

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

*Одилова Ёркиной Дониёр кизи, студентка 3-го курса
кафедры «Изыскания и проектирование автомобильных дорог».
Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент
(Научный руководитель – Махмудова Д.А. PhD., доцент)*

По данным Комитета автомобильных дорог Узбекистана общую сеть автомобильных дорог протяженностью 209496 км составляют автомобильные дороги общего пользования -42869 км, внутрихозяйственные дороги – 141882 км, 24745 км ведомственные дороги. Протяженность дорог с цементобетонным покрытием – 342 км, с асфальтобетонным – 22276 км, с чёрным щебнем - 17420 км, гравийные – 1677 км и грунтовые дороги – 1154 км. Из выше приведенных данных видно, что протяжённость дорог с усовершенствованно – капитальными покрытиями на много меньше, чем протяженность дорог с облегченными, переходными и низшими покрытиями. Следовательно, важную роль играют инфильтрационное увлажнение грунта земляного полотна, потому что, на дорогах с облегченными и переходными покрытиями инфильтрация воды протекает легко, а также по мере старения асфальтобетонных и цементобетонных покрытий она возрастает.

Исследователи Тулаев А.Я. [1], Корсунский М.Б. [2], Пузаков И.А. [3], Рувинский В.И. [4] отмечают важную роль атмосферных осадков в процессе влагонакопления в грунтах земляного полотна. По данным проф. А. Я. Тулаева и В. И. Рувинского, все покрытия, в том числе капитального типа, после нескольких лет службы становятся водопроницаемыми. Вновь построенных дорогах с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием инфильтрация воды незначительна, но по мере старения покрытия она возрастает [4]. Анализ и выводы исследований учёных Н. З. Ильясова [5], А. Д. Каюмова [6] и О. А. Сяпича [7] показывают, что при увлажнении земляного полотна в орошаемых территориях Узбекистана помимо атмосферных осадков большую роль играют капиллярные и диффузионные увлажнения. В связи с этим были попытки разработки теоретических выражений, позволяющие определить расчетные влажности грунтов при диффузно-инфильтрационном и капиллярно-инфильтрационном типе водно-теплового режима.

Известно, что грунты земляного полотна и материалы дорожной одежды воздухо- и паропроницаемы [1] и относятся к капиллярно-пористым системам, к

ним может быть применена теория переноса тепла и массы, разработанная А.В.Лыковым [2] для капиллярно-пористых систем. На основе этой теории проф. В.М.Сиденко разработал математическую модель для описания физических процессов, протекающих в многослойных дорожных конструкциях под воздействием окружающей среды [1], аналитическое выражение которой имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \varepsilon \frac{\partial W}{\partial T}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \mp \alpha_1 \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + \alpha_1 \varepsilon_1 \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad (2)$$

где T , W – температура, влажность на глубине z , в момент времени t , град, доли единицы; α , α_1 – соответственно коэффициенты тепло- и влагопроводности грунта, м²/сутки; ε , ε_1 – коэффициенты, характеризующие теплообмен при фазовых превращениях и термомиграции влаги, град, 1/ч.

Рассмотрим математическую модель диффузно-инфильтрационного типа водно-теплого режима, представленную системой дифференциальных уравнений (1-2), как автомодельную задачу. В этом случае начальные и граничные условия, полученные на основе экспериментальных исследований, можно записать следующим образом:

$$W(Z;0) = W_H, \quad W(0,Tt) = W_H(1+m_1t), \quad W(\infty,T) = W_H \quad (3)$$

$$t(Z;0) = T_H, \quad T(0,t) = T_H(1-m_2t), \quad t(\infty,t) = T_H \quad (4)$$

где W_H , T_H – начальное распределение влажности и температуры по глубине; m_1 , m_2 – коэффициенты, характеризующие интенсивность изменения влажности и температуры во времени. Здесь $[m_1] = 1/\text{ч}$ и $[m_2] = \text{град}/\text{ч}$.

$$m_1 = \frac{W_K - W_H}{W_H T}, \quad m_2 = \frac{T_H - T_K}{T_H t}, \quad (5)$$

где T_K , W_K – значения температуры и влажности в конце влагонакопления при глубине $Z=0$; t – время влагонакопления, сутки.

