

ВИШУКУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.731

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Славінська О.С., д-р техн. наук, Стьожка В.В.

ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ПІДХІД ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДРЕНАЖІВ МІЛКОГО ЗАЛЯГАННЯ З УРАХУВАННЯМ КЛІМАТИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕГІОНУ

Анотація. У статті проаналізовано основні фактори, які формують водно-тепловий режим верхньої частини земляного полотна та основи дорожнього одягу. Розглянуто деякі методи визначення основних параметрів дренажних систем мілкового залягання з урахуванням режиму руху рідини, підвищення щільності піщаного шару з часом, особливостей клімату регіону будівництва.

Ключові слова: автомобільна дорога, вологість ґрунту, дренаж, питомий надлишок води, пропускна здатність, режим руху рідини.

Аннотация. В статье проанализированы основные факторы, которые формируют водно-тепловой режим верхней части земляного полотна и основания дорожной одежды. Рассмотрены некоторые методы определения основных параметров дренажных систем мелкого заложения с учетом режима движения жидкости, повышения плотности песчаного слоя со временем, особенностей климата региона строительства.

Ключевые слова: автомобильная дорога, влажность почвы, дренаж, удельный избыток воды, пропускная способность, режим движения жидкости.

Annotation. The article analyzes the main factors that form water-heat treatment of the upper part of the subgrade and base pavement. We consider some methods for determining the basic parameters of occurrence of shallow drainage systems including flow regime, increasing the density of sand layer over time, the characteristics of the region construction.

Keywords: highway, humidity of soil, drainage, specific surplus of water, carrying capacity, mode of motion of liquid.

З початком весни стає очевидною проблема невідповідності транспортно-експлуатаційного стану покриття автомобільних доріг вимогам руху. Серед ряду причин виникнення такої ситуації є недосконалість методів проектування конструктивних елементів дорожньої конструкції.

Як відомо, одними з найбільш важливих показників, що впливають на міцність та деформаційну стійкість ґрунту верхньої частини земляного полотна та, відповідно, всієї дорожньої конструкції (шарів основи та покриття дорожнього одягу, узбіч) є вологість ґрунту та його щільність. Зрозуміло, що їх значення змінюються протягом року нерівномірно у зв'язку зі зміною погодних умов. Даним фактом ні в якому разі не можна нехтувати при проектуванні систем регулювання водно-теплогового режиму.

Цій проблемі у своїх роботах приділяли увагу В.М. Сіденко, О.Я. Тулаєв, І.А. Золотарь, В.І. Рувинський та ін.

Відомо, що порівняно дешевим і конструктивно простим способом регулювання водно-теплогового режиму земляного полотна є влаштування дренажної піщаної прошарку та поздовжнього дренажу мілкового залягання, оскільки правильно розрахована і збудована дренажна система швидко осушить верхню частину дорожньої конструкції в несприятливий період.

На етапі проектування, як правило, визначаються товщина підстильного піщаного дренажного шару та внутрішній діаметр дренажної труби. Правильне їх визначення дає змогу уникнути проблем при експлуатації конструкції, раціонально використати кошти на будівництво та забезпечити оптимальну роботу системи.

Зрозуміло, що вихідною величиною при розрахунках є питомий надлишок води, яка надходить до конструкції в розрахунковий період. Вже на етапі її визначення виникають неточності, зумовлені тим, що нормативним документом, який регламентує вимоги до дренажних систем та послідовність розрахунку їх параметрів [1], передбачено використання номограм та табличних даних, що обмежує індивідуальний підхід при виконанні розрахунку.

У практиці проектування дренажів широкого застосування набули типові проектні рішення [2]. Їх основними недоліками є те, що вони були розроблені ще у 80-х роках ХХ ст., не містять сучасних конструкцій та містять застарілі дані щодо погодних умов.

