



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 627.13

Кватадзе А.І.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПЕРІОДІВ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДРЕНАЖНИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація. В статті наведено метод визначення розрахункових періодів водно-теплового режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування. Представлений метод ґрунтується на статистичних даних метеорологічних спостережень району будівництва або експлуатації не менше ніж за п'ятирічний період. Це дозволить регулювати режим вологонакопичення в дорожніх конструкціях та обґрунтовано визначити генеральні розміри дренажних систем.

Об'єкт дослідження – періоди водно-теплового режиму.

Мета роботи – визначення розрахункових періодів водно-теплового режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування.

Методи дослідження – аналітично-розрахунковий.

Ключові слова: водно-тепловий режим, опади, земляне полотно, дренажна конструкція.

UDC 627.13

Kvatadze A.

DETERMINING SETTLEMENT PERIOD WATER-THERMAL REGIME METHOD FOR CALCULATING DRAINAGE DEVICES

Abstract. The article describes method of determining billing periods, the water-thermal regime in road constructions of public roads. The method is based on statistical data of meteorological observations of an area of construction or operation of not less than five years. This will allow you to adjust the accumulation of moisture in road constructions and reasonably determine the General dimensions of drainage systems.

The object of study – periods of water-thermal regime

Purpose - to determine the billing periods fluid and thermal conditions in road construction of public roads.

Research methods – analytically-rated.

Key words: water-thermal conditions, precipitation, roadbed, drainage construction.

УДК 627.13

Кватадзе А. И.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ДЛЯ РАСЧЕТА ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация. В статье приведен метод определения расчетных периодов водно-теплового режима в дорожных конструкциях автомобильных дорог общего пользования. Представленный метод основывается на статистических данных метеорологических наблюдений района строительства или эксплуатации не менее чем за пятилетний период. Это позволит регулировать режим влагонакопления в дорожных конструкциях и обоснованно определить генеральные размеры дренажных систем.

Объект исследования - периоды водно-теплового режима.

Цель работы – определение расчетных периодов водно-теплового режима в дорожных конструкциях автомобильных дорог общего пользования.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: водно-тепловой режим, осадки, земляное полотно, дренажная конструкция.

Вступ

Вода в дренуючий шар дорожньої конструкції може надходити від атмосферних опадів та при відтисканні води із розташованого нижче шару ґрунту при розмерзанні дорожньої конструкції.

Сумарну кількість води, що надходить до дренуючого шару (Q , $\text{м}^3/\text{м}^2$ проїзної частини) можна розраховувати трьома способами:

- вимірюванням вологості та щільності ґрунтів земляного полотна в кінці третього періоду водно-теплого режиму;
- нівелюванням морозного здимання;
- враховуючи надлишок вільної води в ґрунтах верхньої частини земляного полотна.

Перші два способи потребують великі обсяги польових випробувань та дають змогу розрахувати сумарну кількість води, що надходить в дренуючі шати тільки в весняний період водно-теплого режиму (відтавання і насичення дорожньої конструкції у весняний період) [1,2].

У зв'язку зі зміною клімату планети, а саме підвищення вмісту атмосферної вологи, збільшення інтенсивності та тривалості опадів, що випадають протягом року, відбувається зміна водно-теплого режиму дорожньої конструкції. При проектуванні елементів дорожньої конструкції, зокрема дренажних систем, виникає необхідність у визначенні розрахункових періодів водно-теплого режиму [1].

А саме необхідно визначити тривалість кожного періоду окремо, оскільки вони не відповідають календарним термінам: першого - осіннього періоду початкового накопичення вологи, другого - зимового періоду перерозподілу вологи і накопичення її в верхніх шарах земляного полотна, промерзання ґрунту, третього - весняного періоду відтавання і насичення, і четвертого - літнього. Метою роботи є визначення розрахункових періодів водно-теплого режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування.

Вихідними даними для розрахунків є статистичні дані метеорологічних спостережень району будівництва за період вибраної кількості років $N_{\text{років}}$ розрахунків приймають, як мінімум, п'ятирічний період). Збільшення кількості років спостереження призводить до підвищення

Introduction

Water draining layer in road construction can come from rain and water from under pushups located below the soil thawing during road construction.

The total amount of water supplied to the draining layer (Q , m^3/m^2 carriageway) can be count by three ways:

- measurement of moisture content and density of soil subgrade at the end of the third period water and thermal regime;
- leveling frosty swelling;
- given the excess of free water in the soil the upper part of the subgrade.

