**Практичне заняття №9**

**Тема: «РУЙНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЗАДІЯНІ В ЦЬОМУ ПРОЦЕСІ»**

***5.1. 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. 5.1. Розглянемо спрощену схему фізичних явищ, що відбуватимуться в наведеній системі зі зниженням температури.

Напрям інгредієнта температури m I 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. 5.1 система, утворена частинками ґрунту, плівками зв’язаної води і якоюсь кількістю вільної води в порах між частинками незележно від способів потрапляання 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 We ,WM — вологість ґрунту природна (фактична) і максимальна молекулярна відповідно.



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 Т < 0 ºС від дії інгредієнта m I 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 технікотеплові 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 WТ , 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 структура 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.

***5.2. 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 утворення 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.

***5.3. 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. 5.2) 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].



Типові деформації і руйнування дорожніх одягів з імовірними причинами їх виникнення наведені в табл. 5.1.

*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 |
| 5. 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♦ поздовжні наскрізні♦ неглибокі♦ волосяні усадкові♦ навскісні біля кутів плити | Зміна температури покриття за більшої, ніж допустимо, відстані між швами стиску або розширення, за низької якості їх виконання, перерви в бетонуванні понад дві годиниДефекти у влаштуванні поздовжніх швів. Неоднорідність земляного полотнаНерівномірний розподіл температури по товщині плити, що зумовлює її короблення, і недостатня деформативність плити за одночасної з температурою дії навантажень.Усадка бетону, особливо за неправильного догляду після вкладання, а також від замерзання води, що потрапила в ньогоНедостатньо 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 | Недостатня міцність дорожньої конструкції |
| 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 |
| 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 |

***5.4. 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.

***Питання для самоконтролю***

1. У чому полягає принцип боротьби з пучиноутворенням на автомобільних дорогах?

 2. Що викликає деформації та руйнування земляного полотна?

3. Визначте залежність деформацій і руйнувань дорожніх одягів від умов і складу руху.

4. Назвіть види і причини деформацій дорожніх одягів.

***ЛІТЕРАТУРА***

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.