Проаналізувавши всі можливі джерела зволоження верхньої частини земляного полотна (рис.1), легко зробити висновок, що найбільш небезпечними є стадії водно-теплого режиму, коли із джерел зволоження діють волога від зимового вологонакопичення, що відтискається із нижніх шарів земляного полотна у весняний період (Q_1); інфільтраційна волога від атмосферних опадів (Q_2), що потрапляє через узбіччя, покриття проїзної частини, розділювальну смугу; капілярна волога (Q_3).

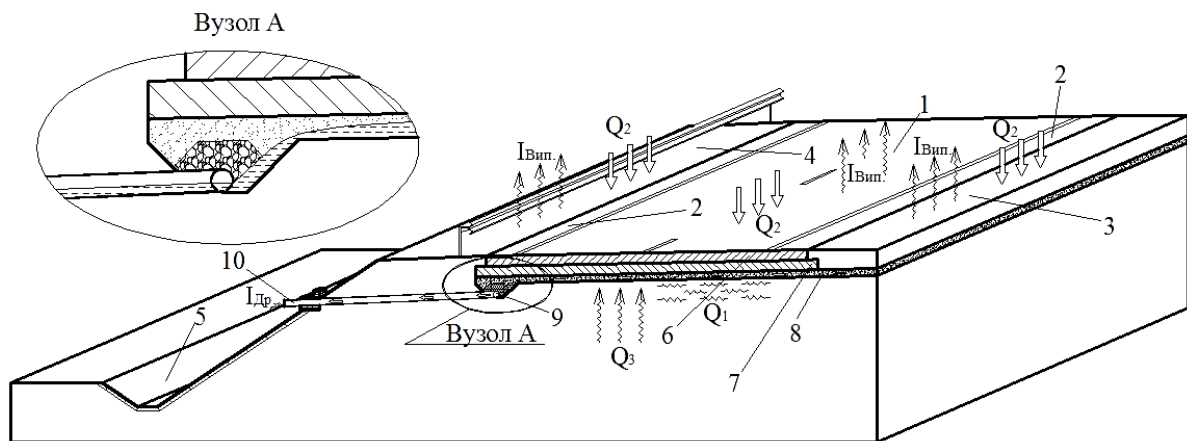


Рис. 1. Джерела зволоження верхньої частини земляного полотна

1 – проїзна частина; 2 – укріплена частина узбіччя або розділювальної смуги; 3 – розділювальна смуга; 4 – неукріплена частина узбіччя; 5 – кювет; 6 – шари покриття дорожнього одягу; 7 – шари основи дорожнього одягу; 8 – підстильний шар основи з піску (дренуючий шар); 9 – поздовжній дренаж мілкового залягання; 10 – поперечний скид води з поздовжнього дренажу мілкового залягання

Як правило, при розрахунках основним джерелом зволоження вважається волога від зимового вологонакопичення. Проте, враховуючи той факт, що дорожні одяги автомобільних доріг та конструкції узбічч не забезпечують повної водонепроникності, кількість інфільтраційної вологи від атмосферних опадів може перевищувати кількість вологи від зимового вологонакопичення. З огляду на це стоїть питання визначення розрахункового (найбільш несприятливого) періоду індивідуально для кожного регіону з урахуванням режиму випадання опадів та температурних коливань.



Рис. 2. Місця проникнення води через покриття

Для роботи дорожньої конструкції у сприятливих умовах водно-теплового режиму необхідно, щоб сумарний приток води від різних джерел зволоження (Q_1, Q_2, Q_3) не перевищував кількості води, яка випаровується ($I_{Вип.}$), йде на змочування поверхонь ($I_{Зм.}$) та відводиться дренажною системою ($I_{Др.}$):

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 \leq I_{Вип.} + I_{Зм.} + I_{Др.} \quad (1)$$

У залежності від погодних умов та конструкції поперечного профілю автомобільної дороги деякі із доданків нерівності 1 можуть бути відсутні.

Отже, для правильного підбору діаметру дрени та товщини і коефіцієнту фільтрації піщаного дренажного прошарку (підстильного шару основи з піску) необхідно визначити величину $I_{Др.}$ та забезпечити виконання нерівності (1).

