



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДАННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Виталий Процюк

Харьковский автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина

Эл. почта: protsai2@rambler.ru

Аннотация. В статье приведен анализ воздействия влажности на напряженно-деформированное состояние грунтов земляного полотна. Проанализированы аналитические и эмпирические методы расчета и прогнозирования влажности грунтов земляного полотна.

Ключевые слова: влажность, грунт земляного полотна, прочностные характеристики, деформационные характеристики, гидро-климатические данные.

Введение

Всем известный факт, что прочность всей конструкции дорожной одежды в значительной степени зависит от прочностных и деформационных характеристик грунтов земляного полотна (Бируля 1968).

Важными физическими характеристиками грунтов в естественном залегании и в насыпях автомобильных дорог является его влажность, плотность, температура, поровое давление и их изменение со временем при промерзании и оттаивании. Наибольшее влияние на прочностные и деформационные характеристики, а также соответственно на НДС нежестких дорожных одежд, среди перечисленных характеристик, осуществляет влажность. Увеличение влажности земляного полотна приводит к снижению прочностных и деформационных характеристик.

Предельные напряжения сдвига в грунтах земляного полотна также будут изменяться в зависимости от водонасыщения. При избыточном увлажнении предельные напряжения сдвига могут быть меньше активных напряжений, возникающих от движущегося автомобиля. Это может привести к накоплению остаточных осадок и пластических деформаций в земляном полотне автомобильной дороги. При этом модуль упругости дорожной одежды может удовлетворять условиям по упругим прогибам, а потому измеренный упругий прогиб покрытия не характеризует реальное состояние НДС конструкции дорожной одежды.

Анализ литературных источников

Достаточно большое количество исследований направлено на установление эмпирических зависимостей между прочностными и деформационными характеристиками грунтов и влажностью, полученные путем обработки экспериментальных данных.

Исследования СоюздорНИИ и работы А.К. Бируля стали основой для изучения расчетных характеристик состояния грунтов земляного полотна в различных природно-климатических зонах. Весомый вклад в исследование характеристик грунтов сделали также И. А. Золотарь, В. М. Сиденко, И. А. Носич, С. И. Михович, А. Т. Батраков, М. Н. Гудзинский и многие другие.

В основе этих исследований лежат данные агрометеостанций (АМС) о влажности почв открытого поля.

Полученные учеными математические модели по определению характеристик грунтов действительны только для конкретного дорожного района, и поэтому считать их универсальными невозможно.

По данным зависимостями можно установить расчетные характеристики грунтов для расчета конструкции дорожной одежды при известных значениях влажности. Многие авторы в математических моделях приводят экспоненциальные зависимости, при этом значения коэффициентов значительно отличаются. Это подтверждает то, что зависимости получе-

ны для одного района не будут справедливыми при применении для грунтов с другого района.

Возникает проблема в накоплении данных о прочностных и деформационных характеристиках грунтов, установления и уточнения зависимостей от влажности. Одним из ключевых вопросов для решения этой проблемы является применение точных методов оценки и прогнозирования влажности грунтов земляного полотна.

Большое внимание уделяется расчетам влажности грунтов в литературе по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (Рувинский 1982; Водно-тепловой... 1971). Инженеров интересует вопрос об изменении влажности в земляном полотне и в дорожной одежде. Как отражено в работах (Бируля 1968) сезонное изменение влажности грунтов земляного полотна и слоев дорожной одежды в значительной степени влияет на изменение их прочности и эксплуатационные качества покрытия (рис. 1). Величина влажности, прогнозирование которой особенно важно при проектировании дорог, это так называемая расчетная влажность грунтового основания и дорожной одежды.

