

Савенко В.Я., д-р техн.наук, Славінська О.С., д-р техн.наук, Усиченко О.Ю
канд.техн.наук, Стьошка В.В.

ОСОБЛИВОСТІ УРАХУВАННЯ НАДХОДЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВОЛОГИ В ДРЕНАЖНІ КОНСТРУКЦІЇ ПРИ ВІДТАВАННІ ГРУНТУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Анотація. У статті наведено результати розрахунків надходження вологи у дренажну конструкцію при відтаванні ґрунту земляного полотна для вибраної дорожньої конструкції для кліматичних умов м. Києва, проаналізовано відповідність отриманих результатів вимогам нормативних документів.

Ключові слова: автомобільна дорога, вологість ґрунту, дренаж, питомий надлишок води.

Анотация. В статье приведены результаты расчетов надходження влаги в дренажную конструкцию при оттаивании ґрунта земляного полотна для выбранной дорожной конструкции для климатических условий г. Киева, проанализированы соответствие полученных результатов требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, влажность почвы, дренаж, удельный избыток воды.

Anotation. The results of calculations nadzhodzhennya moisture drainage design in thawing soil subgrade for the selected road construction for the climatic conditions of Kyiv, analyzed the results match the requirements of regulations.

Keywords: road, soil moisture, drainage, specific excess water.

Земляне полотно автомобільної дороги є основою для проїзної частини автомобільної дороги. Земляне полотно повинне бути стійким в різні періоди

року і впродовж всього терміну служби. Причиною виникнення деформацій дорожніх одягів у більшості випадків є зниження міцності ґрунту земляного полотна. Основною причиною зниження міцності ґрунту є його перезволоження. З перевищенням реальною вологістю оптимальної знижується міцність ґрунту до 2 разів. Досить поширеним і простим способом регулювання водно-теплого режиму верхньої частини земляного полотна та дорожнього одягу є влаштування дренажної конструкції мілкового закладання.

Іноді вартість дорожніх одягів з незадовільним дренажем може у 2-3 рази перевищити вартість їх будівництва з правильно розрахованою, ефективно працюючою впродовж багатьох років дренажною конструкцією.

Ефективність осушення земляного полотна залежить від природних умов місцевості, поперечного та поздовжнього профілів автомобільної дороги, якості піску і конструкції самого дренажу.

Дренажі мілкового закладання використовуються у виїмках, на ділянках малих насипів, в «нульових» місцях у випадку значного притоку води в активну зону земляного полотна. Особливістю є те, що вони розташовуються в зоні промерзання і призначені для видалення води з верхньої частини дорожньої конструкції у теплий період або в період відтаювання. Їх застосовують для просушування дренажного прошарку, який забезпечує фільтрацію води в капілярному вигляді. Дренажі мілкового закладання (рис.1) необхідно передбачати у випадку, коли кількість води, яка надходить в основу проїзної частини в окремі періоди, більша, ніж може розміститися в порах нижніх шарів одягу та підстилаючому ґрунті без значного зниження їх опору автомобільним навантаженням [1].

Ці дренажі мають такі переваги:

- виключають необхідність видалення полоїв (намерзлого льоду);
- мають порівняно невелику будівельну вартість;
- влаштовуються з високим рівнем механізації робіт;
- мають тривалий термін служби;
- ефективно осушують робочу зону земляного полотна.

Проектування дренажів взагалі та, зокрема, дренажів мілкового закладання в більшості випадків передбачає використання типових проектів, які були розроблені десятиріччя тому. В найбільш поширених методиках для розрахунку дренажних систем мало уваги приділено зниженню пропускної здатності піщаного шару з часом внаслідок доущільнення та проникнення пилюватих часток; врахуванню інфільтраційної вологи від атмосферних опадів при визначенні питомого надлишку води, яка проникає до активної зони земляного полотна. Тому товщина дренажного шару, визначена такими розрахунками може бути дещо заниженою, що в майбутньому призведе до передчасного виходу з ладу дренажної системи

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

Відповідно до [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, визначається за формулою:

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

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

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

$\rho_{вес}$ – 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_{II} – коефіцієнт, що враховує неусталений режим припливу води через нерівномірне розтавання та випадання атмосферних опадів згідно з табл. 5.3 [5];

K_G – коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренуючого шару в процесі експлуатації дороги згідно з табл. 5.3 [5].