После некоторых математических преобразований уравнений (1) и (2) при начальных и граничных условиях (3) и (4) примет следующий вид:

Для изменения влажности:

$$W(\eta) = R(\eta) + F(\eta) + C_1 \int_0^\eta \exp\left(\frac{\eta^2}{4\alpha^*}\right) d\eta + W_K \quad (6)$$

При $t \rightarrow 0$ $\eta \rightarrow \infty$ и $W(\infty) = W|_{t=0} = W_H \prec \infty$ поэтому $C_w^* = 0$.

где $R(\eta) = \int_0^\eta \exp\left(-\frac{S^2}{4\alpha^*}\right) \left\{ \int_0^S F(\xi) \left[\left(\frac{\xi}{2\alpha^*} + \frac{\xi^2}{4\alpha_*^2}\right) \exp\left(\frac{\xi^2}{4\alpha^*}\right) \right] d\xi \right\} d\eta \quad (7)$

Для изменения температуры в земляном полотне дороги с учетом тепломассообмена при диффузионно-инфильтрационном типе водно-теплового режима:

$$T(\eta) = [T_H - T_K + (A - \epsilon)W_K] \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2}\right) - (A - \epsilon)[R(\eta) + F(\eta)] + \sqrt{\frac{\pi\alpha_*}{2}} C_1 \operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\alpha_*}}\right) \sqrt{\frac{\pi}{2}} - (A - \epsilon)W_K + T_K.$$

где $C_1 = \sqrt{\frac{\alpha^*}{\pi} [W_K - W_H + T_H - T_K + (W_H - W_K)(A - \epsilon) + I_\infty]}$, $A = \frac{\alpha_1 + \epsilon\epsilon_1\alpha_1 - \alpha \pm \sqrt{D}}{2\alpha_1\epsilon_1}$,

D - дискриминант квадратного уравнения.

Из условия $C_w^* = 0$ находим:

$$W_K = \frac{T_K - T_H}{\sqrt{\frac{\pi}{2} + \epsilon - A}} - \frac{A - \epsilon}{\sqrt{\frac{\pi}{2} + \epsilon - A}} W_H$$

Также, из условия $T(0, Z) = T_K$ определим T_K .

Численные величины параметров получены на основе экспериментальных исследований, приведенных в лабораторных и полевых условиях, а также с использованием литературных источников [1, 2, 3].

В результате анализа и некоторых математических преобразований окончательное выражение для определения температуры и влажности полотна имеет вид:

$$W_1(\hat{Z}, t) = W_H(1 - \hat{Z}) + W_{п.в.} \hat{Z} + (W_{п.в.} - W_H) \left(1 - \hat{Z}\right) \left[1 - \frac{\int_0^{\hat{Z}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4}\right) d\xi}{\int_0^\infty \exp\left(-\frac{\xi^2}{4}\right) d\xi} \right], \quad (15)$$

где $\xi = \frac{Z}{\sqrt{\tau}}$ - автомодельная переменная.

Анализ результатов расчёта влажности в грунтах полотна по глубине и во времени показывает, что изменение влажности на поверхности полотна во

времени происходит по линейному закону, как и было, задано граничными условиями и всецело определяется инфильтрационной составляющей.

Литература:

1. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. Транспорт. -М.: 1980. – 192 с.
2. Корсунский М.Б. Научные основы комплексного проектирования земляного полотна и дорожной одежды. Транспорт. – М.: 1976. -172 с.
3. Золотарь И.А., Пузаков Н.А., Сиденко В.М., Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Транспорт. – М.: 1981. -415с.
4. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна. Транспорт. М. 1982 г. 166 стр.
5. Сиденко В.Н., Ильясов Н. Проектирование, строительство и организация возведения земляного полотна в засушливых районах. Ташкент. Ўқитувчи. 1983 г. -284 стр.
6. Каюмов А.Д. Уплотнение и расчетные характеристики лессовых грунтов. -Ташкент. Фан. 2004. – 119 с.
7. Махмудова Д.А. Исследование водно-теплого режима земляного полотна автомобильных дорог // Научный журнал Universum: Технические науки. №5 (86), 84-86 (2021).