Джерелом зволоження Q_3 можна знехтувати, оскільки капілярне підняття у піщаному прошарку незначне і надходження води від даного джерела відсутнє або мале у порівнянні з іншими джерелами.

Для визначення величини Q_1 можна використати залежність, приведену в [3], де говориться, що вода із розташованого земляного полотна потрапляє в дренажний прошарок, якщо вологість ґрунту в результаті зимового вологонакопичення перевищує величину його повної вологоємності при потрібній щільності. Об'єм води (л/доба на 1 м² проїзної частини), що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною, визначають за формулою:

$$Q_1 = h_1 (W_{вес} \cdot \delta_{вес} - \beta W_T \cdot \delta) K_{II} \cdot K_T \cdot 1000, \quad (2)$$

де h_1 – товщина шару ґрунту, в якому розтає лід за одну добу в активній зоні земляного полотна;

$W_{вес}$ – розрахункова весняна вологість ґрунту земляного полотна, яка залежить від характеру вологонакопичення за осінньо-зимовий сезон в даних умовах, в частках одиниці по вазі;

W_T – вологість, яка відповідає межі текучості ґрунту, в частках одиниці по вазі;

β – коефіцієнт, що показує, яка кількість води утримується в порах ґрунту, ущільненого до потрібної щільності, в долях від вологості при межі текучості ґрунту;

$\delta_{вес}$ – об’ємна вага скелету ґрунту при розрахунковій вологості, г/см³;

δ – те саме при вологості, що дорівнює βW_T , г/см³;

K_{II} – коефіцієнт пік;

K_T – коефіцієнт гідрологічного запасу.

Величини Q_2 , $I_{Вун.}$, $I_{Зм.}$ можна розрахувати за методикою, наведеною в [4, 5]. Кількість надходження вологи в основу проїзної частини (в м³/добу на 1 м) від атмосферних опадів визначається за залежностями:

а) інфільтрація через асфальтобетонне покриття:

$$Q_2^n = \frac{1,5 \cdot H_{ен(о)} \cdot a}{500 \cdot T''} \quad (5)$$

б) інфільтрація через ґрунтові узбіччя:

$$Q_2^y = \frac{1,5(H_{ен} - H_u)l}{500 \cdot T''} \quad (6)$$

1,5 – коефіцієнт нерівномірності випадання опадів у часі;

a – ширина односкатної або половини двоскатної проїзної частини, м;

l – ширина узбіччя, м;

T'' – тривалість розрахункового періоду, доба;

$H_{ен(о)}$ – кількість води, що проникає в покриття за розрахунковий період (в мм);

$H_{ен}$ – кількість води, що проникає в узбіччя за розрахунковий період (в мм);

Алгоритм розрахунку, наведений в [4, 5], дає змогу врахувати витрати на випаровування та змочування поверхонь вже на стадії розрахунку Q_2 , тому при

використанні даного методу Q_2 , $I_{Вун.}$, $I_{Зм}$ об'єднуються у величину Q_2 і залежність (1) приймає вигляд:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 \leq I_{др.} \quad (7)$$

Чим коротшим буде період, прийнятий для розрахунку, тим більша буде його точність. Тому доцільно розбивати річний цикл на характерні періоди.

Визначення загальної величини надходження вологи в основу проїзної частини авторами статті пропонується проводити в наступній послідовності:

1) будуємо графік зміни температури повітря в річному циклі. Періоди, коли температура повітря нижча за 0°C відкидаються;

2) кількість вологи, що відтискається із нижніх шарів земляного полотна та накопичується у зимовий період враховується в розрахунковий період (протягом весняного розмерзання дорожньої конструкції) відповідно до [1];

3) далі визначається кількість надходження інфільтраційної вологи в основу проїзної частини від опадів;

4) підсумовуючи отримані значення, можна отримати графік зміни загальної величини надходження вологи в основу проїзної частини протягом року;

5) за розрахункове приймається максимальне із отриманих значень.