Надходження води в дренуючий шар при відтаванні ґрунту узбіччя визначається також по наведеній вище формулі, але із введенням в неї множника $2l/b$ (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.

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

де λ – коефіцієнт теплопровідності талого ґрунту, ккал/м·г·град;

T – тривалість відтавання ґрунту, год;

t_B – температура повітря, °С;

$t_{Л}$ – температура льодоутворення, °С;

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

W – вологість ґрунту, у долях одиниці;

δ_1 – щільність ґрунту, кг/м³;

R_{II} – величина, яка залежить від швидкості вітру, град·м²·г/ккал;

R_0 – тепловий опір дорожнього одягу, град·м²·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, ккал/м·г·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.

Порівняємо, як змінювалася ця величина, починаючи з 1981 року. Скористаємося статистичними даними Українського гідрометеорологічного центру за 1981, 1991, 2001 та 2011 роки для м. Києва.

Для розрахунку приймемо такі вихідні дані:

- ґрунт земляного полотна – важкий суглинок;
- середня за розрахунковий період вологість ґрунту (W) – 27 %;
- щільність ґрунту в розрахунковий період (δ_1) – 1400 кг/м³;
- конструкція дорожнього одягу: а/б дрібнозернистий, $h_1 = 4$ см; а/б крупнозернистий, $h_2 = 8$ см; шар гранітного щебеню, $h_3 = 20$ см; підстильний шар основи з піску, $h_4 = 25$ см.

Зрозуміло, що ґрунт буде віддавати вологу до тих пір, поки не розмерзнеться повністю. Значення нормативної глибини промерзання можна отримати з діючої нормативної бази [5]. Для Київської області воно складає 90-95 см.

Розрахунок виконаємо до повного розмерзання ґрунту на глибину його нормативного промерзання, починаючи зі встановлення стабільних додатних середньодобових температур повітря. Для 1981 року – з 18 березня, 1991 – з 1 березня, 2001 – з 3 березня, 2011 – з 12 березня.

Визначаємо спочатку товщину шару ґрунту активної зони, який розтає за кожен із розрахункових проміжків часу, а потім – товщину шару ґрунту, в якому розтає лід за одну добу для кожної доби, як різницю між даними за наступний та попередній проміжки часу.

Зобразимо графічно процес розтавання ґрунту в часі (рис. 1-4).

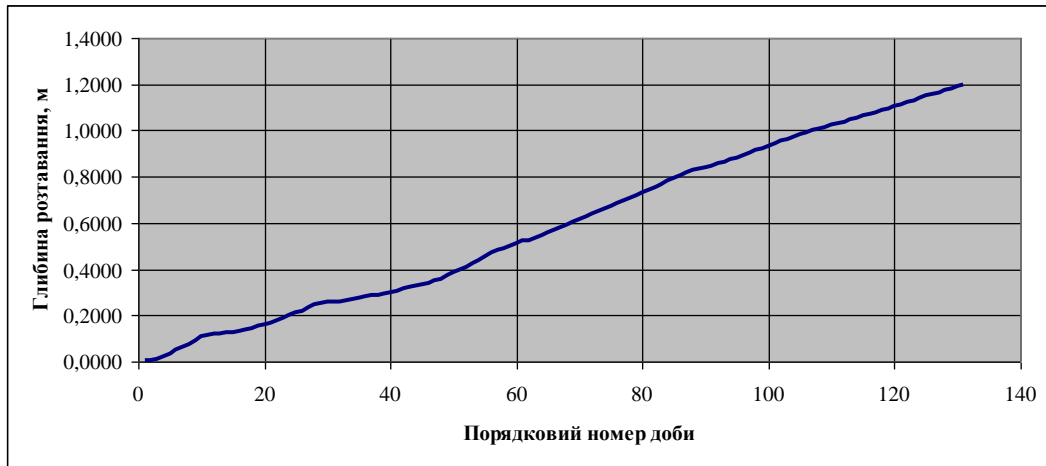


Рисунок 1 – Графік розтавання шару ґрунту протягом розрахункового періоду в 1981 році

