

Гнездилова С.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

gnezdilka@yandex.ru

В работе приведены результаты исследований изменения влажности грунта земляного полотна автомобильных дорог, а также предложена зависимость для прогнозирования изменения влажности грунта в годовом цикле. Данная зависимость может быть использована для прогнозирования состояния нежестких дорожных одежд автомобильных дорог в период эксплуатации на территории Белгородской области.

Ключевые слова: влажность, температура воздуха, водно-тепловой режим, глинистые грунты.

Существующие расчётно-вероятностные методы прогнозирования влажности грунтов позволяют с достаточной степенью надёжности установить характеристики грунтов земляного полотна на сроки между капитальными ремонтами дорожной одежды. Однако по этим методам нельзя определить, какой год межремонтного периода будет расчётным. Проблему заблаговременной оценки состояния земляного полотна и прежде всего его влажности можно решить, основываясь на результатах полевых и лабораторных испытаний, а также математически обоснованного анализа погодно-климатических факторов, определяющих состояние грунта в течение года.

Существующие методы прогнозирования влажности грунта земляного полотна с достаточной степенью достоверности позволяют прогнозировать весеннюю или осеннюю влажность грунта земляного полотна. Тогда, как отсутствуют зависимости, позволяющие инженеру, не обладающему специальными знаниями в области численных методов решения дифференциальных уравнений, получить функцию измене-

ния влажности в годовом цикле.

Состояние грунта в летне-осенний период определяется величиной влажности, а в зимний – температурой мерзлого грунта. Поэтому задача заключалась в получении зависимости для прогнозирования влажности при отсутствии промерзания грунта [1].

Формирование водно-теплового режима дороги происходит под воздействием погодно-климатических факторов и наибольший вклад в изменение влажности вносит температура воздуха. Многие исследователи отмечают, что именно градиенты температуры определяют направление и интенсивность миграции влаги [2].

Для построения зависимости изменения влажности грунта в течение года были обобщены данные наблюдений за температурой воздуха и влажностью грунта земляного полотна с апреля по ноябрь [3]. Среднемесячные значения температур воздуха и влажности грунта земляного полотна за анализируемый период приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика температуры воздуха и величины влажности периода наблюдений

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С	Относительная влажность грунта земляного полотна
Апрель	8,67	0,687
Май	14,81	0,656
Июнь	21,40	0,620
Июль	21,95	0,560
Август	18,44	0,622
Сентябрь	16,45	0,652
Октябрь	8,59	0,676

Анализ данных непосредственных наблюдений за влажностью грунта и температурой воздуха показал, что влажность грунта и температура воздуха связаны регрессионным уравнением, представленным на рис. 1, и имеет сле-

дующий вид:

$$W = 0,748 - 0,007 \cdot T, \quad (1)$$

где W – влажность грунта земляного полотна, д.ед., T – температура воздуха, °С.