При розрахунку пропускної здатності кожного з елементів дренажної системи мілкового залягання слід забезпечити виконання так званої «умови неперервності» [6], яка полягає в тому, що для запобігання акумулювання води в конструктивних шарах дорожнього покриття та переповнення дренажної системи необхідно, щоб водовідвідна здатність системи підвищувалася по мірі збільшення притоку, починаючи з моменту надходження вологи і далі по шляху її руху через підстильний піщаний шар основи, трубчаті дрени та випуски.

Авторами виконано розрахунок [7] загальної величини надходження вологи в активну зону земляного полотна від різних джерел зволоження в весняний період для реально існуючого об'єкту та отримано результати, що наведені на рисунку 3.

Подальша робота авторів буде полягати в розробці методів розрахунку пропускної здатності елементів дренажних систем мілкового залягання в залежності від загальної величини притоку вологи.

При розрахунку пропускної здатності окремих конструктивних складових дренажної системи мілкового залягання слід звернути увагу на те, що режими руху рідини в них відрізняються.

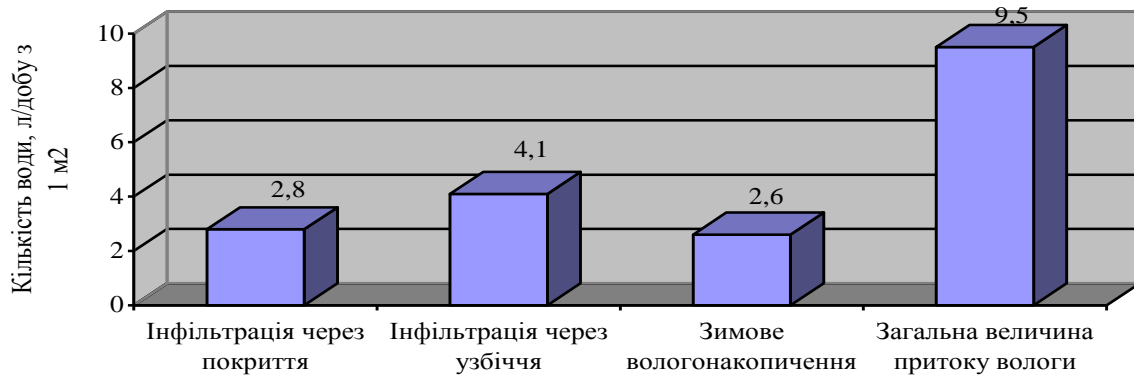


Рис. 3. Результати розрахунку загальної величини надходження вологи в активну зону земляного полотна від різних джерел

Піщаний шар є водопроникним і складається із окремих часток (піщинок), простір між якими заповнений порами. Як сказано в [8], рух ґрунтової води в пісках і водопроникних глинистих ґрунтах є ламінарним. Тому, якщо для розрахунку пропускну здатності підстильного шару основи з піску можна застосувати формулу Дарсі (через п'єзометричний похил, коефіцієнт фільтрації та площу перерізу), як для ламінарного потоку, то рух води у дренажній перфорованій трубі відбувається за законами турбулентного потоку зі змінною масою (формули 8, 9).

Основоположником теорії руху тіл зі змінною масою вважають І.В. Мещерського, який є автором ряду робіт, присвячених даній темі [9].

У загальному випадку рівняння, що описує згаданий вище рух, має вигляд:

$$M \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} + \frac{dM_1}{dt} (\vec{U}_1 - \vec{V}) - \frac{dM_2}{dt} (\vec{U}_2 - \vec{V}), \quad (8)$$

де $M = M_0 + M_1 + M_2$ – загальна маса матеріальної точки;

M_0 – постійна величина, яка дорівнює масі матеріальної точки у певний початковий момент часу;

M_1 і M_2 – відповідно, маси, які приєдналися або відділилися від матеріальної точки за певний час;

\vec{F} – вектор рівнодіючої всіх зовнішніх сил, які діють на матеріальну точку;

\vec{V} – вектор швидкості матеріальної точки;

\vec{U}_1 і \vec{U}_2 – відповідно, вектор швидкості центра інерції мас, що приєднуються або відєднуються.