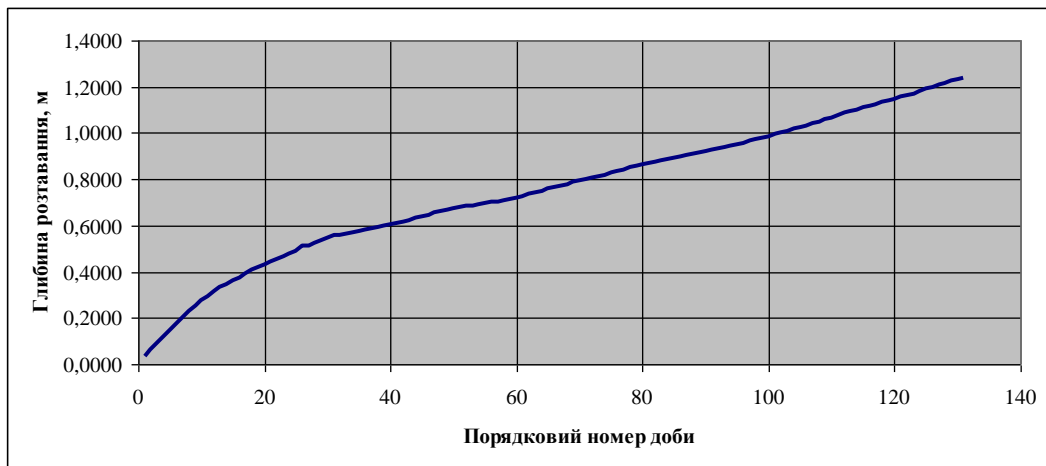


Рисунок 2 – Графік розтавання шару ґрунту протягом розрахункового періоду в 1991 році

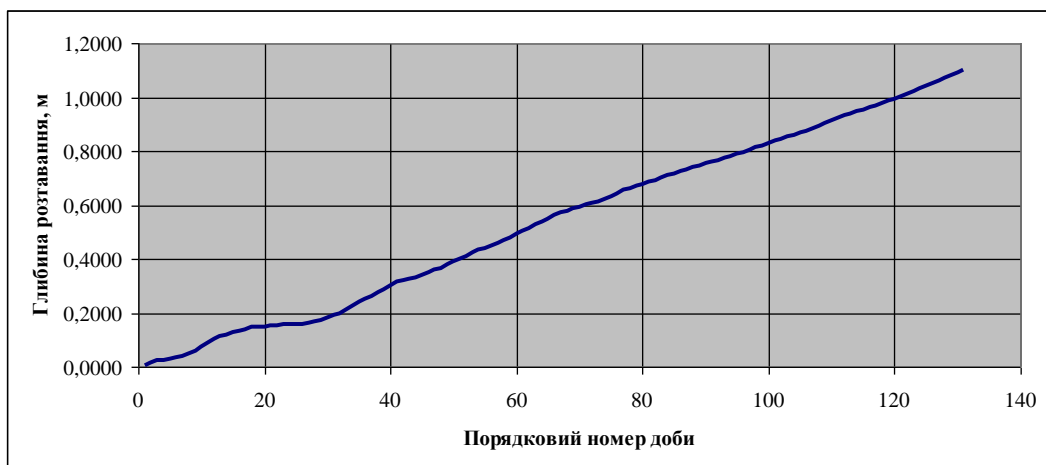


Рисунок 3 – Графік розтавання шару ґрунту протягом розрахункового періоду в 2001 році

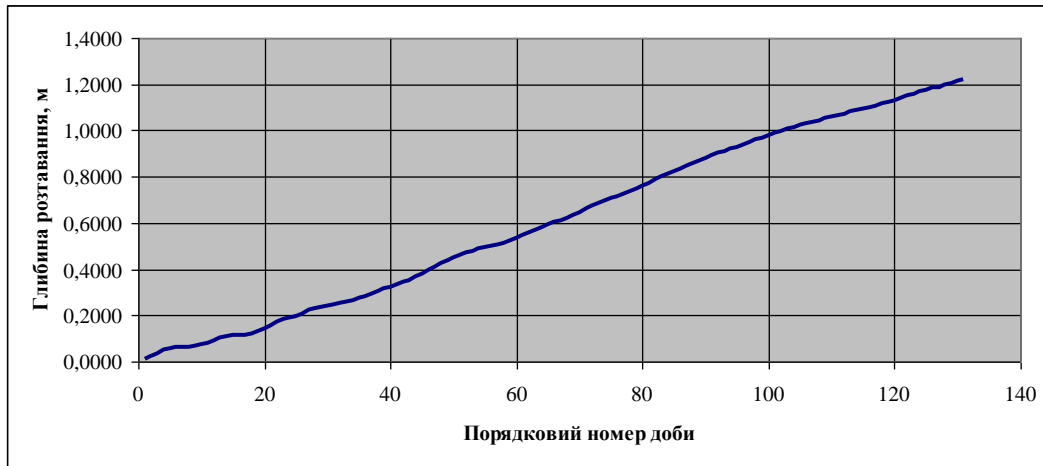


Рисунок 4 – Графік розтавання шару ґрунту протягом розрахункового періоду в 2011 році