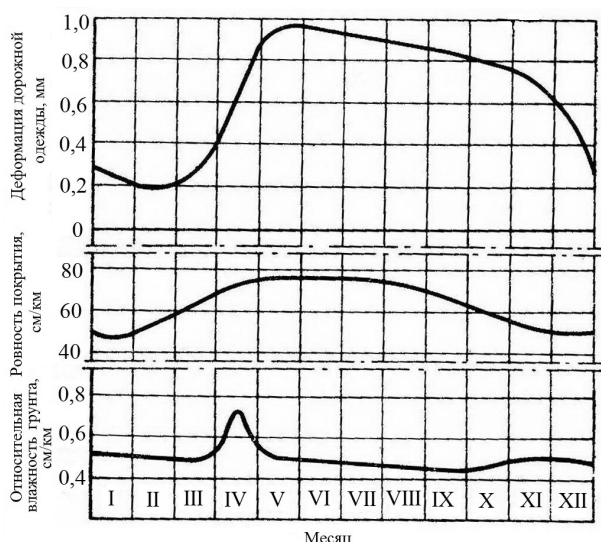


Рис. 1. Изменение влажности земляного полотна в течение года

При проектировании конструкции дорожной одежды в расчетах принимаем значение влажности, прочностных и деформационных характеристик грунтов в соответствии с дорожно-климатическим районированием территории, разработанного в сороковые-пятидесятые годы XX века с участием В. Ф. Бабкова, А. В. Гербурт-Гейбовича, Л. А. Преферансовой и других. Однако схема дорожно-климатического районирования, которая применяется в нормативных документах (ВБН В.2.3-218-186-2004; ОДН 218.046-01 2001), является обобщенной, а потому значения влажности грунтов и их механические и деформационные характеристики требуют уточнения и детализации. Как правило, при проектировании конструкции дорожной одежды применяют типовые проекты одинаковой конструкции, с одинаковой прочностью

для значительных, по протяженности, участков автомобильной дороги – до десятков километров. Это приводит к преждевременному разрушению конструкции на участках с неблагоприятными условиями увлажнения и водно-теплого режима земляного полотна или завышения показателей прочности конструкции на сухих участках с отличным водоотводом.

Поэтому для оценки прочности и устойчивости земляного полотна, определения межремонтных сроков необходим прогноз влажности грунтов.

Все теоретические методы по установлению значений влажности можно разделить на аналитические и эмпирические.

Наиболее распространенными в практической деятельности по установлению влажности являются аналитические методы, которые освещены в работах проф. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. И. Рувинского, В. М. Сиденко, А. Я. Тулаева, Э. И. Шелопаева, С. В. Нерпина и других.

Метод, предложенный профессором И.А. Золотарем, позволяет прогнозировать влажность почвы в осенний период при этом учитываются все конструктивные параметры земляного полотна и климатические характеристики местности, а также тип грунтов с помощью соответствующих коэффициентов.

Метод прогнозирования влажности в годовом цикле предложенный Е. И. Шелопаевым (Шелопаев 1977), основанный на уравнениях термодинамики и учитывает явления промерзания в процессе миграции влаги. Данный метод более точно учитывает количество осадков и испарения, температуру воздуха и скорость ветра, а также параметры слоев конструкции дорожной одежды.

Метод В. И. Рувинского (Рувинский 1982) по определению влажности грунтов земляного полотна базируется на физико-технической основе и позволяет устанавливать влажность для различных схем увлажнения, как сверху (с учетом вида материалов покрытия и основы), так и снизу от уровня грунтовых вод (с использованием капиллярной теории миграции).

В. М. Сиденко (Сиденко 1962) был разработан метод прогнозирования влажности грунтов земляного полотна с помощью уравнений для расчета изменения поля влажности на основе теории тепломассопереноса.

Математические модели сформулированные Сиденко позволяют спрогнозировать влажность почвы на определенной глубине в конкретный период времени после начала и в период полного влагонакопления для различных условий увлажнения грунтов земляного полотна автомобильной дороги.

Рассмотренные аналитические методы имеют свои недостатки из-за большого количества входных данных для расчета, сложности определения гидрофизических расчетов, низкая воспроизводимость результатов, поэтому данные методы ограничены в использовании при прогнозировании влажности земляного полотна.

Отдельное место занимают методы, основанные на уравнении водного баланса и гидро-климатических

расчетах. Существует несколько методов расчета влажности грунтов по климатическим показателям: метод А. Р. Константинова, метод М. И. Карлинского, метод А. С. Плоцкого, метод гидролого-климатических расчетов. Необходимо, чтобы аналитическая модель метода позволяла проводить расчеты не только многолетней влажности почвы, но и за конкретные годы, при этом учитывать глубину залегания грунтовых вод и физические свойства грунтов. С учетом сформулированных критериев профессором А. В. Скрипниковым был сделан анализ современных наблюдений в работе (Скрипников 2012) и показано, что для расчетов естественной влажности грунтов наиболее перспективным, общим и теоретическим является метод гидро-климатических расчетов В. С. Мезенцева (Мезенцев 1976), который основан на решении уравнения водно-теплового баланса почвенного приземного слоя и позволяет рассчитывать относительную влажность грунта в активном слое, суммарное испарение, конденсацию водяных паров, приток и отток поверхностных и грунтовых вод, влажность почвы в начале и в конце расчетного периода и другие характеристики.

Методы, основанные на уравнении водного баланса, требуют привлечения для расчета влажности большого количества гидро-климатических данных. Это затрудняет применение данной методики при прогнозировании максимальной влажности грунтов.

На ряду с этими методами, существуют методы получения значений влажности, использующие эмпирические уравнения, полученные на основании статистической обработки данных многолетних наблюдений за влажностным режимом земляного полотна автомобильных дорог или влажностным режимом грунтов открытого поля. Данные методы связывают накопление влаги в грунте с метеорологическими условиями (температурой, осадками, испарением) периода, предшествующего прогнозируемому. Методы нашли свое отражение в работах А. К. Бируля, В. М. Сиденка, М. И. Карлинского, А. А. Роде и других.

