

Шинкарук Л.А., канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗВОЛОЖЕННЯ ПІЩАНОГО ДРЕНУЮЧОГО ШАРУ ВОЛОГОЮ ВІД РОЗТАВАННЯ ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Анотація. У статті розглянуто алгоритм визначення величини надходження вологи до піщаного дренажного шару при розтаванні дорожньої конструкції.

Ключові слова: вологість, глибина промерзання, дренаж, коефіцієнт теплопровідності.

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм определения величины поступления влаги к песчаному дренажному слою при таянии дорожной конструкции.

Ключевые слова: влажность, глубина промерзания, дренаж, коэффициент теплопроводности.

Abstract. In the article reviewed the algorithm for determining the value of moisture to the sandy draining layer at the melting road construction.

Keywords: moisture, frost depth, drainage, thermal conductivity.

Одним із суттєвих і небезпечних джерел зволоження верхньої частини земляного полотна та шарів дорожнього одягу є вода, яка звільняється при розтаванні ґрунту активної зони земляного полотна [1-4].

При встановленні у зимово-весняний період стабільної додатної температури повітря, дорожня конструкція поступово починає розтавати. Покриття нагрівається під впливом сонячного проміння. Виникає різниця температур і, відповідно, тисків між верхніми та нижніми шарами дорожньої конструкції. У зв'язку з цим, вода, що накопичилася у дощовий осінній період та взимку під час відлиг, під дією рухомого складу та градієнтів тиску починає

підніматися до шарів дорожнього одягу, призводячи до пучиноутворення, зниження несучої здатності конструкції.

Ефективним методом боротьби із цим явищем є влаштування дренажного пористого піщаного шару, який забезпечує акумулювання та відведення надлишку вільної води із дорожньої конструкції.

Для правильного розрахунку товщини такого шару необхідно досить точно визначати об'єм води, яка звільняється при розтаванні дорожньої конструкції.

Відповідно до [1] об'єм води ($\text{м}^3/\text{доба}$ на 1 м^2 проїзної частини), що звільняється при розтаванні ґрунту під проїзною частиною та узбіччями, визначається за формулою:

$$Q_1 = h_1 \times (W_{\text{вес}} \times \rho_{\text{вес}} - \beta \times W_T \times \rho_d) \times K_{\Pi} \times K_{\Gamma}, \quad (1)$$

де h_1 – товщина шару ґрунту, в якому розтає лід за одну добу в активній зоні земляного полотна, м (формула 2);

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

$\rho_{\text{вес}}$ – щільність скелету ґрунту при розрахунковій вологості, $\text{г}/\text{см}^3$;

ρ_d – те саме при вологості, що дорівнює βW_T , $\text{г}/\text{см}^3$;

β – коефіцієнт, що показує, яка кількість води утримується в порах ґрунту, ущільненого до потрібної щільності, в долях від вологості при межі текучості ґрунту: для супісків приймається рівним 0,7, а для суглинків і глинистих ґрунтів – 0,75;

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

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує неусталений режим припливу води через нерівномірне розтавання та випадання атмосферних опадів [5];

K_{Γ} – коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренажного шару в процесі експлуатації дороги [5].

Надходження води в дренуючий шар при розтаванні ґрунту узбіччя визначається також по наведеній вище формулі, але із введенням в неї множника $2 \times l/b$ (l – ширина узбіччя, b – ширина проїзної частини). Надходження води при цьому також, як і для ґрунту під проїзною частиною, отримують в м^3 за добу з 1 м^2 проїзної частини.

$$h_1 = \sqrt{\frac{\lambda \times T \times (t_B - t_{\text{Л}})}{\rho \times W \times \delta_1} + 0,25 \times (R_{\text{П}} + R_0)^2 \times \lambda^2 - 0,5 \times (R_{\text{П}} + R_0) \times \lambda}, \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності талого ґрунту, $\text{ккал/м} \cdot \text{г} \cdot \text{град}$;

T – тривалість відтавання ґрунту, год;

t_B – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{Л}}$ – температура льодоутворення, $^{\circ}\text{C}$;

ρ – схована теплота льодоутворення, яка дорівнює 80 ккал/кг ;

W – вологість ґрунту, у долях одиниці;

δ_1 – щільність ґрунту, кг/м^3 ;

$R_{\text{П}}$ – величина, яка залежить від швидкості вітру, $\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{г/ккал}$;

R_0 – тепловий опір дорожнього одягу, $\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{г/ккал}$, визначається за формулою:

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}, \quad (3)$$

де h_1, h_2, \dots, h_n – товщина шарів конструкції дорожнього одягу, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коефіцієнт теплопровідності відповідних шарів конструкції дорожнього одягу, $\text{ккал/м} \cdot \text{г} \cdot \text{град}$.

Отже, одним із факторів, які впливають на кількість надходження вологи від розмерзання дорожньої конструкції, є товщина шару ґрунту, в якому розтає лід за одну добу в активній зоні земляного полотна, тобто швидкість розмерзання.

Зрозуміло, що ґрунт буде віддавати вологу до тих пір, поки не розмерзнеться повністю. Значення нормативної глибини промерзання можна отримати з діючої нормативної бази [5].

