

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>
Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14>
URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/91TVN614.pdf>
DOI: 10.15862/91TVN614 (<http://dx.doi.org/10.15862/91TVN614>)

УДК 624.1:625.7:656.1

Жалко Михаил Евгеньевич

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Лысьвенский филиал
Россия, Пермский край, Лысьва¹
Инженер по научно-исследовательской работе
Аспирант
E-mail: Mihailz-49@mail.ru

Соловьев Александр Вячеславович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Лысьвенский филиал
Россия, Пермский край, Лысьва
Студент
E-mail: Mihailz-49@mail.ru

Влияние эффективности работы дренажной системы автомобильной дороги на безопасность дорожного движения

¹ Пермский край, г. Лысьва, ул. Фестивальная 2-49

Аннотация. В статье рассмотрены причинно-следственные связи дорожно-транспортных происшествий. Проведен анализ статистических данных, предоставленных ГИБДД за 2014 год, и в результате выявлена причина 25% ДТП на территории России. Изучены основные виды деформаций и разрушения дорожных одежд и причины возникновения этих дефектов. Проведён анализ математических моделей, описывающих процесс промерзания грунта и отображающих зависимость влажности от ряда параметров. В итоге была получена математическая модель, описывающая зависимость влажности грунта от его плотности, типа, температуры воздуха и ряда других параметров. Выявлена зависимость скорости промерзания грунта от его влажности. Показана зависимость пучинообразования в зависимости от скорости промерзания грунта. Также в ходе подготовки статьи были изучены имеющиеся технические решения по организации водоотвода из-под дорожного полотна и от дороги в целом. В результате было предложено техническое решение проблемы дренажа загородных автомобильных дорог. Представленная конструкция позволяет в полной мере отводить из-под дорожной одежды всю избыточную влагу вне зависимости от того, что послужило её источником: грунтовые воды или же атмосферные осадки.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие; морозное пучение; дренажная система; дорожное полотно; влажность грунта; математическое моделирование.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Жалко М.Е., Соловьев А.В. Влияние эффективности работы дренажной системы автомобильной дороги на безопасность дорожного движения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6
<http://naukovedenie.ru/PDF/91TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:
10.15862/91TVN614

Автомобильный транспорт занимает лидирующую позицию в рейтинге самых небезопасных. Широкая степень охвата территории, высокая комфортность и доступность сделали его одним из самых популярных вариантов перемещения.

Повсеместное использование автомобиля во всех сферах жизни обуславливает большое количество дорожно-транспортных происшествий, допускаемых на дорогах.

Все факторы, которые могут привести к ДТП можно условно разделить на четыре группы: человек, автомобиль, дорога, среда. Основные факторы приведены на схеме 1.

Схема 1 Факторы, влияющие на риск ДТП



В данной статье рассмотрено роль нарушения целостности дорожного полотна в общей картине ДТП на территории России.

Согласно данным, предоставленным ГИБДД России, за январь-октябрь 2014г. на территории страны было допущено 165 233 дорожно-транспортных происшествий. Более 22 000 человек погибли и 208 000 человек были ранены в результате ДТП.

Также в данном документе отмечено количество происшествий, совершённых по причине неудовлетворительного состояния дорожной одежды. Данная причина стала основной для 25% всех аварий на территории страны.

Протяженность автомобильных дорог на территории России составляет более 50 тыс. км. Большинство из этих объектов было построено более 25 лет назад. И не рассчитывалось на столь стремительно растущее количество автомобилей. Однако Росавтодор отмечает в 2013 г. рост объёма автомобильных дорог, принимаемых в состав дорожной сети. Прирост автомобильной сети автомобильных дорог федерального значения составил чуть менее 500 км. [1]

Таким образом, вопросы обеспечения безопасности на автомобильном транспорте и особенно влияние состояния дороги встают достаточно остро.

Основными видами деформаций и разрушений дорожной одежды являются:

- потери прочности дорожной одежды, вызванные непрерывным воздействием колес автомобилей и природно-климатических факторов.
- просадки нежестких дорожных одежд в виде впадин, возникающие в результате местных просадок недоуплотнённого грунта или слоев дорожной одежды.
- сквозные трещины, характерные для цементобетонных покрытий, когда на них образуются просадки.
- проломы разрушения дорожной одежды в виде длинных прорезей по полосам наката колес.
- Деформации и разрушения, вызванные пучинами, происходящими в весенний период при оттаивании грунта земляного полотна на участках с неблагоприятными условиями водоотвода и защиты земляного полотна от температурных воздействий. [2]

Данная работа посвящена изучению влияния эффективности работы дренажной системы дороги на состояние дорожной одежды.