Метод предложенный А. К. Бируля (Бируля, Сиденко 1958), основанный на теории вероятности. При отсутствии наблюдений за влажностью земляного полотна А. К. Бируля предлагает использовать результаты многолетних наблюдений за влажностью грунтов открытого поля агрометеостанции. По данным длительных (более 15 лет) наблюдений на бли-

жайшей АМС в районе проектируемой автомобильной дороги, что имеет более-менее аналогичные климатические, грунтовые и гидрологические условия с земляным полотном дороги (которую проектируют), составляют статистический ряд с сезонной максимальной влажности грунта открытого поля. По правилам теории вероятности строят кривую распределения, кривую обеспеченности и, в зависимости от принятой обеспеченности, вычисляют значение расчетной влажности грунта.

Следует обратить внимание на исследования М. И. Карлинского (Карлинский 1969). Он предлагает проводить прогнозирование влажности грунтов в годовом цикле на основе обработки материалов многих АМС по наблюдениям за влажностью грунтов. Карлинским была предложена формула для расчета влажности грунтов. Основой метода является уравнение водного баланса грунта, которую использовал и В. С. Мезенцев (Мезенцев 1976), где структура и свойства грунта учитываются с помощью коэффициентов, которые определены для отдельных типов грунтов. Поэтому методы, связанные со статистическими данными, являются весьма ограниченными в применении, так как они являются достаточно трудоемкими и при этом малоэффективными именно в определении и прогнозировании влажности. Что делает методику малопродуктивной. К тому же полученные значения при наблюдении присущие только данной территории и не могут быть использованы при прогнозировании на других территориях.

Выводы

Анализируя теоретические методы прогнозирования влажности и соответственно расчетных характеристик грунтов, можно сделать вывод о несовершенстве данных методов. Они не универсальны, ведь учитывают данные характеристики только для конкретной местности, поэтому теоретические методы ограничены в использовании.

Во всех приведенных теоретических методах для расчета и прогнозирования влажности почвы в период максимального влагонакопления необходимо задаваться значением начальной влажности. Это приводит к привлечению средств по установлению значений влажности.

Литература

- Бируля, А. К. Работоспособность дорожных одежд / А. К. Бируля, С. И. Михович. [A. Birulja. Performance of road pavements.] М.: Транспорт, 1968. 172 с.
- Бируля, А. К.; Сиденко, В. М. Определение расчетных влажностей полотна автомобильных дорог на основе теории вероятностей. Научное сообщение № 6, издание харьковского государственного университета, 1958. [A. Birulja. Defining Calculated humidities subgrade of highways based on probability theory].
- ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. [VBN V.2.3.-218-2004. Transport facilities. Non-rigid pavement type.]. К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2004. 151 с.
- Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / [Пузаков Н. А., Золотарь И. А., Сиденко В. М., Тулаев А. Я., Корсунский М. Б., Преферансова Л. А., Россовский П. Д.] ; под ред. профессоров И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденка [N. Puzavok. Water and thermal regime of subgrade and pavements.] М.: Транспорт, 1971. 416 с.

- Карлинский, М. И. К вопросу о методике определения расчётной влажности глинистых грунтов в годовом цикле: инструктивно-методические указания / М. И. Карлинский. [M. Karlinskyi. On the method of determining the moisture content of clay soils estimated annual cycle: instructional guidelines.] М., 1969. № 6. 26 с.
- Мезенцев, В. С. Расчёты водного баланса / В. С. Мезенцев. [V. Mezenchev. Water balance calculations] Омск: ОмСХИ, 1976. 74 с.
- ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. [ODN 218.046-01. Designing non-rigid pavements]. М.: Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства России (РОСАВТОДОР), 2001. 94 с.
- Рувинский, В. Н. Оптимальные конструкции земляного полотна / Владлен Изотопович Рувинский. [V. Ruvinskyi. Optimal roadbed] М.: Транспорт, 1982. 168 с.
- Сиденко, В. М. Расчет и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна / Владимир Михайлович Сиденко. [V. Sidenko. Calculation and control of water and heat regimes pavements and subgrade] М.: Автотрансиздат, 1962. 116 с.
- Скрыпников, А. В. Исследование влажности грунтов земляного полотна лесовозных автомобильных дорогах / Алексей Васильевич Скрыпников // Научный журнал КубГАУ. [A. Skrypnikov. Study subgrade soil moisture logging roads] 2012. № 77(03), с. 235–245.
- Шелопаев, Е. И. Проектирование автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты (учебное пособие) / Е. И. Шелопаев, Ф. Х. Юрков. [E. Shelopaev. Designing roads in permafrost regions (Tutorial)] Красноярск: Красноярский политехнический ин-тут. 1977. 68 с.