Проаналізувавши результати розрахунків, можна зробити висновок, що ґрунт розтавав на розрахункову глибину за різні проміжки часу – від 87 до 109 діб, а початок розмерзання кожного з років був різним.

Як бачимо на прикладі 1991 року, бувають періоди стрімкого вивільнення вологи за незначний проміжок часу, що небезпечно з точки зору забезпечення достатньої міцності дорожньої конструкції.

Розрахуємо об'єм води ($\text{м}^3/\text{доба}$ на 1 м^2 проїзної частини), що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною за залежністю [6]:

$$Q_1 = h_1 \times (W_{вес} \times \rho_{вес} - \beta \times W_T \times \rho_d) \times K_{II} \times K_{Г}, \quad (3)$$

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

W_T – вологість, яка відповідає межі текучості ґрунту, в долях 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: для супісків приймається рівним 0,7, а для суглинків і глинистих ґрунтів – 0,75;

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

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

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

K_G – коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренажного шару в процесі експлуатації дороги згідно з [5].

Оскільки розрахунки проводимо з використанням фактичних даних погодних показників, коефіцієнти K_{II} та K_G з формули 3 не враховуємо.

Для зручності порівняння результатів побудуємо діаграми (рис. 5-8)

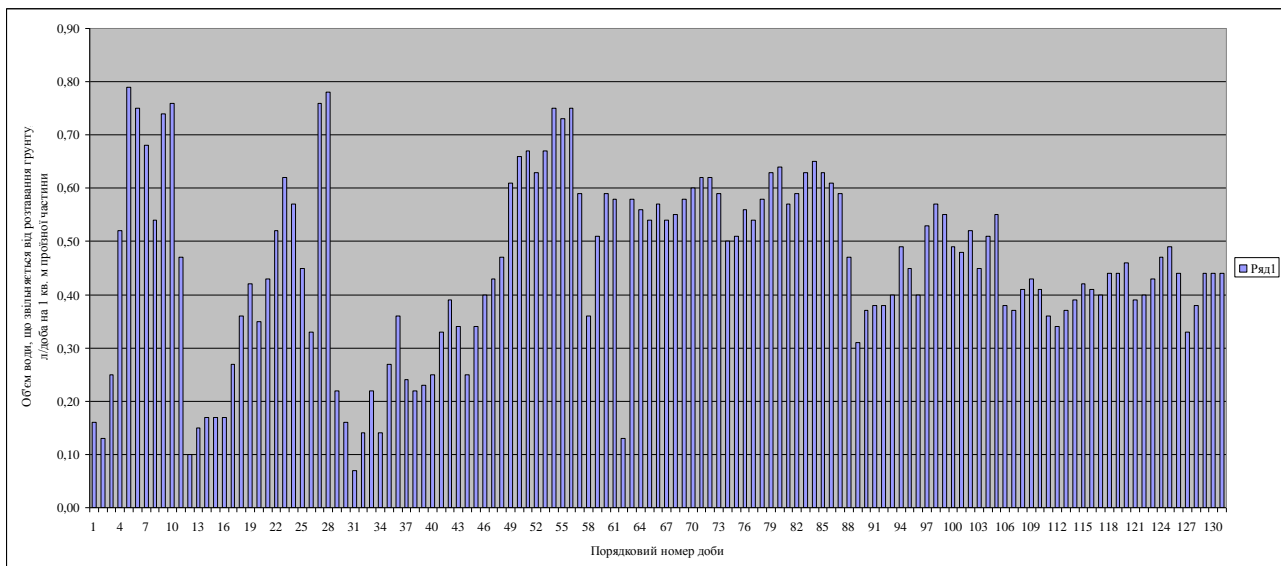


Рисунок 5 – Об'єм води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною у 1981 році

