кліматичні умови 122
15.2. Земляне полотно 123
15.3. Дорожній одяг 123

15.4. Водовідвід, боротьба з обвалами 124
15.5. Захист доріг і мостових переходів від повеней 125
Питання для самоконтролю 126

Розділ 16. УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТ АЕРОДРОМІВ 127
16.1. Утримання аеродромних споруд,
водовідвідних і дренажних систем 127
16.2. Утримання та ремонт аеродромних покриттів 129
16.2.1. Ґрунтові аеродроми 129
16.2.2. Аеродроми з нежорстким покриттям 131
16.2.3. Аеродроми з жорстким покриттям 131
16.3. Капітальний ремонт аеродромів 132
Питання для самоконтролю 132

Розділ 17. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДОРОЖНІХ РОБІТ
І ПРИЙМАННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ..... 133
Питання для самоконтролю 134

Розділ 18. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ З УТРИМАННЯ
ТА РЕМОНТУ ДОРІГ..... 135
Питання для самоконтролю 137

Розділ 19. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ
ВАРІАНТІВ БУДІВНИЦТВА
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ..... 138
19.1. Техніко-економічні показники для порівняння
варіантів будівництва автомобільних доріг..... 138
19.2. Визначення економічної ефективності
капітальних вкладень у вибраний варіант дороги..... 145
19.3. Приклад економічного порівняння
варіантів автомобільних доріг..... 150
19.4. Порівняння варіантів дорожніх одягів 153
Питання для самоконтролю 156

Розділ 20. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АЕРОДРОМІВ
ЗА ЗИМОВИХ УМОВ 157
20.1. Завдання зимового утримання аеродрому 157
20.2. Природно-кліматичні чинники, що впливають
на зимове утримання аеродрому..... 160
20.3. Основні правила зимового утримання аеродромів
зі штучним покриттям..... 162

20.4. Основні правила зимового утримання
ґрунтових аеродромів..... 165
20.4.1. Оцінка готовності аеродромів до польотів 167
20.4.2. Засоби механізації для виконання робіт
у зимовий період..... 170
20.5. Технологія роботи з очищення аеродромів від снігу 171
20.6. Зміст проекту організації та технології робіт
із зимового утримання аеродромів 178
20.7. Розрахунок засобів механізації для зимового
утримання аеродромів..... 182
20.8. Розроблення технологічних карт 190
20.9. Розрахунок необхідної кількості протиожеледних
хімічних елементів і абразивних метеріалів 198
Питання для самоконтролю 200
Література 201

ВСТУП

Статистичні дані свідчать, що загальна протяжність доріг загального користування в Україні — 169,1 тис. км. Якщо порівняти цю цифру з аналогічними показниками розвинутих європейських країн, то побачимо таке. Мережа автомобільних доріг в Англії становить 346 872 км, у Франції — 489 773 км, у Німеччині — 487 084 км.

Повернімося, однак, до України й наведемо ще деякі цифри. Так, протяжність доріг державного значення, по яких здійснюється близько 80 % перевезень, — 20,1 тис. км; доріг місцевого значення, що забезпечують перевезення на регіональному рівні, — 141 тис. км. На 1000 українців припадає лише близько 3 км доріг із твердим покриттям (у Франції — у 5 разів більше, у Німеччині — у 7, у Бельгії — в 13,3 раза). Доріг із твердим покриттям на 1000 га орної землі в Україні у 10 разів менше, ніж у розвинутих країнах.

Тож невтішні перспективи чекають на нашу країну, коли таке становище з автодорогами не зміниться. Адже зменшення швидкості транспортного потоку із 40 до 20 км/год призводить до зростання викидів забруднювальних речовин в атмосферу на 20 %. Відповідно, збільшуються й витрати паливно-мастильних матеріалів, що спричинює посилення енергетичної кризи. Відтак зростають витрати на рухомий склад — на його виробництво, закупівлю, ремонт і утримання. Недоглянута дорога — це передчасний вихід з ладу техніки, перевитрата пального, величезні збитки, оскільки на вибоїстому асфальті пального витрачається як мінімум на 20...25 % більше, ніж на рівній дорозі. А це значить, що на 100-кілометровій ділянці із середньою інтенсивністю руху 4000 автомобілів на добу щодня додатково витрачається 20...30 т пального.

Якщо негайно не розпочати змінювати таке становище, то через несвоєчасні ремонти і пов’язане з цим погіршення технічного стану

доріг прогнозується зменшення швидкості руху транспортних засобів з 40...55 км/год до 15...25 км/год, що призведе до підвищення собівартості перевезень на 45...50 %. У незадовільних дорожніх умовах вартість обслуговування автомобілів зростає в 2,5...3,5 раза, витрата пального — на 20...30 %, строк служби автопокришок скорочується в 1,15...1,8 раза, строк служби автомобіля — на 30 %, а його продуктивність знижується майже вдвічі.

У собівартості сільськогосподарської продукції транспортна складова становить 25...30 %. Через брак коштів на ремонт доріг уже найближчим часом прогнозується збільшення собівартості перевезень на 20...40 %, а отже, збільшення транспортної складової до 50 % вартості сільськогосподарської продукції.

Наша держава має унікальне географічне положення країни-транзитера, яке, однак, і досі не використовується з належною користю. За щільністю сучасних автомагістралей Україна порівняно з країнами Центральної Європи посідає одне з останніх місць. Недостатня міцність покриттів — велика перепона, оскільки потік міжнародних вантажів через нашу державу весь час збільшується. Тож саме життя спонукає до інвестування коштів у прокладання хоча б 4000 км сучасних доріг. А можливості для цього не такі вже й погані, адже 50—60 % вартості дороги — це вартість матеріалів, а Україна має практично невичерпні запаси кам’яних матеріалів і сировини для виробництва цементу.

Розділ 1

ОБ'ЄКТИ І СУБ'ЄКТИ РУХУ, ЇХ ВЗАЄМОДІЯ. ПОКАЗНИКИ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

1.1. Система «водій — автомобіль — дорога — — зовнішнє середовище»[1]

Робота автомобільного транспорту відбувається в тісній взаємодії з дорогою і зовнішнім середовищем. Аналізуючи роботу автомобільного транспорту, доцільно розглядати систему, що об'єднує об'єкти і суб'єкти руху.

Роботу автомобільного транспорту як сукупності рухомого складу і доріг треба розглядати виходячи з інтересів не тільки рухомого складу, але й доріг, водіїв і середовища, в якому здійснюється взаємодія. Тому ці всі об'єкти і суб'єкти транспортного процесу доцільно об'єднати в одну систему (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Структурна схема автомобільного транспорту

[1] Матеріал даного підрозділу написано на основі: *Кизима С. С.* Експлуатація автомобільних доріг / Станіслав Степанович Кизима. – К. : МОНУ/НТУ, 2009. – 272 с.

Що стосується автотранспортного процесу на основі принципів системотехніки, то структурну схему роботи автомобільного транспорту можна подати як створену чотирма блоками: водій — автомобіль — дорога — зовнішнє середовище (рис. 1.2).

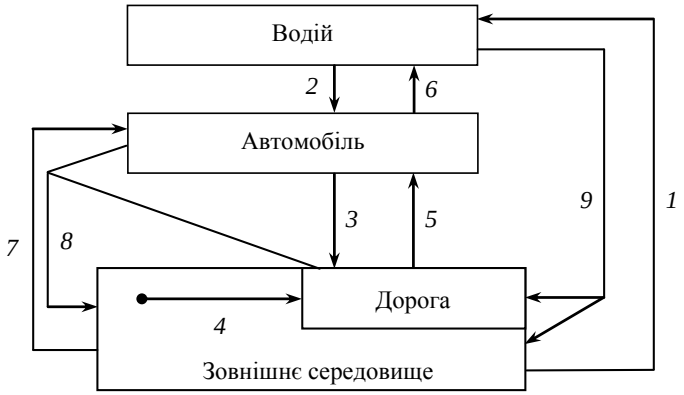


Рис. 1.2. Структурна схема системи автотранспортного процесу

Це — достатньо складна система, яка вміщує крім зазначених блоків різні підпорядковані підсиситеми, параметри і характеристики яких змінюються в часі й у просторі. За потреби кожну підсистему можна подати окремими елементами.

У структурній схемі, зображеній на рис. 1.2, можна вичленити як основні такі підсистеми:

1) зовнішнє середовище — водій;
2) водій — автомобіль;
3) автомобіль — дорога;
4) зовнішне середовище — дорога;
5) дорога — автомобіль;
6) автомобіль — водій;
7) зовнішнє середовище — автомобіль;
8) дорога — автомобіль — зовнішнє середовище;
9) водій — дорога — зовнішнє середовище.

Усі наведені підсистеми в транспортному процесі тісно взаємозв’язані. Варто наголосити, що аналіз функціонування цих підсистем і їх взаємодії має величезне значення для прийняття рішень щодо автотранспортного процесу, тобто щодо експлуатації як автотранспорту в цілому, так і рухомого складу й доріг зокрема.

Розглянемо суть і головні особливості кожної з підсистем.

Перша підсистема «зовнішнє середовище — водій» являє собою інформаційну модель транспортного процесу. Підсистема будується на вивченні особливостей взаємодії водія із зовнішнім середовищем і закономірностей прийняття водієм рішень на основі аналізу результатів взаємодії в підсистемі. Результати дослідження підсистеми використовуються: для вирішення питань безпеки руху; обґрунтування і створення системи інформаційного забезпечення дорожнього руху; формування системи інженерно-транспортного обладнання доріг; прийняття рішень щодо архітектурно-художнього оформлення доріг.

Друга підсистема «водій — автомобіль» — це ергономічна модель транспортного процесу. Підсистема базується на вивченні взаємодії фізіологічних можливостей водія з виконавчими механізмами автомобіля. Результати досліджень цієї підсистеми використовуються для цілей конструювання транспортних засобів.

Третя підсистема «автомобіль — дорога» являє собою механічну модель транспортного процесу. Базується підсистема на вивченні закономірностей сприйняття дорогою і її елементами транспортних і супутніх їм навантажень. Це — одна з найбільш досліджених підсистем. Результати досліджень підсистеми використовуються в усіх інженерно-дорожніх розрахунках, пов’язаних з урахуванням транспортних навантажень: для визначення міцності дорожнього одягу; проектування конструкції одягів та інших елементів дороги; установлення строків і конструкції підсилення одягу; обґрунтування капітальних ремонтів і реконструкції доріг тощо.

Четверта підсистема «зовнішнє середовище — дорога» — це складна масообмінна модель транспортного процесу. Дорога, як жодна інша інженерна споруда, відкрита до дії різних змінних чинників зовнішнього середовища, в якому вона працює. Основною метою підсистеми є вивчення закономірностей взаємодії дороги та її елементів з чинниками зовнішнього середовища та створення методів урахування впливу цих чинників на стадії проектування й експлуатації доріг. Вивчення підсистеми має велике значення, оскільки чинники зовнішнього середовища суттєво (іноді навіть більше, ніж транспортні навантаження) впливають на закономірності функціонування доріг і їхню довговічність. Найбільш важливими напрямками, які вивчаються в межах підсистеми, є: а) водно-

тепловий режим доріг; б) сніжно-хуртовинний режим доріг; в) режим обледеніння дорожніх одягів.

П'ята підсистема «дорога — автомобіль» являє собою динамічну модель транспортного процесу. Підсистема базується на вивченні закономірностей впливу стану й особливостей дороги на роботу рухомого складу. Основним фактором цього впливу є коливальний процес, зумовлений дією різної природи нерівностей проїзної частини на транспортний засіб у процесі його руху. Система належить до однієї з найбільш вивчених. Результати досліджень підсистеми використовують у дорожній практиці дуже широко — для вирішення питання забезпечення реалізації тягово-швидкісних і паливно-економічних якостей транспортних засобів, для обґрунтування системи й обсягів дорожньо-ремонтних робіт і т. ін. Взагалі закономірності підсистеми становлять техніко-економічну основу і дорожньої, і значною мірою транспортної галузей.

Шоста підсистема «автомобіль — водій» являє собою зворотний зв'язок другої підсистеми. Підсистема ґрунтується на вивченні закономірностей впливу особливостей автомобіля і його підсистем на працездатність водія. Результати дослідження підсистеми використовуються переважно для розв'язання проблем експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту, а також у процесі проектування транспортних засобів.

Сьома підсистема «зовнішнє середовище — автомобіль» базується на вивченні закономірностей служби транспортних засобів у різних природних, кліматично-географічних та виробничих умовах. Дорожньою складовою підсистеми є вивчення впливу хімічних реагентів, використовуваних Дорожньою службою з метою боротьби з обледенінням покриттів, на довговічність автомобіля. Результати вивчення підсистеми використовуються переважно службами проектування й експлуатації транспортних засобів. Закономірності дорожньої складової підсистеми мають використовуватись дорожніми службами для розроблення заходів зі зменшення впливу зимових дорожньо-експлуатаційних технологій на довговічність автомобіля.

Восьма підсистема «дорога — автомобіль — зовнішнє середовище» — це екологічна модель транспортного процесу. Підсистема базується на вивченні закономірностей впливу результатів взаємодії дороги й автомобіля на зовнішнє середовище. Закономірності

підсистеми використовуються на всіх етапах розв'язання глобальної проблеми екології автомобільних доріг, а також проектувальниками та експлуатаційниками транспортних засобів.

Дев'ята підсистема «водій — дорога — зовнішнє середовище» вивчає закономірності впливу поведінки водія як елемента руху і його дій на розв'язання глобальної проблеми екології доріг. Підсистема охоплює вивчення питань екологічного впливу водія на дорогу і навколишнє середовище: руйнування трав'яної рослинності на узбіччях; пошкодження декоративних і снігозахисних насаджень; пошкодження елементів доріг під час з'їжджання за межі проїзної частини і в разі дорожньо-транспортних пригод; нагромадження сміття і сторонніх предметів на проїзній частині, у смузі відведення і на майданчиках відпочинку; інші негативні дії водіїв і учасників руху, які негативно відбиваються на екологічному просторі й експлуатаційних якостях доріг.

Для опрацювання питань експлуатації доріг першорядне значення має аналіз першої, третьої, четвертої, п'ятої, восьмої, дев'ятої і частково сьомої підсистем. Закономірності функціонування цих підсистем і становлять основу теорії експлуатації автомобільних доріг. І ще раз зазначимо, що всі описані підсистеми взаємозв'язані, і в цілому вони охоплюють усі ключові проблеми експлуатації автомобільних доріг.

1.2. Показники роботи автомобільного транспорту

1.2.1. Транспортні показники

Вантажообіг — показник роботи транспорту щодо перевезення вантажів. Визначається як сума добутків кількості тонн перевезеного вантажу (m_i) на відповідну відстань l_i i-м видом транспорту (т·км):

$$W_1 = \sum m_i l_i .$$

Вирізняють тарифний та експлуатаційний вантажообіг. У розрахунку тарифного вантажообігу за відстань i беруть тарифну (мінімальну) відстань між пунктами перевезення. Експлуатаційний вантажообіг ураховує фактичну пройдену відстань (з відхиленнями від оптимального маршруту, дозаправленням, об'їжджанням заторів і перекритих вулиць, заїжджанням у пункти харчування).

Найчастіше заробітна плата водіїв залежить від виконаного вантажообігу.

Пасажирообіг (W_2) — показник роботи транспорту щодо перевезення пасажирів. Визначається як сума добутків кількості пасажирів (N_i) на відповідну відстань l_i i-м видом транспорту (пас.·км):

$$W_2 = \sum N_i l_i \ .$$

Обсяг перевезень — обсяг вантажів, що їх перевозить автотранспорт підприємства, регіону, республіки за певний період часу. Розрізняють загальний обсяг перевезень і обсяг перевезень транспортом загального користування.

Середня дальність перевезень — визначається як частка від ділення вантажообігу на загальний обсяг перевезень $G_{заг}$:

$$l = W_i / G_{заг}.$$

Ділянкова швидкість автомобіля характеризує середню швидкість автомобіля на окремій ділянці дороги. Залежить від геометричних параметрів дороги.

Середньотехнічна швидкість визначається середньою швидкістю, яку проїжджає автомобіль за одиницю часу. Середньотехнічна швидкість є важливим критерієм роботи автотранспорту, що впливає на його продуктивність і собівартість перевезень.

Середньо-експлуатаційна (*комерційна*) *швидкість* визначається як частка від ділення загального пробігу автомобіля на час його роботи. Характеризує швидкість доставки вантажів до місця призначення.

1.2.2. Техніко-економічні показники

Продуктивність автомобіля — обсяг вантажної роботи, яку виконує автомобіль за певний період (рік). Визначається в т·км/рік за формулою

$$\Pi = \frac{n_n \cdot \bar{l}_n \cdot m_a \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{\bar{l}_n + \bar{v} \cdot k_1 \cdot t_0} \ ,$$

де n_n — кількість робочих годин у році; $\bar{l}_n$ — середній пробіг за один рейс, км; m_a — вантажопідйомність автомобіля, т; k_1, k_2, k_3 — коефіцієнти використання пробігу, корисного часу і вантажопідйомності автомобіля відповідно; $\bar{v}$ — середня швидкість руху, км/год; t_0 — простої машин у пунктах завантажень і розвантажень за один рейс, год.

Собівартість перевезень — вартість (у гривнях) перевезення одиниці вантажу (1т) на 1 км. Визначається за формулою

$$С = С_{заг} / П,$$

де $С_{заг}$ — зведені річні витрати на придбання автомобіля, його експлуатацію, будівництво й експлуатацію доріг, грн; П — річна продуктивність автомобіля, т·км/р.

Приведені річні витрати обчислюють за формулою

$$В_{пр} = (В_1 – В'_1) + В_2 + В_3 + В_4 + (В_а + В_д) + В_5,$$

де $В_1$, $В'_1$ — приведені витрати на придбання рухомого складу і його залишкова вартість; $В_2$, $В_3$ — приведені витрати на будівництво доріг і на капітальні та поточні відновлювальні ремонти; $В_4$ — приведені витрати на капітальні та середні ремонти транспортного засобу; $В_а$ — приведені витрати на експлуатацію автомобілів; $В_д$ — приведені витрати на поточний підтримувальний ремонт і утримання доріг; $В_5$ — приведені збитки від дорожньо-транспортних пригод.

Собівартість транспортних перевезень залежить від багатьох факторів. Наприклад, у централізованих перевезеннях коефіцієнт використання пробігу k_1 дещо зменшується, а коефіцієнт використання робочого часу різко збільшується, у результаті чого продуктивність автомобіля зростає. З іншого боку, чим якісніше покриття, тим вища швидкість, а тому й більша продуктивність автотранспорту. Собівартість із підвищенням продуктивності зменшується.

1.2.3. Інтенсивність руху транспортних засобів

Під інтенсивністю руху розуміють кількість транспортних засобів, що проходять через дану ділянку дороги за одиницю часу (рік, день, годину). Інтенсивність руху на окремих ділянках дороги має важливе значення для визначення відповідності категорії дороги фактичному транспортному завантаженню, призначенню заходів з ремонту та утримання дороги, засобів організації руху.

Облік транспортних засобів на дорогах здійснюється з метою одержання й нагромадження інформації про загальну їх кількість, а також про кількість окремих груп рухомого складу в загальному транспортному потоці. Дані обліку інтенсивності та складу руху потрібні:

• для встановлення відповідності технічних і транспортно-експлуатаційних показників дороги до наявної інтенсивності руху;

• призначення категорії дороги і конструкції дорожнього одягу;

• визначення перспективних інтенсивності і складу руху;

• наукового планування перевезення зі складанням маршрутів і графіків перевезень;

• планування ремонтів доріг, обсягів і термінів їх виконання;

• техніко-економічного обґрунтування розміщення транспортних мереж;

• розроблення заходів з раціональної організації руху і підвищення безпеки руху.

Облікові пункти розміщуються на підходах до завантажених перехресть доріг, під'їздах до адміністративних центрів і великих населених пунктів, залізничних станцій, аеропортів тощо.

Для міжнародних доріг з метою визначення кількості транспортних засобів їх поділяють на п'ять груп за вантажопідйомністю:

♦ менше ніж 1,5 т, 1,5...3 т;

♦ більше ніж 3 т;

♦ важкі вантажні автомобілі з причепами;

♦ сідельні тягачі;

♦ автобуси.

Для інших шляхів — на шість груп:

♦ легкі вантажні автомобілі (менше ніж 2 т);

♦ середні вантажні автомобілі (2,1...5 т);

♦ важкі (5,1...8 т);

♦ дуже важкі (більше ніж 8 т);

♦ легкові;

♦ автобуси.

Періодичність і тривалість обліку руху визначається чинними інструкціями. На всіх дорогах державного значення, а також на важливих обласних і місцевих облік має здійснюватися вибірковим способом регулярно протягом року двічі на місяць, неперервно протягом доби. Для інших дорог облік здійснюють 7...10 днів протягом 16 год щодня з 7^{00} до 23^{00}. Результати обліку руху обробляють у такому порядку:

♦ визначають характеристики руху;

♦ розраховують середньорічну добову інтенсивність і розрахункову інтенсивність руху.

Періодичні коливання інтенсивності руху, що відбуваються протягом дня, тижня і року, установлюються за допомогою коефіці-

єнта нерівномірності. Він визначається для кожної ділянки обліку на підставі даних про середньодобову інтенсивність руху в буденні, вихідні дні і в місяці перед відпустками. Цей коефіцієнт ураховує специфічні для дороги, регіону, країни і пов'язані з рухом особливості. Від фактичної інтенсивності N_i до розрахункової N_p переходять за формулою

$$N_p = \sum N_i k_i ,$$

де N_i — інтенсивність руху окремих типів транспортних засобів; k_i — коефіцієнти приведення, для легкових автомобілів 1,0; для вантажних 1,5...3,5 залежно від вантажопідйомності.

Обладнання для автоматизованого обліку містить два основні елементи: детектор (сенсор, датчик), який реєструє наявність або проходження транспортного засобу, і лічильник накопичення одержаних сигналів. Основні методи автоматизованого визначення параметрів транспортного потоку:

• контактно-механічні: зважувальні, пневматичні, електроконтактні, ємнісні, вібраційні;

• магнітно-індуктивні: петльові зі штучним електромагнітним полем, з використанням магнітного поля Землі, магнітні;

• зондувальні імпульси: фотоелектричні, інфрачервоні, ультразвукові, радіолокаційні, лазерні;

• за випромінюванням автомобіля: інфрачервоне (теплове) випромінювання двигуна, шум двигуна, вихлопні гази.

Найбільшого поширення в країнах колишнього СНД набули індуктивні петльові детектори транспорту (АСД-5, ДТ-М, СИД-1М).

Лічильники дають змогу вести облік руху щодо двох груп транспортних засобів — легкових і вантажних. Поділ між ними відбувається за амплітудою сигналу — легкові автомобілі створюють більший сигнал, оскільки кузов у них розміщений ближче до покриття дороги, де вмонтовані датчики.

Під час візуального спостереження в картку обліку дорожнього руху після проходження кожного автомобіля у відповідній графі роблять позначку «1», після проходження автопоїзда — «0» і т. д. Облікові картки ведуть на кожну годину окремо. Якщо треба визначити і напрямки руху транспортних потоків (наприклад, у містах), необхідно реєструвати також номери автомобілів. При цьому зазначимо, що обробка таких даних — справа дуже копітка, і її доцільно виконувати за допомогою ЕОМ.

Останніми роками виникла потреба реєструвати також навантаження, що передається на одяг дороги задніми колесами вантажних автомобілів. Це важливо для запобігання передчасному руйнуванню одягу перевантаженими транспортними засобами. У деяких країнах допустиме навантаження на задню вісь автомобіля становить 11,5 т (в Україні 10 т), а це еквівалентно збільшенню розрахункового навантаження на одяг на 85 %.

Для прогнозування інтенсивності руху використовують екстраполяційні формули, найчастіше геометричну й експоненційну:

$$N_t = N_0 (1 + g)^t;$$
$$N_t = a \exp(-bt),$$

де N_t — прогнозована інтенсивність руху на t-му році; N_0 — початкова інтенсивність руху; g — коефіцієнт щорічного приросту інтенсивності руху; *t* — розрахунковий період, років.

Найскладніше визначити коефіцієнти *a* і *b*, значення котрих, як правило, знаходять методом середніх або найменших квадратів (МНК), які є в програмному забезпеченні ПЕОМ.

Загальноприйнятим показником, що характеризує кількість циклів «навантаження-розвантаження» дорожньої конструкції, які зумовлюють виникнення і наростання в конструкції втомних процесів, є інтенсивність руху і його склад. Проте ці параметри не залишаються постійними в часі, що унеможливлює розв'язання низки завдань з експлуатації доріг, пов'язаних зі змінами в часовому просторі. Тому в дорожню науку і практику був запроваджений новий термін — *вантажний режим роботи дороги*, під яким розуміють інтенсивність, склад руху на дорозі і закономірності зміни їх у часі.

Існує чотири типових вантажних режими роботи дороги:

1. Стійкий режим — характерний для доріг, що обслуговують райони, де немає ознак дальшого розвитку господарської й соціальної сфер (рис. 1.3).

2. Режим з лінійним зростанням руху — характерний для доріг, що обслуговують райони зі стійкими темпами розвитку господарської діяльності (рис. 1.4).

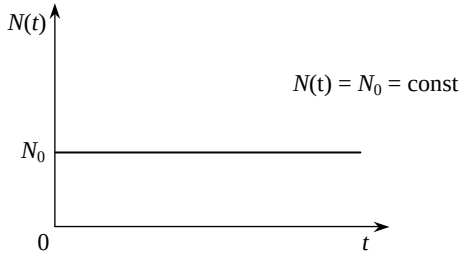


Рис. 1.3. Стійкий режим роботи дороги

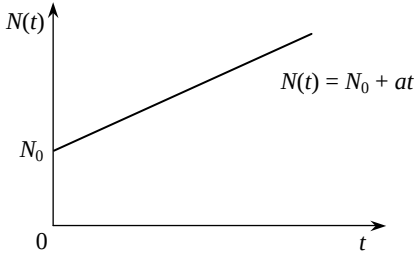


Рис. 1.4. Режим роботи дороги з лінійним зростанням руху

Режим зі зростанням руху за геометричною прогресією — характерний для доріг опорної мережі (категорій Е, М, А), які характеризуються стійкою структурою користувачів доріг (рис. 1.5).

3. Режим з експоненціальним зростанням руху — характерний для доріг місцевої мережі і таких, що обслуговують райони з інтенсивним розвитком соціально-господарської сфери (рис. 1.6).

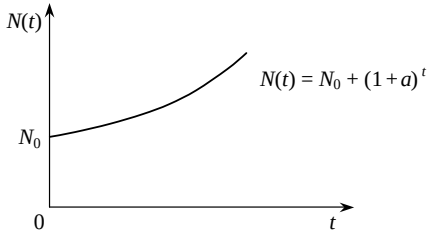


Рис. 1.5. Режим роботи дороги зі зростанням руху за геометричною прогресією

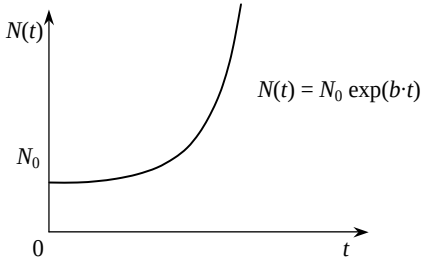


Рис. 1.6. Режим роботи дороги з експоненціальним зростанням руху

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні підсистеми системи В-А-Д-С (водій — автомобіль — дорога — середовище).
2. Як можна визначити продуктивність автомобіля?
3. Охарактеризуйте інтенсивність руху транспортних засобів.
4. Як прогнозують інтенсивність руху транспорту?
5. Опишіть типові вантажні режими роботи дороги.

Розділ 2

ВПЛИВ АВТОМОБІЛІВ ТА ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ДОРОГУ Й УМОВИ РУХУ

2.1. Характеристика підсистеми «автомобіль — дорога»

Під час руху автомобіля по дорозі виникають нормальні до поверхні дороги повздовжні та поперечні сили взаємодії між колесами і покриттям.

Нормальна сила P, з якою автомобіль, що рухається, діє на дорожній одяг, становить

$$P = G \cdot \cos \alpha,$$

де G — вага автомобіля, α — поздовжній ухил дороги.

Тангенціальна поздовжня сила T_n, що викликає рух автомобіля (інша назва — тягова сила), визначається як результуюча дії чотирьох сил:

$P_f = f \cdot G$ — сили опору кочення на рівній ділянці;

$P_i = G \cdot i$ — сили опору під час руху на підйом;

$P_v = k \cdot F \cdot V^2 / 13$ — сили опору повітря;

$P_j = j \cdot G$ — сили інерції,

де f — коефіцієнт опору кочення; i — поздовжній ухил у частках одиниці; k — коефіцієнт опору повітря (коефіцієнт обтічності); F — площа лобової проекції автомобіля, м^2; V — швидкість автомобіля, км/год.

Сила опору кочення залежить від характеристик шин, виду і стану дорожнього одягу та швидкості руху.

Коефіцієнт тертя опору кочення f змінюється від 0,01 (для цементобетонного сухого покриття) до 0,05 (мокре брудне гравійне покриття). Після збільшення швидкості руху коефіцієнт f зростає приблизно на 0,002 на кожні 10 км/год приросту швидкості.

Коефіцієнт опору повітря k (0,030...0,060) і площа лобової проекції для всіх автомобілів наводяться у спеціальних довідниках.

Максимальне тягове зусилля $T_{\max}$ обмежується силою зчеплення колеса з покриттям:

$$T_{\max} \le G \cdot \varphi,$$

де φ — коефіцієнт зчеплення.

Вирізняють два види коефіцієнта зчеплення:

• коефіцієнт поздовжнього зчеплення φ_1, що відповідає початку пробуксовування колеса під час його кочення в площині руху;

• коефіцієнт поперечного зчеплення φ_2 за умови бокового заносу, коли колесо одночасно крутиться і ковзає вбік.

Коефіцієнт зчеплення залежить від виду покриття, його стану, типу шин, малюнка протектора, температури, швидкості. Коефіцієнт зчеплення зменшується на 0,02...0,04 на кожні 10 км/год збільшення швидкості. У нормативних документах зазвичай наводиться коефіцієнт зчеплення для швидкості 60 км/год.

Коефіцієнт поперечного зчеплення φ_2 обчислюють за формулою

$$\varphi_2 = (0{,}5...0{,}85) \cdot \varphi.$$

Суттєвий вплив на умови руху мають деформації покриття. На нерівну поверхню покриття автомобілі створюють додаткову дію, викликану ударами коліс під час проходження ям і підвищенням тиску в пневматиках коліс через коливання кузова. Це, у свою чергу, призводить до додаткових деформацій дорожнього одягу (тріщини, вибоїни, колії, осідання).

Збільшення напружень у дорожній конструкції, які викликані рухом автомобіля по нерівній поверхні, оцінюється динамічним коефіцієнтом $k_д$:

$$k_д = \sigma_д / \sigma_{ст},$$

де $\sigma_{ст}$ — напруження в дорожньому одязі за статичної дії навантаження ; $\sigma_д$ — те саме за динамічної дії.

Для покриттів, що містять органічне в'яжуче, величина $k_д$ не перевершує 1,25, для щебеневих покриттів $k_д$ = 1,2...1,7, для бруківки $k_д$ = 1,3...2,5. Максимальне значення коефіцієнта динамічності відповідає швидкості 20 км/год.

Погіршення стану покриття викликає погіршення й умов для реалізації коефіцієнта зчеплення — зростає довжина гальмівного шляху, знижується бокова стійкість, автомобіль погано слухається керма. Крім того, коливання автомобіля, викликані деформованим покриттям, зменшує комфортність їзди. Людина відчуває коливання, якщо їхня енергія перевищує 0,5 см^2/с^3. Важливою характеристикою впливу коливань кузова на умови руху є відношення частоти вертикальних коливань ν до довжини хвилі λ. Коли ν / λ = 0,05, рух стає нестійким, а коли ν / λ = 0,2 — дуже небезпечним.

2.2. Вплив природних факторів на стан дороги та умови руху автомобіля

Природні умови, в яких прокладають трасу автомобільної дороги, впливають на вибір її напрямку, визначення технічних нормативів, обсягів робіт та вартості спорудження дороги.

До природних факторів, що впливають на стан дороги й умови руху, належать рельєф місцевості, ґрунтово-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови [2].

Рельєф місцевості визначає тип земляного полотна (насипи, виїмки, косогірність) і вид водовідвідних споруд. Він впливає на характер стоку води, міри зволоження місцевості, вартості спорудження земляного полотна та способи виконання земляних робіт.

Ґрунтово-геологічні умови характеризуються геологічною будовою ґрунтової товщі, видом і фізико-механічними властивостями ґрунтів та впливають на стійкість насипів і виїмок на крутих ухилах. Якщо дані умови вважаються несприятливими, трасу переносять в інше місце чи проектують заходи, що підвищують стійкість земляного полотна (підпірні стінки, укісні дренажі, тунелі та ін.) За геологічними даними визначають наявність будівельних матеріалів.

Гідрогеологічні умови впливають на призначення висоти насипу, типу укріплення земляного полотна, а також на розміри водовідвідних споруд. Дані умови, що визначають характер поверхневого стоку води в районі дороги, яку проектують, залежать від рельєфу місцевості, клімату та рослинного шару. Так, на рівнинній місцевості та на місцевості з увігнутими формами рельєфу стікання води ускладнене. На пересіченій та гірській місцевостях вода стікає швидше, великі швидкості течії сприяють зростанню кількості ярів, розмиву канав і резервів. Кількість води, що стікає, і міра розмивності ґрунтів залежать від інтенсивності та тривалості атмосферних опадів, типу ґрунтів та виду рослинності на водозбірному басейні.

Гідрогеологічні умови впливають на вибір відміток земляного полотна стосовно до рівня ґрунтових вод. За ними судять про можливі зсуви, обвали, пучини тощо.

Кліматичні умови характеризують рівень опадів, вологість повітря, добові й річні зміни температури, напрямок вітрів, товщину снігового покриву, глибину промерзання ґрунту та ін. Від кліматичних умов (кількості опадів за місяцями, товщини снігового покриву, напрямку та швидкості вітру, кількості хуртовин, температури повітря і землі, кількості днів з ожеледдю й т. ін.) залежать міра зволоження земляного полотна, заносимість снігом чи піском, а також способи укріплення

укосів від розмивання чи вивітрювання. Виходячи з кліматичних, топографічних і геологічних умов вибирають форму земляного полотна, міру ущільнення ґрунтів, вирішують питання про необхідність використання морозостійких шарів ґрунту.

Перелічені умови створюють певний водно-тепловий режим земляного полотна.

Водно-тепловий режим (ВТР) — це закономірності зміни протягом року вологості й температури в придорожньому шарі повітря, у шарах дорожнього одягу і ґрунті земляного полотна.

Від водно-теплового стану земляного полотна і дорожніх одягів залежать їхні міцність і морозостійкість, а в кінцевому результаті рівність і термін служби дороги. Характеристики ВТР за сезонами наведені на рис. 2.1, а зміна експлуатаційних якостей дорожнього одягу — на рис. 2.2.

1. *Осінь* (вересень – листопад). Відбувається накопичення вологи в земляному полотні і нижніх шарах дорожнього одягу. Вологість ґрунтів досягає до 0,7 від границі текучості. Ґрунт розущільнюється. Модуль пружності дорожнього одягу зменшується.

2. *Зима* (грудень – лютий): промерзання земляного полотна, що супроводжується припливом вологи від рівня підземних вод до фронту промерзання. Фронт промерзання опускається до глибини 0,5... 1,0 м (для умов України). За високих рівнів ґрунтових вод і за наявності у ґрунті пилуватих і глинистих частинок зростає пучинистість ґрунтів. Через неоднорідність складу, щільності і вологості ґрунтів відбувається неоднорідне випинання, що ускладнює, а часто й зовсім унеможливлює рух транспорту, руйнує дорожній одяг. Пучиністість зростає за малої швидкості промерзання ґрунту і може досягти 50…60 см і більше. Загальний модуль пружності дорожнього одягу підвищується внаслідок промерзання верхнього шару земляного полотна і нижніх шарів основи.

3. *Весна* (березень — квітень, початок травня). Відтаювання земляного полотна. Ґрунт відтаює в першу чергу під дорожнім одягом, особливо якщо узбіччя присипані снігом. Ґрунт найбільше перезволожений. Вологість досягає границі текучості. Коефіцієнт ущільнення знижується до 0,85. Міцність дорожнього одягу мінімальна. У місцях зимових пучин руйнується дорожній одяг, утворюються осідання і проломи, матеріали дорожнього одягу перемішуються з ґрунтом.

4. *Літо* (травень — серпень). Просихання земляного полотна. Ґрунт перебуває в найбільш щільному й міцному стані.

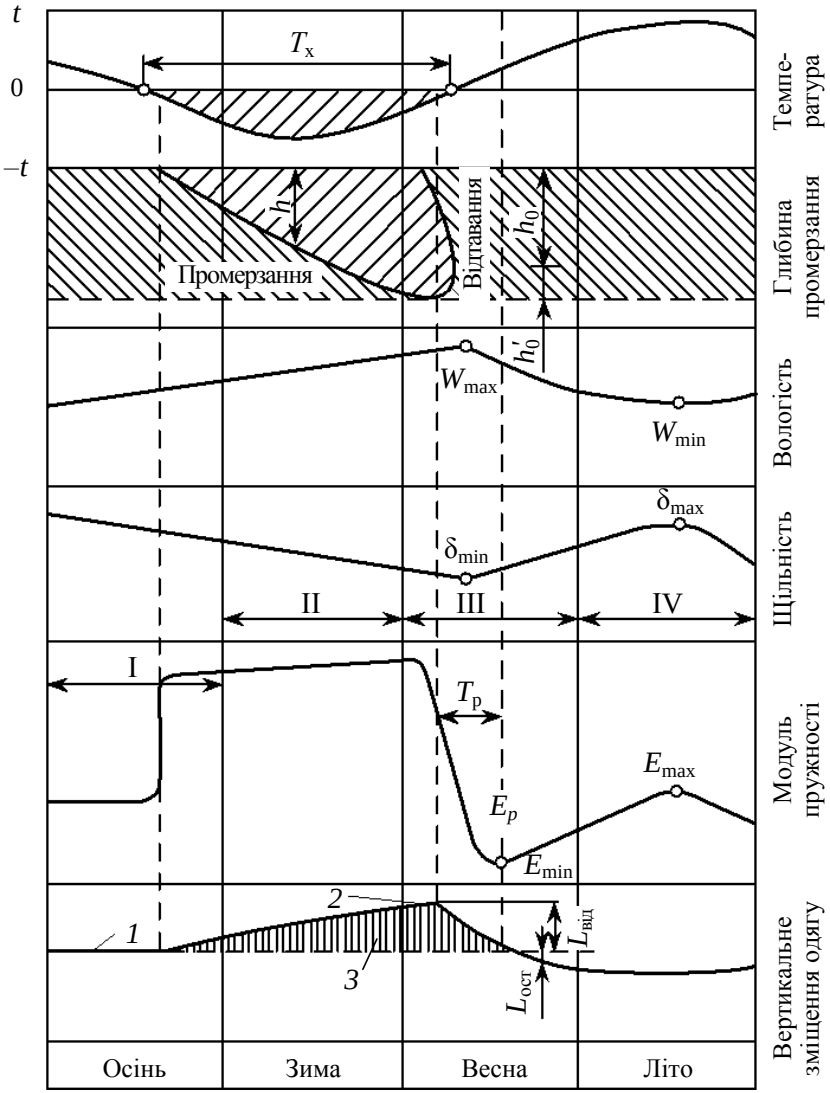


Рис. 2.1. Закономірності сезонних змін водно-теплового режиму:
I–IV — періоди; *1* — стан дорожнього одягу до промерзання;
2 — у кінці промерзання; *3* — пучиноутворення;
T_x — холодний період; T_p — розрахунковий період;
$L_{від}$ — деформація відтавання; $L_{ост}$ — остаточна деформація

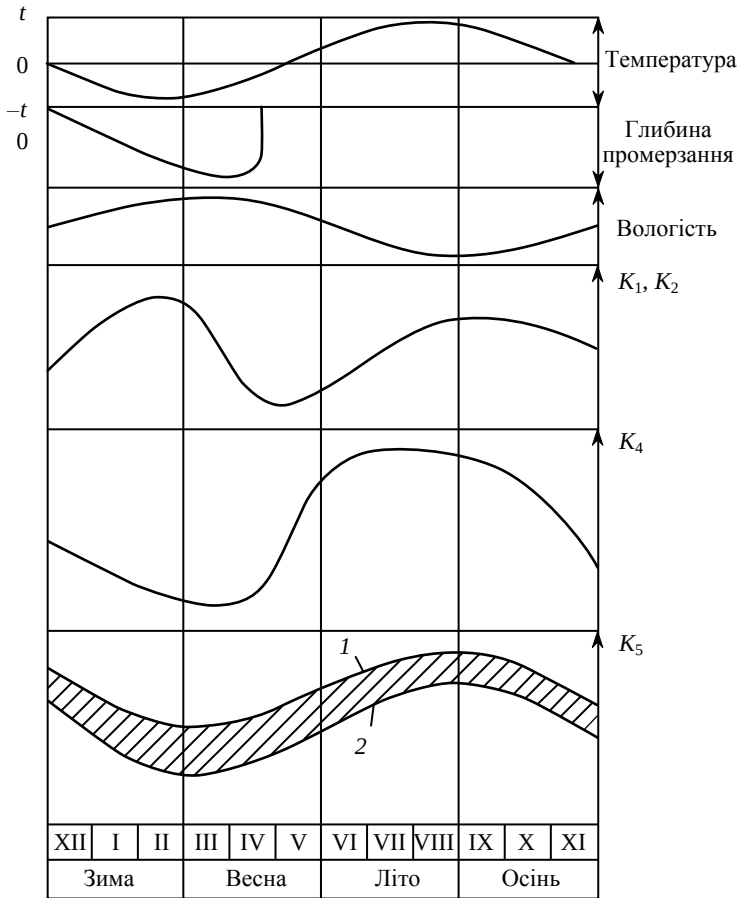


Рис. 2.2. Схема сезонної зміни коефіцієнта експлуатаційних якостей дорожнього одягу: *1* — максимальне значення; *2* — мінімальне значення

2.2.1. Фізична суть і закономірності формування водно-теплового режиму автомобільних доріг

Земляне полотно і дорожній одяг у процесі експлуатації періодично зволожуються і просихають, охолоджуються і нагріваються, промерзають і відтають, тобто зазнають процесів, пов’язаних з тепло-масообмінними явищами. Сукупність цих процесів визначає ВТР дороги. Небезпечна дія водно-теплових факторів на дорогу

виявляється у формуванні процесів зволоження і перезволоження ґрунтів полотна і шарів одягу, наслідком яких є зниження щільності і міцності ґрунтів, виникнення просідання одягу і випинання, втрата суцільності одягів унаслідок тріщиноутворення. У результаті знижуються міцність дорожньої конструкції, рівність проїзної частини, довговічність дорожніх одягів, зчеплення коліс із проїзною частиною. Найбільш небезпечними для доріг є вологонакопичення, промерзання і відтавання земляного полотна, інтенсивне нагрівання й інтенсивне охолодження шарів дорожнього одягу.

Під *водно-тепловим режимом дороги* розуміють закономірності зміни вологості і температури в будь-якій точці полотна і дорожнього одягу в річному періоді.

ВТР доріг має річний цикл, який починається у жовтні й закінчується у вересні.

Процес формування ВТР доріг пов'язаний з закономірностями мігрування у ґрунті різних видів вологи. Розглянемо особливості головних із цих видів.

Вільна волога — вода, до якої ми звикли. Цей вид вологи мігрує під дією сил гравітації, тобто переміщується завжди зверху вниз; основний вид міграції — просочування, фільтрація. У звичайних умовах за температури 0 ºС вільна волога переходить у кристалічну форму, а за плюсових температур частково (на поверхні розподілу) набуває пароподібної форми.

Пароподібна волога, на відміну від вільної, практично не підкоряється дії сил гравітації. Вона мігрує під дією сил, пов'язаних з різницею парціального тиску, у порядку вирівнювання цього тиску. Оскільки в більш теплих місцях у повітрі частинок пари більше, то там вищий і парціальний тиск, і пара, отже, завжди переміщується з більш теплих місць у більш холодні. Цю закономірність треба обов'язково враховувати в практиці експлуатації доріг, оскільки якраз вона зумовлює виникнення в холодний період року паропотоків від рівня ґрунтових вод до поверхні дороги, а в період потепління — дифузію пари з атмосфери в дорожню конструкцію як більш холодне місце. Цей масообмінний процес, зумовлений різницею температурних полів, тягне за собою значну кількість вологи, яка внаслідок конденсування пари зволожує ґрунти.

Зв'язана волога (з метою спрощення ми її більш детально не диференціюватимемо) теж не підкоряється дії сил земного тяжіння.

Міграція цього виду води зумовлюється різницею енергетичних рівнів ґрунтових масивів. Через молекулярну природу виникнення цей вид вологи має свої специфічні особливості. По-перше, міграція зв'язаної вологи являє собою специфічне масоперенесення енергії — вона мігрує по векторах, у напрямку яких можна зменшити рівень вільної енергії масиву. По-друге, плівкова волога внаслідок своєї природи замерзає не за 0 ºС, а за –2…–4 ºС. Тобто міграція зв'язаної вологи, на відміну від вільної, на припиняється практично до –4 ºС. Як побачимо далі, ця властивість даного виду вологи призводить до вкрай негативних наслідків у експлуатації доріг.

Кристалічна форма води є результатом фазового переходу вільної води в кристалічну. Цей перехід відбувається за 0 ºС; особливістю його є те, що обсяг кристалічної форми води становить близько 1,09 від вільної. Вода в кристалічній формі не мігрує. Зворотний фазовий процес відбувається за температури більше ніж 0 ºС внаслідок теплообміну між середовищем і кристалічною формою води.

Отже, різні види води мають різні закономірності міграції, і розв'язати задачу тепломасообміну дорожньої конструкції, ураховуючи стохастичність температурних процесів, украй складно. Тому зазначимо, що точних розв'язків на теперішній час не існує, а задачі даного типу розв'язуються тільки чисельним методом для окремих об'єктів.

Для виконання практичних завдань експлуатації доріг інженерна думка запропонувала умовно поділити розв'язання цієї задачі на два етапи:

1) припускаючи, що в окремих територіальних зонах хід температурних полів можна взяти за стаціонарний, поділити територію країни на окремі температурні райони з адекватними ґрунтово-гідрологічними умовами;

2) вивчати як дискретний процес зміни вологи ґрунтів у межах кожного району, базуючись на початковому процесі вологонакопичення і на фактичному для району процесі змін температурних полів (з урахуванням властивостей ґрунтів).

Цей підхід, безперечно, менш точний, але дає можливість вирішувати значну кількість завдань з експлуатації доріг.

Перший етап цього підходу являє собою відомий процес ґрунтово-температурного районування територій. Він для умов України вже практично завершений.

Процес початкового накопичення вологи визначається потужністю і тривалістю дії джерел зволоження. На практиці вирізняють чотири основні групи джерел зволоження (рис. 2.3):

1) *зволоження дорожньої конструкції атмосферними водами.* Джерелами зволоження тут можуть бути: несуцільність дорожнього одягу (втрата суцільності внаслідок тріщинуватості чи взагалі водопроникна структура одягу), дефекти зони сполучення проїзної частини з узбіччям, просочування в зоні узбіч і ухилів і т. ін.;

2) *незабезпеченість поверхневого стоку.* Земляне полотно зволожується в результаті насичення ґрунту водою і капілярного підняття. Треба пам'ятати, що внаслідок відносно довгого — більше від тижня — стояння вод у бічних водовідвідних системах у земляному полотні через горизонтальну міграцію води формується тимчасова крива дисперсії *f*, через яку невисоке земляне полотно може зволожуватись аж до підошви одягу;

3) *зволоження конструкції за рахунок капілярного підняття.* Ця група джерел зволоження значуща тоді, коли рівень капілярного підняття заходить у межі глибини активної зони. За глибину активної зони в дорожній практиці беруть відстань від поверхні одягу до горизонтальної площини в тілі полотна, на рівні якої вертикальна складова напружень від тимчасових навантажень по осі їх дії становить 0,1 вертикальних напружень від власної маси конструкції;

4) *зволоження пароподібною і плівковою водою.* Ця група джерел найбільш підступна. З одного боку, процес зволоження у цьому разі візуально не контролюється і через це на практиці важко діагностується. З другого боку, ця група зволоження призводить, як правило, до спонтанного руйнування дорожньої конструкції.

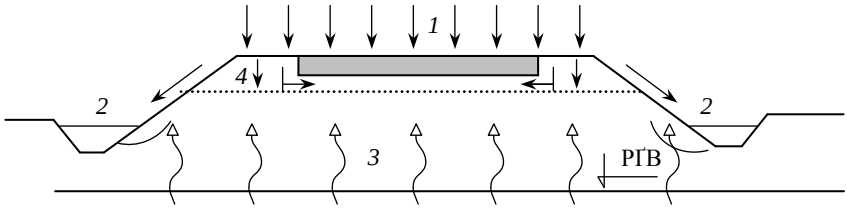


Рис. 2.3. Основні джерела зволоження дорожнього одягу і земляного полотна: *1* — атмосферні опади; *2* — вода в канавах; *3* — підземна вода; *4* — пароподібна волога

Залежно від умов зволоження ділянки місцевості, по яких проходить дорога, поділяються на три типи:

1 тип — *сухі ділянки*. Дорога зволожується атмосферними водами і пароподібною вологою. Поверхневий стік від дороги повністю забезпечений, ґрунтові води залягають глибоко (РҐВ > > $Z_a = 1{,}6 \div 1{,}9$ м), де Z_a — глибина активної зони.