Одним із найбільш вдалих записів рівняння плавномінного неусталеного руху рідини зі змінною масою є рівняння, запропоноване Г.А. Петровим [10]:

$$\frac{\alpha_0}{g} \left(V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(z + \frac{P}{\rho g} \right) + \frac{\alpha_0(V - \theta)}{gQ} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} V + \frac{\partial Q}{\partial t} \right) + i_f = 0, \quad (9)$$

де α_0 – коректив кількості руху (коефіцієнт Бусінеска);

Q, V, P – відповідно, витрата, середня швидкість, п'єзометричний тиск на відстані x від початку труби;

i_f – гідравлічний похил, викликаний дією сил тертя.

Перевагою рівняння (9) перед рівнянням (8) є те, що з його допомогою описується рух потоку рідини, а не окремих її матеріальних точок.

Дані залежності можна прийняти за основні при дослідженні процесів руху рідини у перфорованій трубі дренажу мілкового залягання та для розрахунку її параметрів.

Якщо говорити про методики розрахунків, які використовуються в інженерній практиці, то загальноприйнятими [1, 11, 12] вважаються дві принципово різні схеми розрахунку параметрів дренажних систем мілкового залягання. Перша – розрахунок за методом поглинання, друга – метод осушення.

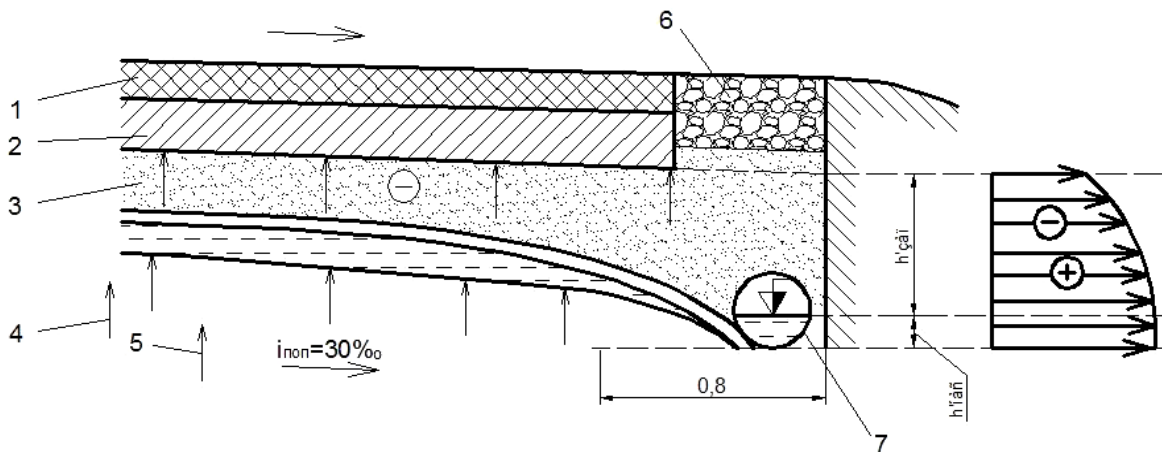


Рис. 4. Розрахункова схема дренаючого шару, який працює за методом осушення
1 – покриття; 2 – основа; 3 – дренаючий шар; 4 – рух капілярної води; 5 – напрям надходження вільної води в дренаючий шар; 6 – крайова смуга

Метод поглинання відображає роботу дренаючих шарів у період розтавання поперечних випусків, а також роботу шарів, з яких не передбачається

відведення води. Тобто розрахований за методом поглинання дренажний шар повинен забезпечувати розміщення всієї води, яка надходить до основи проїжджої частини в розрахунковий період.