Для переувлажнённого грунта характерно образование ледовых линз при прохождении фронта отрицательных температур. Впоследствии при оттаивании грунта на месте линзы образуется пустота. Это явление называется морозным пучением.

Таким образом, обеспечив достаточное водоотведение из-под дорожного полотна можно значительно повысить сохранность дорожной одежды при перепадах температур.

Основную роль в обеспечении надлежащего уровня функционирования систем водоотвода автомобильных дорог играют правильное выполнение работ на стадии проектирования, своевременное обнаружение отклонений в технологическом процессе при строительстве водоотводных сооружений и принятие соответствующих мер по их устранению, а также работы по содержанию конструкций дорожного водоотвода в эксплуатационный период.

Система дорожного водоотвода функционально и конструктивно сопряжена с устойчивостью земляного полотна и дорожных одежд, а также с пересечениями и примыканиями, откосными водопропускными, водоперепускными сооружениями, откосами выемок, прилегающими к автомобильной дороге склонами, водоемами и водотоками.

Дренаж для осушения дорожных одежд может устраиваться трех видов:

- в виде объемного поглотителя. В этом случае поступающая вода размещается в порах дренирующего слоя;
- в виде дренирующего слоя по всей ширине земляного полотна с предусмотренной возможностью для выхода воды;
- в виде дренирующего слоя с осушением, для которого предусмотрено использование воронок и дрен из труб.

Вопросам обеспечения дренажа и обустройства систем водоотведения на автомобильных дорогах занимались В.С. Агеев, Чан Куок Дат, А.В. Пономарев, В.А. Кочетков, А.А. Глагольев, Т.В. Семенова и др. [3, 4, 5, 6, 7, 8]

Таким образом, становится очевидной необходимость контроля состояния и модернизации имеющихся систем дренажа автомобильных дорог.

Задачу данного исследования можно сформулировать следующим образом: организовать систему водоотведения из-под дорожного полотна по всей глубине промерзания без нарушения несущей способности грунта при минимальных затратах.

Решить данную задачу позволяет установка дренирующих труб из ПВХ диаметром 70-110 мм. Трубы заполняются щебнем фракции до 70 мм. Половина поверхности трубы, расположенная сверху, имеет перфорацию, обеспечивающую проникновение воды в трубу. Благодаря целостности нижней поверхности трубы, вода не проникает вглубь грунта, а по желобу отводится за пределы дорожного полотна. Заполнение дренажной системы щебнем обеспечивает жёсткость конструкции и позволит дорожной одежде выдерживать осевые нагрузки, возникающие при движении транспорта.

Дренажные трубы располагаются в шахматном порядке. Расстояние между трубами в горизонтальной плоскости 1 м в вертикальной 0,5 м. Расположение подобным образом позволит обеспечить водоотведение даже в случае нарушения пропускной способности одной из дренажных труб. В таком случае, трубы расположенные ниже примут нагрузку на себя. Общая схема системы в поперечном срезе дорожной одежды представлена на рис. 1 Где 1- дорожное полотно, 2- дорожная одежда, 3- дренирующие трубы, 4- подстилающий грунт, Н- глубина промерзания.