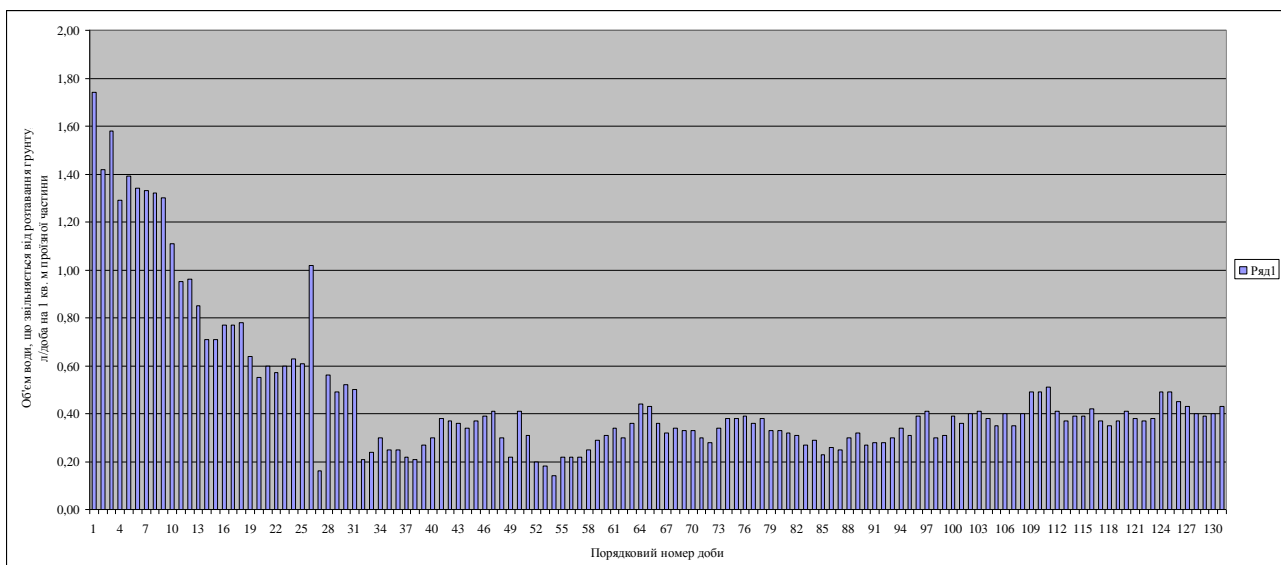


Рисунок 6 – Об'єм води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною у 1991 році

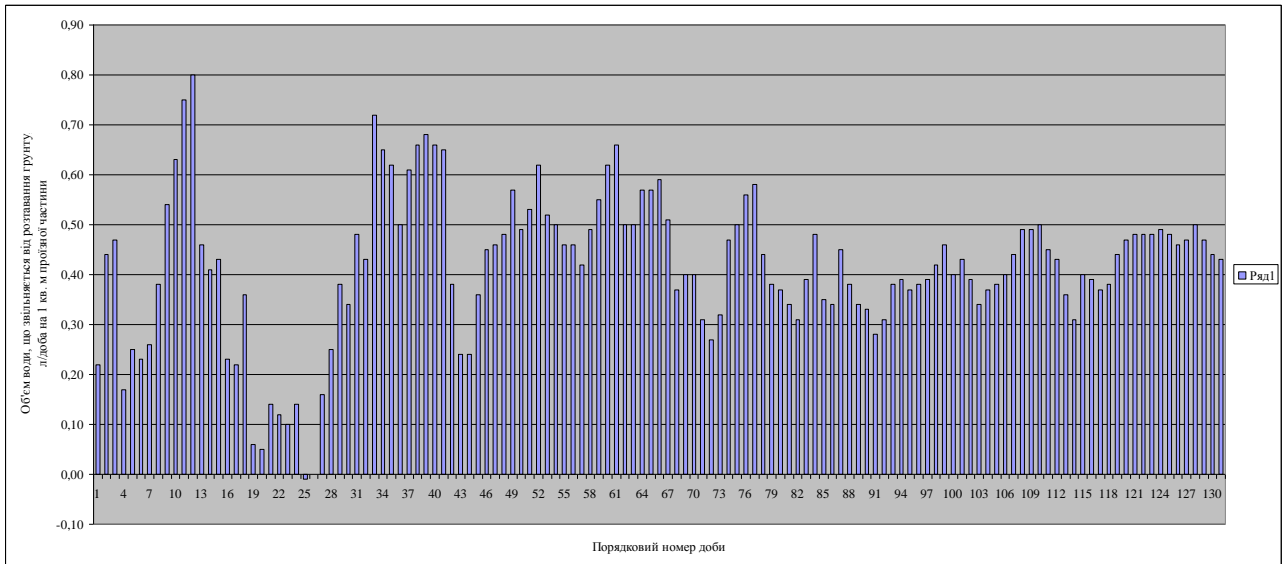


Рисунок 7 – Об’єм води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною у 2001 році