З огляду на те, що клімат змінюється, а розрахункові значення [5] отримані кілька десятиріч тому, розглянемо точний метод розрахунку глибини промерзання ґрунту:

$$h_2 = \sqrt{\frac{\lambda \times T}{\rho \times W \times \delta_1} \times \left[t_{\text{Л}} - t_{\text{В}} + (t_{\text{В}} - t_{\text{Г}}) \times \frac{R_{\text{П}} + R_0}{R} \right]}, \quad (4)$$

де $t_{\text{Г}}$ – температура ґрунту, °С;

R – загальний тепловий опір, град \times м² \times г/ккал, який дорівнює:

$$R = \frac{H'}{\lambda_{\text{ОП}}} + \frac{h_c}{\lambda_c}, \quad (5)$$

де H' – глибина, на якій береться температура $t_{\text{Г}}$, м;

$\lambda_{\text{ОП}}$ – коефіцієнт теплопровідності ґрунту поля, ккал/м \times г \times град;

h_c – товщина снігового покриву у полі з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{ОП}}$, м.

Для снігу коефіцієнт теплопровідності у ккал/м \times г \times град можливо розрахувати за емпіричною формулою:

$$\lambda_c = 0,02 + 0,9 \times \gamma_c, \quad (6)$$

де γ_c – об'ємна вага снігу, г/см³.

Приблизні значення γ_c можна прийняти:

- для снігу, який щойно випав (початок зимового періоду) – 0,20;
- для ущільненого снігу (середина зимового періоду) – 0,38;
- для початку розтавання (кінець холодного періоду) – 0,51.

Таким чином, отримуємо досить точний та придатний для виконання інженерних розрахунків метод визначення величини надходження вологи від розтавання дорожньої конструкції в зимово-весняний період.

Висновок

За результатами проведеного аналізу сформовано алгоритм та наведено інженерний метод розрахунку величини надходження вологи до дренажної конструкції при її розтаванні у зимово-весняний період:

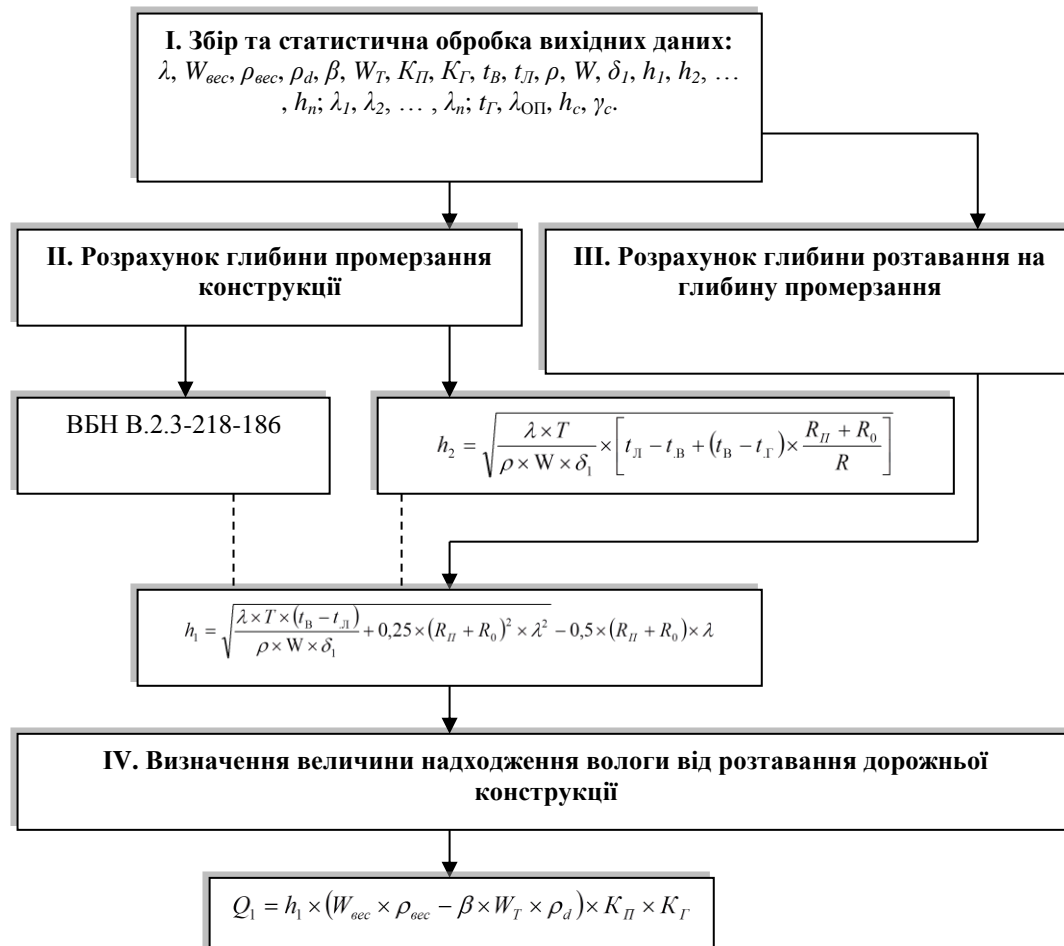


Рисунок 1 – Послідовність розрахунку

Література

1. М 218-02070915-684:2011 Методика визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкового залягання з урахуванням річного циклу роботи.
2. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
3. 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.
4. 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.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. 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.