Розраховані за методом осушення дренажні системи мілкового залягання призначені для відведення вологи, що надходить в розрахунковий період до основи дорожньої конструкції.

Вибір для використання дренажу, який працює за методом осушення, передбачає, використання більш якісних матеріалів для підстильного шару та додаткові затрати на влаштування поздовжніх трубчатих дрен та поперечних випусків. При використанні методу поглинання є можливим застосування місцевих матеріалів з нижчими фільтраційними показниками, проте товщина таких шарів вища.

Загальна товщина піщаного дренажного шару визначається за формулою [1, 3]:

$$h_p = h_{нас} + h_{зап}, \quad (10)$$

де $h_{нас}$ – товщина шару, повністю насиченого водою, м;

$h_{зап}$ – додаткова товщина шару, що залежить від капілярних властивостей матеріалу і становить для пісків грубозернистих 0,10 – 0,12 м, середньозернистих 0,14 – 0,15 м і дрібнозернистих 0,18 – 0,20 м.

Також на стадії проектування дренажної системи слід пам'ятати [11], що з часом щільність матеріалу дренажного шару підвищується через:

- 1) його ущільнення;
- 2) підвищення вмісту більш дрібних часток, що є наслідком подрібнення і перетирання найкрупніших зерен дренажного матеріалу;
- 3) його забруднення ґрунтовими частками, які рухаються разом з водою у зваженому вигляді.

Автори статті пропонують загальну товщину піщаного прошарку визначати з урахуванням зменшення фактичної товщини піщаного шару Δh , яке можна розрахувати за емпіричною формулою [12]:

$$\Delta h = \frac{NTK_N V_B}{N_p} \quad (11)$$

де N – перспективна середньорічна вантажонапруженість, млн. брутто-тон;

T – перспективний строк служби дорожніх одягів;

K_N – коефіцієнт, що характеризує відставання швидкості взаємопроникнення при збільшенні вантажонапруженості;

N_p – вантажонапруженість, млн. брутто-тон;

v_B – швидкість взаємопроникнення піщаного шару і ґрунту земляного полотна, що виражається в мм/год, з розрахунку вантажонапруженості на одну смугу руху в розмірі $N_p=1$ млн. брутто-тон.

Величина $h_{нас}$ у випадку розрахунків за методом поглинання і осушення розраховується по різному.

При розрахунку дренажного шару за методом осушення основне рівняння для визначення розрахункового максимального значення глибини фільтраційного потоку в дренажному шарі має наступний вигляд [11, 12]:

$$h_{нас} = l \left(\sqrt{\left(\frac{h_2}{l}\right)^2 - i\left(\frac{h_2}{l}\right) + C_{зв.}} \right) \times \exp \left[-\frac{i}{2a} \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\frac{h_2}{l} - \frac{i}{2}}{a} \right) \right] \quad (12)$$

i – проектний похил корита, в сотих долях одиниці;

h_2 – допустима глибина шару води біля краю корита (звичайно не перевищує 0,05 м), м;

l – відстань від осі дороги до перерізу, що розглядається, м;

$C_{зв.}$ – ступінь зволоження, рівна:

$$C_{зв.} = \frac{Q_{заг}}{K} \quad (13)$$

K – коефіцієнт фільтрації піску, м/добу;

$Q_{заг}$ – загальний питомий надлишок води, м³/добу з 1 м² проїзної частини (див. розділ 5);

a – безрозмірна величина, що дорівнює:

$$a = \sqrt{C_{зв.} - \left(\frac{i}{2}\right)^2} \quad (14)$$

Слід звернути увагу, що шар, який працює за принципом осушення, також перевіряють на роботу за принципом поглинання в період розтавання

поперечних випусків. Відповідно до [11], на дорогах з добре організованою службою утримання при осушенні дренажного шару трубчатими дренами тривалість розтавання поперечних випусків води приймають рівною не менше трьох діб при удосконалених типах покриттів, і не менше двох – при перехідних.