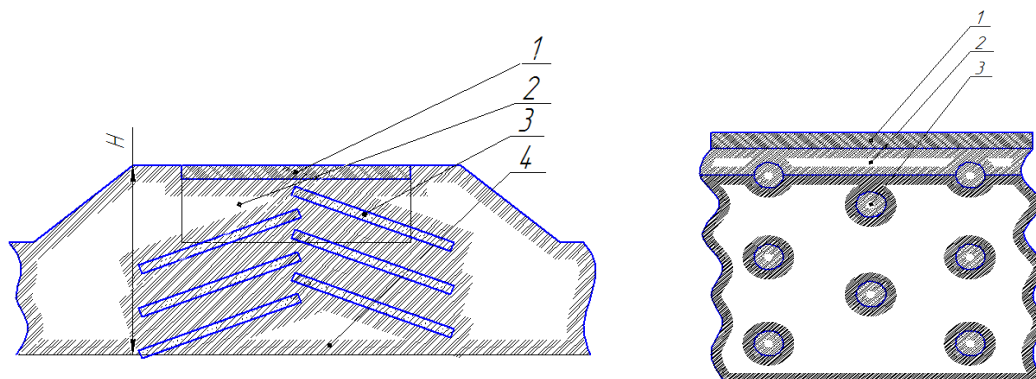


Рис. 1. Схема предлагаемой дренажной системы

Обеспечив ускоренный отвод жидкости из грунтового массива под дорожным полотном, мы значительно повысим скорость его промерзания, что в свою очередь значительно снизит пучинообразование. Зависимость скорости промерзания грунта, а в последствии и его пучинистость, от влажности рассмотрена С.В. Кудрявцевым [9] Его расчёты и результаты численного моделирования в полной мере отражают зависимость между этими явлениями. Однако, необходимо отметить, что работы Кудрявцева посвящены промерзанию грунта в области фундаментов зданий. Грунт под дорожным полотном, в свою очередь, обладает рядом особенностей. Таким образом, возникает необходимость модернизации известных моделей промерзания грунта в целях более полного описания этого процесса под дорожным полотном.

В целях практического изучения распределения температур в промерзающем грунте был проведён эксперимент.

В качестве элементов для решения поставленной задачи были выбраны следующие компоненты:

- программируемый цифровой термометр DS18B20+PAR (20 шт.);

- адаптер 1-Wire DS9490R (1 шт.);
- неэкранированная витая пара (50 м);
- персональный компьютер;
- источник питания;
- ПО Venuks.

Лента из датчиков погружалась вертикально на глубину 2м. Опрос датчиков проводился трижды в день (утренние часы, полдень и вечер). В результате была получена полная картина промерзания грунта в зависимости от внешних условий. Пример графика распределения температуры представлен на рис.2.

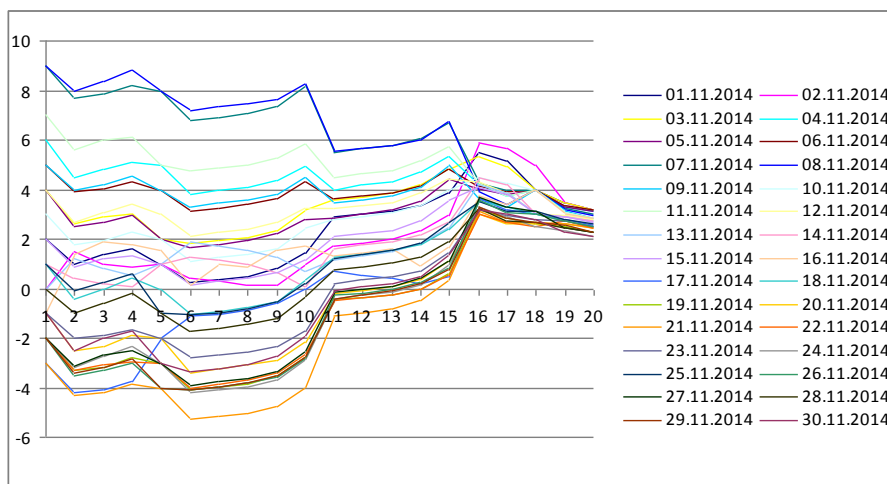


Рис. 2. Распределение температуры грунта в зависимости от глубины за ноябрь 2014г.

Из представленного графика видно распределение температуры по дням (каждая линия соответствует определённому дню) и по глубине (значения по оси абсцисс). В целом, полученные данные отвечают нормативным значениям, однако, стоит отметить, что при проведении измерений перманентно наблюдались положительные температуры на глубине в 2м. Данная глубина согласно **СНиП 2.02.01-83*** Основания зданий и сооружений [10] является глубиной промерзания для исследуемого грунта и значения на данной глубине должны периодически принимать отрицательные значения. Таким образом, можно говорить о необходимости уточнения полученных и нормативных значений с использованием аппарата математического моделирования.

Общее уравнение, описывающее процесс промерзания-оттаивания в трёхмерном пространстве можно представить в виде выражения: [9]

$$C_{th(f)} \rho \frac{dT}{dt} = \lambda_{th(f)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_v \quad (1)$$

Где $C_{th(f)}$ - удельная теплоемкость грунтов, ДЖ/кг*К; ρ - плотность грунта, кг/м³; T- температура, К; t- время, с; $\lambda_{th(f)}$ - теплопроводность грунтов Вт/м*К; x, y, z – координаты, м; q_v - мощность внутренних источников тепла.

