

Жалко Михаил Евгеньевич

**Зам. Директора по науке Лысьвенского филиала ПНИПУ
Лысьвенский филиал ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»**

Бургонутдинов Альберт Масугутович

**профессор Пермского национального исследовательского
политехнического университета**

**О РЕГУЛИРОВАНИИ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТОВЫХ
ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Аннотация. В статье показано влияние температуры и влажности на процесс промерзания почвы и непосредственно на целостность дорожного покрытия. Представлены математические модели, отражающие процессы распределения температуры и фильтрационного движения жидкости в почве. Кроме того, предлагаются два варианта улучшения технических и эксплуатационных качеств автомагистралей, что, в свою очередь, положительно скажется на безопасности и плавности дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, водно-тепловой режим, морозное пучение, основание автомобильной дороги, внутригрунтовые источники тепла, инженерная конструкция.

Burgonutdinov Albert Masugutovich

Professor of the Perm National Research Polytechnic University

Zhalko Mikhail

Perm National Research Polytechnic University, Lysva branch

**ON REGULATION OF MOISTURE OF SOIL BASES OF
AUTOMOBILE ROADS**

Abstract. The article shows the effect of temperature and humidity on the process of soil freezing and directly on the integrity of the road surface. The mathematical models reflecting the processes of temperature distribution and filtration movement of liquid in the soil are presented. In addition, there are two options for improving the technical and operational qualities of highways,

which, in turn, will have a positive impact on the safety and smoothness of road traffic.

Keywords: traffic safety, water-thermal regime, frost heaving, road base, in-ground heat sources, engineering structure.

Водно-тепловой режим дорожного полотна автомобильной загородной дороги существенно отличается от режима городских дорог.

Связано это не только со спецификой движения транспортного потока по загородным участкам, но и с требованиями, предъявляемыми к основаниям дорог. В частности, загородные автомобильные дороги, как правило, не имеют в основании пересечений с теплопроводами. Следовательно, в грунтовом массиве нет внутренних источников тепла. Данный факт выводит на первый план необходимость обеспечения водоотведения.

Нормативной документацией разбиение всех дренажных систем на два основных вида [10]: сооружения открытого водоотвода; сооружения закрытого водоотвода.

К сооружениям открытого водоотвода относят канавы, кюветы, а также водосбросные лотки. Основная задача данных сооружений – не допустить аккумуляции воды на поверхности дорожной одежды.

К дренажным конструкциям, обеспечивающим подземное водоотведение, относят перехватывающие, подкюветные, врезные и др. дренажи.

Основной целью мероприятий по регулированию водно-теплого режима работы земляного полотна является уменьшение амплитуды колебания влажности [11].

На основе конструктивных особенностей и назначения все мероприятия по регулированию влажности грунтового массива можно разделить на четыре группы. Классификация представлена на рисунке 1



Рисунок 1 – Методы регулирования увлажнения грунтового основания

В рамках данной работы рассмотрена проблема обеспечения дренирования основания дорожной одежды.

В целях изучения процесса движения воды в грунте была решена фильтрационная задача (рис. 2).

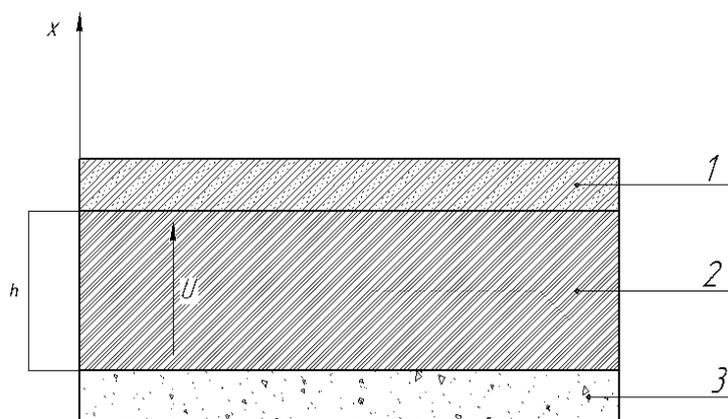


Рисунок 2 – Расчетная схема задачи фильтрации:

1 – граница дренируемого объема грунта, 2 – подстилающий грунт, 3 – уровень грунтовых вод, h – высота столбика грунта.

В качестве базового уравнения примем уравнение движения флюида в пористой среде, предложенное А.И. Цаплиным и В.Н. Нечаевым:

$$\frac{1}{m} \frac{\partial U}{\partial \tau} + \frac{1}{m^2} \left(u \frac{\partial U}{\partial z} + V \frac{\partial U}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} - u \frac{V}{k} + VU, \quad (1)$$

Применимо к расчетной схеме уравнение примет следующий вид:

$$\frac{1}{m^2} u \frac{du}{dx} = \frac{v}{k} u - g, \quad (2)$$

где m – пористость грунта; K – проницаемость грунта; U – проекция скорости подъема воды на ось x , м/с; ρ – плотность воды, кг/м³; V – кинематическая вязкость воды, м²/с.