2 тип — *вогкі ділянки*. Дорога зволожується водою з бічних канав; бічний водовідвід не працює, вода довгий час (кілька тижнів) застоюється біля полотна; ґрунтові води залягають глибоко.

3 тип — *мокрі ділянки*. Ґрунтові води залягають близько; найбільш небезпечні ділянки у плані гарантування стійкості і міцності дорожньої конструкції. ВТР доріг закономірно змінюється в річному періоді. На траєкторіях його змін у різних природно-кліматичних умовах можна виділити чотири характерних періоди роботи дорожнього одягу і земляного полотна.

У *першому періоді* (осінь, до початку промерзання земляного полотна) відбуваються процеси охолодження одягу і земляного полотна, інтенсивного зволоження атмосферними опадами, дифузія водяної пари до основи одягу. Вологість ґрунту полотна зростає, щільність і модуль пружності знижуються.

Другий період (холодний) характеризується дальшим охолодженням дорожньої конструкції і утворенням мерзлого ґрунту. Градієнти $\frac{\partial t}{\partial z}, \frac{\partial p}{\partial z}$ і $\frac{\partial w}{\partial z}$ (t — температура, p— тиск у водних плівках, w — вологість ґрунту) у шарі ґрунту, який промерзає, зростають, вологонакопичення збільшується внаслідок припливу вологи знизу. На кінець холодного періоду відзначаються найбільша сезонна вологість ґрунту і найменша його щільність.

Третій період — відтавання ґрунту. Шари одягу і земляного полотна інтенсивно прогріваються. У процесі нерівномірного відтавання виникають фазові перетворення вологи й інтенсивний її перерозподіл у талому і мерзлому ґрунті. Через практичну водонепроникність мерзлого ґрунту над ним може виникати шар сильно перезволоженого ґрунту з практично нульовою несучою здатністю. У цей період найбільш імовірним є виникнення просідань, проломів та інших деформацій дорожнього одягу.

Четвертий період — це зниження вологості ґрунту полотна за рахунок його просихання, період нормалізації щільності і міцніс-

них показників ґрунту. Після завершення цих процесів настає найбільш сприятливий період роботи дорожньої конструкції.

Оскільки ВТР доріг значно впливає на особливості їх служби, їхній експлуатаційний стан та можливості виконання ними завдань забезпечення ефективної роботи рухомого складу, то однією з першорядних цілей дорожника-спеціаліста є опанування методів регулювання ВТР. Змінюючи або його умови, або сам вид ВТР, спеціаліст може досягти значних успіхів у поліпшенні роботи інженерних і транспортних споруд.

Усі методи регулювання ВТР доріг поділяються на дві групи:

а) методи, спрямовані на поліпшення умов наявного виду водно-теплового режиму доріг;

б) методи, що дають змогу перевести наявний водно-тепловий режим у більш сприятливий.

Далі розглянемо найбільш поширені методи регулювання ВТР доріг.

1. Метод підвищення брівки земляного полотна. Підвищення брівки земляного полотна над горизонтом ґрунтових вод (ГҐВ) здійснюється для поліпшення ВТР, підвищення міцності ґрунту в активній зоні і може здійснюватись на стадії капітального ремонту. На ділянках доріг з несприятливими гідрогеологічними умовами восени РҐВ підіймається. Вологість ґрунту в активній зоні збільшується пропорційно часу. Тобто брівка земляного полотна має бути піднята.

2. *Метод пониження рівня грунтових вод* (РҐВ). У деяких випадках підвищення брівки земляного полотна неможливе або нераціональне (виїмки, ділянки міських доріг та ін.). Тоді одним з можливих варіантів поліпшення ВТР є пониження РҐВ. Метод придатний як для поліпшення умов наявного виду ВТР, так і для переведення його в більш сприятливий (наприклад, з капілярного в дифузно-плівковий). Пониження ґрунтових вод досягається за допомогою влаштування підкюветного дренажу, у тому числі кротового.

3. Улаштування морозозахиснних (*теплоізоляційних*) *шарів.* Призначення морозозахисиих шарів полягає у зменшенні глибини промерзання земляного полотна, у запобіганні виникненню в полотні мерзлого ґрунту, у забезпеченні в основі дорожнього одягу наперед заданої температури, у ліквідації небезпечного морозного випинання. Найчастіше морозозахисні шари влаштовують як противипинальні. Морозозахисний шар повинен мати малий коефіцієнт

теплопровідності — менше від 0,5...0,4 ккал/м·год·град. Матеріалами для цих шарів є шлак, керамзит, пінопласти та ін.

4. Улаштування гідроізоляційних шарів. Для сучасних дорожніх одягів небезпечне зволоження знизу. Тому гідроізоляційні шари треба влаштовувати для запобігання дифузії водяної пари, оскільки швидкість термодифузії пари в кілька разів більша, ніж швидкість міграції вільної води.

5. Улаштування капіляропереривальних шарів. Метод використовується тоді, коли треба не допустити проникнення капілярного підняття за межу глибини активної зони. Розрахунку підлягають глибина активної зони Z_a і товщина капіляропереривального шару залежно від особливостей його матеріалу.

6. Улаштування дренувальних шарів. Вони призначені для осушення верхньої зони земляного полотна переважно у весняний період, коли земляне полотно у процесі відтавання після зимового промерзання починає виділяти воду. Залежно від того, скільки води виділяється земляним полотном (л/м^2 за добу), дренувальний шар улаштовують за однією з двох схем:

– за схемою акумуляції води в тілі шару;

– за схемою поперечного відведення води з дорожньої конструкції.

За першої схеми розраховують товщину шару виходячи з умови, щоб водонасичена частина шару не перевищувала двох третин його загальної товщини.

За другої схеми розраховують: а) товщину дренувального шару за умови забезпечення необхідної інтенсивності фільтрації полотном води, що виділяється, основним показником при цьому є коефіцієнт фільтрації матеріалу шару; б) робочий переріз поздовжніх дрен та параметри прорізів на них з умови забезпечення необхідної витрати води, що надходить. Беруть до уваги ухил укладання дрен. Методи розрахунків відомі з курсу проектування доріг.

7. Зменшення конденсаційної здатності дорожньої конструкції. Це досягається за допомогою використання специфічної концепції створення і методу конструювання дорожнього одягу. Суть їх полягає в зменшенні питомої поверхні дорожньої конструкції, здатної конденсувати пароподібну вологу й додатково зволожувати конденсатом граничний шар земляного полотна.

2.2.2. Пучиноутворення на автомобільних дорогах і принципи боротьби з ним

Свою назву процес масового весняного руйнування дорожніх конструкцій унаслідок пучиноутворення дістав від зовнішнього характеру деформування дорожнього одягу на окремих ділянках доріг у вигляді нерівномірного спучування. Довгий час процес не вивчався, оскільки ставилися до нього як до чогось неминучого, некерованого. Так, незнання фізичної природи явищ, які його зумовлюють, призводило до того, що до групи руйнування від пучиноутворення відносили різні види руйнувань — аж до розмерзання конструкції. Певний час навіть існував термін «верхові пучини». Проте з пучиноутворенням не тільки можна, але й треба боротися.

По-перше, варто пам'ятати, що пучиноутворення є виключно глибинним процесом. Воно пов'язане з виникненням особливих механізмів міграції вологи у верхню зону земляного полотна в холодний період року.

По-друге, ніколи не треба пов'язувати процес пучиноутворення з фізичною властивістю води розширюватись на 9 % під час замерзання. Процес руйнування дорожньої конструкції за цієї причини називається елементарним розморожуванням конструкції, насиченої вологою до двофазного стану.

По-третє, слід знати, що процес пучиноутворення виникає переважно на ділянках доріг, які працюють у дифузно-плівковому ВТР, унаслідок спонтанного погіршення умов його перебігу, і його практично не буває на ділянках з капілярним ВТР.

Для з'ясування природи процесу уявімо, що дорога вводиться в експлуатацію в зимовий період в стані, зображеному на рис. 2.4. Розглянемо спрощену схему фізичних явищ, що відбуватимуться в наведеній системі зі зниженням температури.

Напрям інгредієнта температури I_m показує, що температура з часом буде знижуватись.

Звернімо увагу на те, що за умови збереження плюсових температур на рівні $Z-Z$, меншому від глибини промерзання, наведена на рис. 2.4 система, утворена частинками ґрунту, плівками зв'язаної води і якоюсь кількістю вільної води в порах між частинками незалежно від способів потрапляння її туди (від простого просочування атмосферної вологи до конденсування пари), перебуває в рівновазі. Якщо немає зовнішніх змін і впливів, ця рівновага

системи може зберігатись як завгодно довго. Утворення такої системи, до речі, відповідає умові зволоження ґрунту:

$$W_e > W_M,$$

де W_e, W_M — вологість ґрунту природна (фактична) і максимальна молекулярна відповідно.

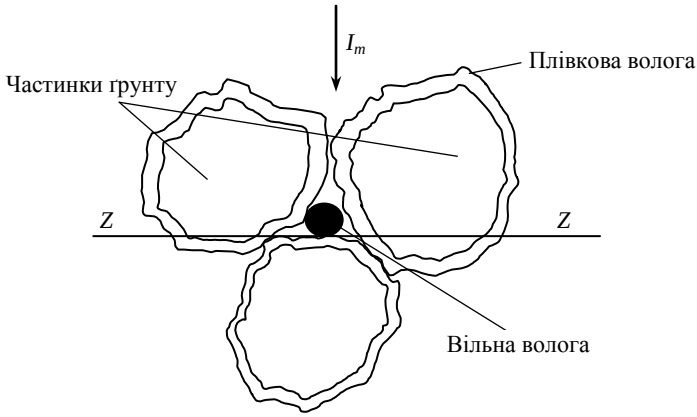


Рис. 2.4. До пояснення природи процесу пучиноутворення

У зв'язку із цим більш коректно можна сформулювати задачу так: нехай дорога вводиться в експлуатацію в зимовий період з вологістю полотна, більшою від молекулярної. Маємо пояснити, що станеться з дорогою за наявності від'ємного інгредієнта температури щодо рівня $Z - Z$.

Унаслідок поступового зниження температури повітря до $T < 0$ ºС від дії інгредієнта I_m починається поступове промерзання дорожнього напівпростору. Через деякий час температура 0 ºС досягне рівня $Z - Z$. Відмітною подією цього моменту стане фазове перетворення наявної вільної води в порах на кристалічну форму: по суті, у попередній системі з'явилась нова тверда частинка. Але вона, на відміну від сусідніх ґрунтових частинок, не має плівкової вологи, тобто має підвищену поверхневу енергію. Попередній стан рівноваги системи повністю порушується. Ліквідувати або зменшити цю енергію, як того вимагає один із законів збереження, а по суті — відновити стан рівноваги системи, можна через сорбування на поверхню нової частинки плівки вологи. І цей процес терміново здійснюється: завдяки зменшенню товщини плівки на сусідніх

ґрунтових частинках новоутворена льодяна частинка набуває плівку зв'язаної води, і рівновага системи відновлюється.

У разі короткострокового досягнення на рівні $Z-Z$ температури замерзання плівкової вологи остання перш за все замерзатиме на новоутвореній льодяній частинці, оскільки порівняно з ґрунтовими частинками вона має менше прихованого тепла, більший коефіцієнт теплопровідності, менший тепловий опір та гірші інші техніко-теплові характеристики. Тому з плівки, яка огортає кристал льоду, вимерзне деяка кількість молекул, і це супроводжуватиметься двома явищами: а) новоутворена льодяна частинка збільшиться через наморожування на ній вимерзлих молекул плівкової вологи, тобто вона виросте; б) плівка вологи тимчасово втратить суцільність. Останнє явище у зв'язку з дією сил поверхневого натягу знову порушить стан рівноваги системи. Тож природі залишається тільки ліквідувати цю втрату рівноваги, що вона й робить затягуванням проривів у плівці за допомогою перерозподілу на першому етапі плівкової вологи із сусідніх ґрунтових частинок. Так повторюється багато разів, і новоутворена льодяна частинка весь час зростає, поступово заповнюючи собою всю пору, а далі — розсуваючи частинки ґрунту, які внаслідок цього втрачають зв'язки між собою. У разі виникнення дефіциту плівкової вологи для затягування чергових проривів плівки льодяної частинки (товщина її на ґрунтових частинках не може бути меншою від розміру молекули води) виникає і починає діяти так званий плівковий механізм підтягування вологи від рівня ґрунтових вод до зони промерзання. Цей механізм забезпечує надзвичайно велику продуктивність «перекачування» вологи від рівня ґрунтових вод. Фізика його виникнення і функціонування доволі складна і потребує спеціального пояснення. У результаті дії цього механізму верхня частина полотна дороги насичується численними кристалами льоду різних розмірів, які за відомих умов можуть зрощуватись у великі і навіть надвеликі льодяні лінзи. Зрозуміло, що через це дорожня конструкція зазнає формозміни — від збугрування або спучування поверхні проїзної частини до абсолютно повного її руйнування.

Як бачимо, процес пучиноутворення є справді виключно глибинним процесом. У координатах часу він відбувається в чотири послідовних етапи, які пов'язані між собою тим, що в разі виникнення першого етапу обов'язково з'явиться наступний.

Перший етап — інтенсивне зволоження дорожньої конструкції в осінній період. Особливий акцент тут слід зробити на двох моментах: а) якщо цей етап не реалізований, то і приводу немає для виникнення процесу пучиноутворення; б) цей етап чітко визначає, що процес пучиноутворення починається восени, коли дорожня служба допускає насичення полотна вільною вологою, а не навесні, коли стають очевидними наслідки процесу.

Другий етап — перерозподіл вологи в зимовий період і накопичення її у верхніх шарах полотна в кристалічній формі. Фактично це те, про що йшлося раніше під час пояснення фізичного процесу пучиноутворення.

Третій етап — відтавання дорожньої конструкції з утворенням донника.

Річ у тім, що від дії сонячної радіації у ранньовесняний період дорожня конструкція відтаює зверху вниз, і досить довгий час дорога перебуває в ситуації, коли вільна вода від танення кристалів льоду в вищих шарах полотна не може переміщуватись униз під дією сил гравітації у зв'язку з промерзлою і насиченою кристалами льоду нижчою частиною полотна. Ця частина полотна являє собою тимчасовий водонепроникний шар і називається *донником*. Наявність донника приводить до того, що вологість ґрунту в шарах полотна, які межують з одягом, досягає 200…300 % границі текучості грунту W_T, тобто несуча здатність межуючого шару ґрунтової основи стає практично рівною нулю, і проїзд автомобіля по такій ділянці дороги залишає за собою практично суцільні проломи.

Цей етап є вінцем процесу пучиноутворення, і, на жаль, у багатьох випадках дорожники тільки після його настання спохвачуються, адже в його виникненні в 80...90 % винуваті вони самі, залишивши без уваги перший етап.

Четвертий етап — танення донника і поступова нормалізація водного режиму ґрунтового масиву.

На жаль, тут практично завжди йдеться про ґрунтовий масив, а не про дорожню конструкцію: унаслідок наведених етапів пучиноутворення конструкція буде зруйнована. Навіть якщо на дорозі буде повністю заборонено рух на час танення донника, то й тоді дорожню конструкцію зберегти на вдасться, оскільки після танення кристалів льоду ґрунт верхньої частини полотна буде пористим, і під дією транспортних навантажень формуватиметься нова струк-

тура ґрунту, здатна витримувати ці навантаження. Це буде супроводжуватись недопустимими величинами деформацій дорожнього одягу, які й спричинять його руйнування.

Практика і теоретичні дослідження показують, що процес пучиноутворення здебільшого відбувається за одночасного збігу трьох умов:

а) інтенсивне зволоження конструкції в осінній період;

б) м'яка малосніжна зима;

в) наявність ґрунту з великою кількістю пилуватих частинок (пилуватих ґрунтів).

Усунення хоча б однієї з цих умов різко зменшує ймовірність виникнення процесу пучиноутворення, аж до повної його ліквідації. Це твердження повністю визначає принципи боротьби з пучиноутворенням на автомобільних дорогах. Дорожня служба в кожному конкретному випадку, залежно від наявних можливостей, повинна встановити умову, яку вона здатна усунути, і вжити для цього практичних заходів.

2.3. Деформації та руйнування земляного полотна

Умови руху автомобілв великою мірою визначаються станом таких елементів, як земляне полотно, дорожній одяг і штучні споруди. Під впливом багаторазово повторюваних докладених навантажень від рухомого складу і природних факторів у цих елементах виникають напруження та деформації. Останні можуть бути пружними (оборотними) і пластичними (необоротними). За *пружного деформування* відбувається відновлюване переміщення і зміна геометричних розмірів елементів без їх руйнування. Якщо переміщення перевищать допустимі значення, то в елементах конструкції настає зміна структури матеріалу, за якого порушуються зв'язки між частинками матеріалу. При цьому виникає руйнування елементу, що супроводжується утворенням тріщин або відокремленням частинок матеріалу від елементу. Наявність на проїзній частині різних деформацій і руйнувань впливає на швидкість руху транспортних засобів, на їхню вантажопідйомність і безпеку руху.

Деформації та руйнування земляного полотна частіше за все різко погіршують стан дорожнього одягу. Осідання полотна внаслідок недоущільнення ґрунтів, осідання і випинання, що пов'язані з перезволоженням недоброякісних ґрунтів, призводять до утво-

рення значних деформацій і руйнувань проїжджої частини у вигляді тріщин, проломів, збурень. Руйнування укосів та узбіч, розмивання полотна різко знижують стійкість усієї споруди. Сповзання укосів і насипів означає повну втрату стійкості споруди, руйнування дорожнього одягу, а отже, припинення руху автомобілів на більш або менш тривалий час на окремих ділянках.

Погіршення умов руху може бути пов'язане також зі станом штучних споруд. Деформація малих штучних споруд (труб) у вигляді зсувів або руйнувань окремих їх елементів порушує умови водовідведення, що може призвести до перезволоження ґрунту. Ця обставина здатна викликати додаткове осідання насипу. Деформації та руйнування окремих елементів мостів погіршують швидкість руху автомобілей, зручність руху і безпеку транспортних засобів, обмежують навантаження на вісь. Установлення характерних деформацій і руйнувань дорожнього полотна, одягу і штучних споруд на дорогах, виявлення причин їх виникнення дасть можливість своєчасно запобігти або усунути їх у процесі експлуатації. Вирішення цього завдання можливе на основі вивчення напружень і деформацій, установлення граничного стану за ступенем деформованості.

У загальній системі дорожніх споруд вирішальна роль належить земляному полотну й дорожньому одягу, стан і властивості яких перш за все визначають умови руху автомобілів.

У процесі експлуатації під дією навантажень від автомобілів і природних чинників у різних елементах доріг виникають ті чи інші деформації й руйнування. Для земляного полотна найбільш характерними є такі деформації: осідання, просідання, сповзання насипів і укосів, розмивання узбіч, полотна, укосів.

Осідання виникають унаслідок недостатнього ущільнення або перезволоження ґрунтів. Найчастіше зустрічаються в несприятливих гідрогеологічних і ґрунтових умовах.

Просідання насипів виникають на ділянках зі слабкими основами — на болотах, карстах, на просадкових ґрунтах тощо. Характерними деформаціями узбіч є колії, що виникають від коліс автомобілів на перезволожених і неукріплених ґрунтах, а також у разі недостатнього їх ущільнення.

Пучиноутворення — збурення, викликані інтенсивним вологонакопиченням і промерзанням недоброякісних ґрунтів.

Сповзання насипів відбувається на косогірних ділянках доріг через недостатній опір зсуву основи насипів або на зсувних ділянках. Причинами цих деформацій є недоброякісна підготовка основи (немає уступів, недостатнє ущільнення), наявність в основі слабоміцних ґрунтів, підвищене зволоження і недоущільнення нижніх шарів насипу, а також недостатньо ефективні заходи боротьби зі зсувами.

Сповзання укосів спостерігається через використання слабких ґрунтів, їх перезволоження і неудоущільнення. Найчастіше виникають, коли немає укріплень, та внаслідок інтенсивного зволоження атмосферними опадами.

Розмивання і видування узбіч, полотна, укосів виникають унаслідок поверхневого стоку (водна ерозія) і вітрового потоку (вітрова ерозія). Ці деформації більшою мірою характерні для незв'язних або слабозв'язних ґрунтів.

2.4. Деформації та руйнування дорожнього одягу

Дорожній одяг, включаючи покриття, основу і її додатковий шар, повинен мати таку міцність, щоб витримати без руйнування рух автомобілів розрахункового складу та інтенсивності.

Дорожній одяг є найбільш дорогою частиною автомобільних шляхів. Він працює в більш важких умовах, ніж інші дорожні елементи, оскільки зазнає безпосередньої дії транспортних навантажень і природних факторів, які можуть призводити до появи деформацій різних конструктивних шарів. Найбільш помітними є деформації й руйнування дорожніх покриттів, котрі виявляються завжди в першу чергу. Причин для виникнення деформацій дуже багато, а їх вплив постійний і залежить від клімату, виду використаного в дорожньому одязі матеріалів і технології будівництва.

Деформації дорожнього покриття призводять до зміни його форми, цілісності і структури під впливом дії коліс автомобілів, зовнішніх кліматичних факторів і внутрішніх фізико-хімічних процесів (наприклад, старіння органічного в'яжучого). Характер і розмір деформацій покриття залежить від його типу й умов експлуатації.

У дорожньому одязі можна вичленити деформації та руйнування покриттів і конструкції в цілому. Деформації та руйнування покриття відбуваються внаслідок стиску, зсуву і стирання поверхневого шару під дією вертикальних і дотичних сил. Деформації й руйнування дорожнього одягу в цілому як інженерної конструкції

утворюються переважно під дією статичних та короткочасних навантажень від рухомого складу. До *деформацій покриттів* належать вм'ятини, зсуви, хвилі; до *деформацій дорожнього одягу* — колії жолобчастої форми, осідання.

Вм'ятини — заглиблення, що виникають на покриттях, побудованих із застосуванням органічних в'яжучих, унаслідок підвищеної пластичності через інтенсивне нагрівання, переважно в місцях зупинки автомобілів.

Зсуви — нерівності, викликані зміщенням матеріалу покриття за стійкої основи. Зсуви виникають найчастіше в місцях гальмування автомобілів (місця зупинки, перехрестя). Під дією дотичних сил відбувається зсув у матеріалах верхнього шару або його зміщення по поверхні нижнього шару. Цьому сприяє підвищена пластичність матеріалу верхнього шару (надмір в'яжучого або недостатня теплостійкість до високих температур). Зміщуваний колесом поверхневий шар призводить до утворення складок і напливів.

Хвилі — нерівності у вигляді поперечних гребенів і знижень з пологими краями, що більш- менш закономірно чергуються вздовж покриття і викликані зміщенням верхнього шару. Формуються, як і зсуви, у місцях гальмування автомобілів практично на всіх типах покриттів, крім цементобетонних. Основною причиною хвилеутворення є дефекти ущільнення, а також систематична дія на покриття автомобілів однакової маси за однакової швидкості руху. У цьому разі від коливання кузова та коліс автомобіля найбільший тиск і удари коліс об покриття припадають на ті самі місця, що й призводить до утворення деформацій. На гравійних покриттях утворення хвиль є наслідком динамічної дії автомобілів і відсутності достатньої зв'язності. Коливання коліс автомобіля викликають утворення коротких хвиль; коливання кузова — формування довгих, менш чітко виражених, хвиль.

Колійність — прогини поверхні смуг накату проїжджої частини внаслідок збігу слідів коліс автомобілів. У результаті інтенсивного важкого руху на місці колій можуть утворюватися проломи.

Просідання — деформації одягу у вигляді впадин з пологою поверхнею, але без випинання й утворення тріщин на прилеглих ділянках. Виникають у місцях зниженої міцності шарів одягу і ґрунту через зволоження. Просідання можуть спостерігатись у перші роки експлуатації дороги за сприятливих ґрунтово-гідрогеологічних

умов унаслідок недостатнього ущільнення ґрунтів земляного полотна і шарів одягу, а також у разі появи у складі руху важких автомобілів, на які дорожній одяг не був розрахований.

До *руйнувань покриттів* відносять також знос, лущення, вифарбовування, вибоїни, тріщини, руйнування стиків; до *руйнувань дорожнього одягу* в цілому — тріщини, проломи, руйнування кромок, випинання, що супроводжується тріщинами на покритті.

Знос — втрата матеріалу покриття в процесі служби внаслідок комплексної дії автомобілів і атмосферних факторів. Знос є основним видом руйнувань покриттів, що відбувається протягом всієї довжини дороги.

Атмосферні фактори викликають фізичне і хімічне вивітрювання матеріалу покриття, послаблюючи його. Під час проїжджання колеса автомобіля на покриття впливають вертикальні сили, які розбивають і роздавлюють матеріал, вибивають і висмикують окремі часточки, а також дотичні зусилля, зсуваючи та стираючи матеріали покриття. Продукти вивітрювання і руйнування видаляються водою, вітром і повітряним потоком, що виникає під час проїжджання автомобіля.

Руйнування покриттів унаслідок зносу є складним явищем, залежним від багатьох чинників — умов руху (складу, інтенсивності і швидкості руху), характеристик транспортних засобів (розміру відбитку колеса, тиску повітря в шинах, малюнка протектора, наявності ланцюгів або шипів), атмосферних умов, типу покриття і міцності матеріалу, міцності дорожнього одягу. Розподіл проходів коліс по ширині покриття має нерівномірний характер, через що знос покриття в межах проїжджої частини відбувається нерівномірно. Інтенсивність зносу залежить від рівності і міцності покриття. Під час руху по нерівному покриттю (за наявності впадин і підвищень) колеса переміщуються з ударами і прослизаннями, що посилює їхню руйнівну дію. Інтенсивність зносу залежить також від швидкості руху, оскільки збільшення швидкості веде до підвищення динамічного ефекту, особливо на нерівних покриттях. У дорожньому одязі з удосконаленими покриттями експлуатаційні якості забезпечуються спеціальним шаром, порівняно тонким, таким, що має високу міцність і еластичність, високий опір ударам і стиранню. Дорожня служба, що відповідає за утримання та ремонт, повинна вживати заходів, які гарантують рівномірність зносу цього

шару і його дальше відновлення після зменшення товщини до мінімально допустимих меж.

Знос верхнього шару покриття відбувається тим рівномірніше, чим більша міцність одягу.

У дорожньому одязі з перехідними і нижчими типами покриттів (гравійні, щебеневі, не оброблені в'яжучими матеріалами, поліпшені ґрунтові тощо) спеціального захисногго шару покриття немає, тому рівномірність зносу забезпечити не вдається. У результаті часто утворюються вибоїни.

Унаслідок великої складності явища зносу і впливу на нього численних чинників на сьогоднішній день немає достатньо надійного методу розрахунку величини зносу і прогнозування його на кілька років уперед.

Як критерій граничного стану дорожнього покриття стосовно до його зносу може бути взята величина допустимого зносу H_0.

Процес зносу покриттів відбувається в часі. У початковий період експлуатації дороги *I* (рис. 2.5) відбувається формування шарів, яке супроводжується доущільненням під дією руху і зменшенням товщини покриття. Основний період служби дороги *II* характеризується прямолінійною залежністю між зносом і сумарною масою пропущеного рухомого складу. Зі зменшенням міцності дорожнього одягу, появою окремих деформацій і особливо вибоїн інтенсивність зносу різко зростає в період *III* [1].

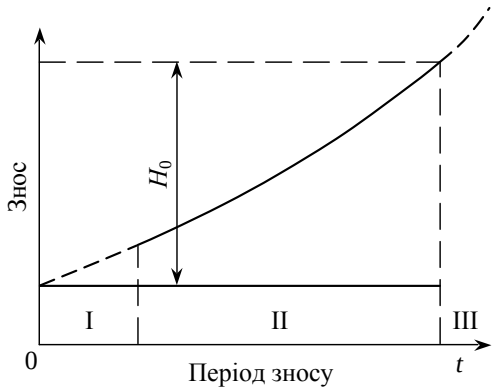


Рис. 2.5. Зміна зносу покриття в часі

Типові деформації і руйнування дорожніх одягів з імовірними причинами їх виникнення наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Види і причини виникнення деформацій дорожнього одягу

Вид і характер деформацій	Найбільш імовірні причини виникнення деформацій
Деформації покриття за достатньо міцного дорожнього одягу	
1. Стирання (знос) усіх видів. Посилене і частіше за все нерівномірне стирання спостерігається: на ділянках гальмування автомобілів, на спусках, перед кривими, у населених пунктах, перед перехрестями, на ділянках з інтенсивним важким рухом	Недостатня зносостійкість покриття (слабка зв'язність)
2. Викришування і злущення — поверхневе і пошарове руйнування покриття і відшарування в'яжучого від мінерального матеріалу. Спостерігається на покриттях, що містять в'яжуче (на цементобетонному, асфальтобетонному і подібному їм покритті)	Недостатньо міцне зчеплення в'яжучого із кам'яним матеріалом
3. Вибоїни — місцеві руйнування покриття, що мають вигляд заглиблення з різко викресленими краями. Спостерігаються на всіх видах покриттів	Недостатній опір покриття дотичним зусиллям від транспортних засобів, що вибивають і висмикують кам'яні частинки; вилуговування органічних в'яжучих водою; слабке зчеплення в'яжучого з кам'яним матеріалом; дефекти укатування покриття
4. Хвилі — закономірне чергування (через 0,2…2,0 м) на покритті гребенів і впадин уздовж дороги. Спостерігається на покриттях, що містять органічне в'яжуче, а також на гравійних покриттях, що необроблені в'яжучими, частіше за все в місцях зупинки транспортних засобів, біля перетинів в одному рівні і на крутих спусках	Надмірна пластичність покриття через надлишок в'яжучого або недостатню теплостійкоість суміші за високих температур Недостатній вміст щебеню. На гравійних необроблених покриттях утворення хвиль відбувається через динамічну дію транспортних засобів на суміш із недостатньою кількістю мінеральних частинок, які надають зв'язність покриттю

Продовження табл. 2.1

Вид і характер деформацій	Найбільш імовірні причини виникнення деформацій
Зсуви — зміщення покриття по основі, що супроводжується часто напливами шару по шару. Спостерігається на покриттях, що містять органічне в'яжуче, на крутих спусках, у місцях зупинок і гальмування автомобілів	Надмірна пластичність покриття, зумовлена надлишком в'яжучого або недостатньою його в'язкістю і теплостійкістю суміші за високих температур. Недостатньо міцне зчеплення покриття з основою
6. Тріщини на покритті, що містять органічне в'яжуче: ♦ окремі, різного напрямку, розміщені на великій відстані одна від одної ♦ окремі поперечні тріщини, розміщені приблизно через однакову відстань (не менше ніж 10 м) — так звані температурні тріщини ♦ рідкі поперечні і навкісні тріщини, не зв'язані між собою (відстань між сусідніми 4…10 м) ♦ часті поперечні і навкісні тріщини з відгалуженими, іноді зв'язані між собою, але не утворюють замкнутих фігур, відстані між сусідніми тріщинами відповідно 2…4 м і 1…2 м ♦ сітка тріщин з великими блоками довільного обрису, утворюють замкнуті фігури, розміщені в різних місцях по ширині проїзної частини	Дефекти організації робіт, технології вкладання й укатування суміші. Недостатня деформативна здатність покриття, малий опір його напруженням, що виникають від зміни температури і багаторазової дії навантаження. Неоднорідність властивостей покриття і основи, а також низка випадкових факторів
7. Тріщини на цементобетонних покриттях ♦ поперечні наскрізні	Зміна температури покриття за більшої, ніж допустимо, відстані між швами стиску або розширення, за низької якості їх виконання, перерви в бетонуванні понад дві години

Продовження табл. 2.1

Вид і характер деформацій	Найбільш імовірні причини виникнення деформацій
♦ поздовжні наскрізні	Дефекти у влаштуванні поздовжніх швів. Неоднорідність земляного полотна
♦ неглибокі	Нерівномірний розподіл температури по товщині плити, що зумовлює її короблення, і недостатня деформативність плити за одночасної з температурою дії навантажень.
♦ волосяні усадкові	Усадка бетону, особливо за неправильного догляду після вкладання, а також від замерзання води, що потрапила в нього
♦ навскісні біля кутів плити	Недостатньо щільне прилягання бетонної плити до основи і підвищення напружень у плиті під час проїжджання транспортних засобів
Деформації всієї конструкції дорожнього одягу	
8. Сітка тріщин з дрібними чарунками (10…20 см) на смугах накату покриттів, що містять в'яжуче 9. Часті поздовжні тріщини на смугах накату (відстань між тріщинами 20...40 см) у поєднанні із частими (1...4 м) поперечними тріщинами на всю ширину поїзної частини. Спостерігаються на покриттях, що містять органічне в'яжуче, вкладених на основи із ґрунту (матеріалу), укріпленого цементом або іншим мінеральним в'яжучим	Недостатня міцність дорожньої конструкції

Закінчення табл. 2.1

Вид і характер деформацій	Найбільш імовірні причини виникнення деформацій
10. Осідання — різкі спотворення профілю дороги, що мають вигляд впадин з округлою поверхнею. На покриттях, що містять органічне в'яжуче, часто супроводжується сіткою тріщин 11. Колійність — плавне спотворення поперечного профілю. Спостерігається на всіх типах покриття	
12. Проломи — повне руйнування дорожнього одягу з різким спотворенням поперечного профілю	Дуже низька міцність дорожнього одягу порівняно з необхідною за умовами руху
13. Ці самі деформації і руйнування, що й у пп. 8, 10, 11 і 12, коли відтанув лише дорожній одяг, а ґрунт земляного полотна перебуває в мерзлому стані. Спостерігається на всіх типах одягів, крім цементобетонних	Нестійкість (пластичність), недостатня міцність хоча б одного проміжного шару одягу
14. Поздовжні і навскісні тріщини, що перетинаються, або павутиноподібна сітка тріщин за спотвореного поперечного профілю проїзної частини, що пов'язане з нерівномірним підняттям (випинанням) земляного полотна під час промерзання. Частіше за все спостерігається на вдосконалених капітальних покриттях. Навесні в місцях цих деформацій інколи спостерігається зиб покриття під колесом автомобіля	Незадовільні ґрунтові умови за несприятливих умов зволоження переважно підземними або поверхневими водами, що довго застоюються, і глибокого промерзання земляного полотна
15. Місцеві осідання і спотворення профілю покриття, що утворюються в перші роки після побудови дороги за достатньо сприятливих грунтово-гідрологічних умов на всіх типах покриттів	Недостатнє ущільнення ґрунту земляного полотна, особливо верхньої частини

2.5. Деформації штучних споруд

Під дією автомобільного транспорту і природно-кліматичних факторів відбувається руйнування окремих елементів штучних споруд, що може значно погіршити або й зовсім припинити рух по дорозі. Для водоперепускних труб властиві такі деформації і руйнування, як раковини, вилуговування цементних розчинів, відокремлення їх від тіла труби, осідання, вимивання ґрунту через трубу з насипу.

Найбільш поширеними деформаціями є силові, усадочні й температурні тріщини в елементах залізобетонних мостів, раковини, оголення арматури, механічні пошкодження опор, руйнування підфермових елементів, покриттів над деформаційними швами і т. ін.

Силові тріщини в конструкціях зі звичайною арматурою утворюються в зоні найбільших напружень розтягу. Особливо небезпечними є розкриття тріщин у верхній зоні нерозрізних і консольних прогінних будов, оскільки проникнення води в такі тріщини призводять до корозії не тільки арматури, але й бетону. Найбільшу небезпеку створює розкриття тріщин у попередньо напружених конструкціях, для яких корозія особливо небезпечна через малий їх діаметр.

Усадочні й температурні тріщини утворюються в прогінних будовах зі звичайною арматурою за недостатньої рухливості опорних частин моста. Вони звичайно виникають біля опор і мають майже вертикальний напрямок. У масивних опорах тріщини можуть з’явитись у результаті нерівномірного їх осадання або високих внутрішніх температур, що виникають під час твердіння бетону, а також усадкових явищ.

У залізобетонних мостових конструкціях і ділянках водоперепускних труб трапляються раковини і пустоти різної глибини, які утворюються, як правило, в результаті недостатнього ущільнення бетону або розшарування його під час вкладання. Такі деформації особливо небезпечні за недостатньої якості гідроізоляції і можливості фільтрації через них води, яка призводить до корозії арматури і бетону. Через деформаційні шви за незадовільної гідроізоляції вода потрапляє на підфермові площадки опор і прогінні будови, викликаючи їх руйнування. До того ж над деформаційними швами руйнується асфальтобетонне покриття, що ускладнює рух. На мостах можна спостерігати механічні пошкодження перил, тротуарних плит і бордюрів.

2.6. Вплив погодних умов на умови руху автомобілів

2.6.1. Особливості автомобільного руху взимку

Умови руху в зимовий період за дії несприятливих метеорологічних факторів значно складніші, ніж улітку за сухих чистих покриття і узбіч.

До ускладнення руху призводять:

• зниження зчіпних якостей покриття, зміна взаємодії автомобіля з дорогою, погіршення рівності покриття під впливом опадів, ожеледиці, підвищеної вологості повітря й інших факторів; збільшення опору руху через відкладення снігу, бруду, ожеледицю, нерівності на дорозі, у результаті чого зменшується фактична потужність автомобіля;

• зміна контурів і зовнішнього вигляду проїзної частини й узбіч, параметрів поперечного профілю через снігові відкладення й утворення накату, що спричиняє зміну сприйняття водієм дороги;

• зменшення метеорологічної видимості в період туманів, опадів, засліплювальної дії сонця;

• погіршення експлуатаційно-технічних якостей автомобіля, передусім систем, які забезпечують зручність і безпеку руху, — гальма, кермове управління, оглядовість, видимість, сигнальна система.

Найбільш відчутний вплив на умови руху створюють снігові опади і відкладення снігу на дорогах. Пухкий шар снігу на покритті ускладнює рух автотранспорту та знижує його швидкість. За шару пухкого снігу в 5 см швидкість руху автомобіля знижується до 25 км/год, а за шару снігу понад 25 см рух унеможливлюється.

Сніговий покрив утворюється поступово після окремих снігопадів, інтенсивність яких відносно невелика — від 0,5 до 1,5 см/год, інколи до 5,0 см/год.

Снігопадом називають спокійне випадання снігу в безвітряну погоду. У середньому снігопади тривають 6...8 год, рідше 2...3 год. За добу висота снігового покриву може досягти 10...30 см. До очищення доріг беруться за товщини снігу понад 3 см.

Кількість снігопадів, коли стає необхідно провадити снігоочисні роботи, за зимовий сезон становить 20...30 у рівнинних районах, 30...50 — у гірських. Як правило, сніговий покрив, що утворюється на дорогах після снігопадів, становить невелику частку від об’єму снігоперенесення.

Снігоперенесення — один з видів видування снігу з довільної

Найбільша маса снігу (90...95 %) переноситься в нижньому шарі висотою до 20...30 см. Загальна витрата хуртовинного потоку Q, г/м/с орієнтовно визначається за формулою

$$Q = 0{,}02157 \cdot v^3,$$

де v — швидкість вітру (у діапазоні 8...20 м/с).

Об'єм снігу V, перенесеного за час дії всіх заметілей за зиму:

$$V = \frac{2{,}9 \cdot 10^4}{\gamma_c} \sum_l \sum_k (v_i - 5) \sin(\alpha_i) t_i,$$

де γ_c — щільність снігу у відкладеннях біля дороги, т/м^3; t_i — інтенсивність снігопаду, мм/добу; α_i — кут між напрямком дії заметілі й віссю дороги.

Шлях розгону заметілі L — це відстань, на якій сніговий потік стає насиченим. Величина L визначається за формулою

$$L = 86{,}47 \cdot V / i,$$

де i — інтенсивність снігопаду, мм/добу.

За слабкого вітру $L = 400$ м.

У процесі проектування чи реконструкції дороги за даними місцевих метеостанцій установлюють розмір твердих опадів за зиму, тривалість заметілей, а також швидкість вітру. Для окремих ділянок визначають довжину розгону заметілі й довжини снігозбірних басейнів. З урахуванням втрат твердих опадів на випаровування (сублімацію) визначають об'єм сніговідкладень за зимовий період.

На наявних дорогах для розрахунку сніговідкладень і проектування засобів снігозахисту провадять натурні обміри. Спосіб таких обмірів полягає в установленні на позначених ділянках дороги, що мають підвищену снігозаносимість, снігових контрольних постів. У позначених профілях з обох боків через 10...20 м установлюються сніговимірні рейки, по яких після кожної заметілі вимірюють величину відкладення снігу. Розрахунковий об'єм сніговідкладень необхідно встановити з 5 %-вою забезпеченістю (повторюваність 1 раз у 20 років).

У насипах максимальна крутизна укосів досягає 1:5...1:6. Більше сніговий шлейф не зростає, відбувається обдування насипу. Очевидно, що насип із крутизною укосів 1:4...1:6 є практично снігонезаносимим. Вважається, що за висоти насипу понад $h_c + \Delta h$, де h_c —

багаторічна середня висота снігового покриву, Δh — перевищення ($\Delta h = 0{,}5...0{,}8$ м), вона стає снігонезаносимою.

У неглибоких виїмках із крутизною 1:8...1:10 (розкриті виїмки) швидкість, а отже, і транспортна спроможність сніговітрового потоку невелика, і об'єм сніговідкладень малий. У глибоких виїмках виникає вихровий рух, який зумовлює появу зон, де відкладається сніг. Передусім сніг відкладається в кюветах, а потім на підвітряному укосі. За збільшення крутизни укосів плавність проходження вітру через виїмку порушується і снігозаносимість зростає. Зі збільшенням глибини виїмки снігозаносимість укосів підвищується (на них може більше розміститися снігу), тому відносна заносимість зменшується. Виїмки глибиною 6...8 м мають малу снігозаносимість.

На рис. 2.6 зображені схеми відкладення снігу.

Виїмка не заноситиметься снігом, якщо сумарне снігопринесення $q_{заг}$ менше від снігозаносимості підвітряного укосу $q_в$:

$$q_{заг} = q_1 + q_2 < q_в,$$

де q_1 — снігопринесення внаслідок снігопаду, м^3/м; q_2 — заметільне снігопринесення протягом зими, м^3/м.

Значення q_1 (тис. м^3) визначається за формулою

$$q_1 = (h \cdot k + B/2) \cdot t\,,$$

де h — глибина виїмки, м; k — коефіцієнт виїмки; B — ширина виїмки на рівні брівки земляного полотна, м; t — товщина снігу, мм.

Значення q_2 визначається за формулою q_1. Щільність снігових заметілей становить 0.20...0.35 г/см^3 і більше.

Для захисту автомобільних доріг від снігових заметів слід застосовувати чотири типи ґратчастих щитів (рис. 2.7, 2.8):

I — щит заввишки 2,0 м і загальною просвітністю 50 %, просвітністю нижньої половини 60 %, верхньої — 40 %;

II — заввишки 1,5 м, загальною просвітністю 50 %, просвітністю нижньої частини 60 %, верхньої — 40 %.

III — заввишки 2,0 м, загальною просвітністю 60 %, просвітністю нижньої частини 70 %, верхньої — 50 %;

IV — заввишки 1,5 м, загальною просвітністю 60 %, просвітністю нижньої частини 70 %, верхньої — 50 %.

Щити типів I і III застосовують у районах з об'ємом снігоперенесення більше ніж 100 м^3/м. пог., II—IV — у районах з об'ємом снігоперенесення не більше ніж 100 м^3/м. пог.

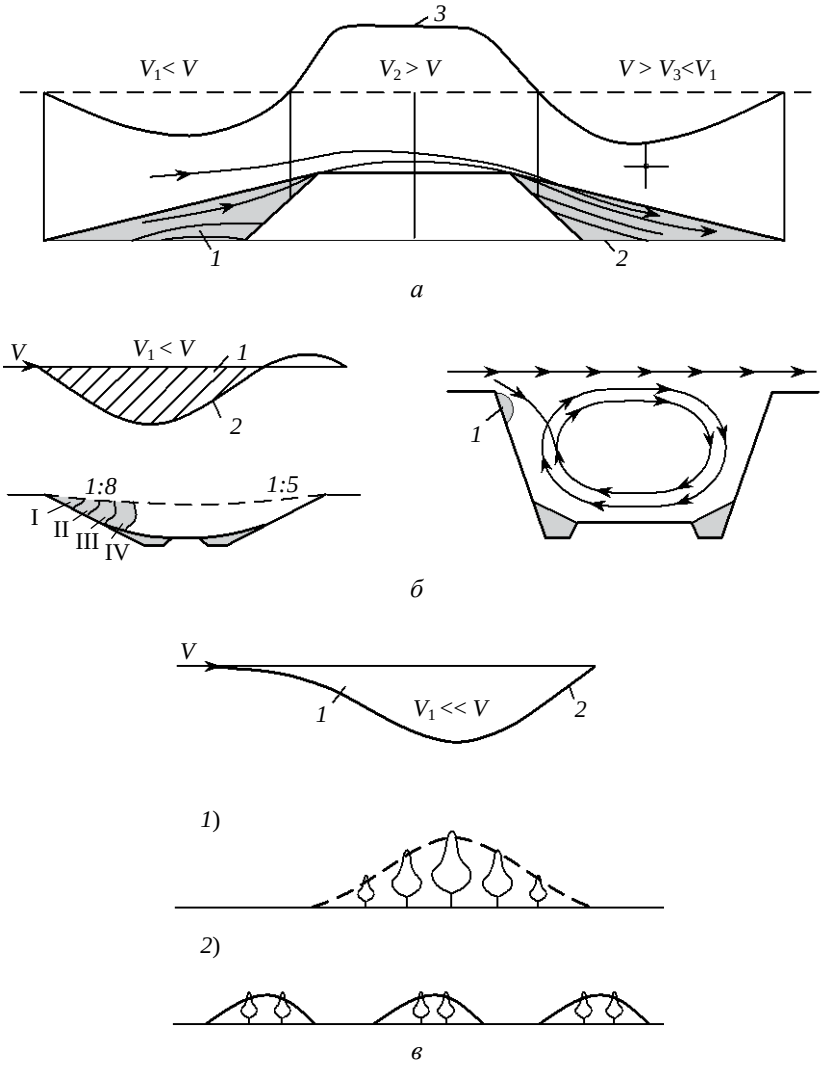


Рис. 2.6. Схеми відкладення снігу:
а — схема сніговідкладень у насипах: *1*, *2* — зони захисту з навітряного та підвітряного боків; *3* — епюра швидкості вітру; *б* — схема сніговідкладень у виїмках: *1* — зона затишшя; *2* — епюра швидкості вітру; *в* — схеми сніговідкладень у лісосмугах: *1*) — однорядної; *2*) — багаторядної; *1* — зона затишшя; *2* — епюра швидкості вітру

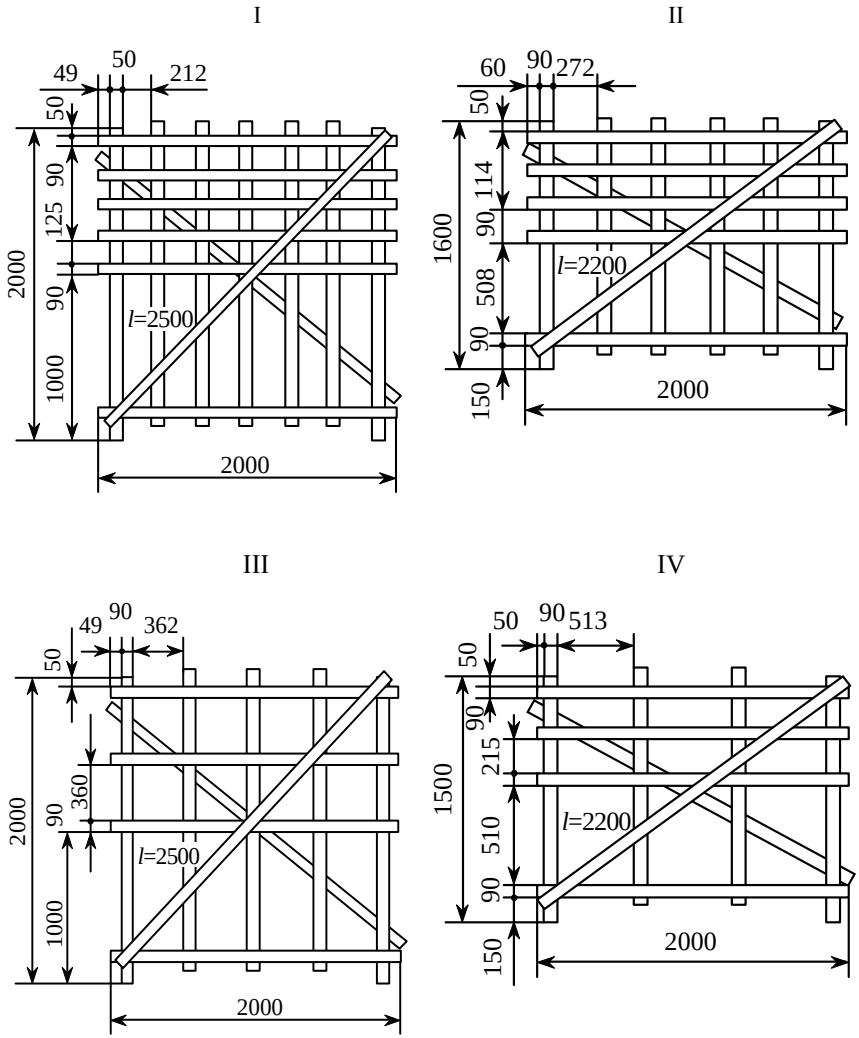
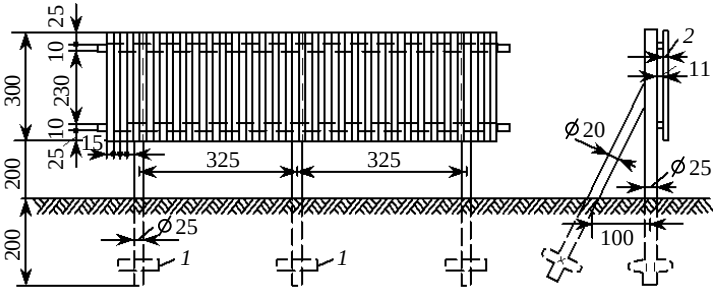
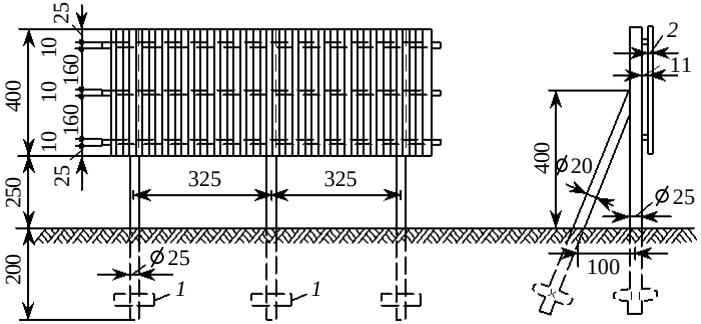


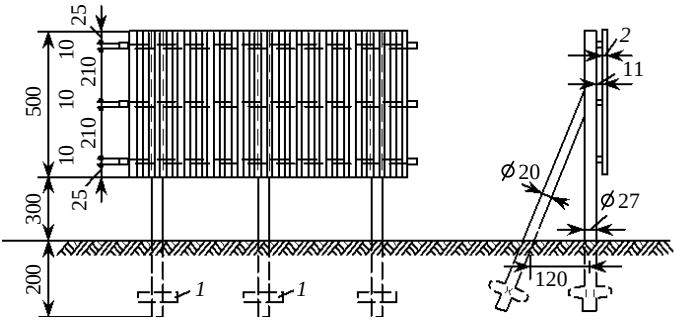
Рис. 2.7. Переносні ґратчасті щити



а



б



в

Рис. 2.8. Рекомендовані типи дерев’яних огорож снігопередувної дії: *1* — протипучоноутворювальні анкери (брусок 10×14 або пластини 50 см)

2.6.3. Обмерзання дорожніх покриттів

Найбільш поширені види обмерзання:

♦ лід, що утворився внаслідок ущільнення снігу колесами на проїзній частині дороги;

♦ лід, що утворився внаслідок промерзання тонкого шару води, яка випала у вигляді дощу або з'явилась у результаті поверхневого стоку;

♦ ожеледиця — шар льоду на поверхні покриття, що утворився після замерзання переохолодженої води атмосфери.