Одним из основных деформационных свойств дисперсных грунтов является их сжимаемость под нагрузкой. Данное явление обуславливается смещением частиц грунта относительно друг друга, их деформацией и, как следствие, уменьшением общего объёма пор.

Уплотнение водонасыщенного грунта является результатом удаления воды из пор, при этом происходит снижение показателя влажности грунта. Уплотнение не полностью водонасыщенных грунтов до определенных давлений может происходить без изменения их влажности.

Таким образом, возникает необходимость внедрения в приведённое выражение коэффициентов уплотнения:

$$C_{th(f)} k_{y_{пл.}} \rho \frac{dT}{dt} = \lambda_{th(f)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_v \quad (2)$$

$$k_{y_{пл.}} = \frac{\rho_d}{\rho_d^{\max}} \quad (3)$$

Где, ρ_d - плотность скелета грунта, а ρ_d^{\max} - максимально возможная плотность для данного типа грунта.

Данный коэффициент представляет собой отношение плотности исследуемого грунта к максимально возможной плотности. Стоит отметить, что значение плотности непосредственно зависит от влажности грунта.

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + 0,01W)} \quad (4)$$

Где W - влажность грунта.

Таким образом, становится очевидной связь плотности грунта с его влажностью. Влияя на влажность, мы можем оказать влияние на его плотность, что в свою очередь положительно скажется на сроке службы дороги, безопасности и комфортности движения. Помимо этого, грунт, характеризующийся незначительными показателями влажности, имеет свойство промерзать быстрее, чем переувлажнённый, что в свою очередь оказывает влияние на процесс образования ледяных линз.

Итоговое уравнение, описывающее зависимость влажности грунта под дорожным полотном выглядит следующим образом

$$\frac{\partial W_w}{\partial T} = \frac{\lambda_{th(f)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_v}{\frac{\rho_d}{\rho_d^{\max}} \rho \frac{dT}{dt} L_o} - \frac{\lambda}{a} \quad (5)$$

Таким образом, модернизируя модели Кудрявцева и Кажарского, возможно моделирование промерзания уплотнённого грунта.

В ходе работы были изучены статистические данные ГИБДД России, проанализированные причинно-следственные связи дорожно-транспортных происшествий, с математической точки зрения изучен процесс промерзания грунта.

Полученная модель в полной мере описывает зависимость влажности грунта от множества факторов и может использоваться для моделирования его состояния под дорожным

полотном. В дальнейшем с помощью данного материала будет сформирована методика определения максимально допустимого показателя влажности грунта в конкретном случае.

Представленное техническое решение организации дренажной системы позволит значительно повысить скорость осушения грунта вне зависимости от источника влаги. Что в свою очередь позволит максимально снизить негативный эффект от замерзания влаги в грунте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пресс-кит Росавтодор [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://rosavtodor.ru/press/press-kit/>
2. Справочная энциклопедия дорожника, II том [Электронный ресурс]: энциклопедия/ под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева-Москва 2004, Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/51/51537/index.htm
3. Агеев В.С. Оценка влияния конструктивных решений на трещиностойкость асфальтобетонных слоёв усиления цементнобетонных покрытий автомобильных дорог. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Агеев Виталий Сергеевич.-Москва, 2007-22с.]
4. Чан Куок Дат. Повышение несущей способности слабых оснований дорожных насыпей сваями-дренами. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Чан Куок Дат.-Москва, 2010-26с.]
5. Пономарев А.В. Разработка методов повышения транспортно-эксплуатационного состояния городских автомобильных дорог. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Пономарев Александр Викторович.-Липецк, 2009-24с.]
6. Кочетков В.А. Оценка несущей способности искусственного основания аэродромной конструкции на основе данных гемониторинга. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Кочетков Владимир Анатольевич.-Воронеж, 2010-24с.]
7. Глагольев А.А. Разработка комплексной защиты земляного полотна автодорог от переувлажнения атмосферными сточными водами. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Глагольев Алексей Анатольевич.-Воронеж, 2007-25с.]
8. Семенова Т.В. Совершенствование метода проектирования системы поверхностного водоотвода автомобильных и городских дорог по условиям обеспечения безопасности движения. [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Семенова Татьяна Викторовна.-Омск, 2011-25с.]
9. А. Кудрявцев, А.В. Кажарский Численное моделирование процесса миграции влаги в зависимости от скорости промерзания грунтов // Инженерно-строительный журнал, №4 2012.
10. Строительные нормы и правила: **СНиП 2.02.01-83*** Основания зданий и сооружений [Текст] нормативно-технический материал. – Москва:, 1995.