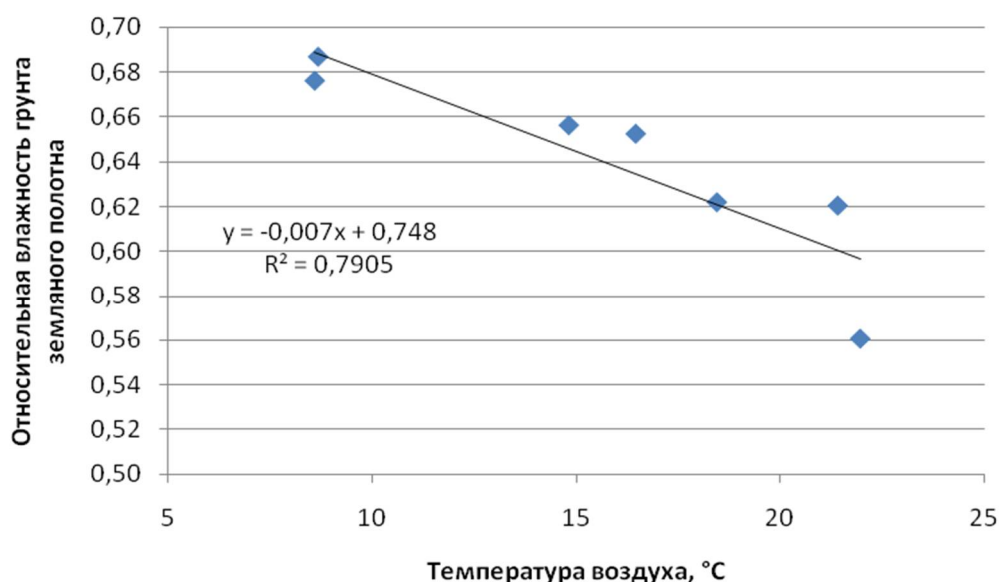


Рис. 1. График зависимости влажности грунта земляного полотна от температуры

Сила связи между исследуемыми параметрами составила $R=0,88$. Достоверность вывода о тесноте связи между изучаемыми признаками определяли по уровню значимости критерия Фишера, который должен быть меньше 0,05. Значимость F составила 0,0074, то есть $p = 0,0074$ и модель значима. Стандартная ошибка теоретического корреляционного отношения составляет 2,1 %.

На основе анализа результатов испытаний получены поправочные коэффициенты для типов местности по условиям увлажнения и учёта особенностей материалов в основании.

Окончательно выражение для вычисления влажности грунта земляного полотна с учётом поправочных коэффициентов было принято в следующем виде:

$$W = \alpha\beta (0,748 - 0,007 \cdot T), \quad (2)$$

где α – коэффициент, учитывающий условия увлажнения полотна поверхностной водой, равный 1 для I типа местности по условиям увлажнения, 1,01...1,03 – для II типа, 1,04...1,07 – для III типа; β – коэффициент, принимаемый равным 1 для пористых, традиционных граничных слоев, непосредственно укладываемых на полотно (песок, щебень, гравий, каменный отсев и др.), и 0,85... 0,95 для плотных материалов (укрепленные вяжущими грунты, грунтощебень).

Точность определения величины влажности в значительной степени зависит от используемой в расчётах температуры воздуха. Так как влажность грунта земляного полотна меняется достаточно медленно, то ежедневные или межсуточные колебания температуры воздуха не вызовут такое же изменение влажности грунта. В инструкциях США период прогнозирования параметров тепловлажностного состояния принимают равным двум неделям или одному ме-

сяцу, поэтому при прогнозировании вполне могут быть использованы среднемесячные значения температур воздуха [4, 5]. В случаях, когда необходимо учитывать изменение влажности грунта за более короткие сроки, на основании предварительных расчётов было установлено, что для получения адекватной картины изменения влажности в зависимости от температуры необходимо использовать её среднесуточное значение за предыдущие 5 дней.

Сравнение теоретических результатов возможности описания и прогнозирования процесса изменения влажности грунта с использованием выражения (2) и экспериментальных данных также было осуществлено графически на основании результатов имитационного моделирования В.П. Носова.

В.П. Носов в своей работе [6] приводит данные о влажности грунта в Москве за период 01.06.1986...01.06.1989. Используя данные о температуре воздуха, имевшей место в Москве в период с 01.04.87 по 01.11.1988, рассчитали соответствующие значения влажности с использованием указанной зависимости. Графики, построенные по этим данным, для глины представлены на рис. 2. При этом относительная ошибка определения значений влажности по вышеприведенной зависимости находится в интервале от 2 до 10 %.

Эти результаты позволяют сделать вывод, что гипотеза, характеризуемая выражением (2) о колебании влаги в грунте дает хорошую сходимость с натурными и расчётными данными. Таким образом, полученная зависимость позволяет прогнозировать на весьма длительные сроки процесс изменения влажности грунта земляного полотна для задаваемых метеорологических условий [7].