У результаті ущільнення шару снігу колесами рухомого транспорту щільність його підвищується до 500 кг/м^3 і збільшується ковзкість. Швидкість льодоутворення при цьому залежить від температур покриття і повітря, інтенсивності і складу руху. Товщина шару льоду 2 см і більше залежить від кількості води на поверхні дороги в період заморозків, температури повітря, часу промерзання, рівності покриття, поперечного ухилу проїзної частини тощо. Для такого типу обмерзання: товщина шару — 0,5…2,0 см, щільність — 800...900 кг/м^3, коефіцієнт зчеплення шин з покриттям — 0,1...0,2.

Час t утворення льодяної кірки товщиною h_c визначається за формулою

$$t = \frac{19 \cdot h_c^2}{\overline{t}_w \cdot \beta_w^2},$$

де $\overline{t}_w$ — середня від'ємна температура повітря в період промерзання, град.; β — коефіцієнт, що враховує швидкість вітру: для $V = 1$ м/с — β = 1; $V = 5...10$ м/с — $\beta = 1...15$.

За цією формулою також можна визначити товщину шару льоду, який утворюється за час t.

Найбільшу небезпеку для руху створює ожеледь, коли коефіцієнт зчеплення шин з покриттям знижується до 0,05...0,15. Ожеледь виникає в результаті замерзання атмосферної вологи; вона може утворюватися за місяць до настання морозів і закінчується через місяць після їх припинення.

Ожеледь виникає за відносної вологості 90...95 %. Гідрофільні покриття сорбують водяну пару, у результаті чого в мікропорах виникають увігнуті меніски. Над ними в першу чергу відбувається

конденсація пари, оскільки пружність (тиск) пари над увігнутою поверхнею менша, ніж над плоскою.

У процесі конденсації кривизна ввігнутих менісків зменшується, у порах виникають плівки води, які з'єднуються (зливаються), утворюючи водяну плівку. Одночасно із сорбцією відбувається конденсація пари з повітря. Каплі переохолодженої води, потрапляючи на покриття, збільшують водяну плівку. Під час замерзання вона перетворюється на лід (щільність 500...900 кг/м^3). Його зовнішній вигляд — від матового до прозорого.

Матова ожеледиця (щільність 500...700 кг/м^3) виникає після випадання дрібних крапель з атмосфери, має однорідну структуру. Через незначну масу крапель процес віддачі теплоти під час їх кристалізації проходить швидко, що призводить до інтенсивного утворення ожеледиці.

Прозора ожеледиця (щільність 800...900 кг/м^3) виникає після випадання з атмосфери великих крапель води, які виділяють під час замерзання більше теплоти. Структура неоднорідна, час утворення більший, ніж для матової ожеледиці.

Процес утворення льоду вміщує три стадії: утворення й росту, збереження, руйнування. У середньому тривалість наростання льоду становить від 1 до 6 год, рідше — від 6 до 12 год, дуже рідко — понад 12 год.

У районах з континентальним кліматом ожеледиця виникає частіше вночі, у прибережних районах — у вечірній час. У разі збільшення швидкості вітру лід утворюється швидше. Середня тривалість збереження ожеледиці, якщо її не ліквідувати, — 5...30 год.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте вплив природних факторів на стан дороги та на умови руху автомобіля.
2. У чому полягає принцип боротьби з пучиноутворенням на автомобільних дорогах?
3. Що викликає деформації та руйнування земляного полотна?
4. Визначте залежність деформацій і руйнувань дорожніх одягів від умов і складу руху.
5. Назвіть види деформацій дорожніх одягів.
6. Які існують засоби захисту автомобільних доріг від снігових заметів?
7. Опишіть методи боротьби з обмерзанням дорожніх покриттів.

Розділ 3

ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ДОРІГ

Показники, за якими оцінюють стан автомобільної дороги і міру забезпечення нею автомобільного руху, поділяють на дві групи:

- ті, що характеризують технічний стан дороги;
- ті, що характеризують міру безпеки і зручності руху.

Відповідно до значення цих показників приймають рішення про необхідність того чи іншого виду ремонтних робіт.

3.1. Показники технічного стану доріг

До них належать такі:

Коефіцієнт забезпеченості розрахункової швидкості (коефіцієнт служби) k_v — визначається як відношення фактичної швидкості руху $V_ф$ на даній ділянці дороги до розрахункової $V_р$ (згідно з БНіП 2.05.02.-85):

$$k_v = V_ф / V_р.$$

Для нормального стану проїзної частини $k_v = 1{,}0$. Як правило, графік k_v будують камерально, використовуючи таблиці та графіки, в яких наведені значення часткових коефіцієнтів k_{vi}. Часткові коефіцієнти (їх усього вісім) ураховують: ► фактичну ширину проїзної частини; ► ширину узбіччя; ► інтенсивність і склад руху; ► поздовжні ухили і стан чистоти покриття; ► радіуси кривих у плані; ► відстань видимості; ► показник рівності; ► коефіцієнт зчеплення. Для кожної ділянки, у межах якої умови руху постійні, визначають усі часткові коефіцієнти і за підсумковий беруть найменший. Графіки коефіцієнтів забезпеченості розрахункової швидкості руху будують окремо для кожного періоду року, зважаючи на фактичний стан проїзної частини.

За значенням k_v (табл. 3.1) судять про умови руху.

Таблиця 3.1

Значення k_v для доріг

I–III категорії	IV–V категорії	Умови руху
1,0–0,75	0,67–0,50	Нормальні
0,75—0,50	0,50—0,33	Важкі

Закінчення табл. 3.1

I–III категорії	IV–V категорії	Умови руху
0,50—0,25	0,33—0,17	Дуже важкі
< 0,25	< 0,17	Недопустимі, допустимі в особливих випадках

Показник рівності покриття S — показує величину переміщень заднього моста відносно кузова автомобіля за руху його зі швидкістю 60 км/год. Розмірність — у см/км. Вимірюється за допомогою поштовхомірів, найбільш поширеними з яких є ТХС-2 і ПКРС-24.

Слід зауважити, що вплив рівності на аварійність неоднозначний. З погіршенням рівності кількість ДТП зростає, проте, тільки до певної межі (S = 250...300 см/км), потім знижується через зменшення швидкості руху по поганій дорозі. З іншого боку, за надто високої рівності покриття водії схильні до перевищення безпечної швидкості.

Оцінка рівності здійснюється за табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Показники рівності покриття

Тип покриття	Рівність, см/км		
	відмінна	добра	задовільна
Асфальтобетонне	50	150	300
Цементобетонне	75	150	300
Щебеневе			
оброблене в'яжучим	100	250	400
необроблене в'яжучим	200	350	500
Гравійне	200	350	500
Булижне	300	500	—

Розрахункові граничні значення показань поштовхоміра S (для автомобіля ГАЗ-24 за швидкості руху 50 км/год): асфальтобетонне і цементобетонне покриття — 80 см/км, щебеневе і гравійне — 150 см/км (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Характеристика стану покриття

Тип покриття	Показання поштовхоміра, см/км		Стан покриття
	I—II категорій	III категорії	
Асфальтобетонне	< 50	< 50	Відмінний
	50—100	50—150	Добрий

Закінчення табл. 3.3

Тип покриття	Показання поштовхоміра, см/км		Стан покриття
	I–II категорій	III категорії	
Асфальтобетонне	100...200	150...300	Задовільний
	> 200	> 300	Незадовільний
Цементобетонне	< 50	< 75	Відмінний
	50...100	75...200	Добрий
	100...200	200...300	Задовільний
	> 200	> 300	Незадовільний

За показаннями поштовхоміра визначається необхідність проведення ремонтних робіт (див. табл. 3.1) і можна оцінити кількість ДТП на 1 млн авт.-км:

$$A = 0{,}09157 \cdot S, \ 80 < S < 300 \ \text{см}.$$

За відмінного і доброго стану покриття призначають утримання і поточний ремонт; за задовільного — утримання і посилений поточний ремонт; за незадовільного — середній ремонт.

Коефіцієнт зчеплення — визначають на мокрому покритті за швидкості автомобіля 40...60 км/год способом різкого гальмування (з заблокуванням коліс) до повної зупинки. Коефіцієнт розраховують за формулою

$$\varphi = K_{\text{е}} \cdot V^2 / (254 \cdot l) \pm i,$$

де $K_{\text{е}}$ — коефіцієнт ефективності гальмування (для легкових автомобілів $K_{\text{е}} = 1{,}2$, для вантажних важчих за 4,5 т $K_{\text{е}} = 2{,}0$); V — швидкість автомобіля перед гальмуванням, км/год; l — гальмівний шлях; i — поздовжній ухил дороги.

Коефіцієнт зчеплення може бути визначений і способом гальмування вимірного колеса у ходовій лабораторії ПКРС-2У або з допомогою деселерометра, який записує прискорення автомобіля під час гальмування. Коефіцієнт φ нормується залежно від умов руху (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Мінімально допустимі коефіцієнти зчеплення φ

Умови руху	Характеристики ділянок дороги	φ
Легкі	Прямі, криві з R > 1000 м, поздовжні й ухили i < 30 ‰, зміщенні узбіччя, розв’язки у двох рівнях, коефіцієнт завантаження z < 0,3	0,35

Закінчення табл. 3.4

Умови руху	Характеристики ділянок дороги	φ
Ускладнені	Криві з R = 250...1000 м, поздовжні ухили i = 30...60 ‰, звуження проїзної частини, z = = 0,3...0,5	0,40
Небезпечні	Не забезпечена видимість, ухили вищі від розрахункових, пересічення в одному рівні, z > 0,5	0,50

Коефіцієнт зносу $k_з$ використовують для оцінки міри зносу (стирання) покриття:

$$k_з = h_ф / H_0,$$

де $h_ф$ — фактична величини зносу покриття на час вимірювання; H_0 — початкова товщина покриття в період уведення дороги в експлуатацію (для асфальтобетонного покриття $H_0 = 10...20$, цементобетонного $H_0 = 30 \div 40$ мм).

Фактичну величину зносу визначають за допомогою трапецеїдального маркера з вапняку, який закладають у покриття під час будівництва. У ході експлуатації дороги маркер стирається, як і покриття, і величину зносу можна встановити, вимірявши фактичну довжину маркера (рис. 3.1).

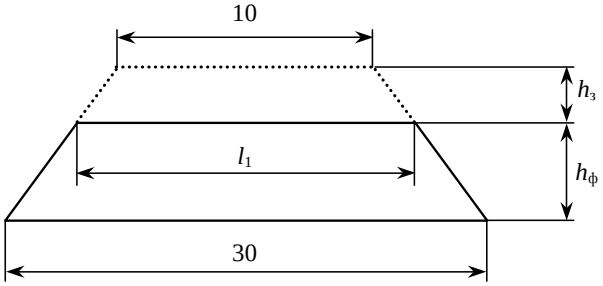


Рис. 3.1. Маркер з вапняку для визначення величини фактичного зносу покриття за формулою $h_ф = (l - 10)/2$

Знос покриття можна також визначити, вкладаючи в покриття металеві стаканчики-репери, а також радіометричним способом.

Для нормальної експлуатації необхідно, щоб $k_з < 1,0$.

Коефіцієнт міцності $k_м$ характеризує міцність дорожніх одягів. Визначається як відношення фактичного модуля пружності дорожнього одягу $E_ф$ до необхідного $E_н$:

$$k_м = E_ф / E_н .$$

Фактичний модуль пружності встановлюється статичним або динамічним методом. За статичним методом вимірюють за допомогою прогиноміра (КП-204) прогин f покриття під здвоєним заднім колесом вантажного автомобіля.

Фактичний еквівалентний модуль пружності дорожнього одягу для кожної характерної ділянки розраховують за формулою

$$E_ф = 0,36 \cdot P / f' ,$$

де f' — відкоригована величина прогину покриття; P — вага автомобіля.

Необхідний модуль пружності $E_н$ визначають за ВСН 46-83 для інтенсивності і складу руху, що були на момент випробування.

Дорожні одяги можуть працювати, коли $k > 0,8$. Коли $0,7 < k < 0,8$, відбувається катастрофічне руйнування одягів, а коли $k < 0,6$, вони непридатні для руху.

Шорсткість покриття — наявність на поверхні покриття мікронерівностей, що впливають на зчеплення колеса з покриттям. Вимірюється за допомогою мікропрофілографа або голкового приладу ПКВ-4. Необхідне зчеплення коліс із покриттям забезпечується, якщо середня висота мікровиступів не перевищує 1,5…3,5 мм, середня відстань між виступами не більше ніж 12,5 мм.

Шорсткість вимірюють також методом піщаної плями. За цим методом 250 см^3 піску розсипають на покриття і розгладжують лінійкою в рівень з виступами. За виміряним діаметром *D* піщаної плями і відомим об'ємом V піску визначають середню шорсткість:

$$h_ш = 1,275 \cdot V / D^2 .$$

Коли $h_ш > 2,0$ мм для асфальтобетонного покриття і $h_ш > 0,8$ мм для цементобетонного, вважається, що покриття має дуже добру шорсткість. Коли відповідно $h_ш < 0,7$ і $h_ш < 0,5$, шорсткість незадовільна.

Коефіцієнт інтенсивності руху k_i — оцінює умови роботи дороги. Визначається як відношення фактичної інтенсивності руху $I_ф$ до розрахункової. За розрахункову беруть інтенсивність руху, на яку було запроектовано категорію дороги і конструкцію дорожнього одягу.

Якщо склад руху змінився, коефіцієнт k_i треба знайти як відношення інтенсивностей, зведених до легкового або розрахункового вантажного автомобіля.

Фактичну інтенсивність руху встановлюють вибірковим підрахунком кількості автомобілів у певні години доби в різні пори року, беручи до уваги добові коефіцієнти. Автоматичні пункти контролю реєструють проїзд автомобілів за допомогою світлового променю, вібродатчиків, датчиків тиску або за зміною індуктивності дротяної петлі в покритті дороги.

Коли $k_i > 1$, необхідно перевіряти дорогу на відповідність її категорії фактичній інтенсивності руху, а дорожній одяг — на необхідний модуль пружності.

3.2. Показники міри безпеки і зручності руху

До показників, які характеризують міру безпеки і зручності руху, відносять *коефіцієнт безпеки руху*, *підсумковий коефіцієнт аварійності* та *практичну пропускну здатність доріг*.

Практична пропускна здатність дороги — максимальна кількість автомобілів, що їх може пропустити ділянка дороги з конкретними дорожніми умовами за одиницю часу. Визначається як добуток максимальної практичної пропускної здатності P_{max} на підсумковий коефіцієнт зниження пропускної здатності b_n. Величину P_{max} беруть:

- для дороги з двома смугами — 2000 авт./год;
- з трьома — 4000 авт./год.

Підсумковий коефіцієнт b_n визначається як добуток п’ятнадцяти часткових коефіцієнтів b_i, які визначають з таблиць.

Для доріг з фактичною інтенсивністю руху менше ніж 4000 авт./добу пропускну здатність не перевіряють. За величиною *P* визначають коефіцієнт (рівень) завантаження *Z*:

$$Z = 0{,}076 \cdot N / P,$$

де N — середньорічна добова інтенсивність руху, авт./добу.

Вирізняють шість рівнів завантаження, які характеризують режим руху автомобілів:

$Z < 0,2$ (А) — вільний рух;

$0,2 < Z < 0,5$ (Б) — рух групами;

$0,5 < Z < 0,7$ (В) — рух великими групами;

$0,7 < Z < 0,9$ (Г) — рух колоною з інтервалами всередині колони;

$0,9 < Z < 1,0$ (Д) — рух неперервною колоною;

$Z < 1,0$ (Е) — рух неперервною колоною з зупинками.

Міра завантаження не має перевищувати:

0,5 — на під'їздах до аеропортів, морських і річкових вокзалів;

0,6 — на позаміських автомагістралях;

0,65 — на в'їздах у міста, об'їздах і кільцевих дорогах навколо великих міст;

0,70 — на дорогах I і II категорій;

0,75 — на дорогах IV категорії.

Послідовність побудови лінійного графіка пропускної здатності і коефіцієнта завантаження рухом (рис. 3.2):

1) виділяють окремі елементи дороги з урахуванням зони їх впливу;

2) виписують значення часткових коефіцієнтів зниження пропускної здатності $b_1 ... b_{15}$;

3) розбивають дорогу на однорідні ділянки, у межах кожної з яких зберігаються постійними значення всіх часткових коефіцієнтів;

4) для кожної з однорідних ділянок визначають пропускну здатність (перемноживши всі часткові коефіцієнти) і коефіцієнт завантаження рухом Z;

5) будують графіки зміни P і Z і виокремлюють ділянки, де коефіцієнт завантаження перевищує допустиме значення ($Z > 0,5$).

Стадійні заходи, спрямовані на підвищення пропускної здатності і поліпшення умов руху, рекомендується призначати з урахуванням необхідного рівня зручності руху.

Рис. 3.2. Графік пропускної здатності ділянки дороги

Для кожного рівня зручності слід вибирати заходи, що дозволяють перейти до більш низького коефіцієнта завантаження дороги рухом:

▲ *рівень зручності руху*:

• А — розмітка проїзної частини, установлення знаків, улаштування крайової смуги;

• Б — зміцнення узбіч, улаштування крайової смуги, поверхнева обробка, улаштування обгінних ділянок довжиною не менш як 300 м;

• В — розширення проїзної частини на 2 м, улаштування обгінних ділянок, поверхнева обробка, заборона обгонів у окремі години, улаштування реверсивної смуги

• Г — улаштування додаткової смуги для обгону, улаштування реверсивної смуги.

На ділянках підйому:

▲ *рівень зручності руху*:

• А — улаштування осьової розмітки, установлення знаків і огорожі, спрямувальних стовпців;

• Б — поширення у верхній і нижній частинах підйомів на 2 м з розміткою і зміцненням узбіч у цих місцях;

• В — на затяжних підйомах улаштування додаткової смуги починаючи із середини підйому, у межах вертикальної опуклої кривої і за підйомом. На підйомах довжиною менше ніж 300 м — улаштування додаткової смуги на всю довжину підйому;

• Г — улаштування додаткової смуги на всю довжину підйому

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть показники, що характеризують технічний стан дороги та міри безпеки і зручності руху.
2. Дайте визначення практичної пропускної здатності.
3. Як установити величину зносу покриття?
4. Як оцінюють показник рівності покриття?

Розділ 4

БЕЗПЕКА РУХУ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ НА ДОРОГАХ

4.1. Основна діаграма транспортного потоку

Між щільністю л (авт./км) автомобілів на дорозі, швидкістю руху V (км/год) та інтенсивністю руху N (авт./год) існує залежність

$$N = л \cdot V .$$

Очевидно, що для щільності потоку $л \to 0$, $V \dfrac{N}{л \to 0}$ швидкість автомобіля дорівнює швидкості вільного автомобіля, для λ_{max}, $V = \dfrac{N}{\lambda \to \max}$, коли утворюються затори, швидкість V та інтенсивність N дорівнюють нулю. Також $\lambda = 0$ відповідає нульова інтенсивність $N = 0$.

Графік залежності $V_0 = N_{max} / \lambda_0$ називають основною діаграмою транспортного потоку (рис. 4.1). На цій діаграмі швидкість транспортного потоку визначається як тангенс кута нахилу вектора, проведеного в точку $A(l, N)$.

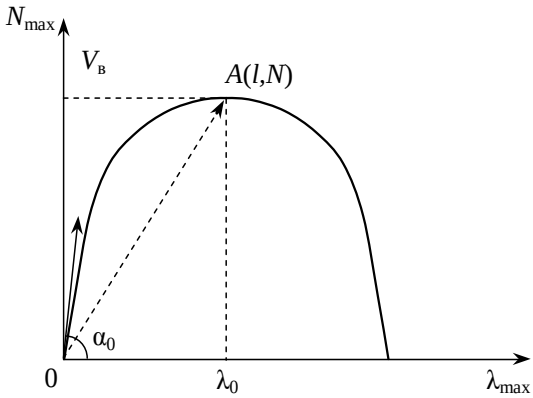


Рис. 4.1. Основна діаграма транспортного потоку

Згідно з діаграмою, коли збільшується щільність λ, зростає інтенсивність руху N і зменшується середня швидкість транспортного потоку V. Існує оптимальне значення щільності λ_0, за якого інтенсивність досягає максимуму $N_{\max}$. Швидкість V_0, що відповідає (λ_0, N_0), називають оптимальною швидкістю.

Кожна дорога і навіть окремі її ділянки з індивідуальним складом руху й умовами руху має свою індивідуальну діаграму транспортного потоку, тому такі діаграми служать переважно для оцінки вірогідності довільної теорії транспортного потоку.

Спостереження за рухом на дорозі із чотирма смугами за допомогою аерофотозйомки дали змогу встановити такі залежності:

♦ для лівої смуги руху: $N = 85 \cdot l - 1{,}41 \cdot \lambda^2 + 0{,}0052 \cdot \lambda^3$;
оптимальні параметри:

$\lambda_0 = 38$ авт./год, $N_{\max} = 1189$ авт./год, $V = 35$ км/год.

♦ для правої смуги руху: $N = 75 \cdot l - 1{,}37 \cdot \lambda^2 + 0{,}0054 \cdot l^3$;
оптимальні параметри:

$\lambda_0 = 38$ авт./год, $N_{\max} = 1189$ авт./год, $V = 35$ км/год.

4.2. Дорожньо-транспортні пригоди, їх закономірності та облік

За даними ООН у світі на дорогах щороку гине до 250 тис. людей і до 10 млн зазнають травм. Загальна світова тенденція відносної аварійності зображена на графіку рис. 4.2, на якому показана залежність між кількістю аварій, що припадають на 1 млн автомобілів, і кількістю автомобілів.

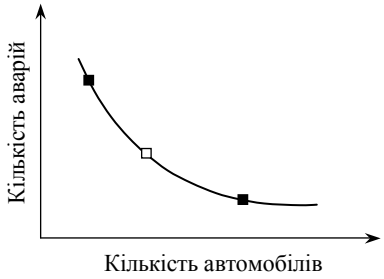


Рис. 4.2. Закономірність зміни відносної аварійності

З графіка можна зробити висновок, що збільшення кількості автомобілів (загальна тенденція у всіх країнах світу) приводить до зменшення відносної кількості аварій. Тобто кількість автомобі-

лів зростає швидше, ніж кількість аварій. Це пояснюється тим, що водіям у разі підвищення інтенсивності руху доводиться їздити більш обережно і додержуватися правил. Крім того, уряди країн відповідно до розвитку автотранспортної галузі затверджують більш суворі правила руху і вживають заходів щодо його регулювання.

Слід зазначити, що зі зменшенням відносної кількості аварій їх абсолютна кількість зростає, і тенденцій до її зменшення не передбачається.

Усі дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) підлягають обліку в шляхо-експлуатаційних організаціях і органах внутрішніх справ. Облік провадиться незалежно від відомчої належності транспортних засобів.

У регіонах зі сформованою виробничою й житловою структурами розподіл ДТП є стабільним. Найбільша кількість ДТП реєструється у червні—жовтні, пік аварійності у серпні (12 %).

Значна кількість аварій припадає і на зимові місяці, що пояснюється погіршенням дорожніх умов.

Протягом тижня максимум ДТП трапляється у п’ятницю, суботу і неділю через втому, недостатню увагу водіїв та пішоходів, коли вони на відпочинку. Крім того, у ці дні значно зростає інтенсивність руху легкового транспорту.

За годинами доби: 51 % аварій відбувається з 14-ї до 21-ї години.

За місцями здійснення: у містах — 35 %, в інших населених пунктах — 15 %, на державних дорогах — 33 %, обласних — 5 %, районних — 12 %.

ДТП реєструються в лінійному журналі дороги, котрий заповнюється на основі даних, зібраних дорожньою організацією, і даних органів внутрішніх справ. Пізніше ці записи можуть коригуватися за результатами розслідування причин аварії.

Для обліку ДТП працівники ДАІ розробили спеціальну картку обліку. Заповнюється вона умовними позначеннями, що полегшують статистичну обробку даних.

50...80 % ДТП пов’язані явно і неявно з недоліками автомобільних доріг, а в 20 % ці недоліки є головною причиною аварій.

З незадовільним станом дороги пов’язані ДТП, що сталися через невідповідність її технічних параметрів руху. Ця невідповідність може бути створена на стадії проектування (вузькі мости, мала видимість, малі радіуси кривих) і, що буває найчастіше, через не-

доліки в утриманні та експлуатації дороги (недостатній коефіцієнт зчеплення, бруд на покритті, незадовільний стан узбіч, вибоїни, хвилі, колії на покритті, необладнані з'їзди і примикання, неправильне встановлення знаків, розмітки, огорож).

Через ковзкість покриття трапляється до 40 % ДТП, через поганий стан покриття — 20 %, через малі радіуси заокруглень — 10 %, через недостатню видимість — 8 %.

4.3. Оцінка безпеки руху

Для оцінки та планування заходів щодо зменшення аварійності дороги користуються коефіцієнтами безпеки руху і коефіцієнтами аварійності.

Коефіцієнт безпеки руху — це величина відношення максимальних швидкостей на суміжних ділянках. Наприклад, до населеного пункту автомобіль може рухатися зі швидкістю 90 км/год, а в населеному пункті за умовами видимості — 55 км/год, отже, коефіцієнт безпеки руху для ділянок з меншою швидкістю руху становить 55 : 90 = 0,61.

Щодо міри небезпеки для руху ділянки оцінюють виходячи зі значень коефіцієнтів безпеки, наведених у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Значення коефіцієнтів безпеки руху

Коефіцієнт безпеки	> 0.8	0,6...0,8	0,4...0,6	< 0.4
Характеристики ділянки	Безпечна	Малонебезпечна	Небезпечна	Дуже небезпечна

Ділянки дороги, для яких коефіцієнт безпеки менший від 0,6, підлягають реконструкції.

Графіки коефіцієнтів безпеки будують для літнього, зимового і осінньо-весняного періоду, підставляючи у формули для розрахункових швидкостей фактичні значення коефіцієнтів зчеплення, ширини проїзної частини й опору кочення.

Коефіцієнт аварійності — відношення кількості аварій на 1 млн автомобілів на даній ділянці дороги до кількості аварій на еталонній ділянці дороги. Еталонна ділянка (БНіП 2.05.02.-85) — дорога II категорії з вологим чистим покриттям і коефіцієнтом зчеплення 0,7.

На основі статистичного матеріалу виділено 17 основних параметрів, які впливають на аварійність на дорозі. Відхилення будь-якого параметра від еталонного враховується частковим коефіцієн-

том аварійності. Наприклад, для ділянки з шириною проїзної частини 7 м частковий коефіцієнт аварійності 1,05, для 6 м — 1,35.

Для побудови графіка підсумкового коефіцієнта аварійності необхідно для кожного із 17 часткових коефіцієнтів (ЧК) розбити дорогу на ділянки, де параметри, що відповідають цим частковим коефіцієнтам, залишаються постійними, і виписати їх значення на цих ділянках (рис. 4.3).

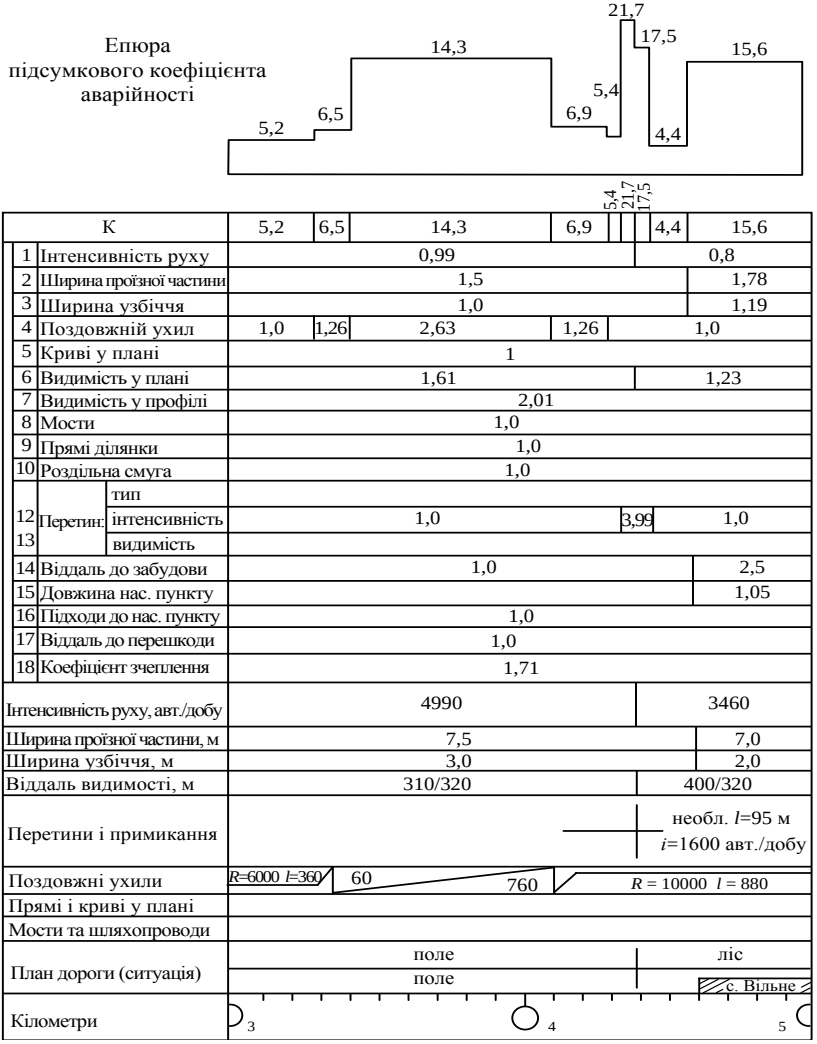


Рис. 4.3. Графік підсумкового коефіцієнта аварійності

Підсумковий коефіцієнт аварійності K_n обчислюють як добуток 17 часткових коефіцієнтів на ділянках, де всі параметри залишаються постійними:

$$K_n = \prod_i^{17} k_i \, .$$

Коли значення підсумкового коефіцієнта аварійності перевищує 10...20, необхідно заборонити обгін з виїздом на зустрічну смугу, 20...40 — заборонити обгін і обмежити швидкість руху, більше від 40 — необхідна реконструкція дороги.

На основі підсумкового коефіцієнта K_n можна встановити кількість ДТП, скориставшись формулою О. А. Дівочкіна (для $K_n > 20$):

$$n = 34{,}5 - 0{,}27 \cdot K_n + 0{,}009 \cdot K_n^2 \, ,$$

де n — кількість ДТП на 100 млн автомобілів.

4.4. Забезпечення рівності та шорсткості покриттів

Недостатня рівність і зчіпні якості покриттів є основною причиною ДТП, тому забезпеченню рівності і зчіпних якостей покриття в процесі експлуатації дороги слід приділяти особливу увагу.

Заходи, що здійснюють із цією метою, поділяють на періодичні і повсякденні.

Періодичні: поточний ремонт, усунення хвиль і напливів, поновлення шарів зносу, вирівнювання поперечного ухилу, поверхнева обробка, укріплення узбіч, будівництво твердих покриттів на з’їздах.

Повсякденні: очищення покриттів від пилу та бруду, розсип кам’яного дріб’язку (висівок) або піску по бітуму, що виступив на покритті у гарячу погоду, боротьба з ожеледицею і сніговими заметами.

У першу чергу обслуговують небезпечні ділянки: спуски, криві малого радіусу і підходи до них (50...100 м), населені пункти, ділянки з обмеженою видимістю, пересічення, з’їзди, гальмівні ділянки на перехідно-швидкісних смугах.

Ефективний спосіб усунення ковзкості — будівництво крупношорстких покриттів. Розмір шорсткості регулюють, підбираючи розмір щебеню для верхнього шару покриття. Проте для населених пунктів крупношорсткі покриття не рекомендуються, оскільки вони підвищують рівень шуму.

Шорсткість покриття можна значно підвищити влаштуванням одинарної, подвійної або потрійної поверхневої обробки. На асфаль-

тобетонних і полегшених покриттях здійснюють переважно одинарну поверхневу обробку, а під час ремонту цементобетонних — подвійну.

Підвищити шорсткість покриття можна також заглибленням щебеню в укладуваний шар асфальтобетону.

Разом із цими заходами мають бути виконані також роботи щодо зміцнення узбіч і з'їздів, оскільки бруд з них значно знижує коефіцієнт зчеплення. Це особливо важливо для сільськогосподарських районів у період збирання врожаю, коли машини, виїжджаючи на дорогу, розносять бруд на 100 м і більше.

Для зниження небезпеки гідропланування ефективно використовують високопористий асфальтобетон (пористість до 20 %). Таке покриття укладають на шар щільного асфальтобетону, який має поперечний ухил не менше ніж 20 ‰.

На гравійних покриттях і дорогах з узбіччями з необроблених кам'яних матеріалів причиною ковзкості може бути пісок, який необхідно змітати з проїзної частини або обробляти в'яжучим.

Питання для самоконтролю

1. Як описується основна діаграма транспортного потоку?
2. Як оцінюється безпека руху на дорозі?
3. Дайте визначення коефіцієнта безпеки руху.
4. Назвіть заходи для забезпечення рівності та шорсткості покриття.

Розділ 5

СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ДОРОГАХ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗРУЧНОСТІ ДЛЯ РУХУ

5.1. Дорожній сервіс

Система дорожнього сервісу служить для забезпечення нормальних умов життя і діяльності людей, що проїжджають по дорогах. Ця система має задовольняти потреби учасників руху — технічні [автозаправні станції (АЗС), станції технічного обслуговування (СТО), пункти технічного огляду (ПТО)], духовні (естетика ландшафту і архітектурних форм) та фізіологічні (готелі, мотелі, кемпінги, майданчики для відпочинку).

Наявність повноцінної системи обслуговування є необхідною умовою високопродуктивної і безпечної праці водіїв, комфортності для пасажирів.

Пасажирські станції створюються у великих населених пунктах для забезпечення міжміського, приміського і місцевого сполучення.

У комплекс автостанції входять обов'язкові елементи:

- автовокзал;
- перон;
- майданчик для відстою автобусів;
- естакади для огляду автобусів.

Автовокзал обов'язково повинен мати касовий зал, зал очікування (може бути суміщений з касовим), кімнату для відпочинку водіїв, санвузол.

Великі комплекси можуть також вміщувати господарські будівлі, пункт технічного обслуговування автомобілів, АЗС, готель для водіїв і пасажирів, кінотеатр тощо.

Вантажні станції споруджуються в пунктах із добовим вантажообігом понад 150 т. Відстані між ними — 200…250 км. Часто їх суміщають з пунктами перевантаження на інші види транспорту (річковий, залізничний, морський). На станціях приймають вантажі від відправників, зберігають їх до відправлення, виконують вантажні операції. На їх території споруджують платформи, ангари, термінали, майданчики для стоянок автомобілів, оснащують станції кранами-підйомниками, автокранами, автонавантажувачами.

Крім вантажних станцій існують постійні й пересувні контрольно-диспетчерські пункти для завантаження вільних автомобілів попутними вантажами.

Автозаправна станція — пункт розподілу паливно-мастильних матеріалів. На ній розташовані склади для зберігання пального, дозувальні колонки, протипожежні засоби та інші будинки і споруди. Відстань між АЗС згідно з БНіП 2.05.02-85 20...60 км (менше значення для доріг вищих категорій). На сьогоднішній день ця вимога БНіП виконується лише для деяких міждержавних доріг. Крім АЗС загального користування існують також свої станції в автокооперативних господарствах.

Станція технічного обслуговування (СТО) — підприємство для технічного обслуговування і поточного ремонту. Можуть бути спеціалізовані (для певних типів автомобілів) і загального користування. Оснащуються контрольно-діагностичним обладнанням. Найчастіше зустрічаються СТО на 5...50 машино-місць (потоків). На СТО виконують миття, ремонт окремих агрегатів і приладів автомобіля, систем живлення і електрообладнання. СТО обов'язково повинна мати систему очищення стічних вод і організовану утилізацію відпрацьованих матеріалів (метал — у металобрухт, мастило — на переробку).

Великі автозаводи створюють свої СТО для виконання гарантійного ремонту й обслуговування автомобілів власного випуску.

Розміщуються СТО біля міст, готелів, мотелів. Відстань між окремими станціями — 80...250 км.

5.2. Майданчики для відпочинку людей і дорожні павільйони

Місця відпочинку мають передбачати екологічний захист відпочивальників від шуму і газових вихлопів і містити такі елементи:

- лавки, навіси або павільйони для захисту від негоди, сонця;
- водяні колонки (криниці небажані із санітарно-гігієнічних міркувань);
- сміттєзбірник (контейнер для сміття);
- туалет (з автономною системою водопостачання й очищення).

Відстань між окремими місцями відпочинку — 15...20 км на дорогах I-II категорій, 25...35 км на дорогах III категорії. Місткість майданчиків відповідно 20...50 і 10...15 автомобілів. Розміщують такі майданчиків в лісопосадках, біля мальовничих місць природи, поряд з річками, озерами, оглядовими майданчиками. Також можуть бути обладнані дитячі і спортивні майданчики.

При цьому необхідно унеможливити безпосередній під'їзд транспортних засобів до водойм, щоб запобігти їх забрудненню.

Дорожній павільйон — споруда відкритого або закритого типу в пунктах зупинки автобусних маршрутів. Призначений для захисту людей від вітру, дощу, снігу, сонця під час їх короткочасного перебування в цих пунктах. Архітектура павільйонів дуже різноманітна і враховує наявні будівельні матеріали (цегла, камінь, дерево, збірний залізобетон). У їх спорудженні зважають на особливості різних регіонів — національний колорит, клімат тощо.

5.3. Готелі, мотелі і кемпінги

Готель — господарство, призначене для приймання, розміщення й організації побуту на тривалий час відряджених спеціалістів, туристів. Розміщують готелі в містах, зонах відпочинку, заповідниках. При готелях обладнують стоянки для автомобілів, ресторани, спортмайданчики.

Мотель — готель біля автодороги, що забезпечує водіїв і пасажирів різними видами обслуговування. Звичайно там є спальні корпуси (іноді окремі будинки), пункти харчування, СТО, заправні пункти, гаражі.

Кемпінг — комплекс споруд, що забезпечують необхідні умови для відпочинку людей. Створюється на значній віддалі від міст, частіше в будинках літнього типу. Для кемпінгів вибирають мальовничі місця біля озер, річок, у лісах. Обладнують їдальнями, буфетами, майданчиками для стоянок автомобілів, АЗС, спортмайданчиками, пунктами прокату спортивного інвентарю.

5.4. Система зв'язку

Система зв'язку вміщує розташовані біля дороги телефонні стояки (аварійні телефони), лінії кабельного зв'язку і центральні пункти зв'язку.

Придорожній телефонний зв’язок дає змогу в разі потреби викликати аварійну машину з найближчої СТО або машину швидкої допомоги. Для ведення приватних розмов ці телефони не призначені. Розміщуються телефонні стояки на відстані 2…4 км один від одного, щоб до найближчого можна було дійти за 10…20 хв.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть складові інфраструктури сервісу автомобільних доріг.
2. Де мають розміщуватись автомобільні станції?
3. Які обов’язкові елементи мають входити до комплексу автостанції?
4. Опишіть умови влаштування вантажних автомобільних станцій.
5. Назвіть необхідні умови для влаштування майданчиків для відпочинку та їх обов’язкові елементи.
6. Які умови екологічної безпеки мають додержуватись у місцях розміщення об’єктів сервісу автомобільних доріг?

Розділ 6

УПРАВЛІННЯ ДОРОГАМИ УКРАЇНИ

Автодороги загального користування і відомчі поділяють на загальнодержавні, державні, обласні та районні.

Головна дорожня організація України — Український державний концерн з будівництва, ремонту і утримання автомобільних доріг (Укравтодор) — відає експлуатацією, капітальним ремонтом та утриманням загальнодержавних доріг.

Дорожній комплекс здійснює основний та підпорядкований види діяльності. Основна діяльність — експлуатаційне обслуговування мережі автомобільних доріг загального користування, за яке відповідають управління з будівництва, ремонту й утримання автомобільних доріг і управління магістральних автомобільних доріг, ремонтно-будівельні управління, дирекція автомобільних шляхів, служби замовника та ін.

Підпорядкована діяльність — це будівництво та реконструкція автомобільних доріг, будівництво та реконструкція автомобільних доріг регіонального типу, механізація дорожнього будівництва тощо.

Основна одиниця Дорожньо-ремонтного будівельного управління (ДРБУ) — структури: виконробські дільниці капітального та середнього ремонту (те саме і для поточного ремонту доріг).

Виконробська дільниця поточного ремонту та утримання всіх дорожніх споруд повинна стежити за їх збереженням, за станом дороги, виконувати запобіжні роботи щодо утримання проїзної частини і земляного полотна, здійснювати садіння зелених насаджень і догляд за ними, утримувати дорогу взимку. У кожній виконробській дільниці має бути не менше ніж 2–4 бригади майстрів. У свою чергу, кожна дільниця майстра має спеціалізовані ланки, які безпосередньо виконують роботи (ланка поточного ремонту та підтримання стану дороги, ланка поточного ремонту та утримання автопавільйонів, майданчиків) і т. д. У дільницю майстра з озеленення входять ланки, оснащені машинами для садіння дерев і кущів та догляду за ними.

Виконробська дільниця середнього і капітального ремонтів поділяється на 3–4 ділянки: АБЗ, ЦБЗ, бітумні бази, кар'єри, полігони і бази залізобетонних виробів, ділянка капремонту земляного полотна і дорожнього одягу.

Кожне ДРБУ має ділянку механізації для ремонту машин і механізмів.

На Упрдори покладено обов'язки щодо поліпшення організації та безпеки руху. Вони провадять обстеження доріг, розробляють заходи з поліпшення організації руху, підвищення техніко-експлуатаційних якостей дороги, вивчають елементи руху, інтенсивність, забезпечують розставлення знаків та розмітку (узгоджену з ДАІ) і контроль за ними.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте поділ автомобільних доріг загального та відомчого користування.
2. Назвіть головну дорожню організацію України.
3. Яке дорожнє управління виконує обов'язки організації і безпеки руху?

Розділ 7

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ДОРОЖНІХ СПОРУД

Інвентаризація та паспортизація дорожніх споруд здійснюється Упрдорами і ДРБУ.

Інвентаризація — одночасний кількісний облік дорожніх споруд з оцінкою їх стану. Провадиться 1 раз на 8…10 років. При цьому встановлюють або уточнюють геометричні параметри доріг, тип і стан покриття, його міцність, а також здійснюють інвентаризацію мостів, шляхопроводів, труб, службових і технічних будинків та споруд тощо. Інвентаризація нових доріг або доріг після реконструкції провадиться не пізніше ніж через півроку після затвердження актів державної приймальної комісії.

Паспортизація — систематичний технічний облік стану дороги і дорожніх споруд. Паспорт — це основний документ технічного обліку даних і показників дороги, на підставі якого визначають норми витрат на ремонт і утримання, техніко-експлуатаційні показники. Паспорт містить: схему дороги (масштаб довільний) із прив'язкою до кілометражу і зазначеними перехрестями, розв'язками, кордонами адміністративних районів. В інші розділи заносять усі загальні відомості про дорогу, економічні характеристики, статистичні дані про склад руху, технічні дані на окремі споруди й елементи (земляне полотно, проїзна частина тощо), дані про грошові витрати на ремонт, утримання і реконструкцію доріг з моменту введення дороги в експлуатацію (поточний ремонт не зазначається).

На всі штучні споруди (мости, підпірні стінки, труби, будівлі тощо) складаються облікові картки з детальними відомостями про них. В останньому розділі паспорта міститься лінійний графік дороги (М 1:20000) з зазначенням ситуації, стану і типу покриття, його конструкції, штучних споруд, ділянок, що замітаються снігом.

Щороку в паспорт заносяться всі зміни на дорозі та смузі відведення.

Питання для самоконтролю

1. На які організації покладено обов'язки здійснення інвентаризації та паспортизації дорожніх споруд?
2. Що таке паспортизація?
3. Що має містити паспорт технічного обліку даних?

Розділ 8

ОБСТЕЖЕННЯ ДОРІГ

Контроль стану автодоріг передбачає постійні поточний та періодичний нагляди, спеціальний та інспекторський нагляди, комплексне обстеження доріг.

Постійний нагляд здійснює ланка або робітник, прикріплений до ділянки дороги, поточний — не рідше від двох разів на місяць — майстер, відповідальний за утримання. Періодичний нагляд покладається на головного інженера організації, що експлуатує дорогу. Періодичність — 1 раз на місяць.

Спецогляд провадиться навесні та восени, а також після стихійного лиха (зсувні процеси, зливові дощі, повені та ін.) комісією під головуванням працівника Упрдору за участі співробітників ДАІ і АТП.

Інспекторський нагляд здійснюється представниками об'єднань або міністерств.

Огляд дороги провадиться на автомобілі групою у складі чотирьох осіб, не враховуючи водія. Перший учасник фіксує експлуатацію дороги: забудову, пішохідні доріжки, освітлення, дорожні знаки, огорожі, розмітку, місця зупинок і стоянок. Другий учасник реєструє шорсткість, тріщини, вибоїни, стан кромок покриття. Третій — розміщення і стан примикань і перехрещень доріг, знаки на них. Четвертий — стан узбіччя і укосів земляного полотна, мостів, шляхопроводів. Усі записи ведуть у журналах, де за кожним кілометром розбито пікетаж і записано додаткову інформацію: план, профіль, місця ДТП. Швидкість руху — 30…40 км/год.

За наявності електронного комплексу реєстрації на магнітних носіях інформації (магнітофонні касети, дискети) кількість учасників обстеження може бути меншою. Результати у цьому разі обробляються на ЕОМ.

Чисельність і різноманітність показників дороги ускладнює її оцінку, тому робляться спроби оцінити стан дороги за комплексним узагальненим показником, за сезонними показниками забезпечення розрахункової швидкості, пропускної здатності, безпеки руху.

Комплексне обстеження доріг. Мета — своєчасне виявлення ділянок дороги, що потребують поліпшення умов, а також оцінка

всіх конструктивних елементів доріг. При цьому можуть уживатися як прості заходи щодо підвищення безпеки руху, так і прийматися рішення про повну реконструкцію дороги.

Провадиться комплексне обстеження 1 раз на 5 років. Підготовчий процес передбачає складання й уточнення програми обстежень, календарного графіка, призначення складу групи, підготовку форм і журналів для польових робіт.

Безпосередньо обстеження складається з польових і камеральних робіт, у результаті яких формується звіт.

Наведемо основні параметри дороги і методи їх визначення.