Рецензент: Денис Сергеевич Балабанов, зав. кафедрой ТД, ЛФ ПНИПУ.

Zhalko Mikhail Evgen'evich

Perm National Research Polytechnic University, Lysva branch
Russia, Lysva
E-mail: Mihailz-49@mail.ru

Solovyov Aleksandr Vyacheslavovich

Perm National Research Polytechnic University, Lysva branch
Russia, Lysva
E-mail: Mihailz-49@mail.ru

About influence of drainage system on road safety

Abstract. The article describes the causal relationships of traffic accidents. The analysis of statistical data provided by the traffic police for 2014, and as a result 25% of the causes of accidents in Russia. Studied basic types of deformation and fracture of road pavements and the causes of these defects. The analysis of mathematical models describing the process of soil freezing and the dependency of humidity on a number of parameters. The result was a mathematical model describing the dependence of soil moisture on its density, type, temperature, and other parameters. The dependence of the rate of soil freezing on its humidity. The dependence puchinoobrazovaniya depending on the speed of freezing ground. Also during the preparation of this article was to review the available technical solutions for drainage from the roadway and the road as a whole. As a result, it was suggested technical solution to the problem of drainage of country roads. The presented design allows fully withdrawn from beneath the pavement any excess moisture regardless of whether it was the source of that: groundwater or precipitation.

Keywords: road accident; frost heave; drainage system; pavement; soil moisture; mathematical modeling.

REFERENCES

1. Press-kit Rosavtodor [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa: <http://rosavtodor.ru/press/press-kit/>
2. Spravochnaya entsiklopediya dorozhnika, II tom [Elektronnyy resurs]: entsiklopediya/ pod red. zasluzhennogo deyatelya nauki i tekhniki RSFSR, d-ra tekhn. nauk, prof. A.P. Vasil'eva-Moskva 2004, Rezhim dostupa: http://www.infosait.ru/norma_doc/51/51537/index.htm
3. Ageev V.S. Otsenka vliyaniya konstruktivnykh resheniy na treshchinostoykost' asfal'tobetonnykh sloev usileniya tsementnobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Ageev Vitaliy Sergeevich.-Moskva,2007-22s.]
4. Chan Kuok Dat. Povyshenie nesushchey sposobnosti slabykh osnovaniy dorozhnykh nasypey svayami-drenami. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Chan Kuok Dat.-Moskva,2010-26s.]
5. Ponomarev A.V. Razrabotka metodov povysheniya transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya gorodskikh avtomobil'nykh dorog. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Ponomarev Aleksandr Viktorovich.-Lipetsk,2009-24s.]
6. Kochetkov V.A. Otsenka nesushchey sposobnosti iskustvennogo osnovaniya aerodromnoy konstruksii na osnove dannykh gemonitoringa. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Kochetkov Vladimir Anatol'evich.-Voronezh,2010-24s.]
7. Glagol'ev A.A. Razrabotka kompleksnoy zashchity zemlyanogo polotna avtodorog ot pereuvlazhneniya atmosferyimi stochnymi vodami. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Glagol'ev Aleksey Anatol'evich.-Voronezh,2007-25s.]
8. Semenova T.V. Sovershenstvovanie metoda proektirovaniya sistemy poverkhnostnogo vodootvoda avtomobil'nykh i gorodskikh dorog po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dvizheniya. [Tekst]: avtoref.dis.na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.23.11)/Semenova Tat'yana Viktorovna.-Omsk,2011-25s.]
9. .A. Kudryavtsev, A.V. Kazharskiy Chislennoe modelirovanie protsessa migratsii vlagi v zavisimosti ot skorosti promerzaniya gruntov // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal, №4 2012.
10. Stroitel'nye normy i pravila: SNiP 2.02.01-83* Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Tekst] normativno-tekhnicheskij material. – Moskva:, 1995.