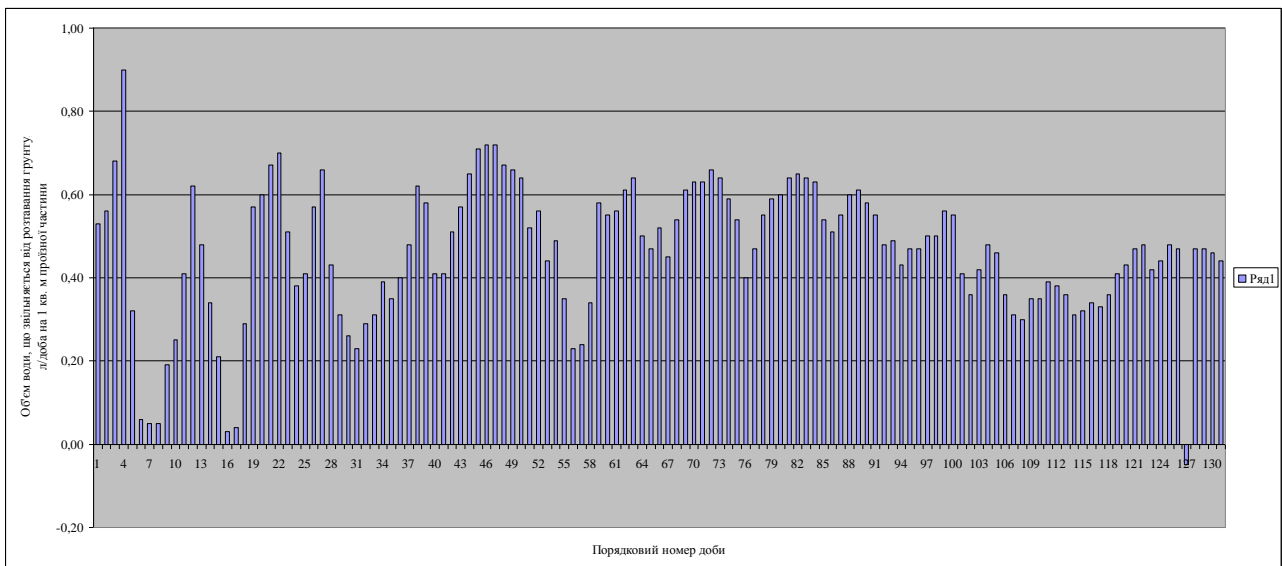


Рисунок 8 – Об’єм води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною у 2011 році

ВИСНОВОК

Відповідно до нормативного документу, в якому регламентується величина загального припливу води в основу традиційної конструкції, що припадає на 1 м² проїзної частини за добу [5], цей показник для Північної дорожньо-кліматичної зони становить від 2,0 до 5,0 л/м² за добу.

Як показав розрахунок, фактична величина надходження води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною в 1981, 2001 та 2011

роках не перевищувала 1 л/м² за добу, в 1991 році ця величина досягала позначки близько 1,8 л/м² за добу.

З проведених розрахунків можна зробити висновок, що волога, яка звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною не є визначальною при формуванні несприятливого водно-теплового режиму земляного полотна, або ж розрахункові значення, які сьогодні використовуються у проектуванні є значно завищеними.

Для перевірки сказаного вище слід виконати розрахунок кількості вологоги, яка надходить від інших джерел зволоження. У першу чергу – це інфільтраційна волога від розтавання снігу та льоду на узбіччях і розділювальній смузі та інфільтраційна волога від атмосферних опадів.

Якщо величина надходження інфільтраційної вологи перевищить кількість води, що звільняється при відтаванні ґрунту під проїзною частиною, постане питання перегляду традиційно прийнятих розрахункових періодів у залежності від сучасного режиму дощів.

ЛІТЕРАТУРА

1. М 218-02070915-684:2011 Методика визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкого 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.
6. 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