The first two methods require large amounts of field tests and allow you to calculate the total amount of water entering the draining garments only spring water and heat treatment (thawing and saturation of road construction in the spring) [1,2].

Due to changes in climate, such as increasing atmospheric moisture content, increase the intensity and duration of rainfall during the year, changes the water and thermal regime of road construction. In the design elements of road construction, including drainage systems, there is a need to define billing periods water and thermal regime [1].

And it is necessary to determine the length of each period separately, since they do not correspond to calendar dates: first - autumn period of initial accumulation of moisture, the second - winter redistribution of moisture and accumulate it in the upper layers of the roadbed, soil freezing, the third - the spring period thawing and saturation and fourth - summer. The aim is to determine the billing periods fluid and thermal conditions in road construction of public roads.

Initial data for calculation are the statistics of the construction of meteorological observations in the period selected number of years $N_{\text{років}}$ (payments to take at least five years). Increasing the number of years of observation increases the accuracy of

точності виконаних розрахунків. Розрахунок за нижченаведеним методом слід виконувати для кожного визначеного року окремо.

Для розрахунків необхідно мати статистичні дані метеорологічних спостережень про такі метеорологічні величини:

- середньодобові температури повітря протягом року;
- середньомісячні температури повітря протягом року;
- середньодобові температури на поверхні ґрунту протягом року;
- кількість опадів,
- інтенсивність опадів;
- тривалість опадів;
- дефіцит насичення повітря.

Визначення тривалості розрахункових періодів та режиму відтавання ґрунту

Окремі межі певних періодів визначаються температурним режимом. Для визначення дат настання відповідних температур слід за метеорологічними даними про середньомісячні температури побудувати графік ходу цих температур протягом розрахункового року. Із графіка слід отримати дати переходу температури через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ весною, через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ та мінус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ восени.

Початок першого розрахункового осіннього періоду визначається датами переходу температури через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_{10}), закінчення – при переході температури через мінус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_{30}) – початок замерзання ґрунту. Тривалість першого періоду T_0 (доба) визначається кількістю днів за календарем між розрахованими датами ($T_0 = T_{30} - T_{10}$). Початок третього весняного періоду (T_{10}) визначається датою переходу температури через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ весною [1]. Дату закінчення весняного періоду (T_{30}) визначають після розрахунків режиму розтавання ґрунту.

На подальшому етапі послідовно для кожного дня, починаючи з дати початку весняного періоду (T_{10}), використовуючи метеорологічні дані розрахункового року, визначають товщину шару ґрунту [3], в якому розтає лід за одну добу в активній зоні земляного полотна, м:

the calculations. Payment for the following methods should be performed for each specified year alone.

For the calculations necessary to have statistics of such meteorological observations meteorological values:

- average daily temperature during the year;
- the average temperature during the year;
- average temperature in the ground during the year;
- number of rainfall,
- the intensity of precipitation;
- duration of rainfall;
- lack of air saturation.

Determining the length of the settlement period and mode of thawing soil

Certain limits the periods determined by the temperature regime. To determine the appropriate dates onset temperature follows the meteorological data on average monthly temperature plot the course of these temperatures for given year. From the graph should be obtained through the date of transition temperature of $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ spring through $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in autumn.

The beginning of the first settlement dates fall period is determined by the transition temperature $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_{10}), end - through the transition temperature of $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_{30}) early freezing of the soil. The duration of the first period T_0 (day) is determined by the number of days between the calculated calendar dates ($T_0 = T_{30} - T_{10}$). The beginning of the third spring period (T_{10}) is determined by the date of transition temperature of $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ in spring [1]. The date of completion of the spring season (T_{30}) define the calculation mode after thawing soil.

In the subsequent stage sequentially for each day starting from the beginning of the spring season (T_{10}), using meteorological data was calculated, determine the thickness of the soil layer [3], which thaws the ice one day in the core of the roadbed, m:

$$h_i = \frac{4,86 \cdot \lambda \cdot 24 \cdot t_B - t_L}{\delta \cdot W_{вес} \cdot \rho} + 0,25 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda^2 - 0,5 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda, \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності талого ґрунту, Вт/(м·К) [3];

t_B – температура повітря, °С; t_L – температура льодоутворення, °С [3];

δ – прихована теплота льодоутворення, яка дорівнює 334 кДж/кг;

$W_{вес}$ – розрахункова весняна вологість ґрунту земляного полотна, в долях одиниці;

ρ – щільність ґрунту, кг/м³;

R_{Π} – величина, яка залежить від швидкості вітру, К·м²·Вт [3];

R_0 – тепловий опір дорожнього одягу, К·м²·Вт, розраховують за формулою (2).