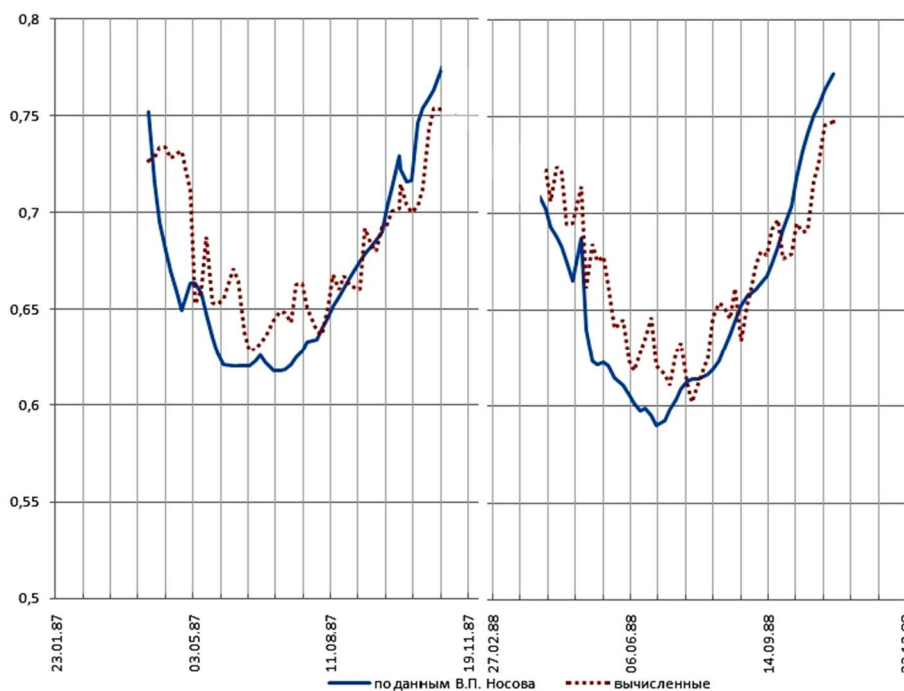


Рис. 2. Временные профили влажности грунта полотна

Таким образом, полевые исследования позволили подтвердить соответствие теоретической модели процессу влагонакопления грунта земляного полотна в течение летне–осеннего периода года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / под ред. проф. И.А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. М.: Транспорт, 1971. 416 с.
2. Фельдман Г.М. Передвижение влаги в талых и промерзающих грунтах. Новосибирск: Изд. Наука, 1988. 258 с.
3. Гнездилова С.А. Исследование процесса влагонакопления в грунте земляного полотна // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов (XIX Научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., (Белгород, 5–8 окт. 2010 г.), Белгород :Изд-во БГТУ, 2010. Ч.3. С. 74–77.

4. 2002 Design Manual – Design of New and Rehabilitated Pavement Structures (2002): Draft Final Report, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Illinois, USA.

5. Hromadka T.V. Guymon T.V, Berg G.L. Sensitivity of a Frost Heave Model to the Method of Numerical Simulation. Cold Reg. Sci and Technol.1982. №6. P. 1-10.

6. Носов В. П., Носов В.В. Математическое моделирование водно-теплого режима автомобильных дорог с использованием метода динамической адаптации // Транспорт, наука, техника, управление. 1997. №3. С. 18-32.

7. Носов В.П., Гнездилова С.А. Учет влияния региональных природных особенностей на расчетные характеристики грунтов при проектировании дорожных одежд // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 18–22.

Gnezdilova S.A.

PREDICTION OF MOISTURE CONTENT OF SOIL SUBGRADE OF ROADS FOR DESIGN PURPOSES AND OPERATING ON THE TERRITORY OF BELGOROD REGION

In this work we present results of studies of changes in the moisture content of the soil subgrade of roads, and the proposed dependence for the prediction of the changes in soil moisture in the annual cycle. This dependence can be use for forecasting non-rigid road pavement of roads during operations on the territory of the Belgorod region.

Key words: humidity, air temperature, water heating mode, clayey soils.