Геометричні характеристики. У процесі експлуатації дороги геометричні параметри змінюються. Крім того, деякі дороги можуть не мати проектної документації. Геометричні елементи вимірюють за допомогою нівеліра, теодоліта, мірної стрічки, далекоміра (для віддаленої видимості) або далекомірної насадки.

У разі використання ходових лабораторій дані про поперечний і поздовжній профіль і план дороги одержують за допомогою гіроскопічного обладнання й обробляють на ЕОМ. У разі великих обсягів обстежень використовують аерофотозйомку.

Обстеження стану земляного полотна і водовідводу. Провадиться по всій довжині доріг з метою загальної оцінки стійкості земляного полотна, стану укосів і розроблення заходів щодо забезпечення нормальної роботи земляного полотна.

При цьому визначають: розміри земляного полотна, закладення укосів, міцнісні і деформативні характеристики ґрунту, його зерновий склад і вологість, міру ущільнення ґрунту, стан водовідводу, рівень ґрунтових вод. Особливу увагу приділяють ділянкам, де утворюються випинання.

Оцінку водовідводу рекомендується провадити після дощу. При цьому визначають вид рослинності, стан канав, дренажних і водовідвідних споруд, перевищення бровки над рівнем вод.

Обстеження дорожнього одягу і стану покриття. У підготовчий період збирають відомості про інтенсивність руху і його склад (на підставі проектних даних та спостережень), провадять рекогносцирувальний проїзд по дорозі, помічають місця буріння (на дефектних ділянках). Буріння бажано здійснювати в розрахунковий період роботи дорожнього одягу. Результати буріння — матеріали і товщини шарів конструкції одягу, вологість земляного полотна.

Визначають фактичний еквівалентний модуль пружності (за прогином покриття за умови статичного навантаження колесом автомобіля або за допомогою установлення динамічного навантаження).

Рівність покриття визначають за допомогою рейки (вимірюванням просвітів) або поштовхоміра (у комплекті ходових лабораторій). Результати вимірювань — кількість просвітів (%), що перевищує норму (у разі використання рейки), або сума амплітуд коливань підвіски автомобіля на кілометр дороги (см/км).

Крім того, визначають шорсткість покриття (методом піщаної плями), коефіцієнт зчеплення (за гальмівним шляхом). Фіксують місця вибоїн, просадок, колійності, тріщин, випинань.

Оцінка інформативності дороги. Оцінюють стан і достатність вертикальної і горизонтальної розмітки, загорож, знаків.

Архітектурні якості дороги і сервіс. Оцінюються узгодження елементів плану і профілю, система зорових орієнтирів, ландшафтна виразність (озеленення, архітектурні пам'ятки тощо), ефективність снігозатримувальних лісопосадок (огляд і опитування шляховиків) та їх декоративні якості. Визначається достатність і оцінюється стан автобусних зупинок, майданчиків відпочинку, АЗС, СТО, пунктів громадського харчування.

Питання для самоконтролю

1. Які організації виконують контроль стану автомобільних доріг?
2. Які елементи дороги підлягають ремонту та обстеженню?
3. Що таке комплексне обстеження доріг?
4. Як оцінюються архітектурні якості дороги та сервіс?

Розділ 9

КЛАСИФІКАЦІЯ РОБІТ З РЕМОНТУ І УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Для забезпечення цілорічного безперебійного і зручного руху по дорозі з заданими швидкостями і навантаженням здійснюються різні експлуатаційні заходи. Їх система вміщує утримання доріг, поточний, середній і капітальний ремонт, реконструкцію дороги. Призначення того чи іншого заходу залежить від фактичного стану доріг і умов руху.

Утримання доріг — це систематичні планові роботи з догляду за дорогою і дорожніми спорудами з метою утримання їх у чистоті й порядку. Усі роботи з утримання доріг провадять безперервно цілий рік. Улітку виконують цикл робіт, що забезпечує максимальну естетичність; восени — що забезпечує нормальну роботу автомобілів за умов підвищеного зволоження полотна, а також підготовку всіх споруд до зимового періоду. Узимку виконують найбільш трудомісткі роботи — снігозахист і снігоочищення доріг, боротьбу з ковзкістю і випинаннями. Навесні основну увагу приділяють забезпеченню стійкості земляного полотна і дорожнього одягу в розрахунковий період.

Утримання доріг передбачає такі основні роботи:

а) щодо земляного полотна — планування узбіч, укосів, пропуск води, догляд за смугою відведення;

б) щодо дорожнього одягу — очищення від пилу, бруду, снігу, льоду, догляд за пучинними ділянками, ущільнення ґрунтових і гравійних доріг;

в) щодо штучних споруд — очищення мостів і труб від бруду, пропуск льоду, утримання переправ, будівель, догляд за знаками, павільйонами, мвйданчиками відпочинку.

Крім цього, утримання передбачає облік руху на дорогах, озеленення, технічний облік, інвентаризацію, освітлення й охорону доріг. Утримання не має на меті підвищення експлуатаційних якостей дороги. Воно має плановий характер і здійснюється відразу на всій дорозі.

Поточний ремонт — це систематичні планово-запобіжні роботи з виправлення дрібних деформацій і пошкоджень дороги і дорожніх

споруд уздовж усієї дороги. Роботи з поточного ремонту виконують планово цілий рік, але в основному за плюсових температур. Характер цих робіт залежить від сезону.

Основні роботи:

а) щодо земляного полотна — ремонт дрібних деформацій та пошкоджень, планування укосів і узбіч, ремонт системи водовідведення;

б) щодо дорожнього одягу — ремонт тріщин, вибоїн, швів, кромок, відновлення шорсткості покриттів, поперечного профілю ґрунтових і гравійних доріг без додавання матеріалів;

в) щодо штучних споруд — ремонт настилу, перил, стояків, дренажних пристроїв, у будинках — ремонт стін, стель, перегородок, вікон, покрівлі, санвузлів, ремонт і встановлення знаків.

Середній ремонт — періодично виконувані роботи на окремих ділянках, спрямовані на відновлення окремих експлуатаційних якостей дороги і споруд. Під час середнього ремонту підвищують рівність і шорсткість покриття, відновлюють шар зносу з урахуванням перспективної інтенсивності на період до наступного ремонту. Підвищують міцність дорожніх одягів за допомогою спорудження вирівнювального шару покриття і шару зносу.

Основні роботи:

а) щодо земляного полотна — ремонт і укріплення узбіччя, укосів і резервів, ремонт дренажу, труб, русел біля мостів;

б) щодо дорожнього одягу — улаштування протягом усієї дороги шару зносу, вирівнювання покриття (до 200 м) або підвищення шорсткості відновлення поперечного профілю щебеневих, гравійних покриттів з додаванням нового матеріалу, урахуванням віражу;

в) щодо штучних споруд — заміна настилів дерев’яних мостів та шляхопроводів, ремонт усіх елементів мостів і труб, підпірних стінок, галерей, регуляційних елементів, ремонт будівель (у разі вартості робіт не більше ніж 30 % від початкової їх вартості), установлення нових знаків, улаштування огорожі на окремих ділянках, благоустрій розв’язок, майданчиків відпочинку тощо.

Капітальний ремонт — періодично виконувані значні роботи на окремих ділянках, спрямовані на повне відновлення експлуатаційних якостей доріг та споруд. Під час капітального ремонту змінюють зношені конструкції на нові, прогресивні й економічні, перебудовують окремі споруди. Це сприяє підвищенню технічних нормативів у межах даної категорії дороги.

Основні роботи:

а) щодо земляного полотна — перебудова земляного полотна і водовідвідних споруд, різні роботи з підвищення стійкості земляного полотна, улаштування розв'язок в одному рівні;

б) щодо дорожнього одягу — потовщення і розширення (не більше ніж на одну смугу) на старих ділянках, улаштування нового одягу на ділянках, що перебудовуються, укладання асфальтобетону на цементобетонне покриття, суцільне перемощення бруківок;

в) щодо штучних споруд — перебудова старих мостів, улаштування галерей, тунелів, підпірних стінок, укріпних споруд, перепланування будівель, нових будівель, споруд (АБЗ, баз матеріалів та ін.), з'їзди, під'їзди завдовжки до 200 м, сигналізація та освітлення доріг, архітектурне оформлення доріг, спорудження автопавільйонів, місць відпочинку, тротуарів у населених пунктах.

Питання для самоконтролю

1. Які види робіт передбачає утримання доріг?
2. Що таке поточний ремонт?
3. Назвіть основні види робіт, що виконуються під час поточного, середнього і капітального ремонтів.
4. Що таке середній ремонт?
5. Що таке капітальний ремонт?

Розділ 10

МІЖРЕМОНТНІ СТРОКИ СЛУЖБИ ПОКРИТТЯ

Строк служби дороги — період, за який автомобільна дорога переходить у такий стан, коли щорічні руйнування і знос настільки збільшуються, що стає технічно неможливо або економічно невигідно підтримувати дорогу в нормальному для руху стані.

Необхідність у ремонті виникає, якщо один або кілька основних техніко-експлуатаційних показників дороги виходять за межі, установлені нормативними документами (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Основні показники для призначення ремонтних строків доріг

Показник (коефіцієнт)	Утримання і поточний ремонт	Середній ремонт	Капітальний ремонт	Реконструкція
Розрахункова швидкість	0,75–1,0	0,5–0,75	≤ 0,5	< 0,5
Запас міцності	≥ 1	≥ 1	< 1	< 1
Рівність покриття	≥ 1	≤ 1		
Зчіпні якості покриття	≥ 1	< 1		
Підсумковий коефіцієнт аварійності	10–20	30–40	> 40	> 40

Строк служби дорожнього одягу — це період часу, у межах якого відбувається зниження несучої спроможності дорожнього одягу до рівня, гранично допустимого за умовами руху. Ремонт дорожнього одягу здійснюють після досягнення в процесі експлуатації розрахункового рівня надійності дорожнього одягу і відповідного йому стану покриття за рівністю (див. табл. 10.1).

Строк служби дорожнього покриття — це період часу, протягом якого знижуються зчіпні якості покриттів (капітальні і полегшені дорожні одяги) або збільшується знос поверхні покриттів (перехідні і нижчі дорожні одяги) до величин, граничнодопустимих за умовами руху. Норми міжремонтних строків служби дорожніх покриттів на дорогах з капітальними і полегшеними дорожніми

одягами ухвалюють залежно від інтенсивності руху транспортного потоку в перший рік після побудови або робіт з улаштування шорстких поверхонь під час ремонту доріг (табл. 10.2).

Таблиця 10.2

Норми міжремонтних строків служби дорожніх покриттів

Категорія дороги	Інтенсивність руху, авт./добу	Тип дорожнього одягу	Дорожньо-кліматична зона		
			I–II	III	IV–V
I	> 7000	Капітальний	14–18	15–19	16–20
II	3000–7000	Капітальний	11–15	12–16	13–16
III	1000–3000	Капітальний	11–15	12–16	13–16
		Полегшений	10–13	11–14	12–15
IV	500–1000	Капітальний	11–15	12–16	13–16
		Полегшений	8–10	9–11	10–12
	100–500	Перехідний	3–8	3–9	3–9
V	до 100	Полегшений	8–10	9–11	10–12
		Перехідний	3–8	3–9	3–9
		Нижчий	2–4	2–4	2–4

Міжремонтний строк — період від моменту здавання дороги в експлуатацію до першого капітального чи середнього ремонту або період між двома суміжними ремонтами. Величину цього строку визначають з урахуванням категорії дороги, інтенсивності руху, типу і стану покриття, а також коефіцієнта запасу міцності одягу, який є основним критерієм для призначення виду і обсягу ремонту.

Як правило, між двома капітальними ремонтами здійснюють 2–3 середніх ремонти, причому строк до наступного середнього ремонту менший, ніж попередній, що пов’язано зі зростанням інтенсивності руху (рис. 10.1).

Коефіцієнт запасу міцності визначається за результатами випробування дорожнього одягу на пружний прогин у розрахунковий період (весна або осінь для II-III дорожньо-кліматичної зони. Якщо випробування провадилися в інший період, результати їх необхідно привести до розрахункового періоду.

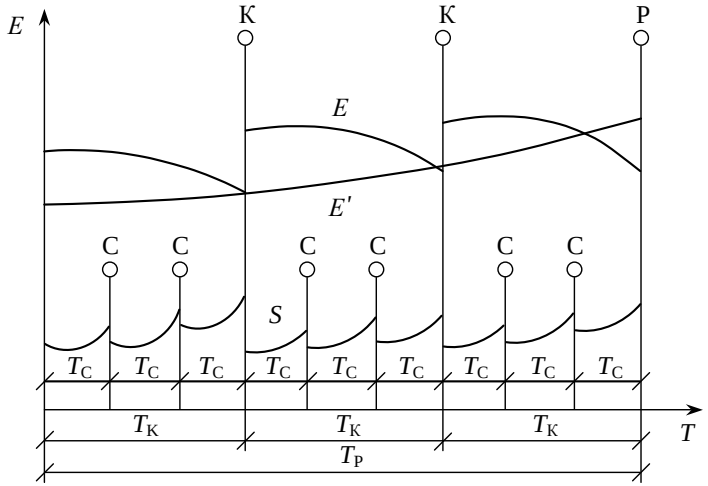


Рис. 10.1. Схема служби доріг:
С — середній ремонт; К — капітальний ремонт; Р — реконструкція;
E — фактичний модуль пружності; *E'* — необхідний модуль пружності;
S — показник поштовхоміра

Модуль пружності $E_ф$ має бути не менший за необхідний $E_н$ (за ВСН 46-83):

$$E_ф = \frac{0,30P}{f} \le E_н ,$$

де *P* — навантаження на колесо автомобіля; *f* — прогин покриття під колесом.

Для розрахунків посилення одягу часто використовують фактичний або очікуваний рівень надійності — відношення довжини ділянок дороги, що не потребують ремонту, до загальної довжини дороги. Рівень надійності визначають, знаючи коефіцієнт запасу міцності одягу і коефіцієнт варіації для міцності та навантаження.

Ефект від виконання ремонтних робіт виявляється в підвищенні транспортно-експлуатаційних якостей дороги, зручності, швидкості й безпеки руху, а отже, у зниженні собівартості перевезень. При цьому витрати на ремонт мають бути перекриті одержаною економією витрат на автомобільні перевезення. Для оцінки ефективності капітального або середнього ремонту використовують готові номограми, що зв’язують витрати на ремонт 1 км дороги, інтенсив-

ність руху, різницю показників собівартості перевезень і показник ефективності ремонтних робіт (відношення економії транспортних витрат до витрат на ремонт).

Питання для самоконтролю

1. Визначте експлуатаційні заходи з ремонту та утримання автомобільних доріг.
2. Дайте характеристику поточного ремонту.
3. Дайте характеристику капітального ремонту.
4. Дайте характеристику середнього ремонту.
5. Наведіть визначення строку служби дороги.
6. Розкрийте сутність строку служби дорожнього одягу та покриття.

Розділ 11

ТЕХНОЛОГІЯ УТРИМАННЯ ДОРІГ

11.1. Утримання доріг навесні, улітку та восени

11.1.1. Утримання земляного полотна, смуги відводу і водовідвідних споруд

Мета утримання доріг — поліпшення водно-теплового режиму, особливо у весняний і зимовий періоди. Для цього забезпечують поверхневий стік плануванням і вигладжуванням узбіч, запобігають утворенню та розвитку розмивів, які засипають ґрунтом (інколи з додаванням щебеню, висівок) і ущільнюють, засівають низькорослими травами неукріплені узбіччя, скошують бур'яни.

Утримання земляного полотна передбачає повне очищення від снігу (узбіч і укосів) після зими, прибирання зі смуги відводу сміття і сторонніх предметів, вирівнювання ям, колій та інших заглиблень, недопущення застою в них води, скошування трави з узбіч і укосів і смуги відводу. Скошену траву не можна використовувати на корм.

Особливу увагу приділяють пучинним ділянкам. З них у кінці зими видаляють сніг на повну ширину земляного полотна, а навесні — з узбіч і кюветів. За плюсової температури повітря влаштовують поперечні воронки на узбіччі завглибшки на повну товщину дорожнього одягу з ухилом 40...50 % до укосів.

За перших ознак пучиноутворення (поява тріщин на покритті, вологих плям) улаштовують подушку з піску, гравійно-піщаної суміші, шлаку завтовшки не менше ніж 10 см і зверху — дерев'яні щити для проїзду автомобілів. У разі значного зниження міцності покриття обмежують швидкість і вантажопідйомність автомобілів або влаштовують об'їзди.

Утримання системи водовідведення передбачає: улітку — розчищення канав і русел малих водотоків біля штучних споруд, спостереження за проходженням зливових і талих вод, ліквідацію розмивів; восени — до початку снігопадів закривають отвори труб щитами, хмизом, соломою, щоб не допустити забивання їх снігом; навесні — швидку підготовку до пропуску талих вод, очищення труб, бокових канав від снігу, розчищення снігу перед вхідними

оголовками труб на відстань не менше ніж 30 м уверх по дну русла. Періодично провадиться чищення водоприймальних колодязів.

11.1.2. Утримання проїзної частини

Мета — підтримання проїзної частини в чистоті і порядку, ліквідація невеликих пошкоджень.

На ґрунтових дорогах провадять вигладжування, як правило, до появи великих нерівностей і за оптимальної вологості. У період дощів рух по ґрунтових дорогах доцільно припиняти.

На дорогах з перехідними покриттями провадять очищення від бруду, що наноситься з узбіч, обезпилюванням водою, вирівнювання профілюванням малих нерівностей, намітання мінерального матеріалу на смугу накату.

Удосконалене покриття очищують від пилу і бруду за допомогою поливомийних машин. У разі появи на поверхні покриття плям з органічного в'яжучого (улітку) їх присипають висівками або крупнозернистим піском.

Розглянемо утримання штучних споруд, стану дороги і будинків. Штучні споруди (мости, шляхопроводи) оглядають один раз на півріччя. Перевіряють стан гідроізоляції, стиків, зварних і заклепкових з'єднань, підтягування болтових з'єднань. Після льодоходу і повені провадять спеціальний огляд мостів. Автопавільйони, стовпчики, знаки миють, фарбують, ремонтують щитки знаків, електрообладнання, лавки. У будинках перевіряють крівлю, вікна, двері, провадять їх утеплення, дрібний ремонт, білення, фарбування.

Заходи з пропускання льодоходу і повені у весняний та осінній періоди поділяють на підготовчі роботи, власне пропускання і завершальні роботи. У підготовчі роботи входить огляд і ремонт опор і льодорізів, обшивання дерев'яних споруд брусом або металевим листом, поновлення міток найбільших повеней, промірювання дна біля опор і стоянів, зміцнення його камінням. Провадиться також обстеження льодових умов у районі моста, послаблення льоду і звільнення від нього опор і льодорізів. Якщо можливе підняття рівня води взимку, улаштовують навколо опор прорізи і підтримують їх у незамерзаючому стані всю зиму. Якщо зимового підняття води немає, прорізи роблять перед мостами на віддаль 10…20 м вверх за течією. Якщо льодохід очікується сильний, лід розколюють на більшу довжину (більш як 100 м в обидва боки від моста).

Розколювання льоду здійснюється вибуховим способом спеціалістами-підривниками.

Під час льодоходу і повені провадиться спостереження за проходженням льоду, подрібнення льодових полів, ліквідація заторів (підривами, бомбуванням, обстрілами), контроль розмиву дна біля опор (металевою рейкою або шнурками з гирями) і закидання місцевих розмивів мішками з піском, щебенем.

У завершальний період здійснюють ремонт пошкоджень, очищення русел і штучних споруд.

11.2. Озеленення доріг

Озеленення доріг має дві мети — захист доріг від снігових заметів і підвищення естетичних якостей доріг.

А. *Снігозахисні насадження*. Основні вимоги до насаджень: конструкція і їх розміщення мають відповідати об'єму снігоперенесення (відстань від дороги до насаджень має бути достатня для розміщення снігового шлейфу; породи і види насаджень мають відповідати ґрунтово-кліматичним умовам і добиратися з урахуванням снігозахисних властивостей дерев та кущів.

Насадження створюють у вигляді одного-двох рядів однорідних дерев чи кущів (живий пліт) або багаторядної смуги різнопорідних дерев чи кущів (лісова смуга). Живий пліт висаджується при об'ємах снігоперенесення Q до 25 м^3/м (відстань від смуги до бровки земляного полотна b = 15...25 м , ширина смуги d = 4 м). Для більших об'ємів снігоперенесення висаджують лісову смугу ($b = 10 + \frac{2}{3} \cdot Q$, м; $d = 3 + \frac{Q}{8}$, м).

Для об'ємів снігоперенесення понад 250 м^3/м необхідно влаштовувати другу смугу на відстані 50 м від першої.

Високі дерева висаджують посередині лісосмуги, низькі — ближче до країв, по краях — кущі. Відстань між рядами дерев і кущів — 2,5…3,5 м, між деревами в одному ряду — 1…2 м, між кущами — 0,5…1,0 м.

Б. *Декоративні насадження*. Використовують три способи оформлення декоративних насаджень: регулярний, ландшафтний та змішаний.

Регулярні насадження мають строго визначене розміщення елементів озеленення, одноманітну побудову й улаштовуються на

рівнинних місцевостях, у населених пунктах. Для урізноманітнення в регулярні насадження вводять акценти — окремі дерева чи групи дерев (кущів), що різко відрізняються за висотою, формою, забарвленням листя.

Ландшафтний (вільний) спосіб розміщення декоративних насаджень полягає у вільному, мальовничому розміщенні елементів озеленення й у вписуванні їх у рельєф і природу. Як правило, при цьому на задньому плані влаштовують фонові насадження у вигляді живого плоту або лісосмуги, які одночасно виконують снігозахисні функції, а на передньому плані висаджують окремі дерева (кущі) і їх групи (до 20 дерев). Групові насадження розміщуються на різних віддалях від дороги: чим більша група — тим далі. Віддаль між групами — понад 80 м. Дерева з темнішим забарвленням листя слід розміщувати на задньому плані, а зі світлішим — на передньому. Ландшафтний спосіб використовують у пересіченій місцевості.

Змішаний спосіб декоративних насаджень передбачає використання регулярного та ландшафтного способів на місцевості, яка має чергування ділянок з рівнинним та пересіченим рельєфами.

11.3. Снігозахист доріг

Снігозахист доріг здійснюють методом затримання снігу за межами дороги або методом перенесення снігового потоку з підвищеною швидкістю через дорогу.

Снігозатримувальні пристрої. Переносні дерев'яні щити (рис. 11.1): найбільш оптимальна форма — коли ґрати згущені зверху і розріджені знизу. Основна характеристика щитів — просвітність — відношення площі отворів до всієї площі щита. У середньому просвітність становить 50…60 %, причому верхня частина щита має просвітність 40…50 %, а нижня — 60…70 %. Ширина щитів — 2,0 м, висота 1,5…2,0 м.

Щити прив'язують до заздалегідь забитих у ґрунт кілків або ставлять у козли, зв'язуючи верхні кінці і трамбуючи низ снігом. Розміщують щити в лінію безперервно або з розривами в один щит через 3–4 щити. У разі тривалих хуртовин — у 2–3 лінії на віддалі 45…60 м. Відстань від щитів до дороги $l = 20 + \frac{Q}{2,5}$, м, де Q — об'єм снігоперенесення, м^3/м (l < 100 м).

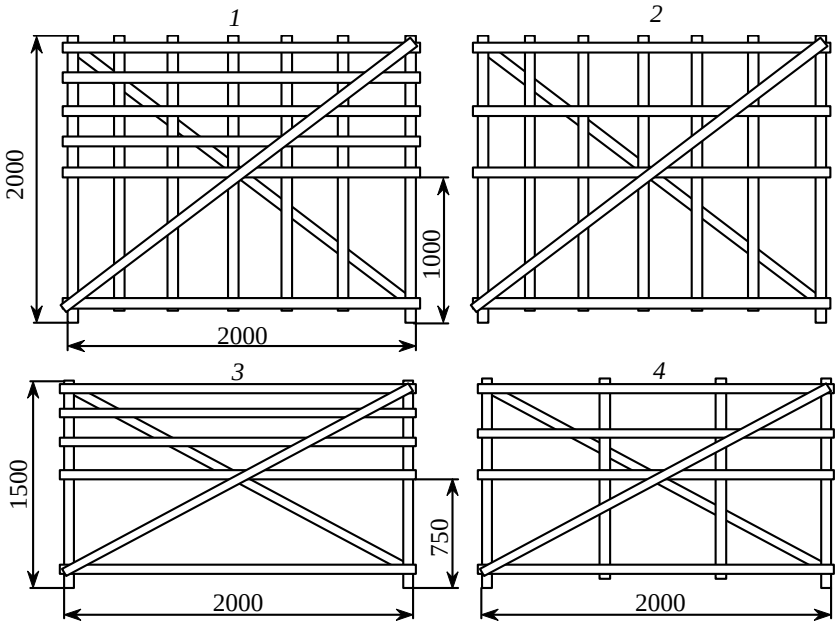


Рис. 11.1. Типові конструкції снігозатримувальних щитів:
1 — $Q > 100$ м^3/м, $v > 20$ м/с; *2* — $Q > 100$ м^3/м, $v < 20$ м/с; *3* — $Q < 100$ м^3/м, $v > 20$ м/с; *4* — $Q < 100$ м^3/м, $v < 20$ м/с

Якщо переважають вітри, що дують під гострим кутом до осі дороги, щити розміщують під кутом і уступами.

Після утворення біля щитів заметів заввишки від 2/3 до 3/4 їх висоти щити представляють на вершини валів.

Снігозахисні паркани (рис. 11.2) виготовляються дерев'яними або зі збірного залізобетону. Висота — до 5 м, ширина однієї панелі — 3,25 м. Відстань від лінії паркану до дороги 15…25 висот панелі. Просвітність — 50 % (двопанельні) та 70 % (однопанельні).

Снігові траншеї прокладають у глибокому снігу ($h > 0{,}7$ м) двовідвальними снігоочисниками або бульдозерами. Кількість рядів залежить від снігоперенесення Q: $n = 2 + \frac{Q}{100}$. Віддаль між траншеями 12…15 м, мінімальна віддаль до дороги 30 м. Снігові вали влаштовують за малої товщини снігового покриву. Механізми — грейдери, снігоочисники, риджери.

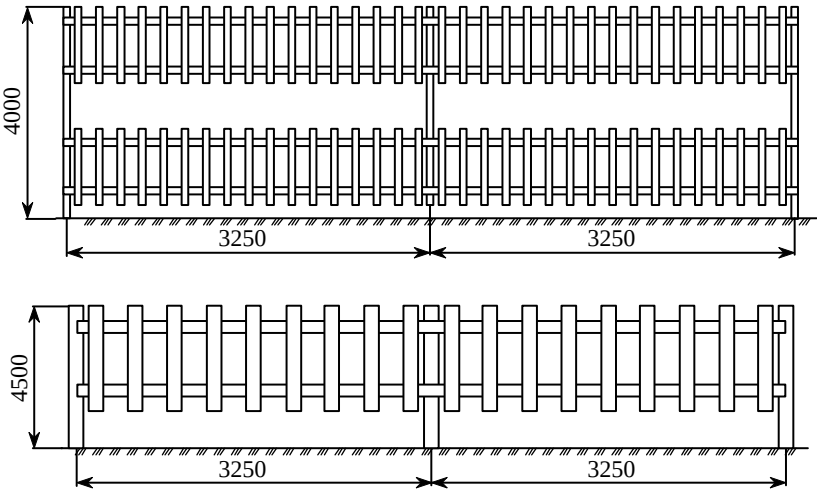


Рис. 11.2. Типові конструкції снігозахисних парканів

Переваги та недоліки різних способів снігозахисту доріг подані в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Переваги та недоліки різних способів снігозатримання, умови застосування

Спосіб снігозатримання	Умови застосування	Переваги та недоліки
Снігові траншеї	Товщина снігового покрову перевищує 0,7 м, рельєф дозволяє прокладання траншеї	Повна механізація робіт, не потрібні матеріали, мала вартість
Снігові вали	Мала товщина снігового покрову	Менша ефективність, ніж у траншеї
Переносні щити	Сильно заметені ділянки, тривалі хуртовини	Маневреність, ручна робота для виготовлення та експлуатації, матеріали — планки, цвяхи
Снігозатримувальні паркани	Сильно заметені ділянки, тривалі хуртовини	Значні витрати коштів та матеріалів на спорудження, незначні витрати на експлуатацію, надійний захист дороги
Огорожа з місцевих матеріалів	Коли немає інших способів захисту	Недовговічні, строк служби 1–2 роки

Снігопередувні паркани призначені для захисту виїмок глибиною до 5 м, низьких насипів та нульових місць. Ефективні для сухого снігу з об'ємом снігоперенесення, що перевищує 300 $м^3$/м, на відкритій місцевості за панівного напрямку вітрів 50…90 град. до осі дороги. За конструкцією являють собою щільні щити або щити з малою просвітністю (0…0,2), висота 3…5 м, кріпляться на стовпах на висоті 2…3 м над землею. Розміщують на узбіччі на відстані 0,6 м від кромки проїзної частини. Вітер, наштовхуючись на паркан, з підвищеною швидкістю проходить під ним і переносить сніг через дорогу. За косих вітрів установлюють додатково лінію переносних щитів.

11.4. Очищення доріг від снігу

Очищення доріг від снігу передбачає такий стан дороги, коли гарантуються умови безпеки, зручності, безперервності руху з розрахунковою швидкістю. При цьому необхідно прагнути до збереження ширини проїзної частини і накопичення снігу на узбіччі.

Снігоочищення — дуже трудомісткий вид дорожніх робіт, і на нього припадає до 40 % загальних грошових витрат на утримання доріг.

Патрульне снігоочищення здійснюється під час снігопаду чи хуртовини, коли товщина снігу досягає 0,30 м. Мета — не допустити утворення заметів. Здійснюється одновідвальними плужними автомобільними снігоочисниками, що рухаються з максимально можливою швидкістю (КДМ-130). За швидкості 60…90 км/год сніг відкидається вбік на 10…25 м, і не створюються вали на узбіччі.

Кількість автомобілів, режим і напрям їх руху залежать від технічної швидкості автомобіля, інтенсивності снігопаду, напрямку вітру. У разі інтенсивних снігопадів і товщини снігу 0,3…0,5 м раціонально використовувати одночасно 3-4 автомобільні снігоочисники, які рухаються уступом з перекриттям на 0,2 м. Крайній до узбіччя снігоочисник обладнують боковим відкрилком, що збільшує дальність відкидання снігу (ЕД-207). Перевага цього способу — сніг відкидають відразу з більшої половини проїзної частини і узбіччя. Для такої товщини снігу до складу загону включають один двовідвальний плужний снігоочисник для пробивання заметів.

Для розчищення валів застосовують роторні снігоочисники, які відкидають сніг за смугу відводу. Для підвищення ефективності роботи,

коли вали мають ширину більшу за робочий орган роторних снігоочисників, вали звужують одновідвальними снігоочисниками.

Після прибирання снігу з дороги проїзну частину очищують металевими щітками. Найбільш трудомістким є розчищення снігових заметів і лавин.

Способи розчищення заметів

1. Провідна машина — дискороторний снігоочисник (Д-470, Д-601, ДЕ-213, ДЕ-210А) (колісний розробляє до 2 м снігу, гусеничний — необмеженої товщини), який спочатку прокладає траншею для однобічного руху з роз'їздами через 200 м, а потім розширює її для двобічного руху. Сніг, що залишився, скидають одновідвальними плужними снігоочисниками і підмітають механічною щіткою.

2. Провідна машина — двовідвальний снігоочисник (Д-180Б, ДЕ-215С, Д-596) (для товщини снігу до 1,2 м на значній довжині дороги). Після пробиття траншеї за один прохід її розширюють дискороторними снігоочисниками, залишки зчищають автомобільним снігоочисником і поверхню правої частини підмітають.

У другому випадку після проходження двовідвальних снігоочисників утворюється траншея з двома високими валами. Під час заметілі й хуртовини такий профіль сприяє швидкому занесенню траншеї, тому роботи слід провадити концентровано і швидко. Далі сніг накопичують (бульдозер ДЗ-18 і автогрейдер ДЗ-99-1-4 з зубчастим ножем) і відкидають (ДЗ-210А) або збирають у купи бульдозером, вантажать у самоскиди і вивозять.

11.5. Боротьба з ковзкістю

Обледеніння дороги сильно ускладнює умови руху і підвищує небезпеку ДТП (до 40 % від загальної кількості на рік).

Типи обледеніння: укочений сніг (накат); лід, утворений замерзанням атмосферних опадів, ожеледиця (намерзання на покриттях крапель переохолодженої води з атмосфери).

Способи боротьби з ожеледицею залежать від категорії доріг, на яких вони можуть бути застосовані: механічний (III–V), фізико-хімічний (I–II), хімічний (I–III), тепловий.

Механічний спосіб полягає у сколюванні кірки льоду і видаленні його за межі узбіч. Цей спосіб малопродуктивний.

Різновид механічного способу — фрикційний — застосування фрикційних дрібнозернистих матеріалів (піску, шлаку, щебеню, відходів ТЕЦ тощо). Норма витрати 0,1…0,2 $м^3$ (на 1000 $м^2$ покриття). У першу чергу обробляють аварійно небезпечні ділянки — спуски і підйоми, перехрестя, переїзди, круті повороти. На таких ділянках норма розсипу 0,3…0,4 $м^3$. Цей метод не можна використовувати на покриттях із дренувального асфальтобетону.

Щоб запобігти змерзанню зернових матеріалів, під час зберігання до них додають тверді кристалічні хімічні речовини з розрахунку 40 кг на 1 $м^3$ матеріалу, або в пропорції 1:30...1:10. Ці хімічні речовини також підвищують ефективність фрикційних матеріалів — вони розплавляють льодяну кірку навколо зерен мінерального матеріалу, зерно частково занурюється в лід і потім примерзає, оскільки концентрація розчину хімічної речовини зменшується. Ожеледиця із вмерзлим зерновим матеріалом має добрі фрикційні властивості.

Фізико-хімічний метод полягає в періодичній обробці покриттів хімічними реагентами, які підвищують гідрофобні властивості покриттів. Як гідрофобні матеріали використовують 5 %-ні розчини кремнійорганічних сполук. Норма витрати 200…400 г на 1 $м^2$ покриття. Така обробка у 3…5 разів знижує сили зчеплення льоду з покриттям, значно полегшує його руйнування від руху транспорту.

Хімічний метод полягає в обробці обледенілого покриття рідкими або кристалічними хімічними речовинами, для чого використовують:

- ✓ хлористий натрій кристалічний NaCl (технічна кухонна сіль);
- ✓ хлористий кальцій кристалічний CaCI;
- ✓ суміш NaCl і CaCI у пропорції 88:12, ця суміш дуже ефективна і не злежується під час зберігання;
- ✓ сіль сильвінітових відвалів (хлористий натрій, сірчанокислий кальцій та ін.);
- ✓ концентровані розсоли (природні — із свердловин і штучні — відходи виробництва).

Для зменшення корозійних властивостей солей до них додають інгібітори — одно- і двозамінені фосфати натрію, простий суперфосфат.

Норми розсипу кристалічних хімічних матеріалів залежать від температури повітря і є в межах 20…80 г на 1 $м^2$ поверхні, рідких матеріалів — 80…150 г на 1 $м^2$ поверхні.

Інколи водяні розчини хімічних матеріалів розливають на мокре покриття (до 10 г/м^2), якщо очікується пониження температури і можливе утворення ожеледиці. Запобіжну обробку покриття доцільно провадити на мостах та шляхопроводах, на транспортних розв'язках.

Тепловий спосіб має два види: конвекторний і кондуктивний. Конвекторний — плавлення льоду струменем газів від реактивних двигунів — застосовується на аеродромах. Кондуктивний — підігрів полотна і дорожнього одягу теплоносієм (вода, масло, що циркулюють по трубах, електричний струм), що закладений у процесі будівництва в дорожній одяг. Зважаючи на велику витрату енергії (0,1…1,0 кВт/м), вартість будівництва і складність ремонту, такий спосіб має обмежене застосування.

У країнах північної Європи для зимового утримання доріг широко використовуються комп'ютерні системи, які полегшують контроль за станом доріг. Системи контрольно-вимірювальних приладів, з'єднаних з комп'ютерною мережею, дають змогу провадити безперервний моніторинг погодних умов (температура повітря і дорожнього покриття, швидкість і напрям вітру, товщина снігового і льодового покриву, тепловіддача з поверхні), стану дорожнього покриття, транспортних потоків (швидкість, інтенсивність, інтервал між автомобілями тощо).

Комп'ютери завчасно повідомляють про небезпеку чи появу ожеледиці, снігових заносів, одночасно пропонуючи відповідні заходи зимового утримання. Результати моніторингу відображаються на дисплеях. Інформація про необхідність вжиття конкретних заходів, технологічну послідовність і черговість обслуговування, а також рекомендації про необхідну кількість транспортних засобів та матеріалів (піску, солі тощо) надходить до організацій, що утримують відповідні ділянки доріг (приватні фірми та державні організації).

Дані комп'ютерної системи зимового утримання доріг безпосередньо пов'язані з мережею метеорологічної служби всієї країни. На основі аналізу показань датчиків у разі потреби розробляються також рекомендації щодо оптимальної й безпечної швидкості руху або перекриття окремих ділянок доріг. З упроваджених найбільшого поширення набули такі системи: VINTERMAN (Данія), ROAD-94 (VEG-94) (Норвегія, Фінляндія), ASB-TRANPO II (Швейцарія).

11.6. Боротьба з піщаними заметами

У разі прокладання траси по рухомих пісках ще на стадії проектування треба (якщо не можна оминути цю ділянку) проводити дорогу між барханними пониженнями. Якщо вітри мають панівний напрямок, дорогу слід наближати до навітряного укосу барханів, а в разі коливного руху барханних гряд дорогу прокладають посередині міжбарханного пониження. У бугристих пісках дорогу прокладають за найкоротшим напрямком.

У зарослих і напівзарослих пісках слід максимально зберігати рослинність. Резерви в таких пісках закладають на відстані понад 100 м від дороги.

Рекомендована висота насипів у пісках 0,6…0,9 м. За більшої висоти насипів верхню частину укосів (1/3 висоти) зміцнюють шаром глинистих ґрунтів (10…15 см). Виїмки в рухомих пісках небажані. Якщо ж вони зустрічаються, то влаштовують їх за типом «виїмка, розроблена під насип».

У процесі утримання доріг можна керувати рухом барханів. Захистивши нижню частину навітряного укосу бархану, можна зменшити його висоту, оскільки пісок з вершини буде здуватися на підвітряну сторону. Щити, поставлені на вершину бархану, різко зменшують швидкість його переміщення. За змінного вітру, переставляючи щити з одного боку дороги на бархани на іншому боці, можна досягти того, що бархани будуть рухатися від дороги.

Припинити рух пісків можна висаджуванням кущів і дерев на смузі від 25 м до 150 м. Рослинність вибирають з розвинутою кореневою системою: дерева і кущі: черкези, джузгун, піщані саксаули, піщані акації, полин піщаний; багаторічні трави: колосняк гігантський, аристида; однорічні трави: кумарчики, горановія.

Тимчасово закріпити піски можна в’яжучими: бітумними емульсіями, що повільно розпадаються, рідкою нафтою, 0,5…0,7 %-ним розчином поліакриламіду (6…8 л/м^2).

11.7. Боротьба з полоєм

Полій — льодова маса, що утворюється в процесі витікання на тверду поверхню річкових, підземних, снігових та інших вод, їх розтікання і пошарового замерзання. Поширений у районах із суворим кліматом і неглибоким заляганням водотривких шарів (вічна

мерзлота). Утворюється пізно восени й узимку, коли в результаті промерзання живий переріз постійного потоку води або фільтрації зменшується, потік стає напірним, проривається через тріщини на поверхню, розтікається і замерзає. У разі багаторазового повторення виливу води може утворитися полій об'ємом до сотень тисяч кубічних метрів.

Заходи з запобігання полою необхідно передбачити ще на стадії проектування.

На стадії експлуатації боротьба з полоєм полягає в такому. Восени поглиблюють перекати і мілини біля штучних споруд, звужують русла водотоків. Вузькі русла утеплюються щитами з хмизом. З навітряного боку встановлюють снігозатримувальні щити, які сприяють занесенню снігом і утепленню русла. Таким самим способом утеплюють усі закриті лотки і водовідвідні канави. Взагалі, слід завжди запобігати оголенню льоду на водотоках перед і після штучних споруд, для чого найдоцільніше використовувати снігозатримувальні щити. Вони підходять і для можливого занесення снігом русел під мостами, оскільки там звичайно не буває снігу, і це сприяє промерзанню русла.

На річках з високими берегами і нешироким руслом можна робити греблі. Для цього нижче від моста споруджується дамба, яка перед морозами піднімає рівень води. Після утворення шару льоду завтовшки 10…20 см рівень води знижують, чекають, поки утвориться другий шар льоду, і знову знижують воду. Тож над руслом ріки утворюється повітряний прошарок, над ним шар льоду, повітряний прошарок і ще один шар льоду. Товщина повітряних прошарків 5…10 см.

Для боротьби з полоєм за принципом затримання його на безпечній віддалі від споруд можливі такі способи:

♦ створення сніжно-льодових валів (0,5…0,8 м) для затримання вод, що вилилися; коли полій досягає вершини валу, створюють другий ярус валу. Замість сніжно-льодових валів можна використовувати ґрунтові вали (до 4 м), паркани з обрізних дощок, дощок, обтягнутих поліетиленовою плівкою або руберойдом;

♦ перенесення місця утворення полою вище по водотоку або схилу — для цього влаштовують мерзлотні пояси: поперек водотоку або вздовж схилу розчищають смугу завширшки 5…10 м, вирубують у ґрунті або льоді канаву і роблять сніжно-льодовий вал.

У результаті промерзання створюється мерзлотна перемичка, і ґрунтові або річкові води виливаються на поверхню вище від пояса. Протягом зими мерзлотні пояси слід періодично очищати від снігу.

Восени до стелі водопропускних труб, які можуть закупоритися льодом, підвішують металеву трубку діаметром 30…40 м, кінці якої загнуті вгору. Навесні подають у цю трубку гарячу пару, яка розтоплює лід над водопропускною трубою. Утворюється канал для проходження весняних вод, під дією яких завершується танення льоду.

Перед пропуском весняної повені слід робити канави в полої, використовуючи сонячну радіацію. Для цього по осі канави розсипають вузьку смугу темного ґрунту, і через 2–3 доби утворюється канава.

Щороку в березні-квітні необхідно заповнювати паспорт полою, куди замальовують схему його утворення з розмірами в плані, зазначають товщину максимальну і середню, об’єм, площу підошви, початок і кінець утворення, заходи з боротьби з полоєм та їхню ефективність.

Питання для самоконтролю

1. З чого складається процес утримання земляного полотна?
2. Визначте мету утримання проїзної частини.
3. У чому полягає снігозахист доріг?
4. Накресліть схеми конструкцій снігозатримувальних щитів та парканів.
5. Охарактеризуйте основні заходи з боротьби з ковзкістю.
6. Назвіть основні методи боротьби з піщаними заметами автомобільних доріг.
7. Опишіть основні принципи боротьби з полоєм.

Розділ 12

ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ ДОРІГ

Поточний ремонт дороги — це роботи, що виконуються дорожньою службою у процесі експлуатації з метою ліквідації незначних руйнувань або усунення передумов для пошкоджень. Поточний ремонт (плановий і запобіжний, або профілактичний) провадиться протягом усього року і по всій довжині дороги.

Плановий ремонт дороги провадять навесні для ліквідації пошкоджень, що виникли взимку. Запобіжний (профілактичний) поточний ремонт здійснюється весь інший час. Під час цього ремонту усуваються руйнування від дії транспортних засобів і природних факторів, а також здійснюється комплекс профілактичних заходів, що виключають або зменшують імовірність появи таких руйнувань.

Поточний ремонт не передбачає відновлення зношеної частини покриття і підвищення міцності дорожнього одягу.

12.1. Ремонт земляного полотна, водовідвідних споруд та елементів облаштування дороги

Мета — збереження геометричних форм земляного полотна, підтримання в робочому стані водовідвідних споруд: узбіччя, смуги відведення.

Узбіччя планують, засипають ями, колії, відновлюють трав'яний покрив (дернування, засівання травами). Укріплені узбіччя ремонтують ямним методом мінеральними матеріалами (щебінь, чорний щебінь тощо).

Брівку земляного полотна відновлюють і обов'язково укріплюють засіванням травами.

Укоси насипів і виїмок вирівнюють і відновлюють їхній трав'яний покрив. За потреби на окремих ділянках виположують укоси для запобігання їх сповзанню через зволоження.

Ремонт системи водовідведення полягає в очищенні канав з укріпленням і відновленням поздовжнього ухилу дна.

Елементи облаштування (знаки, огорожі, опори) чистять, фарбують, випрямляють або замінюють щитки знаків, замінюють пошкоджені елементи.

12.2. Поточний ремонт дорожніх покриттів

12.2.1. Поточний ремонт дорожніх покриттів нижнього і перехідного типів

Покриття з незміцнених матеріалів профілюють за оптимальної вологості й ущільнюють. Окремі вибоїни кайлують, додають мінеральний матеріал (аналогічний за складом до матеріалу покриття) із запасом на 1…2 см на ущільнення й ущільнюють ручними трамбівками або котками (5…10 т), попередньо зволоживши його водою (1,5…2 л/м^2) або 30 %-ним розчином CaCI. Колії і хвилі вирівнюють важкими котками.

Покриття з матеріалів, оброблених органічним в'яжучим, ремонтують, як правило, ямним методом. Послідовність ремонту: зняття зруйнованого шару, включаючи розкайлування країв; очищення від бруду і пилу, за потреби — просушування; обробка поверхні і країв органічним розчинником (гас, солярове масло, 0,1…0,15 л/м^2); підґрунтовка розігрітим до 60 °С бітумом (марки ПГ, СГ) або дьогтем (Д-2, Д-3) у кількості 0,3…0,5 л/м^2; заповнення ремонтним матеріалом (з запасом на ущільнення). Якщо ремонтний матеріал — асфальтобетон, то для глибини вибоїни понад 5 см він вкладається у два шари.

У разі використання способу просочення в підготовлену вибоїну вкладають щебінь, ущільнюють його, розливають в'язкий бітум (0,9…1,0 л/м^2, t = 120…160 ºС), розподіляють дрібний щебінь і ущільнюють.

Ямний ремонт здійснюють переважно холодними щебеневими сумішами, обробленими органічними в'яжучими, вологими органомінеральними сумішами — *ВОМС* (щебінь, пісок, мінеральний порошок, цемент — 2 %, гудрон — 5 %, вода — 4 %) або сумішами на основі бітумних емульсій, що дозволяє ремонтувати вологе покриття.

Якщо вибоїн багато, ремонт провадять за картами згідно з технологічними схемами (рис. 12.1, 12.2).

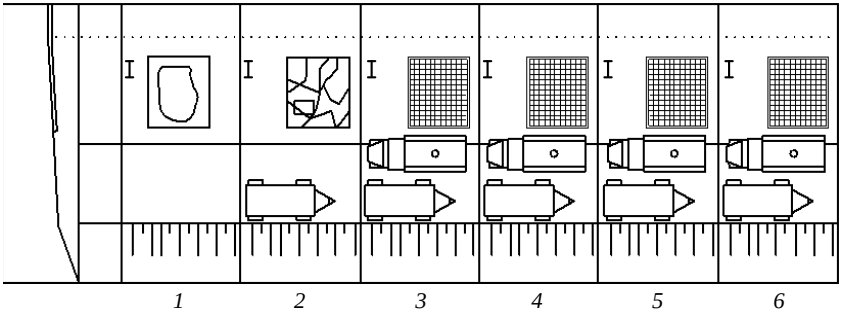


Рис. 12.1. Технологічна схема поточного ремонту щебеневих покриттів, улаштованих методом заклинювання:
1 — установлення технічних засобів організації дорожнього руху: очищення покриття від пилу і бруду: розмічання місць ремонту; *2* — розпушування ремонтних місць відбійними молотками: видалення розпушеного матеріалу, продування основи стисненим повітрям; *3* — вкладання щебеню фракції 20...40 мм, поливання водою вкладеного матеріалу, ущільнення пневмотрамбівкою; *4* — розклинювання щебенем фракції 10...20 мм, поливання водою вкладеного матеріалу, ущільнення пневмотрамбівкою; *5* — розклинювання щебенем фракції 5…10 мм, поливання водою вкладеного матеріалу, ущільнення пневмотрамбівкою; *6* — засипапання висівками, поливання водою, ущільнення пневмотрамбівкою, зняття технічних засобів організації дорожнього руху

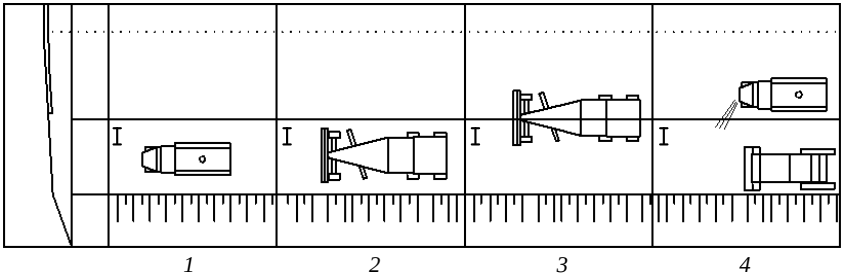


Рис. 12.2. Технологічна схема поточного ремонту узбіччя, зміцненого гравієм:
1 — установлення технічних засобів організації дорожнього руху, очищення узбіччя від пилу і бруду; *2* — розпушування наявного шару зміцненого узбіччя; *3* — переміщення заготовленого матеріалу з проїзної частини на узбіччя; планування шару з гравію (щебеню, шлаку); *4* — поливання водою вкладеного матеріалу, ущільнення; зняття технічних засобів організації дорожнього руху

12.2.2. Асфальтобетонні покриття

Мета ремонту — усунення дрібних пошкоджень і руйнувань, вибоїн, нерівностей, бугрів, впадин, напливів, тріщин, обломів кромок. Основна причина пошкоджень — погана якість будівництва і зростання навантажень від автомобілів.