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}, \quad (2)$$

де h_1, h_2, h_n – товщини шарів дорожнього одягу, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – коефіцієнти теплопровідності відповідних шарів, Вт/(м·К) (визначають експериментально, а за відсутності необхідного обладнання – приймають за таблицею Г.1 [4]).

Отримані результати послідовно сумують h_i . Розрахунки за формулою (1) виконують до тих пір, поки виконується умова:

$$h_i \leq z_{пр}, \quad (3)$$

де $z_{пр}$ – глибина промерзання ґрунту, м, розраховують за формулою 4 для розрахункового року спостережень.

$$z_{пр} = \frac{4,86 \cdot \lambda_M \cdot T}{\delta \cdot W \cdot \rho} \cdot t_L - t_{\Pi} + t_{\Pi} - t_r \cdot \frac{R_{\Pi} + R_0}{R} \times 100 \quad (4)$$

де λ_M – коефіцієнт теплопровідності мерзлого ґрунту, Вт/(м·К);

T – період промерзання, годин (те ж, що і T_3 виражене в годинах);

δ – прихована теплота льодоутворення, дорівнює 334 кДж/кг;

W – вологість ґрунту, долі одиниці;

ρ – щільність ґрунту, кг/м³;

t_{Π}, t_r, t_L – відповідно, температура повітря, ґрунту (за даними метеорологічних спостережень)

$$h_i = \frac{4,86 \cdot \lambda \cdot 24 \cdot t_B - t_L}{\delta \cdot W_{вес} \cdot \rho} + 0,25 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda^2 - 0,5 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda, \quad (1)$$

where λ – thermal conductivity of the soil thawed, W / (m · K) [3];

t_B – air temperature, °С; t_L – ice formation temperature, °С [3];

δ – latent heat of ice formation, which is 334 кДж/кг;

$W_{вес}$ – estimated spring soil moisture roadbed, the fate of the unit;

ρ – density of soil, kg/m³;

R_{Π} – the value of which depends on wind speed, K·m²·W [3];

R_0 – thermal resistance of pavement, К·м²·Вт, calculated by the formula (2).

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}, \quad (2)$$

where h_1, h_2, h_n – thickness of pavement layers, m;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – thermal conductivity of the respective layers, W/(m·K) (determined experimentally, in the absence of the necessary equipment - taken from Table D.1 [4])

The results consistently mourn h_i . Calculations by the formula (1) to serve until the following condition:

$$h_i \leq z_{пр}, \quad (3)$$

where $z_{пр}$ – depth of soil freezing, m, calculated by the formula 4 for the current year observations.

$$z_{пр} = \frac{4,86 \cdot \lambda_M \cdot T}{\delta \cdot W \cdot \rho} \cdot t_L - t_{\Pi} + t_{\Pi} - t_r \cdot \frac{R_{\Pi} + R_0}{R} \times 100 \quad (4)$$

where λ_M – frozen soil thermal conductivity, W/(m·K);

T – period of freezing hours (the same as the T_3 expressed in hours);

δ – latent heat of ice formation 334 кДж/кг;

W – soil moisture, the fate of the unit;

ρ – density of soil, kg / m³;

t_{Π}, t_r, t_L – respectively, temperature, soil (according to meteorological observations)

та льодоутворення, °С

За дату закінчення третього (весняного) розрахункового періоду ($T_{зв}$) приймають останню дату, для якої виконувались розрахунки за формулою 6.1. Тривалість третього періоду $T_в$ (доба) визначають за календарем кількістю днів між розрахованими датами закінчення та початку весняного періоду ($T_в = T_{зв} - T_{пв}$).

Тривалість четвертого (літнього) розрахункового періоду визначають за календарем кількістю днів між розрахованими датами закінчення весняного та початку осіннього періоду ($T_л = T_{по} - T_{зв}$).

В табл. 1 представлені тривалості розрахункових періодів, що були визначені на основі статистичних даних метеорологічних спостережень у Київській області з 2011 по 2015 роки.