Згідно з [3], для забезпечення тимчасового розміщення води в піску в початковий період розтавання товщину дренажного шару визначають за формулою:

$$h_{\text{поч}} = h_{\text{нас}} + h_{\text{зап}} = \frac{1}{1 - \varphi_{\text{зим}}} \left[\frac{Q}{n} + h_{\text{зап}} \cdot (1 - \varphi_{\text{к}}) \right], \quad (15)$$

де $\varphi_{\text{зим}}$ – коефіцієнт заповнення вологою пор в матеріалі дренажного шару до початку розтавання (залежить від товщини шару і пористості матеріалу);

$Q = q_p \cdot t_{\text{зап}}$ – кількість води ($\text{м}^3/\text{м}^2$), яка накопичилася в дренажному шарі за час запізнення початку роботи водовідвідних пристроїв ($t_{\text{зап}}$); змінюється в межах від 3 до 6 діб;

n – пористість матеріалу в ущільненому стані, в частках одиниці;

$\varphi_{\text{к}} = 0,7$ – коефіцієнт заповнення пор капілярною водою в запасній частині піщаного шару.

Цьому ж питанню приділяється увага в [12]. Тут йдеться про те, що ранньою весною дренажний шар розтає нерівномірно. Тому при наявності трубчатих дренажів, які знаходяться деякий час ще в замерзлому стані, робота дренажного шару більш повно враховується методом поглинання. Але нерідко при мерзлому ще стані поперечних скидів випадають рідкі опади, які сприяють додатковому зволоженню дренажного шару. Тоді на початку розрахункового періоду в ньому можлива наявність вільної води глибиною (в см) [11, 12]:

$$h_{\text{нас}} = \frac{Q_{\text{заг}} \cdot T}{q_3 - q_2}, \quad (16)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – загальний питомий надлишок води, $\text{м}^3/\text{добу}$ з 1 м^2 проїзної частини;

q_3 – кількість вільної води, яка поглинається дренажним шаром товщиною в 1 см на площі 1 м^2 (визначається експериментально), $\text{м}^3/\text{м}^2$ за добу;

q_2 – те саме, але при капілярній вологоємності (визначається експериментально), $\text{м}^3/\text{м}^2$ за добу;

T – час розмерзання випусків та дрен, доба.

Відповідно до [11, 12], час T приймають рівним не менше трьох діб при удосконалених типах покриттів, і не менше двох – при перехідних.

Підбір внутрішнього діаметру труби виконується в наступній послідовності [13]:

1) Визначаємо сумарну витрату води в дренажі:

$$Q_d = (Q_1 \cdot a \cdot v_1 + Q_2 \cdot v_2) \cdot m_T \cdot L_d, \quad (17)$$

де L_d – довжина дренажу як водозбору (довжина ділянки), м;

m_T – коефіцієнт, який враховує можливість поступового забруднення труби (приймають $m_T = 1,5$);

a – ширина односкатної або половини двоскатної проїзної частини, м;

Q_1 – об'єм води ($\text{м}^3/\text{доба}$ на 1 м^2 проїзної частини), що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною та узбіччями;

Q_2 – кількість інфільтраційної вологи від атмосферних опадів, що потрапляє через узбіччя, покриття проїзної частини, розділювальну смугу

(в $\text{м}^3/\text{добу}$ на 1 м);

v_1 – коефіцієнт, що дорівнює 1 в період розтавання дорожньої конструкції весною; або дорівнює 0, якщо розрахунковий період не співпадає з періодом, коли вода, яка накопичується у зимовий період, відтискається із нижніх шарів земляного полотна в дренуючий шар;

v_2 – коефіцієнт, що дорівнює 1 в розрахунковий період з дощами; або дорівнює 0, коли розрахунковий період припадає на дні без дощів.

2) Призначається внутрішній діаметр труби.