Исследование функции на экстремум показывает, что скорость подъема воды по высоте слоя грунта непостоянна и изменяется от нуля на уровне грунтовых вод до максимального значения, а затем уменьшается до нуля. При этом максимальная и средняя в пределах слоя толщиной δ скорости определяются соотношениями:

$$u_{\max} = gk/(2v), \quad (3)$$

$$u_{\text{cp}} = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} u dx = \frac{2m}{3} \sqrt{2g\delta} - \frac{m^2 v \delta}{2k}, \quad (4)$$

При многослойной конструкции дорожного основания по высоте локальные скорости на границах контакта слоев равны, поэтому распределение скорости подъема воды в i -м слое может быть найдено по формуле:

$$u_{i+1} = u_i + m_i \sqrt{2g \left(x - \sum_{i=1}^n \delta_i \right) - \frac{m_i^2 v}{k_i} \left(x - \sum_{i=1}^n \delta_i \right)}, \quad (5)$$

где i – номер слоя, $i=1,2,\dots,n$; n – количество слоев толщиной δ_i с однородной пористостью по высоте дорожного основания.

Расход воды плотностью ρ в любом слое дорожного основания для одного погонного метра полотна дороги полушириной B (рисунок 2) определяется формулой:

$$G_i = u_i \rho B \quad (6)$$

Одним из способов регулирования влажности грунта является устройство дренажных систем. В данной статье рассматривается решение, предлагаемое В.А. Трефиловым и М.Е. Жалко [12]

Необходимо произвести расчёт оптимального расстояния между дренами по предлагаемой авторами схеме.

Расход воды в грунтовом основании из песка и супеси для одного погонного метра полотна дороги полушириной B определяется формулой:

$$G_{\text{грунта}} = u_{\text{max}} \rho B = 6,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 10 \approx 6,3 \cdot 10^{-2}, \quad (7)$$

Массовый секундный расход воды в поперечном сечении дренажной трубы диаметром $d=0,1$ м, заполненной щебнем крупной фракции с песком, определяется действием только капиллярных сил, поэтому:

$$G_{\text{трубы}} = u_{\text{max}} \cdot \rho \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 6,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \frac{3,14 \cdot 10^{-2}}{4} \approx 4,9 \cdot 10^{-2}, \quad (8)$$

При этом дистанция между дренирующими трубами составляет:

$$L = G_{\text{трубы}} / G_{\text{грунта}} = 4,9 \cdot 10^{-2} / 6,3 \cdot 10^{-2} \approx 0,8 \text{ м.} \quad (9)$$

Полученные данные в достаточной степени коррелируются с результатами расчётов по методикам, используемым на данный момент.

Заключение

Результатом проведенной работы является не только всесторонний анализ причин морозного пучения и методов минимизации этого явления, но и решение ряда практических задач:

- получено выражение для определения температуры точек грунтового массива в окрестностях подземного теплопровода;
- предложена конструкция коллектора для подземной прокладки сетей инженерных коммуникаций;
- разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать скорость и объём фильтрационного подъёма воды в зависимости от типа грунта;
- представлено решение задачи оптимизации количества дрен в зависимости от ряда параметров.

Список литературы

1. Бургонутдинов А. М., Юшков Б. С., Бурмистрова О. Н., Воронина М. А. Причины образования деформаций и разрушений на покрытии

автомобильных дорог // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2014. №1 (17). – С. 89–93.

2. URL: <http://www.mining-enc.ru/m/moroznoe-puchenie> (дата обращения 22.05.2016)

3. Нестле Х. Справочник строителя. Строительная техника конструкции и технологии. –М.Техносфера, 2007.– 394 с.

4. Горячев М.Г., Довикян А.Н. Влияние бесканальных теплосетей в футляре на водно-тепловой режим земляного полотна // Наука и техника дорожной отрасли, No1, 2008 г – С. 45–47.

5. Лукьянов В.С. Расчёт глубины промерзания грунтов / В.С.Лукьянов, М.Д.Головко // Труды ЦНИС. –М. : Трансжелдориздат, 1957. – Вып. 23. – 164с.

6. Регулирование водно-теплого режима земляного полотна в городских условиях / под общ. ред. А.Я. Тулаева. – М. : Высшаяшкола, 1972. – 121 с

7. Золотарь И.А. Основы расчёта водно-тепловых процессов в земляном полотне автомобильных дорог в районах распространения многолетнемёрзлых горных пород/ И.А. Золотарь// Материалы VIII Всесоюзного междуведомственного совещания по геокриологии (мерзлотоведению). – Якутск: Якутское книж. изд-во, 1966. – Вып. 8. – С. 95–107.

8. Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог/Н.А. Пузаков. – М. :Автотрансиздат, 1960. – 168 с

9. Патент РФ № 156225. Коллектор для прокладки инженерных коммуникаций. Трефилов В.А., Апталаев М.Н., опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31

10. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги

11. Кириллов Ф.А., Особенности регулирования водного режима земляного полотна и оснований дорожных одежд [Текст] / Ф.А. Кириллов

// Технологии, машины и производство лесного комплекса: материалы международной научно-практической конференции / ВГЛТА. — Воронеж, 2004. — ч.П. - С. 52-56.

12. Патент РФ № 151370. Устройство водоотведения из-под дорожного полотна. Трефилов В.А., Жалко М.Е., опубл. 10.04.2015, Б.и. № 10.