Таблиця 1 – Дати початку періодів зміни вологості

Початок весняного розрахункового періоду - перехід через 0	Початок осіннього розрахункового періоду - перехід температури через +10	Початок зимового розрахункового періоду - перехід через -5	Період замерзання, доба	Початок літнього розрахункового періоду - Кінець розмерзання
24.02.2015	02.11.2015	31.01.2016	23	08. 3.2015
1.03.2014	23.10.2014	13.01.2015	42	14.03.2014
13.03.2013	27 0.2013	09.02.2014	20	14.04. 013
20.03.2012	25.10.2012	11.01.2013	61	04.04.2012
14.03.2011	27.10.2011	01.0 .2012	48	08.04.2011

Висновки

Зміна температурного режиму суттєво впливає на процеси міграції вологи та вологонакопичення в ґрунті земляного полотна, і відповідно, обумовлює тривалість термінів водно-теплого режиму дорожніх конструкцій. Згідно проведених розрахунків (табл.1) за останні п'ять років середня тривалість: осіннього періоду складає 3 місяці, зимового – до 1,5 місяця, весняного – понад 0,5 місяця, літнього – 7 місяців. В зв'язку з суттєвими змінами термінів розрахункових періодів водно-теплого режиму, при визначенні генеральних розмірів дренажних конструкцій слід враховувати

and ice formation, °С.

By the date of completion of the third (spring) settlement period ($T_{зв}$) take the last date for which payments were made as follows: 6.1. Duration third period $T_в$ (days) determined by the number of calendar days between the calculated expiration dates and early spring period ($T_в = T_{зв} - T_{пв}$).

Duration fourth (summer) billing period is determined by the number of calendar days between the calculated expiration dates of the spring and early autumn period ($T_л = T_{по} - T_{зв}$).

In the table. 1 shows the length of billing periods that have been identified based on statistical data of meteorological observations in the Kiev region from 2011 to 2015 years.

Table 1 – Start dates during the change of humidity

Start spring billing period - Crossing the 0	Start autumn billing period - the transition temperature through +10	Start winter billing period - the transition period through -5	Period by freezing day	Start summer billing period - End of thawing
24.02.2015	02.11.2015	31.01.2016	23	08.03.2015
01.03.2014	23.10.2014	13.01.2015	42	14.03.2014
13.03.2013	27.10.2013	09.02.2014	20	14.04.2013
20.03.2012	25.10.2012	11.01.2013	61	04.04.2012
14.03.2011	27.10.2011	01.02.2012	48	08.04.2011

Conclutions

Changes in temperature significantly affects the processes of migration of moisture and accumulation of moisture in the soil subgrade, and accordingly, determines the duration of time water-thermal regime of road constructions. According to the calculations (table.1) over the past five years, the average duration of the autumn period is 3 months, winter – up to 1.5 months in spring and more than 0.5 months, years – 7 months. Due to

питомий надлишок води від злив, зливових та обложних дощів, які характеризуються своєю підвищеною інтенсивністю в літній період, на відміну від існуючих нормативних рекомендацій щодо підбору параметрів дренажів в залежності від весняного вологонакопичення.

significant changes in terms of billing periods fluid and thermal conditions when determining the size of the general drainage structures should take into account the specific excess water from heavy rains and torrential rains and sieges characterized by its high intensity in the summer, unlike existing regulatory recommendations for drains selection options depending on spring accumulation of moisture.

Література

- 1 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. 413с.
- 2 Сиденко В.М., Расчет и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна, М: Н-Т изд. Минавтотранса и шос. дорог РСФСР, 1962, 116с.
- 3 Методичні рекомендації щодо регулювання водно-теплого режиму у межах робочого шару земляного полотна автомобільних доріг
МР В 2.3-02070915-849:2014
- 4 ВБН В.2.3.-218-186. (Укравтодор Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу)]

Literature

- 1 Water-thermal treatment of roadbed and road Clothing / N.A.Puzakov, IA Goldsmith, V. Sydenko, AJ Tulaev et al .; Pod. Ed. IA Goldsmith, NA Puzakova, VM Sydenko. M., Transportation, 1971. 413s.
- 2 Sydenko VM Calculation and regulation of water and heat regime Clothing and road subgrade, N, N-t ed. Minavtotrans and SCO. roads RSFSR, 1962, 116 p.
- 3 Guidelines for the regulation of fluid and thermal conditions within the working layer of subgrade of roads
MY 2.3-02070915-849: 2014
- 4 V.2.3. VBN-218-186. (Ukravtodor Facilities of transport . Pavement flexible type)]

Рецензенти:

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Ткачук С.Г. д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Tkachuk S.H., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **21.09.2016 р.**