Провадять ремонт за температури повітря не нижче ніж +10 ºС, у разі використання ВОМС –10 ºС.

Послідовність ремонту вибоїн аналогічна до ремонту перехідних покриттів. У разі використання ВОМС операції очищення, просушування і підґрунтовки можуть бути пропущені.

Якщо для розм'якшення асфальту в очищеній вибоїні використовують пальники інфрачервоного випромінювання, розігрітий матеріал кайлують, розрівнюють по дну і додають новий матеріал.

Для заповнення підготовлених вибоїн можуть використовуватися литі суміші (вміст бітуму 7…12 %), які добре заповнюють вибоїни і не потребують ущільнення. Якщо глибина вибоїни перевищує 5 см, перед заливкою вкладають шар щебеню.

Для ремонту обламаних кромок покриття вздовж кромки закріплюється підпірний брус, після чого заповнюється ремонтним матеріалом проміжок між брусом і пошкодженим покриттям.

За потреби ремонту вибоїн у вологому покритті в ранній весняний або осінній періоди рекомендується використовувати щебеневі матеріали, оброблені бітумом із поверхнево-активними речовинами (ПАР). Напливи, хвилі і зсуви виправляють ямним ремонтом або зрізують ножем автогрейдера після їх розігрівання.

Тріщини завширшки до 5 см заливають розведеним бітумом (бітум : гас — 1:1) у два заходи.

Ширші тріщини розчищають еручну щітками і гачками, продувають стисненим повітрям, змазують розчинником і заливають мастикою. В обох випадках бітум зрізують урівень з поверхнею покриття і посипають гарячими висівками або піском.

Тріщини зі зруйнованими краями розробляють фрезами на смугу 20…30 см і виконують ямний ремонт (рис. 12.3–12.5).

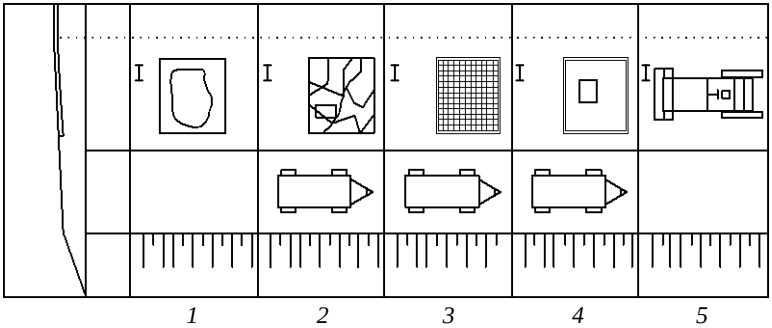


Рис. 12.3. Технологічна схема ямного ремонту асфальтобетонних покриттів із застосуванням ручного інструменту:
1 — установлення технічних засобів організації дорожнього руху, розмічання місць ремонту; *2* — вирубання пошкоджених місць покриття відбійними молотками; очищення вибоїни; *3* — розігрівання бітуму в пересувному бітумному котлі; обробка стінок та дна вибоїни бітумом; *4* — вкладання та розрівнювання асфальтобетонної суміші в нижньому шарі; ущільнення пневматичними трамбівками (для глибини вибоїни понад 50 мм); *5* — вкладання та розрівнювання асфальтобетонної суміші у верхньому шарі (для глибини вибоїни понад 50 мм); ущільнення самохідними вібраційними котками за 10 проходів по одному сліду

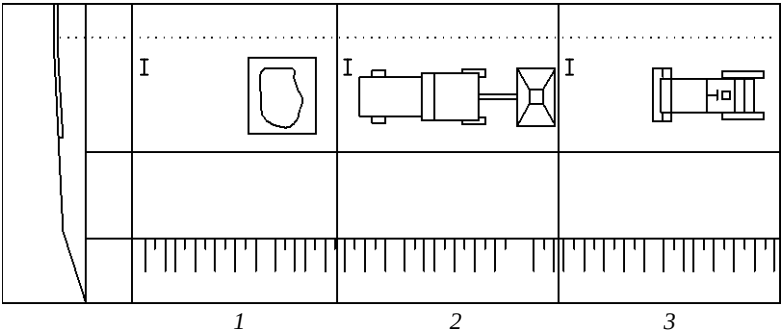


Рис. 12.4. Технологічна схема ямного ремонту асфальтобетонних покриттів із застосуванням розігрівача:
1 — установлення технічних засобів організації дорожнього руху; очищення покриття від бруду та пилу; розмічання місць ремонту; *2* — розігрівання покриття; розпушування дна; розкайловування кромок вибоїни і планування розкайлованої суміші; *3* — вкладання та розрівнювання нової асфальтобетонної суміші, ущільнення самохідними вібраційними котками за 6 проходів по одному сліду, прибирання відходів, зняття технічних засобів організації дорожнього руху

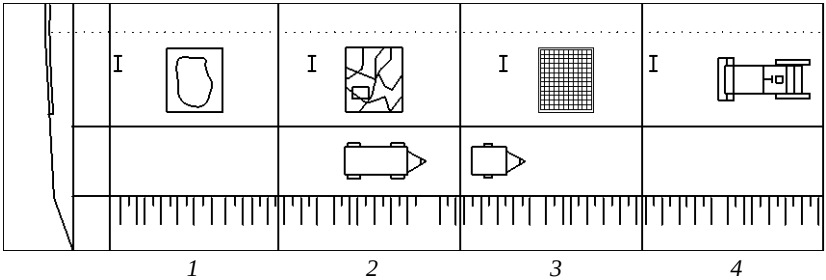


Рис. 12.5. Технологічна схема ямного ремонту покриття зі щебеню, обробленого органічними в'яжучими:

1 — установлення технічних засобів організації дорожнього руху; *2* — вирубання пошкоджених місць покриття відбійними молотками; *3* — обробка стінок та дна вибоїни бітумом; *4* — вкладання та розрівнювання холодної асфальтобетонної суміші, ущільнення самохідними вібраційними котками за 4 проходи по одному сліду, прибирання відходів, зняття технічних засобів організації дорожнього руху

12.2.3. Цементобетонні покриття

Мета — усунути дрібні пошкодження: вибоїни, відколи кутів і кромок, тріщини, просадки.

Особливість — необхідність огородження місця ремонту на тривалий час, поки бетон не набере необхідної міцності.

Поточний ремонт швів полягає в очищенні їх дисковими скребками або спеціальними механічними дротяними щітками, продуванні стисненим повітрям і заповненні бітумними мастиками.

Тріщини розробляють пальцевими фрезами, продувають і заповнюють розігрітим бітумом для ширини тріщини до 5 мм або бітумними (гумобітумними) мастиками (5…25 мм). Найліпше використовувати полімерні герметики.

Раковини і вибоїни можна ремонтувати асфальтобетонними сумішами, для чого поверхню бетону очищують щітками, ґрунтують рідким бітумом і заповнюють піщаним або дрібнозернистим асфальтобетоном. Проте такий ремонт недовговічний, тому доцільно для цього використовувати цементобетонні або полімербетонні суміші.

Головне — забезпечити надійне зчеплення (адгезію) старого бетону з новим. Для цього краї вибоїни (або відколу) вирівнюють і на глибину 5 см роблять вертикальні стінки, пошкоджену поверхню очищують піскоструминним апаратом, промивають водою або про-

дують. Інший спосіб — обробка поверхні 28 %-ним розчином HCl і після зникнення піни — промивання водою. Ще один спосіб (випалювання) обов'язково використовується, якщо є плями з бітуму або палива (солярного масла, мазуту). Перед укладанням цементобетонної суміші на поверхні (за 10…20 хв) наносять тонкий шар цементного клею (пластифікований цемент, замішаний з водою і підданий віброактивації). Для прискорення твердіння може використовуватись швидкотверднучий бетон (ШТБ), в якому замість води беруть у цій самій кількості пульпу гіпохлориду кальцію із вмістом активного хлору (побічний продукт на хімічних заводах). Час твердіння — 1…7 діб. Суміш має бути вкладена протягом 1 год з моменту приготування. Ущільнення — глибинне і поверхневе. Для глибин вибоїн понад 3 см використовують торкрет-бетон. У цьому разі дрібнозернисту бетонну суміш наносять під тиском за допомогою комплекту обладнання (електростанція, компресорна станція, бетоношприцмашина). Свіжозакладений бетон покривають плівкою (латекс), поліетиленом, мокрою тирсою. Рух відкривають після набрання бетоном не менш як 70 % необхідної міцності (5…7 діб за температури 15…25 ºС).

Відколи кромок і кутів зручно ремонтувати ШТБ на промисловому рідкому склі (натрієве скло — 13 %, ферохромовий шлак — 3 %, гранульований доменний шлак тонкомелений — 21 %, пісок — 61 %). Суміш шлаків і піску зберігається в герметичних мішках. Як ґрунтовку використовують суміш шлаку і рідкого скла (2:1). Строк схоплювання — 20…50 хв, твердіння — 5…7 год.

Ефективні також полімербетонні суміші на основі епоксидного в'яжучого (епоксидна смола, пластифікатор — дибутилфталат або дьоготь, затверджувач, заповнювач). Термін твердіння 15…60 хв. Епоксидне в'яжуче може використовуватись як ґрунтовка під цементобетон (0,3…0,4 кг/м^2).

Епоксидна смола — слаботоксична, тому під час роботи з нею необхідні індивідуальні захисні засоби (комбінезон, гумові рукавиці, окуляри).

Ділянки з лущенням очищають, ґрунтують і перекривають дрібнозернистим або піщаним асфальтобетоном.

У місцях випинання плит покриття вирубується на 0,5 м і вкладається асфальтобетон. Осідання окремих плит усувають у такий спосіб: у плитах висвердлюють отвори (ø 0…52 мм, один отвір на

3 $м^2$ плити), в які нагнітають розчин або пісок, поки плита не підійметься. Невеликі плити можна підняти автокраном і безпосередньо вирівняти основу. У покриттях зі збірних залізобетонних плит виявляють зруйновані. Якщо окремі плити непридатні до експлуатації, їх розбивають і бетонують нові з улаштуванням швів (для монолітних покриттів) або демонтують і вкладають цілі плити (для збірних покриттів).

Плити виймають автокраном, попередньо розрізавши петлі, якими зв'язані між собою сусідні плити. Основу розрівнюють, ущільнюють і вкладають нову плиту. Заміну плит виконують у прохолодну погоду або вранці, щоб уникнути заклинення плит.

Пустоти під краями плит виявляють простукуванням молотком. Пустоти замальовують, у цих місцях пробурюють отвори (по два отвори на край плити, відстань до грані 0,5...1 м, відстань між отворами в плиті 2 м), в які закачують гарячий в'язкий бітум. Плиту біля отвору змочують водою для запобігання прилипанню бітуму. Коли плита починає вібрувати в такт роботи бітумопомпи, закачування бітуму припиняють. Отвори тимчасово закривають дерев'яною пробкою, згодом заливають розчином (активізованим цементним або епоксидним). Таку саму технологію використовують і в разі осідання окремих плит.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає поточний ремонт дороги?
2. Дайте характеристику ремонту земляного полотна.
3. Опишіть технологію здійснення поточного ремонту дорожніх покриттів.

Розділ 13

СЕРЕДНІЙ РЕМОНТ ДОРІГ

13.1. Ремонт земляного полотна, водовідводу та дорожніх споруд

Мета — відновлення деформованих і зруйнованих елементів укосів, узбіч, дренажів з усуненням причин деформації та руйнувань.

Неукріплені узбіччя профілюють і планують з поперечним ухилом 50...60 ‰, за потреби підсипають піщаний або супіщаний ґрунт, висівають траву. Якщо узбіччя укріплені — ремонтують шари укріплення. Доцільно об'єднувати ці роботи з ремонтом покриття. Для укріплення використовують місцеві матеріали, відходи виробництва, неткані матеріали (геотекстиль).

Укоси в місцях промивань і запливів засипають, планують і укріплюють висіванням трав, ґратчастими конструкціями, геотекстилем.

Канави прочищають на всій довжині ділянки, яка ремонтується, з наданням поздовжнього ухилу не менше ніж 10 ‰. У разі постійного розмивання канав, підмивання основних насипів і виїмок улаштовують укріплення дернуванням, мощенням, обкладанням бетонними елементами.

У разі надмірного зволоження насипів ґрунтовими водами на межі смуги відводу слід улаштувати поздовжні дренажні прорізи (відкриті або закриті).

Під час ремонту дренажу промивають замулені ділянки (за допомогою гідромеліоративних машин), замінюють або посилюють щебеневі фільтри, замінюють окремі дрени, ремонтують колодязі. На цих роботах ефективним є використання геотекстилю.

Середній ремонт передбачає усунення пошкоджених будівель і підсобних споруд за вартості робіт не більше ніж 30 % від початкової. Здійснюють улаштування тротуарів (до 500 м), установлення й відновлення дорожніх знаків, загорож. Оформляють і впорядковують окремі роз'їзди, майданчики відпочинку, з'їзди, переїзди.

13.2. Середній ремонт дорожніх покриттів

13.2.1. Покриття з незв'язних матеріалів

На гравійних і щебеневих покриттях провадять суцільне профілювання з доданням нового матеріалу (з кайлуванням на 3…5 см

старого покриття і без нього). Забруднені покриття перед кайлуванням і профілюванням очищують від пилу і бруду щітками (з водою і без).

Ущільнення провадиться з поливанням водою. За потреби верхній шар обробляють органічними або гігроскопічними знепилювальними матеріалами (методом змішування на дорозі).

13.2.2. Покриття з органічним в'яжучим

Спочатку виконують поточний ремонт покриття (ямний ремонт), потім (якщо потрібно поліпшити зчеплення) — поверхневу обробку одним із трьох способів:

1. Одинарна обробка, коли на очищене від пилу і бруду покриття розливають органічне в'яжуче (0,5…1,2 л/м^2), розподіляють чорний щебінь (15…30 кг/м^2) і ущільнюють його легким (середнім) і важким котками.

2. Одинарна обробка з дворазовим розподілом щебеню. При цьому в'яжуче наносять у більшій кількості (1,4 л/м^2), на ньому розподіляють щебінь фракцій 15…25 мм (16…18 кг/м^2), прикочують його, розсипають щебінь фракцій 5…15 мм (6…8 кг/м^2) і ущільнюють.

3. Подвійна поверхнева обробка. Після першого розливання в'яжучого (1,1…1,8 л/м^2) розподіляють чорний щебінь фракцій 20…25 мм (25…30 кг/м^2), ущільнюють, повторно розливають в'яжуче (0,6…0,8 л/м^2), розподіляють щебінь фракцій 10…15 мм (15…20 кг/м^2) і ущільнюють.

Ущільнення провадиться котками вагою 10 т за 5…7 проходів по одному сліду. Як в'яжуче можуть використовуватися в'язкий бітум або гумобітумна мастика.

Швидкість руху транспорту в перші 10 діб обмежують 40 км/год, незакріплений щебінь змітають, дефектні місця негайно виправляють.

Ефективною технологією підвищення шорсткості асфальтобетонних покриттів є заглиблення міцного чорного щебеню в шар малощебеневих або піщаних сумішей (6…8 кг/м^2 фракцій 5…10 мм і 7…10 кг фракцій 10…15 мм).

Якщо товщина зносу покриття перевищує нормативну, улаштовують шар зносу з запасом на зростання інтенсивності в період до наступного середнього ремонту.

Шар зносу влаштовують у такій послідовності: очищення покриття від пилу і бруду, підґрунтовка рідким бітумом, укладання асфальтобетонної суміші (10…12 проходів) котками. Асфальтобетон беруть типів А і Б.

Для знімання старого асфальтобетонного покриття використовують фрези або інфрачервоне нагрівання. Знятий асфальтобетон може бути перероблений на заводі з доданням пластифікаторів і в'яжучих і укладений в іншому місці.

Після фрезування і термообробки поверхню очищають, підґрунтовують і вкладають новий матеріал.

13.2.3. Термопрофілювання покриттів

Реальні строки служби асфальтобетонних покриттів у середньому дорівнюють 10…12 років і здебільшого визначаються виникненням різних деформацій (напливи, зсуви) або локальних руйнувань (вибоїни, тріщини).

Застосовувана технологія ремонту покриття, як правило, полягає в нарощуванні шарів асфальтобетону, а тому має істотні недоліки. По-перше, через короткий проміжок часу (1-2 роки) на новому покритті виникають дефекти, які повторюють дефекти старого покриття (тріщини, вибоїни, зсуви). По-друге, значно зростає товщина асфальтобетону (на деяких міських вулицях 30…50 см), що тягне за собою підняття тротуарів, люків, колодязів, комунікацій, ґрат, водоприймальних колодязів.

Водночас у покритті зберігається до 80 % корисної маси неефективно використовуваного асфальтобетону, а на ремонт витрачається близько 50 % нового матеріалу. Принагідно зазначимо, що в Австрії, наприклад, повторно використовується майже 100 % старого асфальтобетону, у Німеччині — 30 %, у Швейцарії — 50 %.

Найбільш економічною технологією ремонту асфальтобетону є та, що базується на регенерації. Цей метод використовують для відновлення рівності і суцільності, а також для посилення одягу. Регенерацію виконують різними способами термопрофілювання; основними операціями є розігрівання покриття, розпушення його на глибину 2…5 см, планування, ущільнення.

Розігрівання старого асфальтобетону здійснюється інфрачервоним випромінюванням. Термоелементи нагріваються газом, який у зрідженому стані міститься в одній або двох цистернах на

машині. Попереднє розігрівання покриття здійснює спеціальна машина-підігрівач; основне розігрівання — ремонтний комплекс («Реміксер», «Віртген»). Запасу палива вистачає на повний робочий день. Температура розігрівання 160…180 ºС.

Залежно від погодних умов і в'язкості матеріалу можна регулювати потужність нагрівальних елементів. Ремонтний комплекс «Репейевер» фірми «Віртген» дає можливість провадити роботи навіть під час незначних опадів.

Відразу за розігріванням спеціальними розпушувальними різцями, установленими в кілька рядів, розпушується старе покриття (глибина 0…40 мм). Часто розпушувач складається по ширині з окремих сегментів, які незалежно регулюються по висоті.

Залежно від способу термопрофілювання розпушений асфальтобетон забирається в бункер (термозмішування, термопластифікація) або розрівнюється шнеком. Зібраний старий асфальтобетон перемішується (з доданням пластифікаторів або нової суміші) у нагрітому барабані, надходить на стрічковий конвеєр, укладається на покриття і попередньо ущільнюється віброрусом.

Швидкість робочого ходу ремонтних комплексів — до 3 м/хв, продуктивність — до 5400 м^2 за зміну. Конструкція сучасних типів комплексів дозволяє ремонтувати покриття біля каналізаційних люків і ґрат колодязів, за змінного поперечного профілю покриття.

Якщо передбачається зняття верхнього шару асфальтобетону і вивезення його для переробки на завод, то застосовують фрезерування (гаряче і холодне) або розлом. Фрезерування здійснюють спеціальними машинами на колісному або гусеничному ходу.

Фреза являє собою вал із закріпленими на ньому різцями. Система вентиляції і зрошення запобігає пилоутворенню. Деякі машини обладнують конвеєром для завантаження самоскидів. Гаряче фрезерування передбачає попереднє розігрівання покриття.

Розколювання старого покриття здійснюється бульдозерами, автогрейдерами, землерийними машинами. Під час переробки старого асфальтобетону на стаціонарних установках до нього додають за потреби до 50 % нового кам'яного матеріалу, 2…6 % бітуму, 0,3…2 % пластифікатора. Якщо переробляють суміш без розігрівання (холодний спосіб), то вводять катіонну масляну або бітумну емульсію (1,5…3 л/м^2).

Часто подрібнений матеріал верхніх шарів із зв'язних матеріалів після обробки емульсією змішують з матеріалами нижніх не-

зв'язаних шарів. Одержаний матеріал є доброю основою під покриттям.

Вітчизняні ремонтні комплекси — термозмішувач ДС-232, термопрофілювальник моделі 4260 Міншляхбуду України. Машина моделі 4260 (створена на базі асфальтоукладальника Д-1506) складається з асфальтоукладальника, розігрівача (4 панелі), системи газопостачання, розпушувача (фреза), вирівнювача (плужного типу), ущільнювального органу (трамбувальний брус і гладильна дошка).

Наведемо способи термопрофілювання:

• *Термопланування* — найбільш простий, передбачає лише описані раніше операції. Мінімальна середня глибина розпушування для щебеневих покриттів — 25 мм. Застосовують цей спосіб разом з улаштуванням шару зносу або поверхневої обробки.

• *Термогомогенізація* (забезпечення однорідності системи) — крім основних операцій передбачає перемішування старої асфальтобетонної суміші. При цьому поліпшується щільність і однорідність суміші. Застосовується, якщо старий асфальтобетон за властивостями відповідає чинним вимогам і профіль покриття не потребує виправлення.

• *Термоукладання* — крім основних операцій передбачає додавання нової суміші (20…50 кг/м) у вигляді самостійного шару над розпушеним старим покриттям. Використовується для вирівнювання покриття (колії, ямність, поперечний профіль), що потребує коригування властивостей асфальтобетону, а також у разі коли не вдається розпушити покриття на мінімально допустиму глибину.

• *Термозмішування* — на відміну від укладання, передбачає перемішування нової суміші зі старою й укладання їх одним шаром. Це забезпечує більш якісну регенерацію.

• *Термопластифікація* — передбачає під час гомогенізації додавання в процесі перемішування пластифікатора (0,1…0,6 %). Як пластифікатор застосовуються рідкі нафтопродукти. Перевагою способу є можливість коригування властивостей старого асфальтобетону.

Розігрівання старого асфальтобетону може здійснюватися високочастотним полем. Переваги — однорідне розігрівання покриття, недоліки — створення радіоперешкод і необхідність додержання техніки безпеки.

13.2.4. Цементобетонні покриття

Середній ремонт цементобетонних покриттів полягає переважно в улаштуванні подвійної поверхневої обробки. Поверхневу обробку (захисний шар) на невеликих ділянках можна влаштовувати з застосуванням епоксидного в'яжучого і полімербетонних сумішей.

Епоксидне в'яжуче розливають на суху чисту поверхню (0,1…1,5 л/м^2). Після розливання в'яжучого розсипають дрібний щебінь фракцій 2,5…5 мм. Потім ущільнюють двома-трьома проходами легкого котка.

Полімербетонну суміш (полімер на основі епоксидних смол, щебінь, кварцовий пісок, цемент) укладають на ґрунтовку — епоксидно-кам'яновугільне в'яжуче — і ущільнюють легкими котками. Витрата суміші — на 1 см товщини 20…25 кг/м^2. Товщина шару 0,5…2 см. Якщо товщину шару треба довести до 6…12 см, використовують полімерцементобетон.

Для підвищення надійності зчеплення нового матеріалу з бетонним покриттям за невеликих обсягів робіт можна в старе покриття будівельним пістолетом вбивати штирі або дюбелі.

Для запобігання або ліквідації руйнувань може використовуватися просочення бетону полімерними матеріалами. Перед просоченням покриття очищують (фрезерування, піскоструминна обробка, обробка розчином НС1 з нейтралізацією водою), просушують, двічі розливають в'яжуче (пластифікатор + розчинник + затверджувач, перше розливання 0,2…0,3 кг/м^2), розсипають пісок (3…4 кг/м^2). У разі застосування цього способу покриття просочується на глибину 2…5 мм.

Питання для самоконтролю

1. В яких випадках здійснюють середній ремонт доріг?
2. Що таке термопрофілювання покриттів?
3. Назвіть способи термопрофілювання.

Розділ 14

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ДОРІГ

Під час капітального ремонту автомобільних доріг, будівель і споруд провадиться зміна зношених конструкцій і деталей, заміна їх на більш міцні й економічні, які поліпшують транспортно-експлуатаційні характеристики об'єктів ремонту, забезпечують удосконалення технічних нормативів доріг, підвищення міцності дорожніх одягів. Капітальний ремонт має здійснюватися комплексно на всіх спорудах або елементах дороги протягом усієї ділянки, що ремонтується.

14.1. Ремонт земляного полотна, водовідводу та елементів облаштування дороги

У процесі ремонту відновлюють і підвищують несучу здатність земляного полотна, перевлаштовують пучинні, зсувні й обвальні ділянки, улаштовують дренажі, ізолювальні прошарки, змінюють геометричні елементи дороги.

На пучинних ділянках знімають дорожній одяг, видаляють пучинний ґрунт, замість нього вкладають дренувальні матеріали (пісок, супісок) і влаштовують дорожній одяг з додержанням технології. Сполучення місць заміни ґрунту здійснюють у вигляді клину з ухилом 1:10 для запобігання нерівномірним деформаціям. Перед відсипанням матеріалу нового одягу старий одяг має бути обрубаний вертикальними стінками (або уступами по шарах одягу).

Для зменшення товщини основи дорожнього одягу можна використовувати прошарки з нетканих матеріалів (типу «Дорніт»), які укладають у товщі ґрунту земляного полотна під або над додатковим шаром основи.

Розширення земляного полотна може виконуватися з обох боків або з одного. У першому випадку новий дорожній одяг міститься на міцній, стабілізованій основі, проте складно провадити роботи щодо двобічного відсипання ґрунту і забезпечити надійне сполучення нового ґрунту зі старим. Цей метод доцільний для невисоких насипів. У другому випадку зручніше провадити відсипання, водночас важко надати ґрунту під новим дорожнім одягом міру ущільнення, як у старому земляному полотні. Збільшується також потреба в матеріалах для дорожнього одягу.

На косогірних ділянках доцільно зміщувати вісь дороги в бік укосу, оскільки розробляти виїмку легше, ніж досипати земляне полотно в бік ухилу.

Коли висота насипів до 2 м, для забезпечення сполучення ґрунт на старих укосах розпушують або нарізують борозни. На більш високих насипах нарізують уступи висотою до 0,5 м з поперечним ухилом до 50 % до осі ділянки для піщаних і від осі дороги для глинистих ґрунтів.

Особливу увагу приділяють забезпеченню необхідної міри ущільнення ґрунту в засипаних канавах. Для перевлаштування дренажу ефективним є використання штучних фільтрів із синтетичних матеріалів («Дорніт»), які, обгортаючи трубу і щебеневу засипку, не дають їм замулюватися. У разі великих ухилів замість труб використовують щебінь в оболонці із синтетичної плівки.

Для зміцнення поверхні укосів використовують засівання травами, дренування. Перспективним і ефективним є зміцнення укосів нетканими матеріалами, в які зашиті насіння трав. Проростаючи, трави надійно закріплюють ґрунт, а синтетичний матеріал повністю запобігає розмиванню ґрунту навіть за значних ухилів і швидкості води.

Для забезпечення стійкості укосів від зсування доцільно використовувати синтетичні арматурні сітки (скловолокно або поліетилен), які анкеруються в тілі насипу.

У разі потреби влаштовують підпірні стінки — забивають палі, водонепроникні екрани тощо.

Під час капітального ремонту облаштування виконують такі роботи: відновлюють і встановлюють нові спрямовувальні пристрої, знаки, загорожі, зупинки, посадкові майданчики, пішохідні переходи, доріжки, тротуари; перебудовують перехрестя і примикання, будують нові шляхопроводи, під’їзні шляхи.

Також обладнують пости засобами організації й регулювання руху, улаштовують освітлення, аварійний зв’язок на дорогах.

14.2. Капітальний ремонт дорожніх покриттів

14.2.1. Гравійні та щебеневі покриття

Перед капітальним ремонтом покриттів виконують роботи в обсязі поточного ремонту — виправляють пошкодження, деформації або влаштовують вирівнювальний шар з асфальтобетону.

Шари посилення доцільно укладати з вологих органомінеральних сумішей (4…5 см) в один або два шари. Перевага — можливість укладання на вологу основу. Нижній шар суміші слід ущільнювати котками на пневмошинах. Якщо використовують котки з гладкими вальцями, перед укладанням верхнього шару необхідно зробити технологічну перерву на 30 діб для доущільнення покриття рухомим транспортом.

Шар посилення можна влаштовувати з асфальтобетону або чорного щебеню з наступним просоченням бітумним шламом. Товщина шару з чорного щебеню — 5…10 см. Просочення шламом (пісок — 25…35 %, бітум — 15…17 %, мінеральний порошок — 25…30 %, вода — 25…28 %, пластифікатор — 0,03…0,06 %) здійснюється після ущільнення чорного щебеню (6…8 т, 2–3 проходи). Витрати шламу — 20…40 кг/ м^2.

14.2.2. Асфальтобетонні покриття

Під час ремонту асфальтобетонних покриттів слід прагнути до максимального використання старого асфальтобетону. Для цього застосовують технологію регенерації методом термопрофілювання або зняття покриття фрезами (у холодному або розігрітому стані) і регенерацію його на місці або на АБЗ. Перероблений асфальтобетон можна використати як нижній шар покриття або як покриття з обов’язковою поверхневою обробкою.

У посиленні одягу нарощуванням шарів асфальтобетону потрібно забезпечити надійний контакт старого покриття з новим шаром. Для цього покриття очищують щітками, а в разі потреби фрезують борозенки глибиною до 5 мм, змочують органічним розчинником (гас, солярове масло 0,1…9,15 л/м^2), підґрунтовують рідким бітумом 0,3…0,5 л/м^2.

Вологе покриття просушують прогріванням або обробляють сумішами на основі олігомерів із затверджувачем і пластифікатором.

Як матеріал для шарів посилення можуть використовуватися шлакові асфальтобетони, малощебеневі асфальтобетони (типу В, Г, Д) із заглибленням міцного чорного щебеню, асфальтобетони на щебені різної міцності. Останній вид матеріалу має стабільно добру шорсткість через нерівномірний знос щебеню.

14.2.3. Цементобетонні покриття

Цементобетонні покриття для посилення перекривають асфальтобетоном, товщина якого має становити 9…8 см (більша — для цементобетонних покриттів без армованих стиків з великою відстанню між ними). За меншої товщини в асфальтобетоні над стиками утворюються тріщини.

Коли нарощування шарів неможливе, старий шар бетону знімають бетоноломами, ремонтують підстильний шар і влаштовують нову конструкцію дорожнього одягу. Зруйнований бетон після подрібнення може бути використаний як щебінь для влаштування основи.

Посилення методом нарощування цементобетону значно більш трудомістке від попередніх способів, однак, має ліпші експлуатаційні характеристики. Основна проблема — надійне зчеплення нового бетону зі старим. Для цього всі масляні плями витравлюють розчином НС1 з наступним промиванням водою, потім очищують щітками; застосовується гідропіщане або піскоструминне очищення, фрезерування борозенок. Для щільнішого контакту старе покриття покривають епоксидним клеєм або колоїдно-цементним клеєм (0,3…0,5 кг/м). Колоїдно-цементний клей являє собою цементопіщану пасту, приготовлену віброперемішуванням тонкозмелених портландцементу, кварцового піску і води (7:3, В / Ц = = 0,3...0,45).

Матеріалом для нового шару доцільно брати дрібнозернистий цементобетон із домішками, приготовлений у результаті віброактивації. Шви в новому покритті влаштовують точно над швами у старому покритті.

Слід зазначити, що метод нарощування цементобетоном непридатний для ремонту сильно зруйнованих покриттів з густою сіткою тріщин, оскільки з часом ці тріщини повторюються у верхньому шарі посилення.

14.2.4. Розширення дорожнього одягу

Найчастіше здійснюється розширення дорожнього одягу на 0,5…3,75 м. Розширення може бути двобічне або виконане в один бік. У першому випадку можна розширити одорожній дяг за рахунок узбіч (на 0,5…0,75 м) без розширення земляного полотна або з розширенням його у два боки. У другому, як правило, необхідно розширювати земляне полотно.

Якщо земляне полотно не розширюється, то на узбіччі прориваю-ють траншею глибиною до підошви нижнього шару наявного дорожнього одягу, дисковими пилами підрівнюють кромку одягу і пошарово влаштовують дорожній одяг. Доцільно влаштовувати поверхневу обробку або шар зносу, які б перекривали і стару, і нову конструкцію одягу.

Якщо земляне полотно розширюється, то після ущільнення присипного ґрунту на рівні підошви одягу (ґрунт з узбіччя знімають до підошви одягу і зсувають на розширення земляного полотна) укладають шари основи і врівень з нею досипають ґрунт земляного полотна. Після цього влаштовують покриття й укріплюють узбіччя.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте капітальний ремонт дороги.
2. Наведіть особливості проведення капітального ремонту для покриттів різних типів.
3. Назвіть умови, за яких виконують роботи з розширення дорожнього одягу.

Розділ 15

ОСОБЛИВОСТІ УТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІРСЬКИХ ДОРІГ

15.1. Кліматичні умови

Одним з головних факторів, що ускладнюють експлуатацію та ремонт гірських доріг, є опади.

В українських Карпатах кількість днів з опадами досягає 234 в рік, причому більша частина випадає влітку, а інтенсивність перевищує 100 мм за добу. У гірському Криму дощі такої інтенсивності бувають від 2…4 разів на рік на узбережжі й до 15…20 разів — на вершинах гір.

Повені в гірських районах — майже завжди стихійне лихо. Висота підняття води на гірських річках досягає 3…4 м, а в передгір'ї — 5…6 м, швидкість підняття — понад 0,6 м/год. За такої швидкості підняття води дуже важко, а іноді й неможливо вжити оперативних заходів щодо ліквідації пошкоджень.

Унаслідок сильного оголення схилів гір (вирубання, вітровали) активізуються селеві потоки: грязьові, грязекам'яні і водокам'яні (найчастіше). Селі можуть переміщувати понад 200 тис. $м^3$ наносів і каміння масою більш як 2 т.

Снігопади і хуртовини також завдають значної шкоди дорожньому господарству, утворюючи замети й обвали. У Прикарпатті сумарна тривалість хуртовин досягає 100…150 днів на рік, у Криму — до 50 днів.

Ожеледиця утворюється в горах за температури повітря від – 0,1 до + 2 ºС за швидкості вітру 2…5 м/с. Максимальна тривалість ожеледиці в Прикарпатті становить 160…170 діб. У Криму вона буває раз на 10 років.

Тумани в Карпатах спостерігаються в період з вересня до квітня і загалом тривають більше за 60 діб на рік (Прикарпаття). Утворюються частіше під ранок і ввечері. Стійкість туманів може перевищувати 3 доби. У гірському Криму тумани бувають до 200 днів на рік.

На різних висотах утримується різна середньорічна температура (100 м — + 9,8 ºС, 1000 м — – 4,2 ºС), що необхідно враховувати під час спорудження дорожнього одягу і вибору органічних матеріалів. З підніманням угору зменшуються «вікна», в які необхідно встигнути виконати деякі технологічні операції.

15.2. Земляне полотно

Укладати й ущільнювати ґрунт слід за вологості 0,85…1,0 від оптимальної. У разі використання перезволожених ґрунтів (вологість перевищує ту, за якої ще може бути досягнута необхідна щільність) можна додавати в'яжучі — вапно, цемент, гіпс, золу, що їх вносять за допомогою розподілювачів. Змішують дорожніми фрезами, автогрейдерами. Витрата вапна — 3 % для ґрунтів з вологістю 1,6…1,8 W_0.

Для захисту земляного полотна від опадів його зводять на 15…25 см вище від проектних позначок, а перед улаштуванням дорожньої основи цей шар знімають. Ефективні також пластикові рулонні матеріали, які присипають шаром піску.

У разі використання перезволожених ґрунтів у насипах заввишки 4…8 м можна влаштовувати горизонтальні дренувальні шари з ГПС, піску, супіску через 1…1,5 м, які за короткий час (1…3 місяці) дають змогу ліквідувати надмірну вологу.

Механізми можуть використовуватися на косогорах з ухилом до 30 %. Для забезпечення стійкості насипу необхідно нарізати уступи. Коли ухил до 20 %, можна обмежитись оранням схилу багатокорпусним плугом.

Якщо насип улаштовується з неводостійких гірських порід, укоси його захищають глинистими ґрунтами або ґрунтами, обробленими органічним в'яжучим (15…20 см).

У разі відсипання насипу з великоуламкових ґрунтів вологість дрібнозему може бути до 1,3 W_0, якщо його кількість не перевищує 30 %.

У разі ведення земляних робіт узимку:

- нижній шар насипу відсипають восени;
- середні шари відсипають узимку;
- верхній шар улаштовують після відтавання ґрунту.

15.3. Дорожній одяг

Для запобігання поздовжньому переміщенню води в дренувальних шарах і основах з великоуламкових матеріалів улаштовують прорізи (глибокі — нижче від глибини промерзання і мілкі — 15 см). Розміщують прорізи на ділянках з ухилом більше від 20 %, у ввігнутих кривих, у місцях переходу з виїмки у насип.

Під час ремонту дорожнього одягу не можна допускати утворення прошарку зі слабозв'язного матеріалу між двома зв'язними шарами (наприклад, шар ГПС між шаром чорного щебеню і покриттям, улаштованим способом змішування на дорозі). Адже під дією навантаження ці шари будуть утворювати хвилі, колії, напливи.

Посилення або вирівнювання з необроблених матеріалів допускається, тільки якщо можливе добре ущільнення і якщо нижні шари є водопроникними. Вибираючи в'яжучі й мінеральний матеріал, зважають на таке:

• чим вище дорога, тим меншою має бути в'язкість бітуму, оскільки температура повітря з висотою знижується;

• для утворення шорсткості поверхні й підвищення тертя між шарами покриття та основи до складу мінеральної суміші слід уводити крупний щебінь із надлишком;

• асфальтобетон необхідно використовувати типу А.

15.4. Водовідвід, боротьба з обвалами

Для збору й відведення води необхідно прокладати нагірні канави. Збирати воду в кювети не допускається. За неглибокого залягання ґрунтових вод або їх виклинювання на схилах виїмок раціонально влаштовувати підкюветний дренаж. Ще ліпші результати дає влаштування безкюветного дренажу, який збирає й відводить поверхневу ґрунтову воду.

Для боротьби з водяною ерозією ґрунтів будують гідротехнічні споруди:

• водоспрямовувальні споруди — розпилювачі стоку та водовідвідні вали;

• водозатримувальні споруди — вали, тераси, греблі, перемички;

• водоскидні споруди — лотки, швидкотоки, перепади, консольні водоскиди;

• донні споруди — загати, кам'яні накиди і перепади — для закріплення ярів, балок.

Гідротехнічні споруди після сильних опадів оглядають і в разі потреби ремонтують, очищують від намулу, рослинності, снігу.

Капітальних витрат потребує боротьба з обвалами й осипами. Найпростіші способи затримання їх — будівництво підпірних і захисних стінок, нанесення на скельні породи торкретбетону, анкерування окремих валунів, штучні обвали, натягання уловлювальної сітки паралельно дорозі, улаштування спрямовувальних дамб.

15.5. Захист доріг і мостових переходів від повеней

Розмивання доріг і підмивання опор мостів є найбільш поширеною причиною перерв у русі транспорту на гірських дорогах. Причина руйнувань — неукріплені або неефективно укріплені укоси, опори, стояни, тобто:

• використання облягаючих матраців із плит для захисту укосів заплавних насипів;

• монолітні підпірні стінки і шпори з бетону, залізобетону без достатнього захисту від підмивання;

• прольотні будови мостів на биках або на палевих ростверках забивних паль, зрубові (рос. «ряжевые») опори.

Поздовжніми берегоукріплювальними спорудами можуть служити монолітні бетонні стінки з розвинутим у бік берега фундаментом або протирозмивним зубом, збірні підпірні стінки з анкерними тяжами кутового профілю. У всіх випадках фундаменти стін мають лежати на сильній основі або залягати нижче від максимально можливої глибини розмиву. Можливе використання облягаючих стінок, які спираються на ресберму, укладену на буронабивні палі. У цьому разі повністю виключається можливість підмиву земляного полотна.

Як тимчасовий захід застосовують споруди з дерев'яно-кам'яних зрубів, кам'яно-хмизові кріплення, накиди із бракованих бетонних деталей і виробів. Поперечними берегоукріплювальними спорудами служать бетонні шпори (найчастіше трикутні), які на 3…7 м виступають від берега. Улаштування їх потребує надійного захисту фундаменту від підмивання. Як тимчасові споруджують трикутні дерев'яні шпори з кам'яною накидкою. Інші способи зміцнення берегів — спорудження зубчастих підпірних стінок, матраців з накидання великогабаритного каміння.

Приймаючи рішення про укріплення опор мостів, слід пам'ятати, що заходи з захисту споруд під час повеней і за високої швидкості течії малоефективні і потребують значно більших затрат часу і праці, ніж їх завчасне проведення.

Опори старих мостів (бики) укріплюють за допомогою залізобетонних ростверків на буронабивних палях або (що простіше, але менш надійно) камінням.

Для захисту від розмивання підходів до мосту слід ширину русла на ділянці перед мостом зменшувати поступово від ширини у вільному стані до ширини отвору мосту.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть заходи, які здійснюють для захисту земляного полотна від погодних умов.
2. Визначте особливості проведення ремонту земляного полотна на гірських дорогах.
3. Як провадять боротьбу з повенями?
4. Назвіть основні принципи водовідведення.

Розділ 16

УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТ АЕРОДРОМІВ

Особливості експлуатації аеродромів — близькість ремонтної бази до об'єкта ремонту, ліпше, ніж у дорожніх організаціях, оснащення технікою і матеріалами (включаючи останні досягнення науки), робота тільки у відведені «вікна» часу.

Мета — забезпечення безперервного і безпечного режиму наземної роботи авіатранспорту (посадка, маневрування, стоянка, зліт).

Ремонт аеродромних споруд поділяють на два види — поточний і капітальний.

Поточний ремонт — це своєчасні (оперативні) роботи щодо запобігання передчасному зносу елементів споруд за допомогою систематичного усунення дрібних пошкоджень і несправностей. Провадиться, як правило, у перервах між польотами («у вікнах»), без припинення льотної експлуатації протягом усього року.

Ця специфіка вимагає оперативності і якості у проведенні робіт за ретельного додержання правил техніки безпеки. Для ефективного використання «вікон» необхідно в стислі строки провести підготовку, сконцентрувати максимально підготовлені матеріали і завдяки чіткій організації і підвищенню продуктивності праці збільшити виконуваний обсяг робіт.

Капітальний ремонт — це роботи щодо виправлення в значних обсягах (до 25 %) або заміна зношених і деформованих конструкцій. Виконується періодично раз у кілька років і зазвичай із припиненням льотної експлуатації аеродрому (або окремої злітно-посадкової смуги — ЗПС).

16.1. Утримання аеродромних споруд, водовідвідних і дренажних систем

Утримання передбачає такі роботи: перевірку стану покриттів і прилеглих ґрунтових ділянок, очищення покриттів від сміття, пилу, бруду, знепилювання, поливання холодною водою для послаблення температурних напружень за високих температур повітря, підсушування покриттів, відновлення або нанесення нових маркувальних знаків на покриття, контроль стану швів.

У холодний період — снігозатримання та снігоочищення і вивезення снігу з валів, боротьба з ожеледицею, ущільнення снігу до необхідної товщини, яка зберігає трав'яний покрив, з наступним знищенням свіжого снігу. Механізми і технологія робіт — такі самі, як і на дорогах. Ширше застосовується здування снігу струменями газів від списаних турбореактивних двигунів, які встановлені на автомобільному шасі (ТМ-59, КрАЗ-ТМ-76, АЛМИ-1). Ефективним способом боротьби з ожеледицею є такий, коли турбореактивний двигун установлюється перед машиною на висоті до 1 м і під кутом 45° до поверхні покриття. Гарячі газові потоки розплавляють лід і здувають краплини води. Покриття після очищення має сухий і чистий вигляд.

Підтримання водовідвідної та дренажної систем у постійній експлуатаційній готовності забезпечується систематичним оглядом, доглядом і своєчасним ремонтом. Огляду підлягають усі відкриті елементи систем, поверхня ґрунту і покриття над ними. Обов'язковим є огляд навесні після танення снігу, восени перед заморозками і після сильних дощів.

Під час огляду відкривають усі оглядові колодязі (у т. ч. із заглибленими люками), оглядають, очищують їх, а також труби колектора. Труби колектора діаметром до 0,7 м оглядають за допомогою ліхтаря і дзеркала. За потреби труби прочищають щітками на розбірних штангах або дротом (тросом) з прикріпленою щіткою. Заведення тросу або товстого дроту в трубу колектора здійснюють за допомогою тонкого дроту, якщо він був заведений раніше, або шнурком із поплавком, який пускають по воді під ухил.

Водовідвідні та нагірні канави навесні повністю очищують від снігу починаючи знизу, назустріч талій воді.

На зиму всі дощоприймальні і тальвежні колодязі закривають дерев'яними кришками, солом'яними матами, листами бляхи, які підкладають під металеві ґрати. Під час відлиг кришки тимчасово знімають, а навесні перед сніготаненням — на постійно.

У період сніготанення з нагірної сторони влаштовують у снігу тимчасові канави або вали для відведення талих вод.

Опишемо найбільш імовірні дефекти водовідвідних і дренажних систем та способи їх ремонту.

Пошкодження відкритих лотків — у разі вимивання основи під лотками їх розбирають, підсипають і ущільнюють основу, віднов-

люють покриття і старанно забивають тріщини і шви. У разі випирання або просідання колодязів їх зрізують або нарощують бетоном з улаштуванням гнізд під ґрати. Якщо деформації перевищують 29 см, здійснюють повну перебудову колодязів.

Зруйновані перекриття закритих лотків замінюють новими, тріщини забивають цементним розчином і обмазують мастикою «ізол» або піщано-епоксидною сумішшю (ізол гарячий).

Замулені фільтрувальні засипки (дрени, поглинаючі колодязі) розбирають, замінюють або промивають і знов укладають.

Зруйновані шви і свищі в колодязях очищують, просушують і забивають бітумом, а в разі постійного припливу води — зашпаровують цементом, що швидко схоплюється, або шпаклівкою з попереднім тампонуванням промасленими джгутами.

Зруйновані сполучення труб з колодязями ремонтують промасленою повстю й обмазують бітумом або мастиками.

Пошкодження стикових з'єднань труб колекторів усувають негайно. Розтрубні з'єднання зашпаровують цементним розчином. При цьому стикове кільце забивають просмоленими джгутами, змоченими цементним молоком, а решту простору заповнюють цементним розчином з улаштуванням відливу. Стики безрозтрубних труб, що з'єднують встик, забивають цементними поясками або поясками з руберойду чи боруліну. Цементні пояски влаштовують за допомогою дерев'яної опалубки-футляра, що одягається на трубу. Шви між футляром і трубою замазують жирною глиною. Цементний розчин (1:2) заливають зверху в отвір в опалубці.

Для влаштування поясків з руберойду (боруліну) кінці труб очищують, промивають водою, висушують, обмазують бітумом і накладають 2–3 шари руберойду (боруліну) шириною 20…25 см. Стики азбестоцементних труб з'єднують двобортними муфтами з гумовими кільцями. Розмиви, зсуви й осідання біля вхідних і вихідних оголовків забивають ґрунтом, укріплюють дерном, хмизом, камінням.

16.2. Утримання та ремонт аеродромних покриттів

16.2.1. Ґрунтові аеродроми

Утримання та ремонт ґрунтових аеродромів у літній період передбачає перевірку і забезпечення рівності і міцності ґрунтів, знепилювання, прибирання сторонніх предметів, улаштування водові-

дводу, проведення агротехнічних заходів, відновлення аеродромних маркувальних засобів.

На аеродромах без дернового покриву здійснюють планування ґрунту для виправлення мікрорельєфу з наступним ущільненням. Для стартових ділянок і місць стоянок коефіцієнт ущільнення беруть: для пісків і супісків — 0,95, для суглинків і глин — 1,0, для середніх ділянок відповідно — 0,90 і 0,95, для бокових смуг безпеки — 0,80 і 0,85.

Кінцеві смуги безпеки не ущільнюються, а навпаки, переорюються для ліпшого гальмування літаків у аварійних ситуаціях.

На ґрунтових аеродромах основним методом боротьби з пилом є укріплення ґрунтів і створення трав'яного покриву. Поливання водою (0,6…0,8 л/м^2) малоефективне, бо дає тільки тимчасовий ефект, а інколи й небезпечне. Найліпший результат досягається завдяки використанню маслобітумних в'яжучих (бітум СГ або МГ, авіамасло і гас або дизельне паливо, 1:1:1), бітумних емульсій (емульгатор — глина або суглинок). Біофізико-механічний спосіб дає можливість поліпшити властивості ґрунтів, відновити і розвинути дерновий покрив. Хімічні реагенти — суперфосфат, водні розчини органічних полімерів (гіпан), бітумні емульсії.

Дерновий покрив має несучу спроможність у 3…5 разів вищу, ніж ґрунт без дерну, меншу розмивність (у 50…100 разів). При цьому трав'яний покрив повністю усуває проблему знепилювання на аеродромах. Догляд: підживлення трав мінеральними добривами (азотні 2…3 ц/га, фосфатні — 1,5…2,0 ц/га, калійні — 2,5…4,0 ц/га), прочісування дернового покриву легкими зубними боронами для видалення відмерлих рослин і поліпшення аерації ґрунту, прикочування дерну для підвищення несучої спроможності, прискорення висихання, усунення мікронерівностей.

Траву скошують, коли її висота перевищує 30 см. На окремих ділянках траву не косять для ліпшого самозапліднення.