3) Після приблизного визначення діаметра труби робимо перевірочний розрахунок з урахуванням того, що дренажна труба повинна працювати в безнапірному режимі:

$$Q_{np} = \omega_T V \quad (18)$$

де Q_{np} – шукана витрата води в трубі, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω_T – площа живого перетину потоку у трубі, м^2 ;

V – швидкість руху рідини, $\text{м}/\text{с}$.

4) Визначивши всі розрахункові величини, необхідно порівняти величини Q_d та Q_{np} . Розрахунок закінчуємо при умові, що $2 \cdot Q_d \leq Q_{np}$. При $2 \cdot Q_d > Q_{np}$ необхідно зробити перерахунок на новий, більший діаметр.

Ще одним важливим параметром є час роботи дренажної системи. Особливого значення він набуває в районах з холодним кліматом, де промерзання поширюється на значні глибини і дренажну систему слід проектувати так, щоб час витікання води з неї не перевищував допустимої межі.

В [6] пропонується тривалість 50%-вого водовідведення при влаштуванні в дренажному шарі основи закромкових дрен визначати за формулою:

$$t = \frac{n_e \cdot D^2}{K_1 \cdot K_2 \cdot k_\phi \cdot H_0}, \quad (19)$$

де K_1 – безрозмірний емпіричний коефіцієнт ($K_1=2880$);

K_2 – коефіцієнт для переведення одиниць вимірювання коефіцієнту фільтрації з м/с в фут/хв. ($K_2=196,455$);

n_e – активна пористість основи;

D – ширина схилу основи;

k_ϕ – коефіцієнт фільтрації основи, м/с;

H_0 – п'єзометричний похил основи, $H_0=H+s \cdot D$;

H і s – відповідно товщина і поперечний похил основи.

Отже, із викладеного вище можна зробити висновок, що для правильного розрахунку дренажної системи мілкового залягання слід враховувати погоднокліматичні особливості регіону, «умову неперервності» роботи дренажної системи, забезпечити відведення води за час, який не перевищує допустимий, а також той факт, що щільність матеріалу дренажного шару підвищується з часом. Необхідно враховувати режими протікання рідини в кожному із конструктивних елементів.

На основі наведеного вище аналізу, його узагальнення та доопрацювання, авторами статті в рамках виконання науково-дослідної роботи за тематичним планом Державної служби автомобільних доріг України розроблено методику визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкового залягання з урахуванням річного циклу роботи, використання якої планується при проектуванні дренажних систем мілкового залягання.

Література

1. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
2. Дренажные устройства земляного полотна автомобильных дорог общей сети Союза ССР / Типовые проектные решения. 503-0-43. Разработаны ГПИ «Союздорпроект» Главтранспроекта Минтрансстроя. Введены в действие 10.06.1981 г.
3. Методические рекомендации по осушению земляного полотна и оснований дорожных одежд в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания грунтов / Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (Союздорнии). – М., 1974.
4. Предложения по совершенствованию дренажа автомобильных дорог в выемках / Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (Союздорнии). – Балашиха Московской области, 1969.
5. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна : на основании регулирования водно-теплового режима – М.: Транспорт, 1982. – 166 с.
6. Седергрэн Г.Р. Дренаж дорожных одежд и аэродромных покрытий: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 280 с.
7. Славінська О.С., Стьожка В.В. Дослідження процесів вологонакопичення в дорожніх конструкціях з дренажними прошарками // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне, 2009. – Ч. 1. – Вип. 3 (47). – С. 488 – 495.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлика. (Учебник для вузов). – Л.: Энергия, 1975. – 600 с.
9. Мещерский И.В. Динамика точки переменной массы. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1952.
10. Петров Г.А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. // Известия НИИГ. – 1940. Вып. 28. – С. 63 – 72.
11. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Н.А. Пузаков, И.А. Золотарь, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаев и др.; Под. ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 413 с.
12. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
13. Дренажные сооружения железнодорожного земляного полотна. – М.: Транспорт, 1976. – 88 с.