У суху пору року в разі небезпеки вигоряння рекомендується поливання водою. Необхідно систематично провадити боротьбу з гризунами, найефективніше — на початку весни (капкани, гази, отруєні приманки).

Місця із сильно зрідженим травостоєм удобрюють, культивують, засівають травою, боронують і укочують (3 т). За середнього зрідження — те саме, без культивації. За малого зрідження тільки підживлюють траву.

Колії ремонтують негайно: до 6 см прикочують котками (3…5 т) до 15 см — засипають спочатку звичайним ґрунтом, потім рослинним шаром 10…12 см. Не дозволяється засипання піском, щебенем, шлаком.

Для пересаджування дерну спочатку вносять добрива, укладають пластинами дерен, прикочують (3 т) і поливають водою (20 л/м^2).

У разі загибелі трави через просочення ґрунту мастилами і бензином ґрунт слід розпушити, удобрити і засіяти травосумішшю. У разі сильного забруднення потрібно зняти верхній шар ґрунту (20…30 см), укласти ґрунт, ущільнити і зверху укласти дерен.

16.2.2. Аеродроми з нежорстким покриттям

Характерні деформації, руйнування покриттів і способи їх ремонту:

Викришування та вибоїни. Причини утворення — такі самі, як і на дорогах, крім того — розм'якшення та видування частинок газовими потоками під час запуску двигунів літаків. Спосіб ремонту аналогічний дорожньому.

Хвилі і зсуви. Причини і ремонт — як на дорогах. Якщо випинання трапилося через проростання рослин, покриття вирубують, видаляють коріння рослин, обробляють ґрунт гербіцидами і відновлюють покриття.

Тріщини, осідання і проломи. Причини і ремонт — як на дорогах.

16.2.3. Аеродроми з жорстким покриттям

Відколи, тріщини — ремонт, як на дорогах із цементобетонним покриттям.

Нерівності й осідання — те саме. Крім того, зрізують перевищення нерівностей абразивними кругами. Для ліпшого сполучення ремонтного матеріалу з наявним покриттям по лінії сполучення вирубують паз завглибшки 2…3 см і завширшки 5 см і створюють насіченням зубилом шорстку поверхню.

Ремонт зруйнованих плит — як і на дорогах. Для прискорення початку експлуатації забетонованих ділянок їх можна перекрити металевими листами (12…15 мм) так, щоб вони лягали на сусідні плити на 15…20 см. Металеві листи кріплять стальними штирями з плоскою головкою діаметром 20 мм, які забивають через висверд-

лені в листі отвори у шви між плитами на глибину до 40 см. Крім того, по периметру укладають шар дрібнозернистого асфальтобетону для плавного наїзду колеса на плиту.

Ремонт швів — як і на дорогах. Якщо у швах є рослинність, її знищують хімічним способом.

16.3. Капітальний ремонт аеродромів

Найбільш поширеним видом капітального ремонту аеродромних покриттів є відновлення їх роботоздатності і посилення.

Відновлення роботоздатності методом укладання шару зносу здійснюється, як і на дорогах. Посилення нежорстких покриттів нежорсткими шарами — те саме.

Посилення жорстких покриттів шаром цементобетону, армобетону чи залізобетону провадять методом нарощування по відокремлювальному прошарку, для якого використовують рулонні матеріали (пергамент, руберойд, полімерні плівки).

Перспективним є посилення жорстких покриттів укладанням тонкого шару дрібнозернистого цементобетону по колоїдно-цементному клею. Основні операції такі самі, як і в ремонті доріг. Як в'яжуче використовують цемент тонкого млива (помел здійснюється на місці перед використанням). Заповнювач — кварцовий пісок, частина якого перемелюється разом із цементом. Цементно-піщана суміш (В / Ц = 0,4, ССБ, прискорювачі твердіння) перед укладанням віброактивується. Товщина шарів — 0,5...8 мм. Час твердіння — 5...15 год.

Якщо під час укладання шарів посилення із цементобетону або асфальтобетону необхідно пропускати літаки, улаштовують робочий шов і пандус із асфальтобетону з ухилом 10…20 % для плавного наїзду коліс літака. Перед продовженням роботи пандус обов'язково знімають.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте особливості утримання аеродромів і проведення ремонтних робіт.
2. Назвіть види руйнувань аеродромних покриттів різних типів.
3. Охарактеризуйте особливості капітального ремонту аеродромів.
4. Як відбувається водовідведення на аеродромах?

Розділ 17

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДОРОЖНІХ РОБІТ І ПРИЙМАННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Одним з основних напрямків підвищення експлуатаційного стану доріг є докорінне поліпшення якості виробництва, чому служить система контролю якості. Охарактеризуємо основні його етапи:

Вихідний контроль — перевірка відповідної якості проектно-кошторисної документації, матеріалів, конструкції та виробів вимогам стандартів і нормативних документів. Здійснюється майстрами, виконробами, начальниками дільниць.

Операційний контроль — контроль якості виконання робіт, що виконується безпосередньо після закінчення кожної технологічної операції. Він є найбільш ефективним, оскільки не тільки виявляє брак, але й запобігає його виникненню. Здійснюється майстрами, виконробами, начальниками дільниць.

Приймальний контроль — контроль якості закінчених конструктивних елементів або стану робіт. Він є завершальною стадією технологічного процесу на визначеній стадії будівництва або ремонту доріг.

Під час приймання земляного полотна або основи дорожнього одягу спочатку приймають приховані роботи, які пізніше не можуть бути перевірені. Результати контролю заносять до журналу і на їх підставі вирішують, чи можна переходити до наступних видів робіт.

Приймання в експлуатацію збудованих автомобільних доріг є завершальним етапом контролю якості виконання робіт, який розбивається на два підетапи:

1) приймання робочою комісією, до якої входять представники замовника, генпідрядника, субпідрядників, експлуатаційної та проектної організації, ДАІ, органів санітарного і пожежного нагляду. Оформляється акт про готовність дороги і споруд до подння державній приймальній комісії;

2) приймання державною комісією, до якої крім перелічених раніше входять представники банку, що фінансував будівництво, а також керівні працівники міністерств або відомств замовників.

Комісія перевіряє стан усієї технічної документації щодо всіх споруд і відповідно до проектів — якість робіт, здійснює контроль-

ні вимірювання і випробування. Вони можуть бути виконані за допомогою ходових лабораторій під час комплексного обстеження доріг. Після цього складається акт про прийняття в експлуатацію. Дорога й усі документи на неї передаються відповідним організаціям служби ремонту й утримання доріг.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи контролю якості дорожніх робіт і приймання їх у експлуатацію.
2. У чому різниця між операційним контролем та приймальним контролем?
3. Охарактеризуйте основні етапи приймання в експлуатацію завершених автомобільних доріг.

Розділ 18

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ З УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТУ ДОРІГ

Продуктивність праці та ефективність використання матеріально-технічних ресурсів, безумовно, залежать від організації виробництва.

Перспективне планування визначає черговість ремонту доріг на період у 5…10 років, види робіт, потребу в матеріалах, техніці, коштах.

Поточне планування (річний план) визначає номенклатуру, обсяги і строки виконання робіт на конкретних ділянках доріг, графік розподілу ресурсів, графік контролю і виконання робіт.

Ремонт і утримання доріг організовують за одним з таких методів:

1. *Поточний метод* — послідовне і планомірне виконання комплексу важливих робіт спеціалізованими підрозділами, бригадами, групами або машинами. За цим методом підрозділи почергово змінюють один одного на ремонтованій ділянці у строгій технологічній послідовності. Застосовується для середнього і капітального ремонтів. Загальна тривалість робіт T_0 розраховується за формулою

$$T_0 = t_{\text{р}} + t_m ,$$

де $t_{\text{р}}$ — час розгортання потоку; t_m — час виконання останнього технологічного етапу робіт.

Переваги поточного методу: спеціалізація загонів, ритмічність і висока якість робіт, раціональне використання машин і механізмів, концентрація робіт на невеликих ділянках.

2. *Ділянково-поточний метод* — це така організація робіт, коли поточний метод застосовується окремо на кожній ділянці. Використовується за господарського способу ведення робіт для середнього та капітального ремонтів. У цьому разі дорога розбивається на кілька ділянок (2…4), на кожній з яких роботи виконуються поточним методом. Загальна тривалість робіт:

$$T_0 = t_{\text{р}} + t_m + N_q - 1 \cdot t_n ,$$

де N_q — кількість ділянок; t_n — час підготовки робіт на наступній ділянці.

Ділянково-поточний метод характеризується одночасністю проведення ремонтних робіт на довжині кожної з ділянок. Доцільний для утримання та поточного ремонту доріг. Тривалість робіт на ділянці дорівнює сумі часу на виконання кожної роботи, оскільки наступна робота розпочинається тільки після завершення попередньої на всій ділянці.

3. *Паралельний метод* — на виконання однотипних робіт для всіх ділянок установлюється одна норма часу. Доцільний для утримання і поточного ремонту доріг високих категорій. Тривалість робіт дорівнює сумі часу виконання кожної роботи.

4. *Комбінований метод* — об'єднує два або три наведені щойно методи. Найбільш ефективне використання паралельного і ділянково-поточного методів. За такої схеми на першому етапі провадять проектні підготовчі роботи до середнього або капітального ремонтів. На другому — здійснюють ремонт за поточним методом.

До початку робіт проектна організація складає проект виконання робіт (ПВР), що містить:

- ✓ пояснювальну записку, обсяги робіт, строки виконання;
- ✓ техніко-економічне обґрунтування технології;
- ✓ схему організації і технології робіт;
- ✓ графіки руху машин і механізмів, автомобілів;
- ✓ календарний графік роботи;
- ✓ графік потреби в робітниках.

Обсяги і види робіт під час складання ПВР установлюють на підставі комплексної оцінки транспортно-експлуатаційного стану доріг.

Проект організації робіт щодо утримання дороги (ПОУ) складає головний інженер експлуатаційної організації. ПОУ містить:

- пояснювальну записку з розрахунком періоду робіт щодо утримання і поточного ремонту;
- обґрунтування схеми (методу) організації робіт, визначення матеріальних і трудових ресурсів;
- ТЕО складу механізованих підрозділів, генплан утримання дороги з розміщенням кар'єрів, баз;
- графіки роботи дорожніх машин і автомобілів патрульної служби.

Обсяги і види робіт визначають за результатами оцінки транспортно-експлуатаційного стану дороги.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть методи організації робіт з утримання та ремонту доріг.
2. У чому полягає поточний метод організації виконання робіт?
3. Розкрийте зміст ділянково-поточного методу організації виконання робіт.
4. Яка послідовність виконання ремонтних робіт за паралельного та комбінованого методів?

Розділ 19

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

19.1. Техніко-економічні показники для порівняння варіантів будівництва автомобільних доріг

Під час розвідок та в процесі проектування автомобільних доріг зазвичай пропонуються кілька варіантів траси дороги, особливо за важких умов місцевості. У зв'язку з цим виникає необхідність техніко-економічного порівняння для обґрунтування ліпшого варіанта траси.

Варіанти автомобільних доріг порівнюють за низкою техніко-економічних показників, які можна поділити на три групи: *економічні*, *експлуатаційні* та *будівельні*.

До *економічних показників* належать: вартість будівництва чи реконструкції доріг; сума приведених дорожніх витрат; сума приведених транспортних витрат; загальна сума приведених витрат.

Експлуатаційні показники: протяжність дороги; коефіцієнт подовження траси; кількість кутів повороту; найменший радіус кривих у плані; кількість перехресть та примикань доріг в одному та різних рівнях; найменший поздовжній ухил; найбільший підсумковий коефіцієнт аварійності.

Будівельні показники: обсяг оплачуваних земляних робіт; площа дорожнього покриття; кількість і загальна довжина мостів, шляхопроводів і труб; загальна протяжність ділянок з несприятливими ґрунтово-геологічними умовами.

Вартість будівництва чи реконструкції дороги для цілей порівняння варіантів визначають орієнтовано на підставі *укрупнених показників*. Для того щоб скористатися ними, необхідно попередньо визначити обсяги робіт у тих одиницях виміру, на які існують укрупнені показники одиничної вартості.

Орієнтовна будівельна вартість дороги складається з вартості земляного полотна, дорожнього одягу та штучних споруд.

Оплачувані об'єми земляного полотна (насипи та виїмки) визначаються за таблицями та формулами.

Довжина мостів і шляхопроводів зазначена на поздовжньому профілі. Довжину труб можна визначити за формулою

$$L_{тр} = B + 2mH\ ,$$

де B — ширина земляного полотна; m — коефіцієнт закладення укосу; H — висота насипу над дном тальвегу (біля труби).

За змінної крутизни укосу насипу довжина труби визначається за формулою

$$L_{тр} = B + 2m_1H_1 + 2m_2\ \ H - H_1\ \ ,$$

де m_1 і H_1 — відповідно коефіцієнт закладання укосу та висота верхньої частини насипу.

Площу дорожнього покриття визначають добутком ширини проїзної частини на її довжину. За наявності укріплених смуг на узбіччях їх умовно включають у ширину проїзної частини.

У дорожні витрати долучають витрати на відновлення дороги, її ремонт та утримання.

Орієнтовно середні значення щорічних дорожніх витрат на 1 км дороги наведені в табл. 19.1.

Таблиця 19.1

Дорожньо-експлуатаційні витрати на 1 км дороги за рік, тис. грн

Категорія дороги	На відновлення	Капітальний ремонт	Середній ремонт	Поточний ремонт	Усього
I	6,00	0,80	0,52	0,75	8,07
II	3,52	0,90	0,55	0,68	5,68
III	2,66	0,85	0,59	0,60	4,70
IV	2,23	0,75	0,64	0,54	4,16
V	2,18	—	0,70	0,50	3,38

Річні дорожні витрати на ділянці дороги визначають за формулою

$$Д_{сер} = dl\ ,$$

де d — середні річні витрати на 1 км дороги (див. табл. 19.1); l — довжина однотипної за конструкцією ділянки дороги, км.

Транспортні витрати за один рік експлуатації автомобілів на ділянці наближено визначають за формулою

$$S_{тр} = Дl\sum_1^n l_{доб} \cdot S_{км}\,, \qquad (19.1)$$

де $Д$ — кількість днів роботи автотранспорту протягом року (залежить від режиму роботи автотранспорту та проїзду дороги); l — довжина ділянки дороги, км; n — кількість типів автомобілів, що мають різну собівартість перевезень на 1 автомобіле-кілометрі;

$l_{доб}$ — середньорічна добова інтенсивність руху (за типами автомобілів); $S_{км}$ — собівартість 1 автомобіле-кілометра (транспортна складова).

Орієнтовна собівартість 1 автомобіле-кілометра наведена в табл. 19.2.

Таблиця 19.2

Собівартість автомобіле-кілометра, коп.

Категорія доріг	Тип автомобіля			
	вантажний	автопоїзд	автобус	легковий
I	8,4	9,6	9,0	5,5
II	9,0	10,0	10,4	6,0
III	9,7	10,0	13,5	6,7
IV	11,0	10,8	17,0	7,5
V	13,2	12,4	22,4	8,6
Ґрунтова	14,7	—	25,0	9,6

Згідно з типовою методикою показником порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень є сума приведених витрат. Приведені витрати являють собою суму капітальних вкладень та поточних витрат за розрахунковий період, приведених до вихідного року.

За вихідний, або базисний, рік беруть останній рік будівництва дороги чи перший рік її експлуатації.

Витрати в різні роки бувають нерівноцінними, тому витрати, що передують вихідному року, множать на коефіцієнт приведення витрат $K_{пр}$, а наступні роки — на коефіцієнт віддалення витрат K_0.

Коефіцієнт приведення витрат обчислюється за формулою

$$K_{пр} = 1 + E_{н.п}{}^{t},$$

де $E_{н.п}$ — норматив для приведення різночасових витрат до вихідного року (за типовою методикою встановлений у розмірі 0,08); t — період часу між приведеними витратами та вихідним роком, років.

Коефіцієнт приведення витрат більший від одиниці; він ураховує «заморожування» вкладених коштів, які ефекту поки не дають.

Коефіцієнт віддалення витрат обчислюється за формулою

$$K_0 = \frac{1}{1 + E_{\text{н.п}}{}^{t}},$$

де t — період часу віддалення витрат від вихідного року, років.

Оскільки $K_0 < 1$, приведені витрати наступних років будуть менш дієві. Даний коефіцієнт ураховує оборотність коштів у народному господарстві.

Сума приведених витрат у дорожньому будівництві складається з визначених *капітальних вкладень* та *поточних витрат*.

До *капіталовкладень* належать такі:

- ♦ витрати на будівництво чи реконструкцію дороги;
- ♦ капіталовкладення в автомобільний транспорт;
- ♦ необхідність в оборотних коштах за час перебування вантажів цілорічного виробництва та використання в дорозі;
- ♦ капіталовкладення в нетранспортні галузі народного господарства, потреба в яких залежить від наявності чи відсутності автомобільної дороги.

До *поточних витрат* належать:

- ✓ дорожньо-експлуатаційні витрати;
- ✓ транспортні витрати на перевезення вантажів і пасажирів;
- ✓ витрати від дорожньо-транспортних пригод;
- ✓ вартість перебування пасажирів у дорозі;
- ✓ потреба в оборотних коштах, необхідних для створення сезонних запасів вантажів на періоди бездоріжжя;
- ✓ щорічні витрати в нетранспортних галузях народного господарства від бездоріжжя;
- ✓ збитки від забирання під дороги продуктивних земель.

У разі будівництва доріг в освоєних районах автотранспорт, звичайно, уже є, і додаткові капіталовкладення на його придбання не матимуть суттєвого впливу на суму приведених витрат. Потребу в оборотних коштах за час перебування вантажів у дорозі враховують, лише коли тривалість їх перевезення більша за добу.

З поточних витрат найбільше значення мають дорожні та транспортні витрати. Тож приведені витрати M можна визначити за формулою

$$M = C_{\text{пр}} + \sum_{1}^{t_p} Д + \sum_{1}^{t_p} S_{\text{тр}},$$

де $C_{\text{пр}}$ — приведені капіталовкладення на будівництво чи реконструкцію дороги; t_p — розрахунковий період приведення витрат; $\sum_1^{t_p} Д$ — приведені дорожні витрати за t_p років; $\sum_1^{t_p} S_{\text{тр}}$ — приведені транспортні витрати за t_p років.

У разі будівництва ділянки дороги за один рік приведені капіталовкладення дорівнюватимуть кошторисній вартості будівництва чи реконструкції дороги, оскільки $K_{\text{пр}} = 1$.

За типовою методикою період приведення витрат беруть рівним нормативному періоду окупності капітальних вкладень (8 років).

За відомчою інструкцією ВСН 32-66 розрахунковий період приведення витрат беруть рівним 35 рокам. Однак за такий тривалий період визначити дорожні та транспортні витрати майже неможливо, оскільки перспективне планування обсягу перевезень та інтенсивності автомобільного руху не перевищує 20 років. У зв'язку з цим розрахунковий період приведення витрат і визначення економічного ефекту беруть рівним 20 рокам.

Суму приведених дорожніх витрат за 20 років можна знайти за формулою

$$\sum_1^{20} Д = Д_1 K_{01} + Д_2 K_{02} + ... + Д_{20} K_{020},$$

де $Д_1, Д_2, ..., Д_{20}$ — дорожні витрати за 1, 2, …, 20 років; $K_{01}, K_{02}, ..., K_{020}$ — коефіцієнт віддалення витрат у 1, 2, …, 20-й рік.

Орієнтовно цю суму можна знайти за формулою

$$\sum_1^{20} Д = Д_{\text{сер}} \sum_1^{20} K_0,$$

де $Д_{\text{сер}}$ — середні річні дорожні витрати на ділянці дороги; $\sum_1^{20} K_0$ — сума коефіцієнтів віддалення витрат за 20 років.

Коли $E_{\text{н.п}} = 0,08$, а $\sum_1^{20} K_0 = 10,60$, тоді $\sum_1^{20} Д = 10,60 \cdot Д_{\text{сер}}$.

У разі стадійного будівництва дороги з розрахунком роботи першої стадії протягом 10 років

$$\sum_1^{10} Д = 7,25 \cdot Д_{\text{сер}}.$$

Приведені транспортні витрати за 20 років можна визначити за формулою

$$\sum_1^{20} S_{\text{тр}} = S_{\text{тр1}} K_{01} + S_{\text{тр2}} K_{02} + ... + S_{\text{тр20}} K_{020},$$

де $S_{тр1}, S_{тр2}, ..., S_{тр20}$ — річні транспортні витрати в 1, 2, …, 20-й рік експлуатації на ділянці дороги, що визначаються за формулою (19.1); $K_{01}, K_{02}, ..., K_{020}$ — коефіцієнти віддалення витрат в 1, 2, …20-й рік.

Величини коефіцієнтів віддалення витрат наведені в табл. 19.3.

Таблиця 19.3

Коефіцієнт віддалення витрат

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_0	1,00	0,93	0,86	0,79	0,74	0,68	0,63	0,58	0,54	0,50
t	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
K_0	0,46	0,43	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23

Якщо інтенсивність руху протягом року змінюється за певним законом (лінійним чи за складними відсотками), то суму приведених транспортних витрат можна визначити за формулою В. А. Гохмана

$$\sum_1^{tp} S_{тр} = S_{тр} \sum_1^{tp} K_0 m ,$$

де $S_{тр1}$ — транспортні витрати в перший рік експлуатації; K_0 — коефіцієнт віддалення витрат; m — відношення інтенсивності даного року до інтенсивності першого року експлуатації.

Значення $\sum_1^{tp} K_0 m$ для різних темпів приросту інтенсивності руху наведені в табл. 19.4.

Таблиця 19.4

Значення $\sum_1^{tp} K_0 m$

Щорічний приріст інтенсивності руху, %	$\sum_1^{10} K_0 m$		$\sum_1^{20} K_0 m$	
	лінійне зростання	зростання за складними відсотками	лінійне зростання	зростання за складними відсотками
3	—	8,15	—	13,22
4	—	8,47	—	14,26
5	8,66	8,86	14,35	15,53
6	8,92	9,17	15,07	16,79
7	9,21	9,58	15,81	18,33
8	9,48	10,00	16,57	20,00
9	9,79	10,43	17,32	21,83
10	10,06	10,87	18,05	23,87
11	10,32	11,35	18,79	26,22

Закінчення табл. 19.4

Щорічний приріст інтенсивності руху, %	$\sum_{1}^{10} K_0 m$		$\sum_{1}^{20} K_0 m$	
	лінійне зростання	зростання за складними відсотками	лінійне зростання	зростання за складними відсотками
12	10,63	11,85	19,56	28,87
13	10,88	12,36	20,30	31,68
14	11,19	12,91	21,04	35,03
15	11,47	13,50	21,78	38,65

Для визначення транспортних витрат у перший рік експлуатації дороги необхідно знати інтенсивність руху на даний рік, яку можна визначити зі співвідношення

$$I_1 = \frac{I_n}{m_n},$$

де I_n — перспективна інтенсивність руху на *n*-й рік; m_n — коефіцієнт збільшення перспективної інтенсивності проти першого року.

Величини цього коефіцієнта наведені в табл. 19.5.

Таблиця 19.5

Значення коефіцієнтів інтенсивності руху

Щорічний приріст інтенсивності руху, %	m_{10}		m_{20}	
	лінійне зростання	зростання за складними відсотками	лінійне зростання	зростання за складними відсотками
3	—	1,30	—	1,75
4	—	1,42	—	2,10
5	1,45	1,55	1,95	2,53
6	1,54	1,69	2,14	3,02
7	1,63	1,84	2,33	3,63
8	1,72	2,00	2,52	4,33
9	1,81	2,17	2,71	5,13
10	1,90	2,36	2,0	6,10
11	1,99	2,56	3,09	7,25
12	2,08	2,80	3,28	8,65
13	2,17	3,00	3,47	10,20
14	2,26	3,26	3,66	12,00
15	2,35	3,52	3,85	14,15

Експлуатаційні показники варіантів можна встановити за картою і за поздовжнім профілем.

Будівельні показники. Протяжність ділянок з несприятливими ґрунтово-геологічними умовами можна встановити за картою. До таких ділянок можна віднести траси, що проходять через болота, по затоплених ділянках, поруч зі зсувами, уздовж ерозійних ярів, а також ділянок доріг, прокладених на крутих гірських схилах.

Найважливішим економічним показником, що впливає на вибір ліпшого варіанта, є сума приведених витрат. Якщо ця сума не дуже різниться в порівнюваних варіантах (до 1…2 %), то необхідно ретельно порівняти варіанти за іншими показниками і в першу чергу за будівельною вартістю і за експлуатаційними показниками. Вибраний варіант слід перевірити на ефективність капітальних вкладень.

19.2. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень у вибраний варіант дороги

Згідно з типовою методикою ефективність капіталовкладень E_K в окремих галузях народного господарства визначається відношенням приросту прибутку до капітальних вкладень, що обумовили цей приріст:

$$E_K = \frac{\Delta П}{K},$$

де $\Delta П$ — приріст річного прибутку за планований період; K — капітальні вкладення в будівництво об’єктів за той самий період.

Економічна ефективність дорожнього будівництва визначається середньозваженим коефіцієнтом ефективності — відношенням середньорічної економії за розрахунковий період до капітальних вкладень, що визначили цю економію.

Економічна ефективність від будівництва нових чи реконструкції наявних доріг досягається завдяки: скороченню капіталовкладень в автомобільний транспорт; зниженню дорожньо-транспортних витрат; скороченню часу перебування пасажирів у дорозі; переведенню короткопробіжних перевезень із залізниці на автомобільну дорогу; виключенню перерв у роботі автомобільного транспорту, пов’язаних з бездоріжжям в окремі періоди року.

Скорочення капіталовкладень в автомобільний транспорт пояснюється зростанням продуктивності автомобільного транспорту на якісній дорозі в результаті підвищення швидкості руху та збіль-

шення вантажопідйомності транспортних засобів порівняно з наявною, менш якісною, дорогою.

Втрати народного господарства від дорожньо-транспортних пригод пов'язані з загибеллю чи пораненням людей (пасажирів, пішоходів, водіїв), пошкодженням транспортних засобів та дорожніх споруд. Тож, безумовно, завдяки поліпшенню транспортно-експлуатаційних якостей наявної дороги знижуються збитки від дорожньо-транспортних пригод, особливо в гірській місцевості.

Заподіяні збитки встановлюються за даними ДАІ та за графіком аварійності.

Ефект від скорочення дорожньо-транспортних витрат досягається через скорочення довжини траси дороги, що проектується, поліпшення якостей дорожнього покриття, зниження поздовжніх ухилів дороги та підвищення швидкості руху на новій дорозі. Крім того, підвищивши міцність нової дороги порівняно з наявною, можна підвищити вантажопідйомність автомобілів і автопоїздів, що також знижує собівартість перевезень.

Собівартість одного автомобіле-кілометра пробігу автомобілів визначають за формулою

$$S_{км} = C_{зм} + \frac{C_{пос} + S}{\upsilon_т},$$

де $C_{зм}$ — змінні витрати, що залежать від дорожніх умов (знос і ремонт шин, вартість палива, мастильних матеріалів, технічне обслуговування, ремонт автомобіля й амортизаційні відрахування на капітальний ремонт); $C_{пос}$ — постійні витрати, що не залежать від руху (податкові витрати, відрахування на повне відновлення складу); S — часова тарифна ставка водіїв; $\upsilon_т$ — середня технічна швидкість автомобіля.

Поздовжні ухили впливають на швидкість руху та на величину змінних витрат. Зі збільшенням підйому та на крутих спусках швидкість руху знижується, а собівартість перевезень підвищується.

Вплив поздовжніх ухилів на собівартість перевезень можна визначити, помноживши собівартість одного автомобіле-кілометра на горизонтальній ділянці на віртуальні коефіцієнти собівартості перевезень, наведені в табл. 19.6.

Таблиця 19.6

Віртуальні коефіцієнти собівартості перевезень

Ухил, %	Підйом			Спуск		
	легковий автомобіль	вантажний автомобіль	автопоїзд	легковий автомобіль	вантажний автомобіль	автопоїзд
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,06	1,14	1,24	0,94	0,92	0,87
20	1,12	1,29	1,50	0,88	0,85	0,76
30	1,19	1,45	1,82	0,84	0,79	0,75
40	1,28	1,64	2,15	0,80	0,81	0,80
50	1,36	1,83	2,47	0,78	0,83	0,87
60	1,45	2,04	2,80	0,76	0,88	0,96
70	1,54	2,24	3,12	0,78	0,96	1,07
80	1,64	2,45	3,48	0,80	1,05	1,20
90	1,75	2,68	3,85	0,84	1,14	1,32
100	1,85	2,92	4,20	0,90	1,26	1,45

Використовуючи ці дані, можна точніше врахувати вплив дорожньо-транспортних умов на собівартість перевезень вантажними автомобілями. При цьому взято чотири фактори: тип автомобіля, вид дорожнього покриття, середня технічна швидкість руху автомобіля і середній поздовжній ухил дороги.

Середню технічну швидкість вантажних автомобілів можна встановити за табл. 19.7.

Таблиця 19.7

Середні технічні швидкості вантажних автомобілів

Категорія дороги	Рівнинний рельєф		Пересічений рельєф		Гірський рельєф	
	легкий	середній	легкий	середній	легкий	середній
	Середня технічна швидкість, км/год					
I	55	50	50	45	45	40
II	50	45	50	45	40	40
III	40	35	40	35	35	30
IV	35	30	35	30	30	25
V	30	25	30	25	25	15

Поздовжні ухили і швидкість руху впливають на собівартість перевезень: зі зменшенням поздовжніх ухилів та збільшенням швидкості руху собівартість перевезень знижується. На покриттях нижчих типів собівартість перевезень приблизно вдвічі вища, ніж на вдосконалених капітальних.

Загальний приведений ефект від зниження дорожньо-транспортних витрат являє собою різницю приведених витрат за наявного становища та за умови будівництва дороги, що проектується.

Час перебування пасажирів у дорозі за 1 рік на ділянці дороги можна визначити за формулою

$$T_{\text{год}} = \text{Д} \cdot \text{I}_{\text{пас}} \cdot P \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \frac{l}{\upsilon_{\text{е}}},$$

де $T_{\text{год}}$ — час перебування пасажирів у дорозі за рік, год; Д — кількість днів перевезень у рік; $\text{I}_{\text{пас}}$ — середньодобова за рік інтенсивність пасажирського (автобусного) руху; P — місткість автобуса; γ — коефіцієнт місткості автобусів; β — коефіцієнт використання пробігу, що беруть рівним 1; l — довжина ділянки дороги, км; $\text{х}_{\text{е}}$ — експлуатаційна швидкість на ділянці дороги, км/год.

Аналогічно можна встановити час перебування пасажирів у легкових автомобілях.

Річний економічний ефект від прискорення пасажирських перевезень становитиме:

$$E_{\text{пас}} = T_{\text{рік}}^{\text{існ}} - T_{\text{рік}}^{\text{пр}} \cdot S_{\text{год}},$$

де $T_{\text{рік}}^{\text{існ}}$ — час перебування пасажирів у дорозі до будівництва нової дороги; $T_{\text{рік}}^{\text{пр}}$ — те саме, але на новій дорозі; $S_{\text{год}}$ — середня вартість однієї пасажиро-години, грн.

Приведений ефект від прискорення пасажирських перевезень за розрахунковий період дорівнює

$${}_1^{tp}E_{\text{пас}} = E_{\text{пас1}} \; {}_1^{tp}K_0 m,$$

де $E_{\text{пас1}}$ — ефект за перший рік експлуатації; $\sum_1^{tp} K_0 m$ беруть з табл. 19.4.

Якщо в результаті будівництва нової автомобільної дороги є можливість перевести перевезення вантажів на короткі відстані з залізниці на автомобільну дорогу, то можна визначити від цього приведений економічний ефект.

Величину річних витрат на перевезення вантажів по залізниці згідно з ВСН 32-66 визначаємо за формулою

$$E_t^{зал} = P_t^{зал} C' + Q_t \cdot C'',$$

де $P_t^{зал}$ — вантажообіг по залізниці в *t*-му році, т·км; C' — витрати за 1 т·км перевезень по залізниці; Q_t — обсяг перевезень вантажів по залізниці в *t*-му році, т; C'' — витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи, за 1 т вантажу.

Далі можна визначити відповідні річні витрати на перевезення цього вантажу по новій автомобільній дорозі за формулами, що наведені раніше.

Отже, різниця між собівартістю перевезень вантажів на короткі відстані по залізниці та автомобільній дорозі і дає відповідний річний економічний ефект.

Ефект від скорочення перерв у роботі автомобільного транспорту виникає в результаті зменшення потреби в оборотних коштах, необхідних для створення запасів сировини, готової продукції та предметів споживання на час перерви сполучення.

Величину щорічного ефекту від припинення перерв у роботі транспорту визначають за формулою

$$E_t^{пер} = \frac{Q_t \cdot Ц_с \cdot t_{пер}^2 \cdot E_н}{288},$$

де Q_t — кількість вантажів щорічного виробництва і споживання, що перевозяться по дорозі за рік *t*; $Ц_с$ — середня ціна 1 т вантажу; $t_{пер}$ — строк перерви в сполученні, місяці; $E_н$ — нормативний коефіцієнт ефективності (0,12).

Якщо протягом року трапляються кілька перерв у сполученні, то розрахунок за наведеною щойно формулою виконують для кожної з них, а відтак одержані результати складають.

Після визначення приведеного річного ефекту на поточних витратах за кожен рік знаходять сумарний приведений ефект за розрахунковий період $\sum_1^{tp} E_t$. Далі обчислюють середньозважений коефіцієнт економічної ефективності за формулою

$$E_{сер} = \frac{\sum_1^{tp} E_t}{K^{пр} - K^{існ} \sum_1^{tp} K_0},$$

де $K^{\text{пр}}$ — приведені капітальні вкладення за розрахунковий період під час здійснення проекту будівництва чи реконструкції автомобільної дороги; $K^{\text{існ}}$ — те саме, але в разі відмови від будівництва або реконструкції дороги; $\sum_1^{tp} K_0$ — сума коефіцієнтів віддалення витрат за розрахунковий період.

Орієнтовно середньозважений коефіцієнт економічної ефективності можна визначити за формулою

$$E_{\text{сер}} = \frac{\sum_1^{tp} Д^{\text{існ}} + \sum_1^{tp} S_{\text{тр}}^{\text{існ}} - \sum_1^{tp} Д^{\text{пр}} + \sum_1^{tp} S_{\text{тр}}^{\text{пр}}}{C_{\text{прив}} \sum_1^{tp} K_0},$$

де $\sum_1^{tp} Д^{\text{існ}} + \sum_1^{tp} S_{\text{тр}}^{\text{існ}}$ — приведені дорожньо-транспортні витрати за t_p років експлуатації існуючої дороги; $\sum_1^{tp} Д^{\text{пр}} + \sum_1^{tp} S_{\text{тр}}^{\text{пр}}$ — те саме для дороги, що проектується; $C_{\text{прив}}$ — приведена вартість будівництва чи реконструкції дороги, що проектується.

Якщо одержаний коефіцієнт ефективності виявиться більшим від нормативного, то будівництво дороги за вибраним варіантом буде економічно виправдане.

У даний час нормативний коефіцієнт ефективності береться рівним 0,12. Тобто коли $E_{\text{сер}} > 0{,}12$, здійснювати проект дороги економічно вигідно.

19.3. Приклад економічного порівняння варіантів автомобільних доріг

Вихідні дані для даного прикладу:

1) дорога, що проектується, II технічної категорії;

2) перспективна інтенсивність руху на 20-й рік — 4000 авт./добу;

3) щорічний приріст інтенсивності руху — 7 % (за складними відсотками);

4) склад автотранспорту: вантажні автомобілі — 70 %, автобуси — 5 %, легкові автомобілі — 25 %;

5) довжина I варіанта дороги — 10 км; довжина II варіанта дороги — 10,5 км;

6) будівельна вартість I варіанта дороги — 2300 тис. грн, будівельна вартість II варіанта — 2280 тис. грн;

7) ділянку дороги заплановано побудувати за 1 рік;

8) довжина існуючої дороги, побудованої за нормами IV технічної категорії, 12,0 км.

Розв'язання

1. Визначаємо суму приведених дорожніх витрат за 20 років за формулою

$$\sum_1^{20} Д = Д_{сер} \sum_1^{20} K_0 \ .$$

Значення $Д_{сер}$ знаходимо за даними табл. 19.1.

Для існуючої дороги: $Д_{сер} = 4{,}16 \cdot 12{,}0 = 49{,}92$ тис. грн.

Для I варіанта дороги, що проектується:

$$Д_{сер} = 5{,}68 \cdot 10{,}0 = 56{,}80 \text{ тис. грн.}$$

Для II варіанта дороги:

$$Д_{сер} = d \cdot l = 5{,}68 \cdot 10{,}5 = 59{,}64 \text{ тис. грн.}$$

Сума дорожніх витрат для $\sum_1^{20} K_0 = 10{,}60$ становитиме для існуючої дороги: $\sum_1^{20} Д^{існ} = 10{,}60 \cdot 49{,}92 = 529$ тис. грн.

Для I варіанта дороги: $\sum_1^{20} Д_{I}^{пр} = 10{,}60 \cdot 56{,}80 = 602$ тис. грн.

Для II варіанта дороги: $\sum_1^{20} Д_{II}^{пр} = 10{,}60 \cdot 59{,}64 = 632$ тис. грн.

2. Визначаємо інтенсивність руху у вихідному році. Для щорічного 7 %-го приросту інтенсивності руху за складними відсотками з табл. 19.5 знаходимо $m_{20} = 3{,}63$. Тоді

$$I_{добу1} = \frac{I_{добу20}}{m_{20}} = \frac{4000}{3{,}63} = 1100 \text{ авт./добу}$$

З урахуванням заданого складу руху та типів автомобілів інтенсивність руху в 1-й рік становитиме:

Вантажних автомобілів	$1100 \cdot 0{,}70 = 770$ авт./добу
Автобусів	$1100 \cdot 0{,}05 = 55$ авт./добу
Легкових автомобілів	$1100 \cdot 0{,}25 = 275$ авт./добу
Усього	1100 авт./добу

3. Розраховуємо транспортні витрати на перший рік експлуатації дороги за формулою

$$S_{\text{тр}} = Д \cdot l \sum_1^n I_{\text{доб}} ,$$

де l — собівартість 1 авт.-км.

Для розрахунку беремо $Д = 300$. Значення транспортної складової беремо з табл. 19.2.

Для існуючої дороги:

$$S_{\text{тр}} = \frac{300 \cdot 12,0 \quad 770 \cdot 0,132 + 55 \cdot 0,224 + 275 \cdot 0,086}{1000} = 495,40 \text{ тис. грн.}$$

Для I варіанта дороги:

_____ тис. грн.

Для II варіанта дороги:

$$S_{\text{тр}2} = \frac{300 \cdot 10,5 \quad 770 \cdot 0,09 + 55 \cdot 0,104 + 275 \cdot 0,06}{1000} = 288,29 \text{ тис. грн.}$$

4. Визначаємо суми приведених транспортних витрат за 20 років за формулою

$$\sum_1^{20} S_{\text{тр}} = S_{\text{тр}1} \sum_1^{20} K_0 m .$$

Для 7 %-го зростання інтенсивності руху за складними відсотками з табл. 19.4 знаходимо $\sum_1^{20} K_0 m = 18,33$. Тоді сума транспортних витрат становитиме:

для існуючої дороги:

$$\sum_1^{20} S_{\text{тр}}^{\text{існ}} = 495 \cdot 18,33 = 9073,35 \text{ тис. грн;}$$

для I варіанта дороги:

$$\sum_1^{20} S_{\text{тр}}^{\text{пр}1} = 274,56 \cdot 18,33 = 5033 \text{ тис. грн;}$$

для II варіанта дороги:

$$\sum_1^{20} S_{\text{тр}}^{\text{пр}2} = 288,29 \cdot 18,33 = 5284 \text{ тис. грн.}$$

5. Обчислюємо суму приведених витрат за 20 років за формулою

$$M = C_{\text{прив}} + \sum_1^{20} Д + \sum_1^{20} S_{\text{тр}} .$$

Оскільки дорогу заплановано побудувати за 1 рік, замість приведеної будівельної вартості треба взяти справжню вартість:

$$M = C + \sum_1^{20} Д + \sum_1^{20} S_{\text{тр}}.$$

Тоді для I варіанта дороги:

$$M_{\text{I}} = 2300 + 602 + 5033 = 7935 \text{ тис. грн;}$$

для II варіанта дороги:

$$M_{\text{I}} = 2280 + 632 + 5284 = 8196 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки $M_{\text{I}} < M_{\text{II}}$, вибираємо I варіант, незважаючи на те що він дорожчий від другого на 20 тис. грн.

6. Визначаємо коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень для вибраного (першого) варіанта дороги за формулою

$$E_{\text{сер}} = \frac{\sum_1^{20} Д^{\text{існ}} + \sum_1^{20} S_{\text{тр}}^{\text{існ}} - \sum_1^{20} Д^{\text{пр}} + \sum_1^{20} S_{\text{тр}}^{\text{пр}}}{C_{\text{прив}} \sum_1^{20} K_0} =$$

$$= \frac{529 + 9081 - 602 + 5033}{2300 \cdot 10,60} = 0,163.$$

Оскільки, $E_{\text{сер}} > 0,12$, будівництво дороги за першим варіантом економічно виправдане.

19.4. Порівняння варіантів дорожніх одягів

Варіанти конструкцій дорожніх одягів пропонують з урахуванням категорії дороги, інтенсивності та складу руху, природних умов, наявності місцевих будівельних матеріалів та результатів розрахунку міцності визначених конструкцій. Після цього здійснюють техніко-економічне порівняння запропонованих варіантів та вибирають ліпший варіант конструкції дорожнього одягу.

Основними показниками для порівняння дорожніх одягів є: будівельна вартість 1 км одягу; сума приведених витрат на розрахунковий період на 1 км одягу; потреба в основних матеріалах (місцевих та привезених); довговічність конструкції (період служби та міжремонтні періоди); можливий рівень механізації робіт зі спорудження одягу; трудомісткість робіт (у людино-днях і машино-змінах); забезпеченість механізмами, обладнанням і матеріалами.

Будівельну вартість визначають за укрупненими показниками чи за конструктивними елементами дорожнього одягу.

Суму приведених витрат на 1 км автодороги обчислюють за формулою

$$M_{\text{прив}} = C + \sum_1^{t_р} Д_{\text{кап}} + \sum_1^{t_р} Д_{\text{сер}} + \sum_1^{t_р} Д_{\text{пот}} + \sum_1^{t_р} S_{\text{тр}} ,$$

де C — будівельна вартість 1 км одягу; $\sum_1^{t_р} Д_{\text{кап}}$ — сума приведених витрат на капітальні ремонти (на 1 км); $\sum_1^{t_р} Д_{\text{сер}}$ — те саме, але на середні ремонти; $\sum_1^{t_р} Д_{\text{пот}}$ — те саме, на поточні ремонти та утримання; $\sum_1^{t_р} S_{\text{тр}}$ — сума приведених транспортних витрат; $t_р$ — розрахунковий період приведення витрат, що береться за періодом служби варіанта дорожнього одягу з більш капітальним типом покриття (але не більше від 20 років).

Якщо протягом розрахункового періоду менш капітальні покриття мають бути підсилені, до суми приведених витрат для цих варіантів слід додати приведену вартість реконструкції.

Міжремонтні періоди для різних типів покриттів наведені в табл. 19.8.

Таблиця 19.8

Міжремонтні періоди експлуатації доріг, років

Тип дорожнього покриття	Для капітального ремонту	Для середнього ремонту
Цементобетонне	30	10
Асфальтобетонне	18	6
З бітумомінеральних сумішей	12	4
Щебеневе та гравійне	9	3
Мостова (булижна)	16	8
Ґрунтове, оброблене органічними в’яжучими	9	3
Ґрунтове поліпшене	6	3

Середня вартість капітального, середнього та поточного ремонту 1 км дороги наведена в табл. 19.9.

Таблиця 19.9

Середня вартість ремонту 1 км дороги, грн

Тип дорожнього покриття	Середня вартість ремонту, тис. грн		
	капітального	середнього	поточного та утримання
Цементобетон	25,0	4,0	0,8
Асфальтобетон	25,0	3,0	0,9

Закінчення табл. 19.9

Тип дорожнього покриття	Середня вартість ремонту, тис. грн		
	капітального	середнього	поточного та утримання
Щебеневе та гравійне, оброблене органічними в'яжучими	15,0	2,5	0,8
Мостова з булижного та колотого каменю	8,0	2,2	1,0
Щебеневе та гравійне	8,5	2,5	1,5
Ґрунтове, оброблене органічними в'яжучими	11,0	3,5	1,3
Ґрунтове, поліпшене домішками	8,0	3,5	1,2

Примітка. Для доріг I категорії вартість ремонту із цементо- та асфальтобетону треба збільшувати вдвічі для 4 смуг руху та втричі для 6 смуг.

Приведені витрати на кожен вид капітального та середнього ремонту можна визначити з урахуванням призначених років ремонтів і відповідних коефіцієнтів віддалення витрат (див. табл. 19.3). Наприклад, для асфальтобетонного покриття за 20-річний період на основі табл. 19.8 капітальний ремонт слід призначити на 18-й рік, а середні ремонти — на 6-й і 12-й роки.

Приведені витрати на поточні ремонти та утримання можна визначити за формулою

$$\sum_1^{tp} Д_{пот} = Д_{пот(сер)} \sum_1^{tp} K_0 ,$$

де $Д_{пот(сер)}$ — середня вартість ремонту та утримання 1 км дороги в рік; $\sum_1^{tp} K_0$ — сума коефіцієнтів віддалення витрат.

Приведені транспортні витрати можна визначити за формулою

$$\sum_1^{tp} S_{тр} = S_{тр1} \sum_1^{tp} K_0 m ,$$

де $S_{тр1}$ — транспортні витрати в перший рік експлуатації дороги.

Величину $\sum_1^{tp} K_0 m$ можна взяти з табл. 19.3. Для інших розрахункових періодів цю величину можна знайти в довідковій літературі.

Отже, чим менша сума приведених витрат, тим більш економічною буде дана конструкція. У разі рівноцінних варіантів конструкції дорожніх одягів з однаковими типами покриттів, але за різних

видів основ порівняння здійснюють кошторисною вартістю без визначення суми приведених витрат.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть групи показників порівняння варіантів будівництва автомобільних доріг.
2. Охарактеризуйте економічні показники порівняльних варіантів будівництва доріг.
3. Розкрийте зміст будівельних показників.
4. Що вміщують дорожні витрати та як їх визначають?
5. Що належить до транспортних витрат?
6. Визначте відмінності між поточними та приведеними витратами.
7. Як розраховують приведені транспортні витрати?
8. Установіть послідовність визначення економічної ефективності капітальних вкладень.
9. Назвіть показники, необхідні для порівняння варіантів дорожніх одягів.

Розділ 20

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АЕРОДРОМІВ ЗА ЗИМОВИХ УМОВ

20.1. Завдання зимового утримання аеродрому

Зі щорічним зростанням обсягів перевезень, збільшенням інтенсивності польотів, упровадженням в експлуатацію нових типів літаків підвищуються вимоги до утримання аеродромів, стану їх покриттів. Безпека та регулярність польотів літаків значною мірою залежать від стану аеродромних покриттів, особливо взимку. Покриття вважається придатним, коли на його поверхні немає сторонніх предметів, шару опадів і за умови забезпечення необхідного зчеплення коліс літака з поверхнею покриття, достатнього для ефективного гальмування літака на злітно-посадковій смузі (ЗПС).

Ця умова набуває особливої ваги у зв'язку з підвищенням злітної і посадкової швидкостей та маси сучасних літаків, а отже, з виникненням кінетичної енергії, що згасає під час пробігу або на ділянці гальмування перерваного зльоту. Основна частина цієї енергії гаситься гальмами коліс, ефективність роботи яких насамперед залежить від стану поверхні покриттів злітно-посадкової смуги. Зчіпні властивості покриття залежать як від текстури його поверхні, так і від впливу зовнішнього середовища, тобто наявності на поверхні вологи, сльоти, снігу, ожеледі. Вплив цих факторів практично постійно змінює зчіпні властивості покриття та умови проведення злітно-посадкових операцій літаків.

На мокрих, засніжених або покритих сльотою ЗПС значно знижується зчеплення коліс літаків порівняно із сухим покриттям і, як наслідок, збільшується шлях пробігу, погіршується шляхова стійкість і керованість літаків. Це може призвести до викочування літаків із ЗПС і припинення польотів з неї на значний час. Тому одним з основних завдань експлуатаційного утримання аеродромів узимку є своєчасне видалення снігу та льодоутворення, запобігання їх появі та накопиченню на покритті.

Як показує статистичний аналіз, із загальної кількості випадків закриття аеродромів для здійснення польотів більша частина пов'язана з метеорологічними умовами, проте значна частка (близько 30 %) — з непідготовленістю покриття. Тому високими

темпами відбувається обладнання аеропортів цивільної авіації автоматизованими засобами посадки, завдяки чому підвищується безпека польотів, залежних від метеорологічних умов.

Технологічні операції з очищення покриття від снігу та ожеледі виконуються переважно за допомогою засобів механізації, які в процесі роботи перебувають безпосередньо на очищуваній ділянці льотного поля. Це викликає припинення польотів на період прибиральних робіт на ЗПС, руліжних доріжках і пероні, що спричинює значні матеріальні збитки.

Отже, наведені факти свідчать про необхідність скорочення часу підготовки аеродромів до польотів. Це досягається двома способами: по-перше, збільшенням кількості машин, що одночасно беруть участь у технологічній операції з очищення покриттів, по-друге, підвищенням продуктивності машин і механізмів.

Правильний вибір засобів механізації і технології очищення забезпечує своєчасність підготовки аеродрому до експлуатації, регулярність і безпеку польотів. Найбільші труднощі при цьому викликають підготовка й утримання ЗПС. Зі скороченням інтервалів між зльотами і посадками літаків складніше стає визначити достатній для очищення ЗПС інтервал часу, і за цих умов засоби аеродромної механізації стають найбільшою проблемою, яка стримує підвищення регулярності польотів.

Технічний рівень засобів механізації та оснащеність ними багатьох аеропортів забезпечують підготовку покриттів до польотів протягом 1 год після закінчення снігопаду та протягом 2 год після утворення ожеледі; причому очищення ЗПС від снігу здійснюється за 30 хв, а видалення ожеледі — за 45 хв. Очищення покриттів у цих аеропортах виконують швидкісні очисні машини, які переміщуються зі швидкістю 40…60 км/год.

Парк основних аеродромних машин складається з плужно-щіткових, теплових і вітрових машин, шнеко-роторних снігоочисників, автогрейдерів. Таке різноманіття типів і марок машин створює певні труднощі в організації технологічного процесу роботи засобів механізації та технічного їх обслуговування і ремонту. Отже, одним з важливих факторів, що дозволяють підвищити ефективність використання засобів механізації, є скорочення номенклатури типів і марок аеродромних машин.

Ефективність використання засобів механізації під час очищення покриттів від снігу та ожеледі залежить від низки факторів, ос-

новними з яких є: тактико-технічні дані машин; організація технологічного процесу; технічний стан машин; умови виконання робіт. Вплив цих факторів позначається як на продуктивності машин, так і на виконанні технологічних процесів і всього комплексу робіт з очищення покриттів.

Тактико-технічні дані машин, що визначають їхню продуктивність і можливість використання, залежать в основному від технічних показників робочих їх органів.

Машини, обладнані авіадвигунами, що відпрацювали свій ресурс, мають більш високу продуктивність, ніж плужно-щіткові. Однак вони мають і недолік — високу витрату палива на одиницю оброблюваної площі покриття. Це викликає необхідність створення засобів механізації, обладнаних генераторами потоку з «холодним» здувом, привід якого має здійснюватися від економічного двигуна внутрішнього згоряння, а не від газової турбіни.

За хімічного методу боротьби з обледенінням необхідні швидкісні розкидачі хімічних реагентів і швидкісні засоби для очищення покриттів від ожеледі.

Швидкість очищення покриттів багато в чому залежить від організації роботи машин. Як за патрульного, так і за об'ємного методу організації робіт використовуються ті самі засоби механізації, проте патрульний метод дає можливість підготувати покриття в більш короткі строки, оскільки за меншої товщини шару опадів продуктивність машин вища. Тож за патрульного методу необхідна чітка взаємодія в аеропортах служби спеціального транспорту, аеродромної служби та служби руху, щоб якнайповніше використовувати переваги цього методу і провадити очищення покриттів у перервах між польотами літаків. Крім цього, обов'язково потрібна висока готовність і надійність засобів механізації, що визначається технічним станом машин.

Ефективність роботи машин залежить від температури і вологості повітря, товщини шару опадів та їх щільності. Зовнішні умови, за яких провадиться очищення покриттів, визначають можливість і доцільність застосування тих чи інших засобів механізації.

Одним зі способів підвищення продуктивності праці під час очищення покриттів від снігу та ожеледі є також розроблення стаціонарних засобів із застосуванням методу обігріву покриттів тепловими джерелами. Перед експлуатаційними підприємствами ци-

вільної авіації, науково-дослідними організаціями та заводами ставляться завдання щодо підвищення ефективності роботи засобів механізації, призначених для експлуатаційного утримання аеродромних покриттів.

Отже, створення комплексу спеціалізованих швидкісних прибиральних машин, що мають високу продуктивність під час очищення покриттів від снігу, розроблення перспективних хімічних реагентів, що мають високу ефективність за низьких температур і не знижують зчіпних властивостей покриття, дозволять у стислі терміни забезпечувати готовність аеродрому для злітно-посадкових операцій у зимовий період і значно підвищать інтенсивність і регулярність польотів.

20.2. Природно-кліматичні чинники, що впливають на зимове утримання аеродрому

На організацію і методи зимового утримання аеродромів крім експлуатаційних факторів (таких як призначення, клас і категорія метеомінімуму аеродрому, тип та інтенсивність руху літаків, наявність штучних покриттів та ін.) істотний вплив мають природно-кліматичні фактори — тривалість і температурний режим зимового сезону, вітровий режим, рельєф, ґрунти, рослинність. Потрібні характеристики місцевих природно-кліматичних умов можна знайти в кліматичних довідниках, однак середні їх дані не завжди збігаються з фактичними характеристиками району розташування того чи іншого аеропорту. Тому там, де є метеорологічні станції (включаючи АМСЦ аеропортів), низку кліматологічних показників можна одержувати безпосередньо на місці, використовуючи результати багаторічних метеоспостережень.

Строки тривалості зимового сезону важливо знати для планування заходів з підготовки аеродрому до зимової експлуатації та визначення обсягів робіт на весь зимовий період. З огляду на це всі розрахунки потрібно будувати, орієнтуючись не тільки на деяку середню (середньостатистичну) тривалість зими, але й на можливу ранню дату настання зимового сезону та найбільш пізню дату його закінчення. Таке планування дасть змогу своєчасно підготувати до зими матеріали та засоби механізації, закінчити ремонтні роботи на аеродромі, провести технічне навчання особового складу аеродромної служби. Що стосується весняного експлуатаційного сезону, то

його, навпаки, треба планувати з розрахунком на найбільш ранній термін закінчення зими.

Початок і закінчення зимового експлуатаційного сезону на аеродромах установлюються за такими основними ознаками: початок сезону — настання стійких від'ємних температур від – 4 до – 6 ºС, промерзання ґрунту на глибину від 5 до 30 см (залежно від типу експлуатації літаків), початок утворення стійкого снігового покриву; закінчення сезону — настання стійких середньодобових температур близько 0 ºС, відтавання ґрунту на глибину до 5 см, кінець стійкого снігового покриву.

Температурний режим зими (температура повітря та її коливання протягом сезону) значною мірою зумовлює характер атмосферних опадів — їхній вид, кількість, частоту повторення, розподіл за місяцями, а також стійкість снігового покриву. Поряд з такими факторами, як вид ґрунту, гідрологічні та гідрогеологічні умови, на початок і закінчення осіннього і весняного бездоріжжя (на ґрунтових аеродромах), на інтенсивність вияву морозного здимання ґрунтів під час настання зими впливає температурний режим.

Температура повітря взимку часто змінюється. За додатних температур і відлиг, що виникають у зв'язку із цим, несуча здатність снігу знижується, унаслідок чого ущільнені снігові покриття на ґрунтових аеродромах можуть виходити з ладу. Взагалі, до виходу снігових покриттів з ладу призводить не загальна кількість відлиг, а відлиги з критичною тривалістю додатних температур, коли нульова температура проникає в снігове покриття на глибину не менше від 3 см.

Чималий вплив на організацію і способи зимового утримання аеродромів справляє вітровий режим місцевості. Це пов'язано з тим, що вітер є одним з головних метеорологічних факторів, що визначає характер сніжно-хуртовинних явищ і разом з рельєфом і рослинністю веде до снігонакопичення на аеродромах. Крім того, вітер певної сили заважає нормальній роботі деяких видів сніго- і льодоприбиральної техніки, а тому напрям і швидкість вітру потрібно враховувати в розробленні технологічних схем очищення елементів аеродромів.

Що стосується атмосферних опадів, то вони найбільше діють на організацію і методи утримання аеродромів за зимових умов. Випадання опадів змушує виконувати трудомісткі та дорогі роботи з їх

видалення із застосуванням спеціальних технічних засобів і матеріалів. Успіх цих робіт залежить від технічної озброєності аеродромної служби, від знання інженерним складом властивостей і метеорологічних особливостей утворення різних видів опадів, можливості правильно оцінювати оперативне становище та своєчасно приймати технічно виважені рішення.

20.3. Основні правила зимового утримання аеродромів зі штучним покриттям

Зимове утримання аеродромів зі штучними покриттями, як правило, здійснюється двома методами: очищенням від снігу та ущільненням снігу. Основним методом є очищення від снігу, яке застосовується на аеродромах класів А і Б, а також на аеродромах нижчих класів, що розташовані в районах з нестійкими від'ємними температурами в зимовий період. Цей метод забезпечує практично постійну готовність аеродрому до польотів протягом усього зимового періоду, але потребує значної кількості машин і механізмів для своєчасного очищення штучних покриттів.

Ущільнення снігу на штучних покриттях провадиться на аеродромах класів В, Г, Д і Е, розташованих в районах зі стійкими від'ємними температурами повітря. Цей спосіб вимагає меншої кількості машин і механізмів за рахунок збільшення часу на підготовку аеродрому та можливості застосування снігоущільнювальних механізмів, що мають більшу продуктивність порівняно зі снігоочисними машинами.

Зимове утримання аеродромів з покриттями провадиться з урахуванням основних вимог, які передбачають, що покриття твердих злітно-посадкових смуг (ТЗПС), руліжних доріжок (РД), перону і місць стоянок (МС) мають бути повністю та ретельно очищені від снігу та ожеледі. Прикінцеві смуги гальмування (ПСГ) очищують від снігу на половину стандартної їх довжини з кожного боку від торців ТЗПС. Ця довжина для аеродромів класів А, Б, В і Г становить 200 м, а для аеродромів класів Д і Е відповідно 125 і 25 м. Інша частина ПСГ утримується під шаром цілинного снігу, який у даному разі слугує для гальмування і зупинки повітряних суден у разі викочування їх за межі ТЗПС. Бічні смуги безпеки (БСБ) з кожного боку від кордонів ТЗПС очищують від снігу на ширину 25 м, а узбіччя РД, перону і МС — на ширину 10 м. Далі влаштовують

сполучення зі снігу з ухилом, що не перевищує 0,10. Сніг на смугах сполучення або на перехідних смугах не ущільнюється і повинен мати рівну й обтічну для сніго-вітрового потоку поверхню.

Для підвищення регулярності польотів повітряних суден у зимовий період на аеродромах, що мають штучні покриття на ЗПС, підготовлюються та утримуються запасні ґрунтові злітно-посадкові смуги (ГЗПС), які призначені для приймання та випускання повітряних суден у період очищення ТЗПС від снігу та ожеледі, а також для забезпечення польотів літаків за швидкості бічного вітру, що перевищує допустимі значення.

Для прискорення підготовки аеродрому до приймання та випускання повітряних суден, підвищення регулярності польотів і раціонального використання машин і механізмів усі роботи в зимовий період з очищення односмугових аеродромів від снігу розбиваються на три черги:

1) очищення ТЗПС, БСБ на ширину 10 м від кордонів ТЗПС, магістральних руліжних доріжок (МРД), основних сполучних РД з відкиданням валів роторними снігоочисниками, перону, вогнів (світильників) на межах ТЗПС та підготовка зон КРМ (курсовий радіомаяк) та ГРМ (глісадний радіомаяк);

2) підготовка запасної ГЗПС, очищення МС, інших сполучних РД, узбіч усіх РД на ширину 10 м і привокзальної площі;

3) очищення КСГ, БСБ до ширини 25 м, узбіч МС і перонів шириною 10 м із плануванням укосів, під’їзних шляхів до об’єктів радіозв’язку і внутрішньопортових доріг.

Очищення від снігу елементів аеродрому, що віднесені до першої черги, здійснюється методом патрулювання машин після початку снігопаду і має закінчуватися не пізніше ніж через годину після його припинення. Після закінчення робіт першої черги дозволяється відкривати аеродром для приймання та випускання повітряних суден.

Роботи другої черги починають відразу після закінчення робіт першої черги, після чого виконують роботи третьої черги.

Для аеродромів, що мають дві ТЗПС, до першої черги очищення від снігу належать ті самі площі, що й за наявності однієї ТЗПС. Очищення від снігу другої ТЗПС та площ, що належать до неї (БСП на ширину 10 м, зони КРМ та ГРМ, з’єднувальні РД) провадиться у другу чергу. Кількість машин і механізмів для зимового утримання

аеродромів з двома ЗПС береться така сама, що і для аеродромів з однією ЗПС, або збільшується з урахуванням площ РД і перону.

Терміни очищення ТЗПС від ожеледі встановлюються залежно від застосовуваного способу очищення і температури повітря. У разі теплового способу очищення покриттів ТЗПС від ожеледі воно має бути закінчене не більше ніж за 2 год після закінчення утворення ожеледі за температури повітря до –5 ºС і не більш ніж за 3 год після закінчення утворення ожеледі за температури повітря нижче від – 5 ºС. Застосування хімічного способу скорочує час очищення покриттів ТЗПС від ожеледі. Так, покриття ТЗПС за допомогою хімічних реагентів АНС і НКМ за температури повітря до – 5 ºС має бути очищене не більше ніж за 1,5 год, а за температури нижче від – 5 ºС — не більш ніж за 2,5 год із застосуванням комбінованого способу. Принцип дії останнього полягає в підплавленні ожеледі хімічними реагентами і видаленні її за допомогою теплових та вітрових машин.

Виконуючи снігоочисні роботи за великих снігових заметів, необхідно стежити за тим, щоб вогні заглибленого типу, посадкові вогні та інше світлотехнічне обладнання не було пошкоджене. Для запобігання пошкодженню вогнів місця їх розташування позначають знаками-орієнтирами, червоними прапорцями або ялинковими гілками, які встановлюють перед початком снігоприбиральних робіт на відстані, що забезпечує їх видимість на межі аеродромних покриттів, та знімають перед відкриттям польотів. Під час виконання льодоочисних та снігоочисних робіт у нічний час вогні мають бути ввімкнені. Рух снігоприбиральних машин і механізмів допускається на відстані не ближче ніж за 1 м від вогнів. При цьому сніг, що залишився навколо посадкових вогнів, прибирають машиною для очищення бічних вогнів або малогабаритним шнекороторним снігоочисником. Вогні світлосигнального обладнання аеродрому необхідно своєчасно і якісно очищувати від снігу, а якщо ні, то видимість їх з повітряного судна під час посадки вночі, а також удень за складних метеоумов буде знижена.

Злітно-посадкові операції під час снігопаду, а також до повного закінчення снігоочищення, як правило, мають провадитись не на ТЗПС, а на запасних ГЗПС.

20.4. Основні правила зимового утримання ґрунтових аеродромів

Ґрунтові аеродроми, призначені для експлуатації газотурбінних (Л-410, Як-40, Ан-24, Ан-12, Іл-18, Ту-134, Іл-76) та поршневих (Ан-2 і Іл-14) повітряних суден, у зимовий період часу можуть готуватися методом очищення або ущільнення снігу. Вибір способу підготовки та утримання ґрунтових аеродромів визначається залежно від експлуатованого типу повітряного судна та кліматичних умов району розташування аеродрому. Для повітряних суден Ан-2, Л-410, Як-40, Іл-14 та Ан-24 ґрунтові аеродроми в районах зі стійкими від'ємними температурами повітря і тривалими зимовими періодами підготовлюють методом ущільнення снігу, а в районах з нестійкими від'ємними температурами повітря і нетривалими зимовими періодами — методом очищення від снігу. Для повітряних суден Ту-134, Ан-12, Іл-18 та Іл-76 ґрунтові аеродроми, як правило, готують методом очищення від снігу, що дозволяє виконувати польоти за міцності ущільненого снігу нижче від необхідної для певного типу повітряного судна з утворенням колії допустимої глибини, коли товщина шару ущільненого снігу не перевищує 8 см. У деяких північних районах з великою кількістю днів з хуртовинами і поземками, щоб уникнути снігових заметів, ґрунтові аеродроми для експлуатації повітряних суден Ту-134, Ан-12, Іл-18 та Іл-76 можна готувати методом ущільнення снігу. Крім цього, даним методом готують ґрунтові аеродроми, на яких зазначені типи повітряних суден виконують епізодичні польоти. На ґрунтових аеродромах, що підготовлені методами очищення й ущільнення снігу, спочатку сніг укочуюється для створення ущільненого шару завтовшки 6…8 см, який призначений для вирівнювання мікронерівностей ґрунтової поверхні та для захисту дернового покриву від вимерзання, а також від пошкодження його під час роботи снігоочисної техніки. Після створення шару ущільнення дальше утримання провадиться методом очищення від снігу. Періодично (не менше від одного разу на два тижні) потрібно заміряти товщину ущільненого снігу, і в тих випадках, коли ця товщина буде менша за 6 см, замість очищення — ущільнення.

Підготовка елементів ґрунтового аеродрому до польотів у разі як ущільнення, так і очищення від снігу здійснюється в такій послідовності: ущільнення або прибирання снігу на ГЗПС і на полови-

ні стандартної довжини КПБ; улаштування сполучень ГЗПС з БСБ з ухилом не більше ніж 0,10 без ущільнення снігу; підготовка зон КРМ і ГРМ; ущільнення або прибирання снігу з перону, РД і МС; улаштування сполучень на межах перону, РД і МС з ухилом не більше ніж 0,10. Експлуатація різних типів повітряних суден на ґрунтових аеродромах, що готуються методом очищення або ущільнення снігу, допускається також за наявності на поверхні шару снігу, що щойно випав, завтовшки не більше від 5 см.

Початок зимової експлуатації ґрунтових аеродромів характеризується стійкими від'ємними температурами повітря і промерзанням верхніх шарів ґрунту. У тому разі, коли глибина промерзання недостатня для експлуатації певного типу повітряного судна, заміряється міцність ґрунту під шаром мерзлого ґрунту. Повторність замірів у кожній точці на глибину 10 і 30 см береться триразова, і показники встановлюються як середні арифметичні величини.

Міцність ущільненого снігу поділяється на експлуатаційну та мінімально допустиму, що дає змогу виконувати польоти повітряних суден з утворенням колій мінімальної глибини (практично відбитка протектора пневматика) і такої глибини, для ліквідації якої вистачає проведення незначних ремонтних робіт. Отже, в основу визначення експлуатаційної та мінімально допустимої міцності ущільненого снігу покладено критерії відновлення поверхні. За експлуатаційної міцності ущільненого снігу дозволяються регулярні польоти повітряних суден. За мінімально допустимої міцності ущільного снігу дозволяються тільки разові польоти повітряних суден, а глибина колії не має перевищувати 6 см.

Необхідна міцність ущільненого снігу для конкретного повітряного судна встановлюється у спеціальних льотних випробуваннях за допомогою вимірювань глибини колії від основних коліс повітряних суден і міцності ущільненого снігу в місцях цих вимірювань. Глибина колії вимірюється на початку розгону і в кінці пробігу повітряного судна, а також під час його руління за швидкості не більше ніж 10…20 км/год.

Рівність поверхні аеродрому з ущільненого снігу є другим основним показником, що впливає на умови експлуатації повітряних суден. У процесі зимової експлуатації виникають нерівності двох видів: мезо- та мікронерівності.

Мезонерівності — це хвилястість, западини і горби на ділянках до 40 м, які утворюються через хуртовини, поземки та недоброякісне виконання робіт під час підготовки аеродрому, а також від дії пневматиків повітряних суден.

Мікронерівності — це колії та вибоїни, що утворюються внаслідок експлуатації повітряних суден, а також снігові намети на ділянках довжиною до 3…5 м. Граничні значення мезо- і мікронерівностей установлені на основі дослідів у процесі експлуатації аеродромів, а надалі — вимірюваннями навантаження конструкції різних типів повітряних суден під час їх випробувань на ґрунтових аеродромах.

Контроль за рівністю поверхні грунтових аеродромів зводиться до виявлення мезонерівностей, величина яких перевищує гранично допустимі. При цьому припиняється експлуатація аеродрому повітряними суднами і виконуються ремонтні та планувальні роботи. Гранично допустимі мезонерівності мають такі значення:
$\Delta i_5 = 0{,}030$ із кроком вимірювання $a = 5$ м; $\Delta i_{10} = 0{,}022$ із кроком вимірювання $a = 10$ м; $\Delta i_{20} = 0{,}015$ із кроком вимірювання $a = 20$ м, де Δi [illegible],10,20 — алгебраїчна різниця суміжних сполучених ухилів профілю мезорельєфу.

Мікронерівності поверхні ущільненого снігу встановлюють візуально або після проїзду по ній автомобіля. Величина окремих нерівностей вимірюється за допомогою 3-метрової рейки. Висота цих нерівностей не має перевищувати 10 см. У разі більших значень поверхню ущільненого снігу ремонтують. Після ремонту мікронерівності не мають перевищувати 4 см після укладання на поверхню 3-метрової рейки.

20.4.1. Оцінка готовності аеродромів до польотів

Готовність аеродрому до польотів визначається умовами стану поверхні ТЗПС та інших його елементів (умови гальмування, наявність на поверхні шару снігу, сльоти та води, рівність покриттів). Передусім оцінюється стан поверхні ЗПС, від чого безпосередньо залежить безпека зльоту і посадки повітряних суден. Така оцінка полягає в порівнянні фактичного стану елементів аеродрому з чинними нормативними вимогами для експлуатації різних типів повітряних суден.

Коефіцієнт зчеплення, який характеризує умови гальмування, визначається за допомогою спеціальних машин або пристроїв [трайлер мю-метр (фірма «SES», Англія), деселерометр 1155-М, аеродромний гальмівний візок АТТ-2, Grip Tester GT-100 (фірма «Fiudlay Irvine»); скидометр BV-11; спецавтомобілі «Аеро», SFT 9000, ASFT Mk IV]. Визначення коефіцієнта зчеплення здійснюється за швидкостей 65…95 км/год на відстані 5…10 м від осі ТЗПС в обох напрямках.

Значення коефіцієнта зчеплення, визначеного за допомогою АТТ-2 для різних умов покриття ЗПС, наведені в табл. 20.1. Як видно з таблиці, значення величин коефіцієнта зчеплення, виміряних у різних країнах за допомогою різних технічних засобів, для стану поверхні з певною характеристикою кількісно ідентичні; крім того, спостерігається послідовне зниження значень коефіцієнта зчеплення з погіршенням гальмівних якостей покриття.

Таблиця 20.1

Значення коефіцієнта зчеплення, визначеного за допомогою АТТ-2 для різних умов покриття ЗПС

Стан поверхні покриття	Засоби вимірювання коефіцієнта зчеплення			Стандартчинний у Канаді	Вимірювання за допомогою АТТ-2
	високого тиску	низького тиску	високої прохідності		
Цементобетон сухий	—	—	—	0,8 і більше	0,8 і більше
Цементобетон, шар води 0,25…0,75	—	—	—	0,4…0,55	—
Асфальтобетон сухий	0,5…0,7	0,7…0,8 (1)	0,7…0,8 (1)	—	0,6…0,9
Асфальтобетон, шар води менше від 0,25 мм	—	—	—	0,6…0,7	—
Асфальтобетон, шар води 0,25…0,75 мм	0,35…0,45	0,45…0,55	0,5…0,6	0,3…0,6	0,45…0,65
Асфальтобетон, шар води 0,75…2,5 мм	—	—	—	0,28…0,3	—
Ущільнений сніг і лід, покриті піском	—	—	—	0,4	0,35…0,4

Закінчення табл. 20.1

Стан поверхні покриття	Засоби вимірювання коефіцієнта зчеплення			Стандарт, чинний у Канаді	Вимірювання за допомогою АТТ-2
	високого тиску	низького тиску	високої прохідності		
Ущільнений сніг за температури вище від –15 °С	0,15 …0,2	0,2…0,25	0,3…0,5	0,2…0,25	0,2…0,3
Ущільнений сніг за температури нижче від –15 °С	—	—	—	0,4…0,5	0,4
Лід за температури вище від –10 °С	0,1… 0,2	0,08… 0,15	0,1…0,2	0,1…0,2	0,12…0,18
Лід, що тане	—	—	—	0,05…0,1	0,06…0,08
Шар води більше від 2,5 мм	—	—	—	0,05	—

Початок зимової експлуатації ґрунтових аеродромів характеризується стійкими від'ємними температурами повітря і промерзанням верхніх шарів ґрунту. У разі коли глибина промерзання ґрунту недостатня для експлуатації певного типу повітряного судна, заміряється міцність ґрунту під шаром мерзлого ґрунту. У різі коли міцність ґрунту дорівнює наведеній у табл. 20.2, допускаються зльоти та посадки певного типу повітряного судна на ґрунтових аеродромах з недостатнім шаром промерзлого ґрунту.

Таблиця 20.2

Допустимі типи повітряних суден на ґрунтових аеродромах з недостатнім шаром промерзлого ґрунту

Тип повітряного судна	Маса повітряного судна, т	Допустима міцність ґрунту, кгс/см^2	Міцність ущільненого снігу, кгс/см^2	
			експлуатаційна	мінімально допустима
Ан-2	5,25	2,5	4,0	3,0
Л-410	5,7	5,2	5,0	4,0
Як-40	14,6	4,0	7,0	4,0
Іл-14	17,5	5,2	6,0	5,0
Ан-24	21,0	7,5	7,0	5,0
Ту-134	45,0	7,5		
Ан-12	61,0	7,5	9,0	7,0
Іл-18	61,0	9,0	9,0	7,0
Іл-76Т	170,0	8,0	9,0	7,0

20.4.2. Засоби механізації для виконання робіт у зимовий період

Різноманітність робіт, пов'язаних з зимовим утриманням аеродромних покриттів, передбачає наявність широкого спектра типів авіаційної наземної техніки. Для очищення штучних покриттів і ґрунтових елементів аеродромів від снігу застосовують як спеціальні снігоприбиральні машини (плужно-щіткові, плужні і роторні снігоочисники, вітрові і теплові машини, снігонавантажувачі, малогабаритні снігоочисники), так і дорожні машини загального призначення (трактори, автогрейдери, причіпні грейдери, бульдозери).

Сьогодні існує значна кількість як всесвітньо відомих, так і маловідомих, але достатньо перспективних фірм — виробників наземної техніки для зимового утримання аеродромів.

Слід зауважити, що однозначно оцінити переваги чи недоліки техніко-економічних показників певних типів сучасних машин неможливо, оскільки кожний з аеродромів має свої особливості і власні, відмінні від інших, умови використання техніки.

Снігонавантажувачі призначені для навантаження снігу з закритих територій аеропортів та виконують роботу з вивезення його на звалища автомобілями-самоскидами. Крім того, деякі спецмашини даного типу можна застосовувати для навантаження різних сипких матеріалів, що використовуються під час експлуатаційного утримання дорожніх покриттів.

Снігонавантажувачі змонтовані на спеціальних шасі, виготовлених з вузлів і агрегатів автомобілів, або на шасі автомобілів, конструкцію яких видозмінюють, забезпечуючи розміщення спеціального обладнання — механізмів приводу робочих органів, конвеєра, гідросистеми і системи управління. Привід робочих органів усіх типів снігонавантажувачів здійснюється від двигуна шасі.

Малогабаритні плужно-щіткові снігоочисники використовуються в аеропортах для видалення снігу з малорозмірних у плані й обмежених ділянок аеродромних і дорожніх покриттів (на перонах і МС під літаками, на тротуарах тощо).

Роторні снігоочисники призначені для очищення аеродромних і дорожніх покриттів від снігу способом його перекидання в бік від очищених ділянок покриттів.

Роторні снігоочисники, змонтовані на автомобільному, тракторному або спеціальному шасі, характеризуються великою різноманітністю принципових схем робочих органів і конструктивного

оформлення. Так, за принципом дії робочого органу роторні снігоочисники поділяються на дві групи:

а) снігоочисники, в яких захват снігу і його перекидання здійснюється одним механізмом;

б) снігоочисники, забезпечені окремими механізмами, що служать для захвату і кидання снігу.

Сколювачі-спушувачі ущільненого снігу призначені для видалення ущільненого снігу з асфальтобетонних і цементнобетонних дорожніх покриттів. Крім того, ці машини можна використовувати для сколювання льоду з порушеною хімічними матеріалами структурою і послабленими силами змерзання.

Теплові машини різняться видами конструкцій, переважно конструктивним оформленням, але мають загальну принципову схему роботи. Усі вони за робочий орган мають турбореактивний або турбогвинтовий двигун, установлений на автомобільному шасі або спеціальному візку. Для відповідного формування і скерування гарячих відпрацьованих газів двигуни обладнують спеціальними насадками.

Універсальними (комбінованими, спеціальними) називають машини, в яких базове шасі обладнане кількома робочими органами навісного і причепного вигляду, призначеними для виконання операцій з утримання аеродромних і дорожніх покриттів у літній і зимовий періоди.

Доцільність використання універсальних прибиральних машин обумовлена тим, що роботи з утримання аеродромів і автомобільних доріг мають чітко визначений сезонний характер. Машини, використовувані для виконання технологічних операцій узимку, не можуь бути використані влітку, і навпаки; технологічний процес може бути побудований так, що прибиральні операції будуть розподілені в часі і здійснюватимуться одна за одною. При цьому зазначимо, що на деяких аеродромах ще експлуатуються машини старого типу, обладнані комплектом удосконалених пристроїв для роботи в зимовий період.

20.5. Технологія роботи з очищення аеродромів від снігу

Видалення снігу зі штучних покриттів та ґрунтових ділянок аеродромів провадиться комплектами машин, здатних у конкретних умовах виконати весь комплекс снігоочисних робіт. Залежно від

характеру виконуваних робіт комплект може складатися з машин одного типу чи кількох різних типів. Він може також вміщувати один або кілька загонів машин (загін — це група машин, яка забезпечує виконання одного виду робіт, наприклад, згрібання або підмітання снігу і т. ін.).

Особливість очищення покриттів комплектами машин полягає в тому, що кожна машина (чи загін машин), яка входить до комплекту, виконує визначену, властиву тільки їй, технологічну операцію, готуючи в такий спосіб необхідні умови для виконання наступної операції іншою машиною (загоном машин). Робота при цьому має вестися за однакової для всіх машин комплекту робочої швидкості. Звідси випливає головний висновок: вибирати машини і механізми, які включаються до комплектів, необхідно на основі взаємної відповідності їх технічним характеристикам — продуктивності, робочої швидкості, ширини захвату і дальності відкидання снігу, не допускаючи об'єднання в комплектах машин різного технічного рівня (різних поколінь). Той факт, що в аеропортах вельми часто застосовуються комплекти снігоприбиральної техніки, які вміщують машини різних поколінь, слід розглядати як вимушене явище, пов'язане з браком коштів на придбання необхідних видів техніки.

Існують певні технологічні особливості очищення різних елементів аеродромів від снігу з застосуванням комплектів машин, наявних у даний час в аеропортах. У разі використання комплектів, які складаються зі звичайних плужно-щіткових машин і роторних снігоочисників старого зразка, очищення ТЗПС від свіжого сухого снігу має проводитися за такими технологічними схемами, що враховують силу бічного вітру $\omega_{біч}$:

а) за бічного вітру до 3 м/с сніг переміщується плужно-щітковими снігоочисниками від осі ТЗПС до узбіччя. Рух машин виконується за кільцевою схемою (рис. 20.1, *а*);

б) за бічного вітру від 3 до 5 м/с сніг переміщують з двох нерівних частин ТЗПС: з більшої частини, ширина якої дорівнює 2/3 ширини ТЗПС, у напрямку вітру, і з меншої частини, яка дорівнює 1/3 ширини ТЗПС, — проти вітру. Рух машин виконується за комбінованою схемою, яка зображена на (рис. 20.1, *б*);

в) за бічного вітру більше ніж 5 м/с сніг зміщують тільки в напрямку вітру починаючи від узбіччя, протилежного викладанню снігу. Рух машин здійснюється за човниковою схемою (рис. 20.1, *в*).

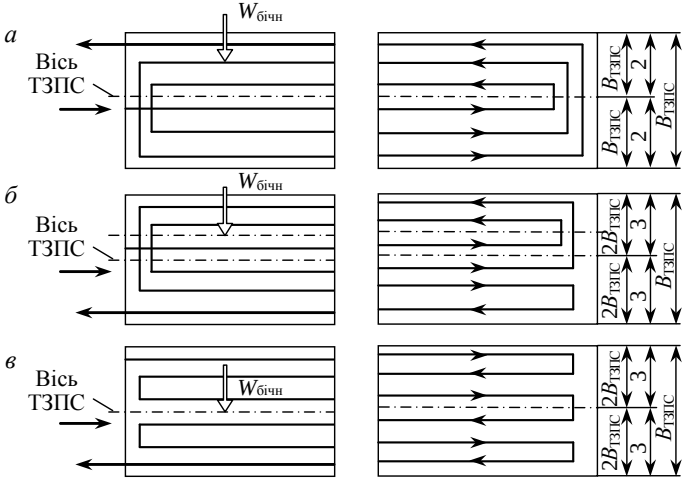


Рис. 20.1. Схеми руху плужно-щіткових снігоочисників для очищення ТЗПС від свіжого сухого снігу:
а — за бічного вітру до 3 м/с; *б* — те саме, від 3 до 5 м/с;
в — те саме, більше ніж 5 м/с

За цими схемами роботи слід вести незалежно від тривалості та інтенсивності снігопаду і незалежно від температури повітря.

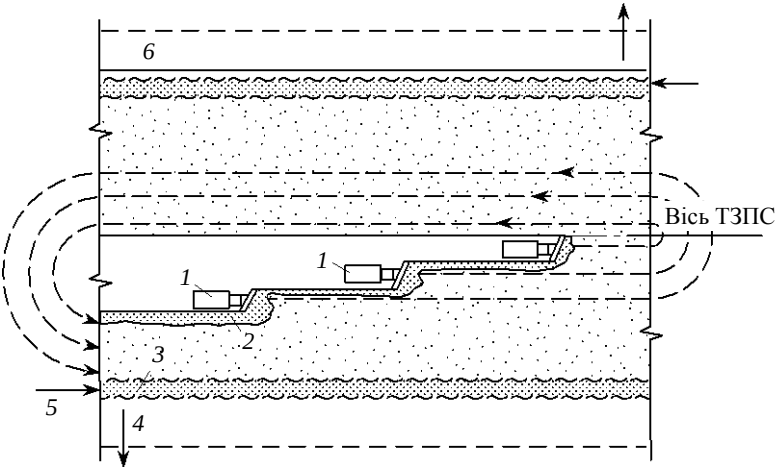
Видалення снігу з ТЗПС має починатися, як правило, з початком снігопаду і вестися з максимальним використанням проміжків часу між зльотами і посадками літаків, якщо їх тривалість дозволяє вести роботи. При цьому снігоочисники працюють протягом усього снігопаду (метод патрульного снігоочищення) і після його припинення доти, доки весь сніг не буде видалено з покриттів. На очищення ТЗПС після закінчення снігопаду відводиться чітко обмежений директивний час.

Для патрульного снігоочищення кількість плужно-щіткових снігоочисників у загоні рекомендується брати таким, щоб забезпечити одноразове очищення ТЗПС по всій її площі:

♦ чотири робочих проходи загону машин (два проходи в одному напрямку і два у зворотному) у разі роботи за схемами, зображеними на рис. 20.1, *а*, *в*;

♦ за три робочих проходи загону машин (два проходи в одному напрямку і один у зворотному) у разі роботи за схемою, зображеною на рис. 20.1, *б*.

З метою прискорення робіт сніг прибирають загоном снігоочисників. У загоні машини розташовують пеленгом (уступом) з відстанню між сусідніми машинами в напрямку руху не менше ніж 30…35 м (рис. 20.2). Суміжні проходи снігоочисників мають перекриватися на 0,3…0,4 м. На початку снігопаду за товщини снігу на покритті до 2…3 см снігоочисники прибирають сніг тільки щітками, а відтак зі збільшенням товщини снігу починають працювати плуги (за безперервної роботи щіток).



де $F_{\text{ТПЗС}}$ — площа ТЗПС, м^2; $i_{\text{с}}$ — інтенсивність снігопадів, які найчастіше спостерігаються за зимовий період, см/год; b — ширина захвату машини (з урахуванням перекриття суміжних проходів), м; υ — середня робоча швидкість плужно-щіткового снігоочисника, 15000 м/год; $h_{\max}$ — гранична товщина шару снігу на ТЗПС, за якої ще дозволяється виконувати посадки та злети літаків, см; $K_{\text{ч}}$ — коефіцієнт використання машин у часі (для плужно-щіткових снігоочисників він дорівнює 0,95).

У разі коли очищення ТЗПС від снігу необхідно розпочати після закінчення снігопаду, тобто за наявності на покритті шару снігу, що випав, роботи виконують *методом об'ємного снігоочищення.* Їхня особливість полягає в тому, що за значної товщини снігу (більше ніж 8 см) плужно-щіткові снігоочисники, які входять до комплекту, поділяються на два загони: перший з них зсуває сніг плугами, а другий, який рухається слідом, підмітає залишки снігу щітками. Роботи плугами можуть тривати доти, доки машини не починають відчувати надмірний опір руху з боку, де збираються вали снігу. Залежно від товщини шару снігу і його щільності гранична ширина очищення ТЗПС плужно-щітковими машинами може бути визначена за формулою

$$b_{\max} = \frac{m \cdot Q_{\max}}{10 \cdot \rho \cdot h},$$

де m — коефіцієнт, що враховує схему руху машин (за кільцевої схеми $m = 2$, за човникової — $m = 1$); $Q_{\max}$ — гранична маса 1 м валу снігу, зрушуваного машиною, кг (для снігоочисників старого зразка на базовому шасі ЗІЛ-130 і ГАЗ-53А величина $Q_{\max}$ береться рівною відповідно 300 і 200 кг); 10 — перехідний коефіцієнт до необхідної розмірності; ρ — щільність снігу, що випав, г/см^3; h — товщина снігу, що випав, см.

У разі коли величина $b_{\max}$ виявляється меншою від ширини злітно-посадкової смуги, снігові вали формуються в межах площі ТЗПС і розміщуються на відстані 0,5 $B_{\text{ТЗПС}} - b_{\max}$ від бічної кромки покриття, для кільцевої і човникової схем очищення $B_{\text{ТЗПС}} - b_{\max}$. Такі вали снігу необхідно без зволікання видаляти роторними снігоочисниками, після чого робота плужно-щіткових машин має бути продовжена. Для очищення покриття після вида-

лення сніжного валу слідом за роторним снігоочисником треба пускати плужно-щітковий снігоочисник, який працює плугом і щіткою.

Слід мати на увазі, що під час видалення валів снігу, які утворюються в межах площі ТЗПС, роторні снігоочисники не завжди здатні відкинути сніг за межі очищуваної смуги з першого разу. Це трапляється, коли відстань відкидання снігу роторним снігоочисником $l_{\text{від}}$ виявляється меншою від величини 0,5 $B_{\text{ТЗПС}} + 2B_0 - b_{\max}$ за кільцевої схеми очищення і від величини $B_{\text{ТЗПС}} + B_0 - b_{\max}$ за човникової схеми, де B_0 — ширина ґрунтового узбіччя очищуваної ТЗПС. У таких випадках роторним снігоочисникам доводиться повторно відкидати сніг.

Очищення РД від свіжого сухого снігу плужно-щітковими снігоочисниками рекомендується провадити:

а) за бічного вітру до 5 м/с для кільцевої схеми (див. рис. 20.1, *а*);

б) за бічного вітру більше ніж 5 м/с для човникової схеми (див. рис. 20.1, *в*).

У разі випадання вологого та мокрого снігу очищення покриттів ТЗПС і РД снігоочисниками має виконуватись незалежно від сили бічного вітру за кільцевою схемою (див. рис. 20.1, *а*). При цьому мокрий сніг видаляють одними лише плужно-щітковими снігоочисниками (за одночасної роботи щітками і плугами) способом зміщення напіврідкої маси опадів за бічні кромки покриттів.

Для очищення ТЗПС і РД від снігу інколи застосовують *вітрові машини*. Найбільший ефект від використання вітрових машин досягається в разі очищення покриття від сухого свіжого снігу за температури повітря від –10 ºС і від мокрого снігу за температури повітря близької до –10 ºС. У діапазоні температур від – 2 до – 7 ºС застосовувати вітрові машини не дозволяється через небезпеку виникнення ожеледі. Варто наголосити, що експлуатація вітрових машин приводить до великих витрат палива, але їх використання виправдане для патрульного снігоочищення, яке можна виконувати лише однією машиною. У разі об’ємного снігоочищення (на ТЗПС) роботи можна вести як однією машиною, так і загоном, який складається з двох-трьох машин.

Видалення снігу з ТЗПС вітровими машинами виконують незалежно від тривалості снігопаду за такими технологічними схемами:

а) за бічного вітру до 3 м/с сніг очищується від осі ТЗПС до узбіччя. Коли працює одна машина, її рух організовується за схемою, зображеною на рис. 20.3, *а*. Коли працюють дві і більше машин, вони рухаються за схемою, зображеною на рис. 20.3, *б*, на відстані між сусідніми машинами не менше ніж 30…35 м;

б) за бічного вітру більше ніж 3 м/с сніг очищується в напрямі вітру від одного узбіччя ТЗПС до іншого. При цьому застосовується човникова схема руху машин з робочими проходами в одному напрямку і холостими у зворотному. Перший прохід машини має виконуватись по узбіччю ТЗПС на відстані $\Delta b = 6...8$ м від кромки покриття, а наступні — з урахуванням перекриття глибин впливу газоповітряних струменів, як це зображено на рис. 20.3, *б*.

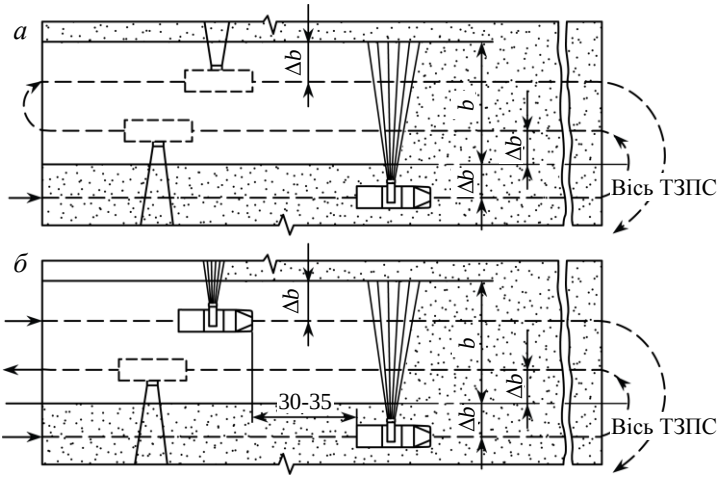


Рис. 20.3. Схеми руху вітрових машин під час очищення ТЗПС від снігу (за бічного вітру до 3 м/с): *а* — коли працює одніа машина; *б* — коли працюють дві і більше машин; b — ширина очищення покриття газовим струменем машини (ширина захвату); Δb — відстань від осі руху машини до початку захвату покриття газовим струменем (береться рівним 6…8 м залежно від кута нахилу авіадвигуна)

Схеми руху вітрових машин під час очищення РД залежать від наявності бічного вітру, а також від товщини і виду снігових опадів, які впливають на продуктивність і ширину захвату машини.

Коли товщина сухого свіжого снігу, що випав, до 2 см, вітрові машини очищують РД зазвичай за один прохід, рухаючись по узбіччю на відстані $\Delta b = 6...8$ м від межі покриття.

Для видалення снігу з покриттів перонів і МС застосовують переважно звичайні плужно-щіткові машини і роторні снігоочисники.

Для боротьби зі сніговими заметами на аеродромах вживають дві групи спеціальних експлуатаційних заходів, як і для очищення доріг:

І група — заходи, спрямовані на поліпшення умов продувності поверхні робочих елементів аеродрому (ТЗПС, ГЗПС, РД, МС, перону, майданчиків спеціального призначення);

ІІ група — заходи, спрямовані на затримання і складання снігу, що переноситься хуртовиною, за межами робочих елементів аеродрому (на підступах до них).

20.6. Зміст проекту організації та технології робіт із зимового утримання аеродромів

Своєчасна та якісна підготовка аеродромів до польотів у зимовий час може бути забезпечена лише в разі правильно організованої роботи аеродромної служби — починаючи з підготовчих заходів у літньо-осінній період і закінчуючи основними роботами з боротьби зі снігом та ожеледдю взимку. Організація робіт із зимового утримання аеродромів передбачає: ведення робіт за заздалегідь складеним і затвердженим проектом організації й технології робіт; застосування найбільш прогресивних технологічних методів і впровадження досвіду передових підприємств; максимальне використання комплексної механізації робіт; своєчасне постачання матеріалів і раціональну організацію складського господарства; чітку взаємодію служб аеропорту під час проведення робіт; усіляке поліпшення організації праці робітничих бригад та інженерно-технічного персоналу.

Проект організації й технології робіт із зимового утримання аеродрому — це комплексний технічний документ, в якому на основі розрахунків і чинних нормативних положень визначені послідовність, методи та засоби підготовки аеродрому до польотів за умов випадання різних видів зимових опадів. До складу проекту входять: календарний план (або сітковий графік) підготовки аеродрому до зимової експлуатації; план зимового утриманя аеродрому; альбом технологічних карт (на аеродромні сніго- та льодоприбиральні роботи); план зимового утримання під’їзних і внутрішньоаеродромних доріг і площ; інструкція з техніки безпеки; мобілізаційний план заходів щодо боротьби зі стихійними лихами в зимовий період; пояснювальна записка до проекту.

Проект організації й технології робіт із зимового утримання аеродрому складається аеродромною службою, погоджується з усіма службами, з якими взаємодіє аеродромна служба в процесі підготовки аеродрому до польотів, і затверджується керівником аеропорту.

Календарний план підготовки аеродрому до зимової експлуатації входить по переліку виконуваних робіт. У ньому мають бути відображені обсяги запланованих робіт, терміни їх початку та закінчення, потреба в засобах механізації та робочій силі, а також зазначені посадові особи аеродромної служби, відповідальні за виконання робіт. Календарні строки підготовчих робіт (за кожним видом) планують з урахуванням місцевих природно-кліматичних умов, але з таким розрахунком, щоб виконання робіт повністю завершувалось до найбільш раннього строку настання зимового експлуатаційного сезону.

У великих аеропортах, що мають значні обсяги і складність аеродромно-експлуатаційних робіт, підготовку аеродромів до зимової експлуатації доцільно планувати на основі складання спеціальних сіткових графіків.

План зимового утримання аеродрому розробляється з метою унаочнення того, на яких ділянках аеродрому, в якій послідовності і які саме мають здійснюватись інженерно-технічні заходи щодо підготовки аеродрому до польотів у разі випадання опадів. Це — креслення, до складу яких входять: схема черговості очищення елементів аеродрому від снігу (рис. 20.4); схема черговості очищення аеродромних покриттів від ожеледі; умовні позначення; відомість «Обсяги робіт»; примітки.

Альбом технологічних карт (АТК) є найбільш важливим із проектних документів, що регламентує організацію й технологію аеродромних сніго- та льодоочисних робіт I черги. До складу АТК входять:

- ✓ титульний аркуш, де подана повна офіційна назва аеропорту-виконавця, назва АТК («Альбом технологічних карт на аеродромні сніго- та льодоочисні роботи I черги»), строк чинності, місце й рік складання АТК, а також зазначені посади і прізвища осіб, що склали, узгодили й затвердили АТК;
- ✓ схеми ділянок аеродрому з зазначенням черговості сніго- та льдоочищення;
- ✓ відомість наявної в аеропорту сніго- та льдоочисної техніки, в якій наводяться найменування й марки машин і механізмів з зазначенням їх призначення й основних технічних характеристик;

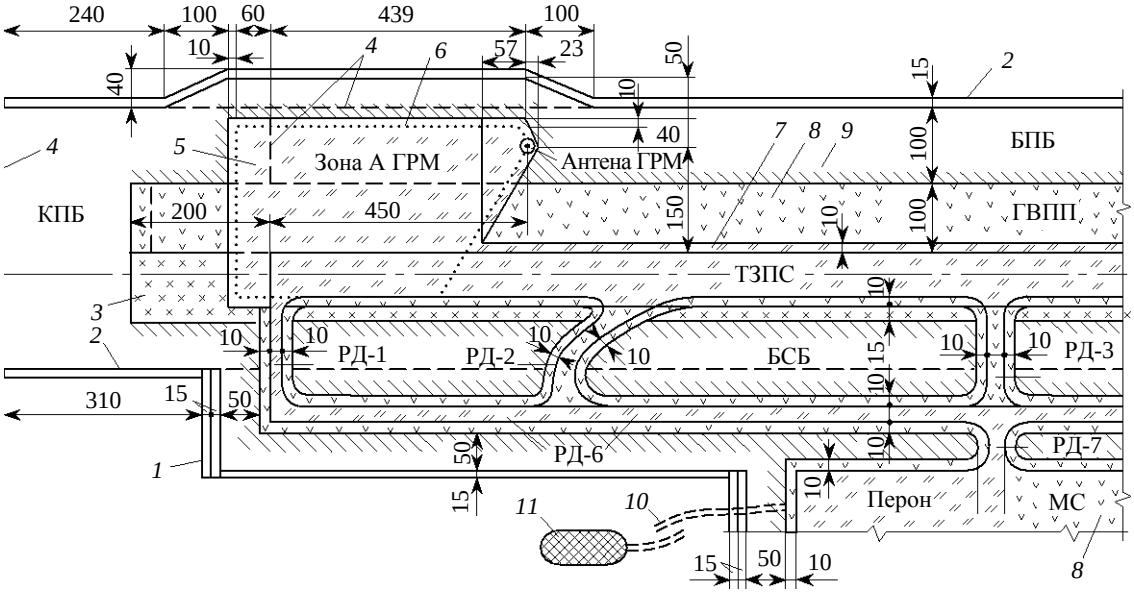


Рис. 20.4. Схема черговості очищення елементів аеродрому від снігу та розміщення засобів снігозахисту (аеродром класу А, обладнаний системою посадки II категорії):
1 — траншейний снігозахист (три снігові траншеї); *2* — траншейний снігозахист (дві снігові траншеї); *3* — работи III черги; *4* — межі ґрунтових елементів аеродрому; *5* — межі робіт I черги; *6* — межі зон ГРМ та КРМ; *7* — межі зон штучних аеродромних покриттів; *8* — межі робіт II черги; *9* — місця сполучення снігу; *10* — тимчасова зимова дорога; *11* — снігозвалище

✓ технологічні карти на всі найбільш характерні для даного аеропорту випадки здійснення аеродромних сніго- та льдоочисних робіт;

✓ добовий погодинний графік «технологічних вікон» для виконання сніго- та льдоочисних робіт на ТЗПС методом патрулювання;

✓ схема організації взаємодії служб аеропорту під час проведення сніго- та льдоочисних робіт.

Відповідальність за виконання сніго- та льдоочисних робіт згідно з АТК покладається на начальника аеродромної служби.

План зимового утримання під'їзних і внутрішньоаеропортових доріг і площ розробляється у вигляді схеми службово-технічної території аеропорту з зазначеними на ній автомобільними дорогами (головним під'їздом до аеропорту, допоміжними під'їзними, основними й допоміжними внутрішньоаеропортовими), під'їзними залізничними коліями, а також привокзальною площею, складськими дворами, різними технологічними майданчиками й пішохідними доріжками. На схемі необхідно навести короткі відомості стосовно до технології й послідовністі проведення робіт на дорогах і площах, задіяної техніки, норм витрати матеріалів (абразивних, хімічних), обсягів і термінів виконання робіт та ін.

Інструкція з техніки безпеки складається у вигляді переліку стисло сформульованих правил, додержання яких має: запобігати нещасним випадкам і заподіянню шкоди здоров'ю людей, зайнятих на зимових аеродромно-дорожніх експлуатаційних роботах; гарантувати безпеку руху літаків (якщо аеродромні роботи ведуться без припинення польотів); усувати передумови виходу з ладу аеродромно-дорожньої техніки; забезпечувати охорону споруджень і технічного устаткування аеродрому й доріг. Положення інструкції мають охоплювати всі види робіт — основні, що виконуються на аеродромі та дорогах, і допоміжні, що виконуються на базі аеродромної служби.

Мобілізаційний план заходів щодо боротьби зі стихійними лихами в зимовий період — це документ, що передбачає оперативне залучення служб аеропорту, сусідніх підприємств і організацій до робіт з усунення наслідків стихійних лих, що виводять аеропорт із ладу. До таких стихійних лих належать особливо сильні снігопади й хуртовини, супроводжувані утворенням великих обсягів снігонакопичень на аеродромі й дорогах, а також інтенсивне і тривале

відкладення ожеледі, які призводять до припинення руху транспорту, обриву проводів, ламання дерев і т. ін. У зв'язку із внесенням до мобілізаційного плану підприємств і організацій, що не підпорядковуються аеропорту, розглянутий план підлягає узгодженню з міськими органами.

Пояснювальна записка до проекту організації й технології робіт із зимового утримання аеродрому складається з таких розділів: характеристика природно-кліматичних умов району розташування аеропорту до зимового сезону; розрахунок засобів механізації для виконання сніго- та льодоочисних робіт (приблизна достатність або недостатність наявної в аеропорту кількості машин і механізмів); розрахунок необхідної кількості протиожеледних хімічних реагентів, абразивних матеріалів і палива для сніго- та льодоочисної техніки; організація складського господарства; розроблення технологічних карт (з розрахунком часу роботи за кожною технологічною картою); обґрунтування заходів щодо захисту аеродрому й доріг від сніжних заметів (з розрахунком обсягів хуртовинного снігопереносу); економічна частина проекту.

В економічній частині проекту потрібно наводити: розрахунок витрат на зимове утримання аеродрому й доріг з найменуванням запланованих робіт з усіх видів, фактичними обсягами, цінами за одиницю об'єму й загальну вартість; калькуляції вартості матеріалів; відомості потреби в робочій силі, матеріалах і засобах механізації; допоміжні розрахунки, довідки й інші документи, що підтверджують заплановані обсяги робіт і їхню вартість.

20.7. Розрахунок засобів механізації для зимового утримання аеродромів

Потребу в сніго- та льодоприбиральній техніці для зимового утримання аеродрому можна розрахувати виходячи з обсягу робіт першої черги, продуктивності засобів механізації й директивного часу, що надається на виконання зазначених робіт. При цьому передбачається, що виконання робіт, що належать до наступних черг (другої і третьої), забезпечується тією самою кількістю машин і механізмів, що й у виконанні робіт першої черги. Наведемо методику розрахунку (для основних засобів механізації) щодо аеродрому зі штучними покриттями, що утримується в зимовий період методом очищення від снігу.

Необхідна для утримання аеродрому кількість плужно-щіткових снігоочисників має визначатися з умови, відповідно до якої протягом директивного часу після припинення снігопаду машина встигає повністю обробити покриття основної ТЗПС, основних РД і перону. При цьому передбачається під час снігопаду патрульне снігоочищення. Відповідно до зазначеної умови кількість швидкісних плужно-щітко-пневматичних снігоочисників $N_{\text{ПЩС}}$ для виконання робіт на ТЗПС і РД установлюють за формулою

$$N_{\text{ПЩС}} = \frac{F_{\text{ТЗПС}} + F_{\text{РД}}}{b \cdot V \cdot T_1 \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}}\ , \qquad (20.1)$$

де $F_{\text{ТЗПС}}$ та $F_{\text{РД}}$ — площі основної ТЗПС і основних РД відповідно (під основними розуміють РД, що з'єднують перон з кінцевими ділянками основної ТЗПС), м^2; b — розрахункова ширина захвату машини, м; V — розрахункова робоча швидкість машини, м/год; T_1 — директивний час, відведений на снігоочисні роботи першої черги, год; $K_{\text{в}}$— коефіцієнт використання машини в часі (0,8); $K_{\text{т}}$ — коефіцієнт техничної готовності машин (для всіх видів сніго- та льодоприбиральної техніки, що використовується на аеродромах, $K_{\text{т}} = 0{,}8$).

Кількість звичайних автомобільних плужно-щіткових снігоочисників типу ПМ-130 обчислюється за формулами:

а) якщо в аеропорту є машини старого зразка типу ДЕ-7:

$$N_{\text{ПЩС}} = \frac{F_{\text{п}}}{b \cdot V \cdot T_1 \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}}\ . \qquad (20.2)$$

б) якщо машин типу ДЕ-7 немає:

$$N_{\text{ПЩС}} = \frac{F_{\text{ТЗПС}} + F_{\text{РД}} + F_{\text{п}}}{b \cdot V \cdot T_1 \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}}\ , \qquad (20.3)$$

де $F_{\text{п}}$ – площа перону, м^2; $K_B = 0{,}95$.

В установлену за формулами (20.2) і (20.3) кількість снігоочисників мають бути включені піскорозкидувачі й поливально-мийні машини, що мають плужно-щіткове обладнання.

Кількість роторних снігоочисників $N_{\text{РС}}$ знаходять виходячи з умови їхньої роботи частково під час патрульного снігоочищення (на ТЗПС) і протягом усього директивного часу після закінчення снігопаду:

$$N_{\text{РС}} = \frac{\rho \cdot h_{\text{с}}}{\Pi_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}} \left(\frac{L_{\text{ТЗПС}} \cdot B_{\text{ТЗПС}}}{t_{\text{патр}} + T_1} + \frac{2L_{\text{ТЗПС}} \cdot B_0 + F_{\text{РД}} + k_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}}}{T_1} \right), \quad (20.4)$$

де ρ — середня щільність сухого свіжого снігу, що випав (0,1 т/м^3); $h_{\text{с}}$ — розрахункова висота сухого снігу, що випадає за один снігопад (що найчастіше спостерігається за зимовий період), м; $L_{\text{ТЗПС}}$ та $B_{\text{ТЗПС}}$ — відповідно довжина й ширина основної ТЗПС, м; B_0 — ширина узбіч ТЗПС, що їх очищують у першу чергу (10 м); $k_{\text{п}}$ — коефіцієнт повторної переробки снігу роторним снігоочисником під час очищення перону; $\Pi_{\text{т}}$ — технічна продуктивність роторного снігоочисника, т/год; $t_{\text{патр}}$ — розрахунковий час роботи роторних снігоочисників у період патрульного снігоочищення (орієнтовно може братися рівним половині тривалості снігопаду), год; $K_{\text{в}}$ — коефіцієнт використання часу, рівний 0,7.

Коли немає даних про розрахункову висоту снігу, що випадає за один снігопад, замість величини $h_{\text{с}}$ у формулу (20.4) можна підставляти розрахункову товщину добового снігопаду H виходячи з передумови, що добова кількість снігу може випасти протягом одного снігопаду. Розрахункова тривалість такого сонігопаду зазвичай береться рівною 3 год, тому можна призначати $t_{\text{патр}} = 1{,}5$ год.

Кількість автогрейдерів $N_{\text{АГ}}$ визначається з умови використання їх для очищення від снігу узбіч основної ТЗПС зон А, А’ і Б ГРМ і зон А, Б і Г КРМ:

$$N_{\text{АГ}} = \frac{2L_{\text{ТЗПС}} \cdot B_0 + F_{\text{ГРМ}} + F_{\text{КРМ}}}{b \cdot V \cdot T_1 \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{Т}}}, \quad (20.5)$$

де $F_{\text{ГРМ}}$ — очищувана від снігу площа зон ГРМ без урахування ділянок, що перекривають ТЗПС і її узбіч завширшки 10 м, м^2; $F_{\text{КРМ}}$ — площа зон КРМ, що очищується від снігу, м^2; $B_0 = 10$ м; $b = 2{,}3$ м для легких автогрейдерів та $b = 3$ м для середніх і важких автогрейдерів; $V = 10000$ м/год.

Уведені в розрахунок величини $F_{\text{ГРМ}}$ та $F_{\text{КРМ}}$ варто визначати з урахуванням розширення меж відповідних зон на 10 м усіх зовнішніх боків. У формулу (20.5) треба підставляти площі зон А, А’ і Б ГРМ і зон А, Б і Г КРМ одного робочого курсу ТЗПС.

Очищення від снігу певної зони ГРМ і КРМ стає малоймовірним, якщо задовольняється умова

$$h_{\max} \le 4h_{\text{пр}},$$

де $h_{\max}$ — максимальна багаторічна кількість сніжних опадів, що випадають у даній місцевості за зимовий період, мм; $h_{\text{пр}}$ — максимально припустима висота снігу в зоні, см.

У цьому разі зону можна утримувати лише через ущільнення снігу, а відповідні величини площ ГРМ або КРМ у формулі (20.5) мають дорівнювати нулю.

Кількість гладилок, що використовуються для ущільнення снігу в зонах А, А' і Б ГРМ і А, Б і Г КРМ, знаходять, зважаючи на таку особливість: у розрахунок уводиться оброблювана площа тільки тієї частини зони А ГРМ ($F_{\text{ГРМ}}$), що розміщена за межами ТЗПС, ГЗПС і очищеної ділянки БСБ, тому що в їхніх межах сніг, що випадає, не ущільнюється, а підлягає видаленню. Спочатку визначається необхідна кількість зчепів гладилок:

$$m_{\text{зч}} = \frac{F_{\text{ГРМ}} + F_{\text{КРМ}}}{b_{\text{зч}} \cdot \upsilon_{\text{т}} \cdot T_1 \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}}, \qquad (20.6)$$

де $b_{\text{зч}}$ — розрахункова ширина захвату зчепа гладилок (для металевих гладилок шириною 4 і 6 м для кількості гладилок у зчепі відповідно $n_{\text{зч}} = 3$ і $n_{\text{зч}} = 2$ беруться величини $b_{\text{зч}} = 11{,}4$ м і $b_{\text{зч}} = 11{,}7$ м); $\upsilon_{\text{т}}$ — розрахункова робоча швидкість трактора-тягача (для тракторів типу Т-100М м/год); $K_{\text{в}} = 0{,}95$.

У розрахунок уводяться оброблювані площі зон А, А' і Б ГРМ і зон А, Б і Г КРМ одного робочого курсу ТЗПС.

Необхідність ущільнення в тій чи іншій зоні ГРМ і КРМ практично зникає, якщо виконується умова

$$H_{\max} \le h_{\text{пр}},$$

де $H_{\max}$ — максимальна багаторічна висота сніжного покриву в даній місцевості, см; $h_{\text{пр}}$ — максимально припустима висота снігу в зоні, см.

Це варто брати до уваги під час визначення кількості зчепів $m_{\text{зч}}$, не вводячи в розрахунок у даному разі величини площ $F'_{\text{ГРМ}}$ та $F_{\text{КРМ}}$ відповідних зон.

Установивши шукану кількість зчепів гладилок, знаходимо множенням величин $m_{зч}$ на $n_{зч}$ загальну кількість гладилок. Кількість тракторів, потрібних для переміщення гладилок, береться рівною кількості зчепів $m_{зч}$.

Необхідна кількість вітрових машин $N_{ВМ}$ визначається з умови використання їх для очищення ТЗПС і РД:

$$N_{ВМ} = \frac{F_{ТЗПС} + F_{РД}}{П_T \cdot T_1 \cdot K_в \cdot K_т}. \qquad (20.7)$$

Для встановлення кількості вітрових машин у формулу (20.7) рекомендується підставляти середню технічну продуктивність машин під час видалення мокрого снігу і відповідне цій умові значення коефіцієнта $K_в = 0{,}95$.

Кількість теплових машин $N_{ТМ}$ знаходять за умови, що роботи з видалення ожеледі на основній ТЗПС починаються з моменту закінчення формування льодоутворення й мають бути закінчені протягом директивного часу T_2:

$$N_{ТМ} = \frac{F_{ТПЗС}}{П_т \cdot T_2 \cdot K_в \cdot K_т}, \qquad (20.8)$$

де $П_т$ — технічна продуктивність машин, м^2/год; $K_в = 0{,}95$.

Стосовно до реальних умов розрахункова кількість теплових машин згідно з формулою (20.8) буде дещо завищена. Однак помилки немає — одержані результати пояснюються порівняно низькою продуктивністю теплових машин.

Необхідну кількість розподільників порошкоподібних протиожеледних хімічних реагентів $N_{РХ}$ знаходять за умови ведення робіт з видалення ожеледі та згідно з положенням, відповідно до якого очищення основної ТЗПС потрібно закінчити протягом директивного часу T_3 після початку льодоприбирання:

$$N_{РХ} = \frac{F_{ТЗПС}}{П_е \cdot \left(T_3 + t_{підг} + t_{р1} + t_{р2} - t_{пл} \right) \cdot K_т}, \qquad (20.9)$$

де $П_е$ — експлуатаційна продуктивність розподільника, м^2/год; $t_{підг}$ — тривалість підготовчих робіт (навантаження реагенту на складі в кузов розподільника з урахуванням маневрування), год;

$t_{р1}$ — тривалість руху завантаженого розподільника від складу (на базі аеродромної служби) до місця роботи на ТЗПС, год; $t_{р2}$ — тривалість руху порожнього розподільника від місця роботи до складу, год; $t_{пл}$ — час плавлення льоду (у середньому 0,3 год).

Експлуатаційна продуктивність розподільників визначається (як для машин циклічної дії) за формулою

$$П_е = \frac{10^6 V_{куз} \cdot \gamma}{q_x \cdot T_ц},$$

де 10^6 — коефіцієнт переходу від розмірності г/м^2 до розмірності т/м^2; $V_{куз}$ — місткість кузова розподільника, м^3; γ — об'ємна маса реагенту (0,7 т/м^3); q_x — середня норма витрати реагенту під час видалення ожеледі, г/м^2; $T_ц$ — тривалість одного циклу роботи розподільника, год.

Середня витрата хімічних реагентів на 1 м^2 покриття під час видалення ожеледиці завтовшки 1 мм подана в табл. 20.3.

Таблиця 20.3

Середня норма витрати реагенту під час видалення ожеледі

Температура повітря, °С	0~3	–3~6	–6~8	–8~10	–10~12
Кількість реагенту у вигляді порошку, г/м^2	50	75	100	125	150
Кількість реагенту у вигляді гранул, г/м^2	40	60	80	100	120

Коли льодоутворення перевищує 1 мм, витрата реагенту на кожний наступний міліметр льоду збільшується на 50 % від наведених показників.

Величина

$$T_ц = t_{підг} + t_{р1} + t_{роб} + t_{р2},$$

де $t_{підг} = \frac{V_{куз} \cdot \gamma}{П_{ТП} \cdot K_в} + t_{ман}$; $П_{ТП}$ — технічна продуктивність подрібнювача реагенту типу ІСУ-4, т/год; $t_{ман}$ — тривалість маневрування розподільника на складі (у середньому 0,02 год); $K_в = 0,95$;

$$t_{р1} = \frac{L}{\upsilon_1'},$$

де L — середня відстань від складу реагенту до місця роботи на ТЗПС, м; υ_1' — розрахункова транспортна швидкість руху розподільника з вантажем ($\upsilon_1' = 15000$ м/год для РУМ-3, $\upsilon_1' = 25000$ м/год для УР-53).

Для встановлення L необхідно: поділити ТЗПС у плані на чотири-п'ять ділянок приблизно однакової довжини; знайти площу $(F_1, F_2, ..., F_n)$ кожної ділянки; визначити довжину найкоротшого шляху руху розподільника $(L_1, L_2, ..., L_n)$ від складу реагенту на базі аеродромної служби до середини кожної ділянки ТЗПС. Після цього обчислюється L:

$$L = \frac{L_1 F_1 + L_2 F_2 + ... + L_n F_n}{F_{\text{ТЗПС}}}.$$

Величина

$$t_{\text{роб}} = \frac{10^6 V_{\text{куз}} \cdot \gamma}{q_x \cdot b \cdot \upsilon \cdot K_{\text{в}}},$$

де b — розрахункова ширина розсипання реагенту; υ — розрахункова робоча швидкість розподільника під час розсипання реагенту; $K_{\text{в}} = 0,95$.

Величина

$$t_{\text{р2}} = \frac{L}{\upsilon_2'},$$

де υ_2' — розрахункова середня транспортна швидкість руху розподільника без вантажу.

Якщо замість спеціальних розподільників реагентів (типу РУМ-3, УР-53) передбачається використання звичайних піскорозсипачів зі снігоочисним устаткуванням (типу ПР-130), обумовлена за формулою (20.9) кількість піскорозсипачів має бути не менша від

$$N_{\text{ПР}} = N_{\text{ПЩС}} - N_{\text{ПМ}},$$

де $N_{\text{ПЩС}}$ — розрахункова кількість автомобільних плужно-щіткових снігоочисників згідно з формулами (20.2) або (20.3); $N_{\text{ПМ}}$ — розрахункова кількість поливально-мийних машин згідно з формулою (20.11).

Для причіпних розподільників треба передбачати відповідну кількість колісних тракторів-тягачів у кількості N_{px}.

Необхідна кількість подрібнювачів реагентів (типу ІСУ-4)

$$N_{\text{П}} = \frac{q_x \cdot F_{\text{ТЗПС}}}{\text{П}_{\text{ТП}} \cdot \ T_3 + t_{\text{підг}} + t_{\text{роб}} - t_{\text{пл}} \ \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{т}}}, \qquad (20.10)$$

де $K_{\text{в}} = 0,7$.

Необхідна кількість поливально-мийних машин типу ПМ-130, використовуваних для розливання розчинів хімічних реагентів на покриттях з метою запобігання утворенню ожеледі:

$$N_{\text{ПМ}} = \frac{F_{\text{ш.п}}}{\Pi_E \cdot \ T_4 + t_{\text{р2}} \ \cdot K_{\text{т}}}, \qquad (20.11)$$

де $F_{\text{ш.п}}$ — загальна площа штучних покриттів аеродрому, м^2; T_4 — час із моменту оповіщення АМСЦ про майбутнє утворення ожеледі до початку відкладення льоду ($T_4 = 2$ год).

Підставлена у формулу (20.11) розрахункова величина експлуатаційної продуктивності поливально-мийних машин під час розливання розчинів реагентів $\text{П}_{\text{е}}$ визначається за методикою, аналогічною визначенню величини $\text{П}_{\text{е}}$ для розподільників порошкоподібних реагентів. При цьому розрахункові величини $\text{П}_{\text{е}}$ і $t_{\text{роб}}$ мають визначатися за формулами:

$$t_{\text{роб}} = \frac{10^3 V_{\text{цист}}}{\rho_x \cdot b \cdot \upsilon \cdot K_{\text{в}}};$$

$$\text{П}_{\text{е}} = \frac{10^3 V_{\text{цист}}}{\rho_x \cdot T_{\text{ц}}},$$

де 10^3 — коефіцієнт перходу від розмірності м^3 до розмірності л; $V_{\text{цист}}$ — місткість цистерни поливально-мийної машини; ρ_x — середня норма розливу розчину реагенту, л/м^2; b — розрахункова ширина розливання розчину реагенту для одного проходу машини; $\upsilon = 20000$ м/год; $K_{\text{в}} = 0,95$.

Обчислені за формулами (20.1)–(20.11) дробові значення $N_{\text{ПТЩС}}$, $N_{\text{ПЩС}}$, $N_{\text{РС}}$, $N_{\text{аг}}$, $m_{\text{зч}}$, $N_{\text{ВМ}}$, $N_{\text{ТМ}}$, $N_{\text{РХ}}$, $N_{\text{П}}$, $N_{\text{ПМ}}$ мають заокруглюватися до цілих чисел у більший бік. Заокруглення даних значень у менший бік дозволяється, лише коли це веде до зменшення потрібної кількості машин і механізмів не більше ніж на 5 %.

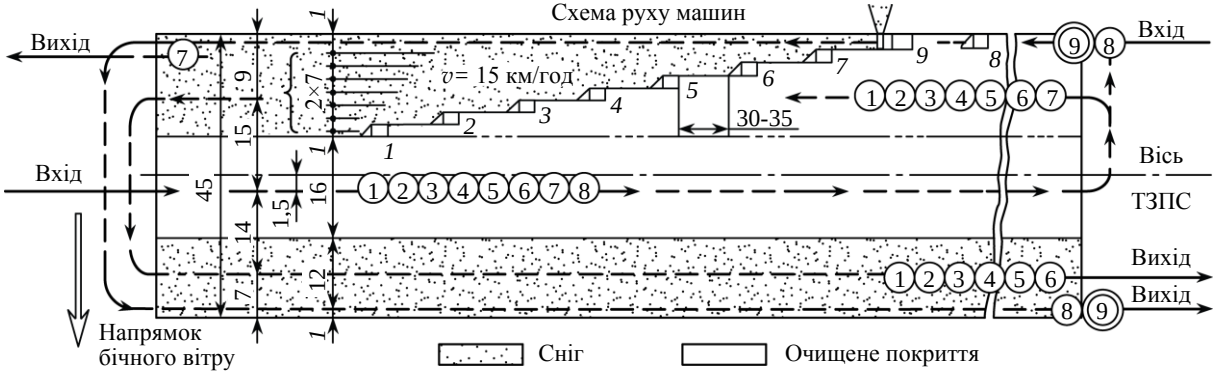
Зазначимо, що на підставі наведених формул для визначення кількості снігоприбиральної і снігоущільнювальної техніки неважко скласти й інші розрахункові залежності, що дадуть змогу встановити кількість засобів механізації для зимового утримання ґрунтових аеродромів і аеродромів зі штучними покриттями під шаром ущільненого снігу.

20.8. Розроблення технологічних карт

Час на очищення аеродрому від снігу й ожеледі наявними в аеропорту засобами механізації може бути істотно скорочений як за допомогою правильної організації підготовчих робіт, так і в результаті поліпшення технології очищення. Досвід підприємств цивільної авіації (ЦА) й іноземних аеропортів показує, що значний ефект досягається завдяки складанню й застосуванню технологічних карт на виконувані сніго- та льодоочисні роботи, які дозволяють звести до мінімуму час на прийняття рішення й постановку оперативного завдання аеродромним робітникам і водіям машин і механізмів, зайнятим підготовкою аеродрому до польотів. Наявність технологічних карт дає можливість також уникати випадкових помилок у проведенні робіт і, крім того, у період підготовки до зимового сезону сприяє підвищенню якості технічного навчання персоналу аеродромної служби.

Технологічні карти на сніго- та льодоочисні роботи є засобом типізації технології видалення снігу або льоду з аеродромних елементів у визначеному діапазоні шару опадів і характеристик метеорологічних умов. Ці карти складаються для конкретного аеродрому на всі притаманні для нього (найбільш часто повторювані за зимовий період) поєднання характеристик опадів і метеоумов, обумовлених кліматичними особливостями місцевості.Технологічна карта — це креслення, що містить усю необхідну технічну інформацію з технології виконання сніго- та льодоочисних робіт на якому-небудь конкретному елементі аеродрому (ТЗПС, РД, перон, підготовчі зони ГРМ і КРМ, ГЗПС, МС) із застосуванням наявних у аеропорту засобів механізації, урахуванням розкладу руху літаків і вимог ЦА [10]. Технологічні карти треба складати відповідно до встановленої черговості очищення елементів аеродрому від снігу й льоду, тобто в першу чергу на ті елементи, підготовка яких дозволяє відкривати аеропорт для приймання й випускання літаків. Технологічна карта має містити (рис. 20.5):

а	Шифр СВ-БН	Елемент аеродрому	Площа, тис. м^2	Опади	Товщина, см	Температура повітря, °С	Бічний вітер, м/с	Час роботи на ТЗПС, хв
	ПС-У	ТЗПС	126	Сухий сніг	До 5	Від –2 до –7	Від 3 до 5	53



Назва і марка машин	Од. вим.	Необхід-ність
Плужно-щіткові снігоочисники ПМ-130, ПР-130	шт.	8
Шнеко-роторний снігоочисник ДЕ-211	шт.	1

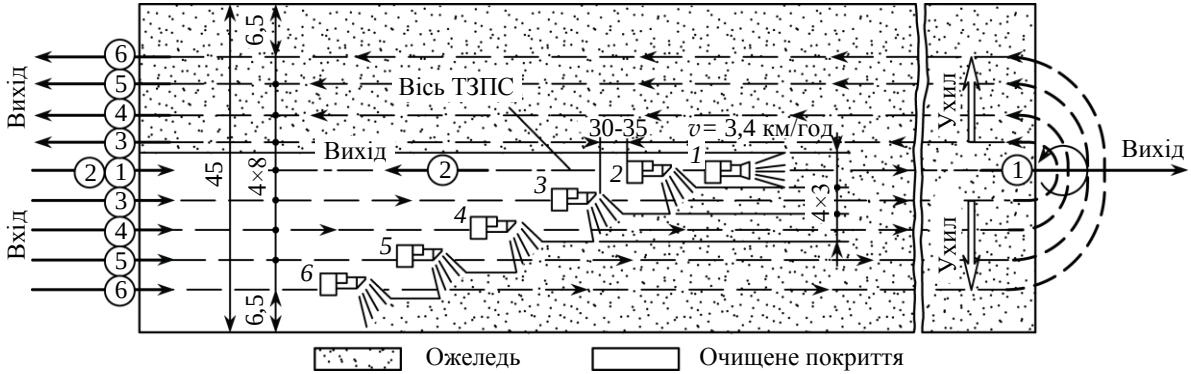
Технологічні операції	Час з початку робіт, хв					
	10	20	30	40	50	60
Згрібання снігу (ПМ-130 і ПР-130, № 1–8)		8 чол.				
Видалення сніжних валів (ДЕ-211, № 9)			1 чол.			

Рис. 20.5. Зразки технологічних карт на виконання: *а* — снігоприбиральних робіт з використанням плужно-щіткових снігоочисників; *б* — льодоочисних робіт з використанням теплових машин; *в* — робіт з запобігання ожеледиці хімічним способом; *г* — роботи з видалення ожеледі хімічним способом (див. також с. 191–194)

б

Шифр гл	Елемент аеродрому	Площа, тис. м^2	Опади	Товщина, мм	Температура повітря, °С	Бічний вітер, м/с	Час роботи на ТЗПС
ТМ-У	ТЗПС	126	Ожеледь	До 1	± 0 і вище	До 5	1 год 31 хв

Схема руху машин

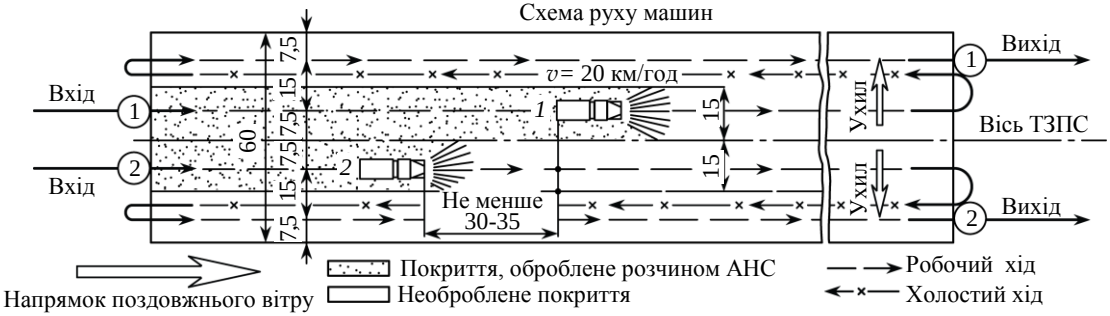


Назва і марка машин	Од. вим.	Необхідність
Теплова машина ТМ-596	шт.	6

Рис. 20.5. Продовження (див. також с. 191–194)

в

Шифр ГЛВ	Елемент аеродрому	Площа, тис. м^2	Опади	Стан поверхні ТЗПС	Температура повітря, °С	Поздовжній вітер, м/с	Час роботи на ТЗПС, хв
РХ-П	ТЗПС	192	Очік. ожеледь	Суха	Від ± 0 до –5	Більше 5	42



Назва і марка машин і матеріалів	Од. вим.	Необхідність
Поливально-мийні машини ПМ-130	m	8
Хімічний реагент АНС	шт.	2,69
Вода	м^3	8,06

Технологічні операції	Час з початку сповіщ. АМСГ, хв							
	15	30	45	60	75	90	105	120
Приготування розчину АНС та проїзд машин по ТЗПС	4 чол.							
Розлив розчину АНС по покриттю ТЗПС			2 чол.					

Рис. 20.5. Продовження (див. також с. 191–194)

г

Шифр ГЛ	Елемент аеродрому	Площа, тис. м^2	Опади	Товщина, см	Температура повітря, °С	Бічний вітер, м/с	Час роботи на ТЗПС, хв
РХ-У	ТЗПС	126	Ожеледь	До 2	Від ± 0 до –3	До 5	1 год 24 хв

Назва і марка машин і матеріалів	Од. вим.	Необхід-ність
Реагент АНС	m	9,45
Подрібнювач ИСУ-4	шт.	2
Розподільник РУМ-3	шт.	4
Плужно-щіткові снігоочис-ники ПМ-130, ПР-130	шт.	8

Технологічні операції	Час із початку робіт, хв						
	15	30	45	60	75	90	105
Завантаження реагенту і проїзд розподільника по ТЗПС		4 чол.					
Розсипання реагенту (А, Б)			2 чол.			2 чол.	
Розсипання реагенту (В, Г)					2 чол.		
Видалення розсолу (1-8)			8	чол.	8	чол.	8 чол.

Рис. 20.5. Закінчення (див. також с. 191–194)

заголовний штамп — у ньому наводять шифр технологічної карти, найменування і площу елементу аеродрому, вид і товщину шару опадів, характеристику метеорологічних умов (температура повітря, швидкість і напрям вітру) та розрахунковий час, необхідний на виконання робіт;

схему руху машин — на ній показують межі елементу аеродрому (з основними розмірами), траси й напрямок руху машин (із зазначенням місць в'їзду та виїзду машин), прив'язки трас руху до меж елементу, взаємне розташування машин загону в плані (із зазначенням дистанції між ними), ширину захвату робочого органу машини, а також розрахункову робочу й транспортну (якщо потрібно) швидкість машин. В окремих випадках на схемі показують напрямок вітру й напрямок поперечного ухилу аеродромних покриттів. Якщо процес видалення опадів є складним, тобто складається із двох-трьох окремих робочих етапів (наприклад, у разі видалення ожеледі хімічним способом: подрібнення й навантаження реагенту, його розсипання, видалення сльоти й просушування покриття), то основні із цих етапів (розподіл реагенту й видалення сльоти) показують разом на одній схемі (рис. 20.5). У деяких випадках для наочності на схемі доцільно позначати за допомогою відповідних умовних позначок очищені й неочищені ділянки елементу;

відомість необхідних матеріально-технічних ресурсів і робочої сили — у ній наводять дані про необхідну (для виконання робіт) кількість матеріалів, засобів механізації й необхідну чисельність робітників;

лінійний графік робіт — його наводять тільки на складні роботи, щоб показати, як сполучаються в часі окремі робочі етапи;

примітки — у них у разі потреби в стислому вигляді наводиться зміст технічної інформації, що не була відображена на кресленні технологічної карти. До кожної технологічної карти має додаватися короткий *опис технології проведення робіт.*

Шифр технологічної карти являє собою систему записуваних у вигляді дробу трьох груп буквених символів: A_1/A_2-A_3.

Група символів A_1 позначає вид опадів, що випали, і наявність під час виконання робіт бічного або поздовжнього вітру. Ця група може мати позначення: С-БН — сніг сухий або вологий без накату; С-Н-И — те саме, із примерзлим накатом; С-Н-НП — те саме, з непримерзлим накатом; С-М — сніг мокрий, сльота; ГЛ — оже-

ледь; ГЛ-Р — ожеледь пухка (іній, паморозь); СЛ — сніжно-льодовий накат. За наявності вітру, що враховується, до наведеної групи символів після першого літерного позначення вводиться буква В (наприклад, СВ-БН, СВ-Н-НП, ГЛВ, ГЛВ-Р і т. ін.).

Група символів $А_2$ позначає назву основних засобів механізації, використовуваних для боротьби зі снігом і ожеледдю: ПС — плужні снігоочисники; ВМ — вітрові машини; ГК — гладилки і катки; ТМ — теплові машини; РХ — розподільники хімічних реагентів.

Група символів $А_3$ позначає вид виконуваних робіт: П — запобіжні роботи (патрульне снігоочищення, запобігання льодоутворенню); В — видалення опадів, що випали, ущільнення снігу.

У складанні технологічних карт діапазони товщин опадів призначають такі: для сухого і вологого снігу — до 4 см, від 4 до 8 см, від 8 до 15 см і більше; для мокрого снігу і сльоти — до 2 мм, від 2 до 5 мм, від 5 до 12 мм, від 12 до 20 мм і більше; для ожеледі — до 1 мм, від 1 до 3 мм, від 3 до 6 мм, від 6 до 10 мм і більше. Діапазони температур повітря варто встановлювати виходячи з характерних для району розташування аеродрому метеорологічних умов утворення опадів з урахуванням обмежень, пов’язаних із застосуванням певного способу видалення опадів. Щодо діапазону швидкостей бічного або поздовжнього вітру, то вони мають відповідати діапазонам, узятим для технологічних схем роботи різних видів сніго- і льодоочисної техніки.

Схема руху машин є основною складовою технологічної карти. Її потрібно розробляти з урахуванням додержання директивних строків підготовки аеродрому до польотів строго відповідно до вказівок у частині взяття тих чи інших технологічних схем для виконання сніго- і льодоочисних робіт.

Розрахунковий час $T_{\text{розр}}$, необхідний на підготовку елементу аеродрому (за технологічною картою), визначається виходячи із тривалості окремих етапів роботи ΔT_i і сполучення цих етапів за потреби в часі.

Залежно від типу машин, що працюють, тривалість етапів ΔT_i визначається в такий спосіб:

а) час роботи плужно-щіткових, плужно-щіткових пневматичних і роторних снігоочисників, вітрових і теплових машин (з моменту в’їзду машин на елемент аеродрому до моменту їх виїзду):

$$\Delta T = \frac{n \cdot L_{ел}}{\upsilon \cdot K_{в}} + \frac{n' \cdot L_{ел}}{\upsilon'};$$

де $L_{ел}$ — довжина елементу аеродрому (у напрямку руху машин), м; n — кількість робочих проходів загону машин або машини (якщо вона працює одна) від краю до краю елементу аеродрому з розрахунковою робочою швидкістю υ, м/год; n' — те саме, холостих проходів з розрахунковою транспортною швидкістю υ' м/год; коли немає холостих ходів, варто брати $n' = 0$.

б) час роботи розподільників хімічних реагентів (порошкоподібних або у вигляді розчинів) визначається способом побудови пооопераційного лінійного графіка роботи розподільників з урахуванням у разі потреби затрат часу на холості проходи машин. Тривалість операції робочих циклів кожного розподільника $t_{підг}, t_{р1}, t_{роб}, t_{р2}$ розраховується за методикою, наведеною раніше.

Робоча швидкість для роторних снігоочисників

$$\upsilon = \frac{L_{вл} \cdot П_{т}}{h_{роз} \cdot \rho \cdot F_{ел}},$$

а для вітрових і теплових машин

$$\upsilon = \frac{П_{т}}{b},$$

де $П_{т}$ — технічна продуктивність машини, узята для роторних снігоочисників (т/год), вітрових машин (м^2/год), теплових машин (м^2/год); $h_{роз}$ — розрахункова товщина снігу, береться рівною верхній межі товщин, що зазначаються в заголовному штампі технологічної карти, м; $F_{ел}$ — площа ділянки елементу аеродрому, що припадає під час видалення снігу на робочий прохід роторного снігоочисника (із цієї площі сніг згрібається плужними снігоочисниками в сніговий вал), м^2; b — розрахункова ширина захвату машин, м.

Розрахункову транспортну швидкість руху машин рекомендується брати виходячи з комплекту машин у загоні і виду виконуваних ними робіт, але однакову для всього загону.

Зазначений у заголовному штампі технологічної карти час $T_{розр}$ має визначатися: для проведення об’ємного очищення — як трива-

лість зайнятості елементу аеродрому від початку до кінця робіт; для патрулювання — як тривалість одноразового (одного циклу) очищення елементу аеродрому. Для об'ємних робіт у штампі робиться напис «Час роботи на елементі аеродрому», а для патрульних робіт — «Час одноразового очищення елементу аеродрому».

Доданий до технологічної карти опис технології проведення робіт має містити лише основну, найбільш важливу, інформацію про методи й засоби видалення або запобігання утворенню опадів. У наступному підрозділі наведемо як приклад опис технології робіт, показаної на рис. 20.5, *в* «Запобігання утворенню ожеледі на ТЗПС» (шифр технологічної карти ГЛВ/РХ-П, температура повітря від 0 до – 5 ºС, поздовжній вітер зі швидкістю більше ніж 5 м/с, поверхня покриття — суха).

20.9. Розрахунок необхідної кількості протиожеледних хімічних елементів і абразивних метеріалів

Кількість хімічних реагентів, що заготовлюються в аеропорту на зимовий період для видалення ожеледі з аеродромних покриттів, слід визначати за кількістю ожеледей у даній місцевості, площею покриттів і середньою нормою витрати реагента на одну ожеледь, що залежить від товщини шару льоду та температури повітря.

У разі коли ожеледь з покриттів передбачається видаляти лише хімічним способом, необхідна кількість реагенту (у тоннах) установлюється за формулою

$$Q_x = 10^{-6} n_{\text{ож}} \cdot q_p \cdot F_{\text{ш.п}},$$

де 10^{-6} — коефіцієнт переходу від розмірності г/м^2 до розмірності т/м^2; $n_{\text{ож}}$ — середня кількість випадків ожеледі за зимовий період; q_p — середня норма витрати реагенту для видалення ожеледі, г/м^2; $F_{\text{ш.п}}$ — загальна площа штучних покриттів аеродрому, м^2.

Статистика показує, що для деяких середніх умов найчастіше повторювані випадки утворення ожеледі характеризуються відкладеннями льоду завтовшки 2 мм і температурою повітря –2 ºС. За цих умов необхідна кількість хімічного реагенту для різних класів аеродромів з огляду на середню кількість випадків ожеледі за зимовий період і з урахуванням визначеного запасу реагенту може братися за графіком, зображеним на рис. 20.6.

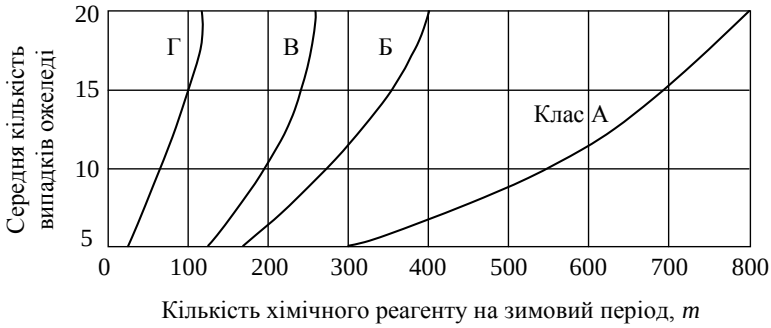


Рис. 20.6. Графік визначення кількості хімічного реагенту для різних класів аеродромів залежно від середньої кількості випадків ожеледі за зимовий період

Якщо в аеропорту передбачається застосовувати як хімічний, так і тепловий спосіб видалення ожеледі, то кількість реагенту варто визначати (у тоннах) за формулою

$$Q_x = 10^{-6}\left[n_{\text{ож}1} \cdot q_{\text{р}1} \;\; F_{\text{ш.п}} - F_{\text{ш.п}1} \;\; + n_{\text{ож}2} \cdot q_{\text{р}2} \cdot F_{\text{ш.п}}\right],$$

де $n_{\text{ож}1}$ — середня кількість випадків ожеледі, коли доцільно застосовувати тепловий спосіб виходячи з товщини ожеледі й метеоумов; $n_{\text{ож}2}$ — те саме, коли доцільно застосовувати хімічний спосіб; $F_{\text{ш.п}1}$ — площа ділянок покриттів, що очищують від ожеледі тепловим способом (звичайноТЗПС, РД, майданчики для запуску авіадвигунів), м^2; $q_{\text{р}1}$ — середня норма витрати реагенту для видалення ожеледі, найчастіше повторюваного в кількості випадків $n_{\text{ож}1}$; $q_{\text{р}2}$ — те саме, у кількості випадків $n_{\text{ож}2}$.

Необхідна кількість хімічних реагентів (*солей*) для боротьби з ожеледдю на під'їзній і внутрішньоаеропортових дорогах та площ може бути знайдена (у тоннах) згідно з формулою

$$Q_x = 10^{-6} n_{\text{ож}1} \cdot q_{\text{с}1} \cdot F_{\text{Д.П}1} + 10^{-3} q_{\text{с}2} \cdot Q_{\text{п}},$$

де $q_{\text{с}1}$ — середня норма витрати солі для видалення ожеледі для товщини шару льоду та температури повітря, що найчастіше спостерігаються за зимовий період під час утворення ожеледей, г/м^2; $q_{\text{с}2}$ — середня норма витрати солі для приготування 1 м^3 піщано-

соляної суміші, г/м^3; $F_{Д.П1}$ — площа дорожніх покриттів у аеропорті, з яких ожеледь видаляється хімічним способом, м^2; $Q_п$ — кількість піску, що заготовлюється на зиму та використовується для усунення ковзкості дорожніх покриттів на інших ділянках, м^3 [визначається за формулою (20.12)]; 10^{-3} — коефіцієнт переходу від розмірності кг/м^3 до розмірності т/м^3.

Необхідна кількість абразивного матеріалу (піску), застосовуваного для обробки дорожніх покриттів у чистому вигляді або у вигляді суміші із сіллю:

$$Q_п = 10^{-3} n_{ож} \; k_i \cdot q_{п1} + q_{п2} \; \cdot \; F_{Д.П} - F_{Д.П1} \;, \qquad (20.12)$$

де 10^{-3} — коефіцієнт переходу від розмірності м^3/1000 м^2 до розмірності м^3/м^2; k_i — відношення площі покриттів з ухилами 0,020 і менше до площі покриттів з ухилами більше ніж 0,020; $q_{п1}$ — середня норма витрати піску на покриттях з ухилами 0,020 і менше, м^3/1000 м^2; $q_{п2}$ — те саме на покриттях з ухилами більше ніж 0,020; $F_{Д.П}$ — загальна площа дорожніх покриттів у аеропорту, м^2;

Питання для самоконтролю

1. Опишіть особливості виконання робіт з видалення опадів на аеродромах.
2. Чим відрізняються поняття «ланка» та «загін» засобів механізації у виконанні робіт з видалення опадів на ЗПС?
3. Визначте черговість очищення аеропорту від снігу та ожеледі.
4. Чим пояснюється необхідність наявності різних схем очищення від снігу?
5. Яку схему використовують під час очищення ЗПС від мокрого снігу?
6. Що собою являє технологічна карта і для чого її розробляють?
7. Дайте характеристику машин і механізмів, використовуваних для утримання аеродрому в експлуатаційному стані.
8. Охарактеризуйте взаємодію між структурними підрозділами аеропорту під час виконання робіт на ЗПС, РД, МС.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. *Васильев А. П.* Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учеб. для вузов / А. П. Васильев, В. М. Сиденко ; под ред. А. П. Васильева. — М. : Транспорт, 1990. — 304 с.
2. *Кизима С. С.* Експлуатація автомобільних доріг / С. С. Кизима. — К. : МОНУ/НТУ, 2009. — 272 с.
3. *ДБН* В.2.3–4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Проектування та будівництво. — К. : Мінрегіонбуд України, 2007.
4. *ДБН* Д.2.2–27–99. Автомобільні дороги : зб. 27. — К. : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000.
5. *ДБН* Д.2.2–31–99. Аеродроми : зб. 31. — К. : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000.
6. *Эксплуатация* аэродромов : справочник / [Л. И. Горецкий, М. А. Печерский, Л. Н. Комчихина и др.]. — М. : Транспорт, 1990. — 287 с.
7. *Класифікатор* робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування ВБН Г.1-218-530:2006.
8. *Проектирование* и строительство автомобильных дорог : справочник / [В. И. Заворицкий, В. П. Старовойда, А. А. Белятинский и др.]. — К. : Техніка, 1996. — 383 с.
9. *Проектування* автомобільних доріг / О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда, Я. В. Хом'як. — К. : Вища шк., 1997. — 518 с.
10. *Проектування* автомобільних доріг / О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда, Я. В. Хом'як. — К. : Вища шк., 1998. — 416 с.
11. *Усов Б. І.* Експлуатація автомобільних шляхів : навч. посіб. / Б. І. Усов, І. Г. Романський. — Л. : Львівська політехніка, 1998. — 95 с.
12. *Шишков А. Ф.* Аэропорт: теория и практика зимнего содержания аэродромов / А. Ф. Шишков, В. В. Запорожец, О. Н. Билякович. — К. : Друкарня Діапринт, 2006. — 196 с.

Додаткова

13. *Бєлінський І. А.* Організація й технологія робіт із зимового утримання аеродромів / І. А. Бєлінський. — К. : ГА. РИО КНИГА, 1978. — 70 с.
14. *Белинский И. А.* Зимнее содержание аэродромов / И. А. Белинский, Ю. А. Самородов, В. С. Соколов. — М. : Транспорт, 1982. — 192 с.

15. *Гохман В. А.* Общий курс автомобильных дорог : учеб. для вузов / В. А. Гохман, Г. А. Ромаданов. — М. : Высш. шк., 1976. — 207 с.

16. *Бєлятинський А. О.* Взаємозв'язок параметрів моделі транспортного потоку — слідування за лідером з техніко-економічними та техніко-експлуатаційними показниками системи ВАДС / А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель, В. С. Степура // Вісн. Інженерної академії України. — 2011. — № 1. — С. 185—187.

17. *Бєлятинський А. О.* Утримання автомобільних доріг та аеродромів улітку / А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель // Вісн. ХНАДУ. — 2009. — Вип. 47. — С. 69—73.

18. *Наставление* по аэродромной службе в гражданской авиации : СССР (НАС ГА-80). — М. : Воздуш. транспорт, 1981. — 311 с.

19. *Некрасов В. К.* Эксплуатация автомобильных дорог / В. К. Некрасов. — М. : Высш. шк., 1970. — 238 с.

20. *Сиденко В. М.* Эксплуатация автомобильных дорог / В. М. Сиденко, С. И. Михович. — М. : Транспорт, 1976. — 287 с.

21. *Временные* рекомендации по учету влияния коэффициента сцепления и состояния поверхности ТВПП на характеристики взлета и посадки самолетов ГА. — М. : МГА, 1974. — 15 с.

22. *Технические* правила ремонта и содержания автомобильных дорог. ВСН 24-75. Минавтодор РСФСР. — М. : Транспорт, 1976. — 264 с.

Навчальне видання

СТЕПУРА Віктор Степанович
БЄЛЯТИНСЬКИЙ Андрій Олександрович
КУЖЕЛЬ Ніна Володимирівна

ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ

Навчальний посібник

Технічний редактор *А. І. Лавринович*
Коректори *Н. Г. Путівкіна, Л. М. Романова*
Комп'ютерна верстка *Н. В. Чорної*

Підп. до друку 08.11.13. Формат 60х84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 11,86. Обл.-вид. арк. 12,75.
Тираж 300 прим. Замовлення № 203-1.

Видавець і виготівник
Національний авіаційний університет
03680. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002